



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wirtschafts- und
Sozialwissenschaften

Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Institut für Agrar- und Forstökonomie

**Die Data Envelopment Analysis (DEA) und ihre
Anwendungsmöglichkeiten zur vergleichenden
Effizienzanalyse im Forstwesen**

***Zur Erlangung des Doktorgrades an der Universität
für Bodenkultur, Wien***

eingereicht von

DI Christian Hoffmann

betreut von

Ao. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. nat. techn. Walter Sekot

Wien, April 2006



Die Wissenschaftliche Forschung läuft immer darauf hinaus, dass es plötzlich mehrere Probleme gibt, wo es früher nur ein einziges gegeben hat (Norman Mailer). Dadurch wird uns bewusst, dass das was wir wissen, ein Tropfen und das, was wir nicht wissen, ein Ozean ist (Isaac Newton).

Danksagung und Widmung

Die vorliegende Arbeit entstand auf der Grundlage des Forschungsprojektes „Anwendungspotentiale der Data Envelopment Analysis (DEA) zur Effizienzbewertung in der Forstwirtschaft“ das unter Projektnummer 2091 vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (BMLFUW) beauftragt wurde. Für das an der Thematik gezeigte Interesse, die Projektgenehmigung sowie die entgegenkommende Projektadministration sei an dieser Stelle sehr herzlich gedankt.

Weiters möchte ich hier auch jenen Mitarbeitern des BMLFUW danken, die sich bei den Interviews bemüht haben, für ihren Fachbereich Anwendungsmöglichkeiten zur Effizienzbeurteilung anhand eines vorgegebenen Interviewleitfadens abzustecken.

Ein besonderer Dank ergeht aber an meinen Betreuer Prof. Dr. Walter Sekot, der maßgeblich an der Projektakquirierung und der Entstehung dieser Arbeit mitgewirkt hat. Durch seine Unterstützung und Anregungen hat er dazu beigetragen, den Blick für das Ganze zu wahren und das Verharren im Detail rechtzeitig zu unterbinden.

Dank gebührt auch all jenen, die durch ihre fachliche Kompetenz in diversen Veranstaltungen und Diskussionen einen direkten oder indirekten Beitrag zu einzelnen Bereichen der Arbeit geleistet haben.

Diese Arbeit möchte ich aber jenen widmen, die mir Rückhalt geboten und mich zumeist liebevoll aber gelegentlich auch fordernd dazu motiviert haben, dieses Werk bis zum letzten Satzzeichen fertig zu stellen.

MEINEM SOHN JULIAN, MEINER FREUNDIN NICOLA UND MEINEN ELTERN

möchte ich dafür danken und ihnen diese Arbeit widmen.

Zusammenfassung

Der effiziente Einsatz von Ressourcen ist die Grundmaxime allen wirtschaftlichen Handelns. Auch in der Forstwirtschaft ist das permanente Streben nach einer weiteren Verbesserung der Input-Output-Relationen die zentrale, ökonomische Herausforderung. Während das Forstwesen auf betrieblicher Ebene angesichts der sinkenden Ertragspotenziale der Urproduktion unter Rationalisierungszwang steht, gilt es in der öffentlichen Verwaltung die immer knapper verfügbaren Mittel möglichst wirksam und ergiebig einzusetzen. Auf beiden Ebenen ist die Messung und Bewertung von Effizienz eine wichtige Grundlage für die Identifikation weiterer Rationalisierungspotenziale.

Im Rahmen einer explorativen Studie wird untersucht, ob und unter welchen Voraussetzungen der Ansatz der Data Envelopment Analysis (DEA) als Instrument der vergleichenden Effizienzbeurteilung auch im Forstwesen erfolgreich zur Anwendung gelangen und die entsprechenden Rationalisierungsbestrebungen unterstützen könnte.

Aufbauend auf einer umfassenden Auseinandersetzung mit den Prämissen und technischen Varianten der Modellbildung sowie dem zugrunde liegenden Algorithmus wird eine umsetzungsorientierte Methodendokumentation für forstliche DEA-Anwendungen erarbeitet. Damit steht potenziellen Nutzern eine Anleitung zur systematischen Abklärung der Anwendungsvoraussetzungen und zur Entwicklung der Vorgangsweise für den konkreten Einzelfall zur Verfügung. Während der Algorithmus selbst einfach anzuwenden ist, sind an die Datengrundlagen, die Modellbildung sowie an die Ableitung entscheidungsrelevanter Informationen aus den Analyseergebnissen durchaus hohe Anforderungen zu stellen.

Die Analyse publizierter, forst- und holzwirtschaftlicher Anwendungsbeispiele liefert Hinweise auf die grundsätzliche Methodenadäquanz und dokumentiert Referenzen für branchenspezifische Modellierungsansätze. Experteninterviews zur Abklärung der Anwendungspotenziale in den Bereichen der forstlichen Förderung sowie der Wildbach- und Lawinenverbauung lassen demgegenüber exemplarisch die Problematik einer praktischen Routineanwendung von DEA im Sinne des Effizienzcontrollings erkennen. Allerdings kann bereits eine entsprechende und in der Praxis zu vertiefende Voruntersuchung zu wichtigen Erkenntnissen in Bezug auf die erforderliche Auswahl und Messung von Indikatoren für Inputs und Outputs zum Zwecke einer umfassenden Effizienzbeurteilung führen. Damit lässt sich praktischer Nutzen schon in der Vorbereitungsphase der eigentlichen Analyse erzielen.

Anhand dreier exemplarischer Anwendungsbeispiele wird die praktische Modellierung und Analyse auf empirischer Datengrundlage demonstriert und die Aussagefähigkeit der Ergebnisse diskutiert. Auf Bestandes- Prozess- und Betriebsebene werden die aktuellen Datendefizite identifiziert und die branchenspezifischen Aspekte der Effizienzbeurteilung offen gelegt. Als besonders schwierig in praxisrelevanter Form handhabbar erweisen sich dabei die mit der Langfristigkeit der forstlichen Produktion sowie mit dem Waldvermögen in Verbindung stehenden Probleme. Als richtungsweisend für künftige, forstliche Anwendungen werden einerseits die kartenmäßige Visualisierung von Effizienzmaßen für räumliche Befundeinheiten sowie andererseits die Verknüpfung mit synthetischen Daten aus Waldwachstumsmodellen aufgezeigt und beispielhaft realisiert.

Abstract

Striving for improved efficiency is a permanent challenge in forestry. Forest enterprises are facing declining returns and have to follow the path of rationalisation, whereas the forest administration has to allocate its declining budgets in a most effective as well as efficient way. The study investigates, whether and under which conditions Data Envelopment Analysis (DEA) could be applied as a tool of comparative performance measurement in forestry and ultimately support the efforts in regard to rationalisation.

Based on a comprehensive investigation of the premises and variants of modelling as well as of the underlying algorithm, a protocol for sound practical application of DEA is developed. Potential users are thus provided with guidelines for systematically checking the prerequisites and designing the concept of application. Whereas the technical part of using the algorithm poses no real problems, the requirements in terms of data coverage are potentially substantial. Sophisticated modelling may require an incremental approach and deriving practical decisions based on the numerical results of the analysis is by no means straightforward.

A brief literature review documents applications of DEA in the forest sector and provides some references for industry-specific modelling. Qualitative interviews with experts in the fields of forestry grants and protection against torrents and avalanches indicate however, that substantial obstacles may hinder a practical routine application of DEA in terms of regular performance measurement in the public sector as far as Austrian forestry and the near future are concerned. Nevertheless, substantial benefits may be achieved already by probing the implementation of this tool, the preliminary analysis pointing to crucial questions of defining and measuring inputs and outputs and collecting respective data in an appropriate way.

At the example of three practical modelling exercises, the potentials as well as respective problems of an application of DEA in forestry are documented. These case studies refer to forest stands, entire forest enterprises and thinning operations in connection with management concepts respectively. In each case, current data deficits are identified and specific problems associated with building the model and interpreting the results are discussed. Special challenges are related to the long time horizon of forest production and the effects on the growing stock. The potential of DEA as part of a forest specific decision support system are demonstrated at two levels: Synthetic data stemming from growth simulations can be included into the model in order to evaluate future effects on stand development. Efficiency measures related to spatial units can be further analyzed as well as visualized by means of geographic information systems.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	10
1.1	Themenstellung und Problemformulierung	10
1.2	Zielsetzung der Arbeit	12
1.3	Hypothesen, Material und Methoden	12
1.4	Einordnung von DEA in das Methodenspektrum des Performance-Measurements	13
1.5	Gliederung	18
2	Grundlagen zur Effizienzbestimmung	20
2.1.1	Definition von Produktivität	20
2.2	Definition der verwendeten Effizienzbegriffe	20
2.2.1	Ökoeffizienz	22
2.3	Definition von Effektivität	23
2.4	Das Ökonomische Prinzip	23
3	DEA (Data Envelopment Analysis) - der nicht parametrische Modellansatz	25
3.1	Definition der Technologiemenge	26
3.2	Konstruktion der Technologiemenge für die DEA Anwendung	26
3.3	Struktureigenschaften der DEA Technologiemenge	28
3.3.1	Monotonie bzw. Verschwendbarkeit	28
3.3.2	Konvexität	29
3.3.3	Skaleneigenschaften	30
3.4	Das Grundmodell der Effizienzmessung – Pareto – Koopmans Effizienz	32
3.5	Formulierung der Grundlagen der Data Envelopment Analysis	33
3.5.1	Das fraktionale DEA Ausgangsproblem	35
3.5.2	Linearisierung des fraktionalen Ausgangsproblems	36
3.6	Dualität	37
3.6.1	Dualitätstheoreme	38
3.6.2	Schlupfvariable	39
3.6.2.1	Schlupfvariablen und schwach effiziente Einheiten	41
3.7	Übersicht zu den verwendeten DEA Grundmodellen	41
3.7.1	Radiale bzw. äquiproportionale DEA Effizienzmaße	42
3.7.1.1	Das Multiplikatormodell – das primale DEA Problem	42
3.7.1.2	Die Umhüllendendarstellung – das duale DEA Problem	45
3.7.1.3	Das nicht orientierte radiale Effizienzmaß	48
3.7.2	Durchschnittliche DEA Effizienzmaße	48
3.7.2.1	Maximalpotenzial - Dmax Maß	49
3.7.2.2	Mindestpotenzial - Dmin Maß	50
3.8	Analysemöglichkeiten zur vertiefenden Interpretation der Ergebnisse	51
3.8.1	Benchmarkkonzept als Controllinginstrumentarium	52
3.8.2	Effizienzindikation und die Ableitung der Target Values - Zielwerte	53
3.8.3	Supereffizienz	55
3.8.4	Ökonomische Performance der Produktionsmöglichkeiten über Isokosten- und Isoertragskurven	56
4	Rahmenrichtlinien für DEA Applikationen	60
4.1	Anforderungen an die Eigenschaften einer Technologiemenge	60
4.1.1	Stabilität von DEA Technologiemengen	60
4.1.2	Statistische Fundierung der Technologiemenge	61
4.1.3	Empirische Vollständigkeit der Technologiemenge	63
4.1.4	Invarianz bei Datentransformationen	63
4.2	Eigenschaften von DEA Effizienzmaßen	64
4.2.1	Eigenschaften von Äquiproportionalen Effizienzmaßen (A-Maß)	64
4.2.2	Eigenschaften von durchschnittlichen maximalen Effizienzmaßen	66
4.2.3	Eigenschaften von durchschnittlichen minimalen Effizienzmaßen	67

4.3	Homogenität der Beobachtungen (DMUs) einer Technologiemenge	67
4.3.1	Inhomogenität infolge von umfeldbedingten und formalen Rahmenbedingungen	68
4.3.1.1	Unkontrollierbare Input- und Outputvariablen	70
4.3.1.2	Der Three - Stage Ansatz	70
4.3.1.3	Der Two Stage Ansatz	71
4.3.2	Inhomogenität infolge von Skaleneffekten	72
4.4	Spezifikation des Input- Outputsets	73
4.4.1	Die Anzahl der Inputs und Outputs	73
4.4.2	Die Korrelation zwischen Input- bzw Outputvariablen	74
4.4.3	Das Monotonieverhalten von Input- und Outputkriterien	75
4.4.4	Korrekte Periodenabgrenzung	75
4.4.5	Skalierung der Inputs und Outputs	75
4.4.6	Indexierung und Normalisierung von Variablen über Prozente oder maßgebliche Faktoren	76
4.4.7	Substituierbarkeit und Teilbarkeit von Inputs und Outputs	77
4.4.8	Unerwünschte Outputfaktoren	77
4.4.9	Unkontrollierbare Input- bzw. Outputfaktoren	79
5	Konzeptionelle Anwendung von DEA für ausgewählte forstliche Datensätze	80
5.1	Praktischer Leitfaden zur Vorbereitung und Durchführung von DEA Studien	81
5.1.1	Benutzeradäquanz der DEA Applikation	85
5.2	DEA Softwareprodukte	87
5.3	Stand der forstlichen DEA Literatur	91
5.4	Performancebeurteilung österreichischer Forstbetriebe	108
5.4.1	Kritische Auseinandersetzung mit der Vergleichbarkeit von empirischen forstbetrieblichen Daten	108
5.4.2	Charakteristik der forstlichen Betriebsstrukturen in Österreich	109
5.4.3	Datengrundlage – Forstliches Testbetriebsnetz für den Groß- und Kleinprivatwald	110
5.4.4	Vergleichbarkeit der Testbetriebsdaten des Groß- und Kleinprivatwaldes	112
5.4.4.1.	Problematik der Nicht-Erfassung des stehenden Waldvermögens	112
5.4.4.2.	Heterogenität des Groß- und Kleinprivatwaldes	112
5.4.4.3.	Exkurs: Evaluierungskonzept - Kleinprivatwald	113
5.4.4.4.	Ansätze zur Vergleichbarkeit heterogener Ausgangsdaten	114
5.4.5	Verwendungsbedarf und Zielsetzung von DEA im Zusammenhang mit der Performancebeurteilung von Betrieben des Großprivatwaldes	114
5.4.6	Definition von homogenen Befundeinheiten	116
5.4.7	Selektion der relevanten Input- und Outputmerkmale	117
5.4.7.1	Charakteristik der Input- Outputtransformation	121
5.4.7.2	Plausibilität, Richtigkeit und Stabilität des Datensets	122
5.4.8	Ergebnisdokumentation verschiedener Modellvarianten	123
5.4.8.1	Modell Testbetriebe – Absolutgrößen (AbsG)	124
5.4.8.2	Modell: Flächennormierung & Verminderungsfaktor sowie Flächennormierung & Nachhaltigkeitsindikator	137
5.4.8.3	Modell: Flächennormierung & Hiebssatzbereinigung	140
5.4.8.4	Darstellung der Ergebnisse für drei ausgewählte DMUs basierend auf dem inputorientierten Modellkonzept	152
5.4.9	Zusammenfassung und Diskussion zur Performancebeurteilung österreichischer Forstbetriebe mittels DEA	163
5.5	Performancevergleich der Laub- Nadelmischbestände im Lehrforst Ofenbach	171
5.5.1	Zielsetzungen für den Performancevergleich der Laub- Nadelmischbestände im Lehrforst Ofenbach	171
5.5.2	Definition der Befundeinheiten und deren Datengrundlage	172
5.5.3	Kritische Auseinandersetzung mit den selektierten Beurteilungskriterien	173
5.5.4	Modellansätze:	175
5.5.5	Darstellung der Ergebnisse und Dokumentation in einem GIS	178
5.5.6	Diskussion der Ergebnisse:	179

5.5.7	Problematik des vorhandenen Datendefizits und der Langfristigkeit der forstlichen Produktion	181
5.5.8	Weiterentwicklungsaspekte dieses Ansatzes	182
5.6	Evaluierung von Bestandesbehandlungskonzepten	185
5.6.1	Problemerkörterung und Modellkonzept zur Performancebeurteilung von Bestandesbehandlungskonzepten	186
5.6.2	Ableitung der Forschungsfrage	187
5.6.3	Datengrundlage - Bestandesbehandlungskonzept	189
5.6.4	Naturale Outputgrößen	190
5.6.5	Naturale Inputgrößen	192
5.6.6	Die unterstellten Modellansätze zur Evaluierung von Bestandesbehandlungskonzepten	194
5.6.7	Ökonomische Ansätze zur Bewertung der naturalen Größen	196
5.6.8	Diskussion zur Selektion der verwendeten Modellvariablen	200
5.6.9	Ergebnisdokumentation der präferierten Modellvariante	204
5.6.9.1	Dokumentation der Modellergebnisse für die behandelten Bestände	204
5.6.9.2	Multiple Regression unter Einbeziehung von fünf unabhängigen Merkmalen	214
5.6.9.3	Dokumentation der Einzelergebnisse von ausgewählten DMUs	218
5.6.9.4	Gegenüberstellung der Performance von behandelten und unbehandelten Vergleichspaaren	225
5.6.10	Zusammenfassung und Diskussion zur Evaluierung von Bestandesbehandlungskonzepten	226
6	Prospektive Auseinandersetzung mit verschiedenen forstlichen Themenbereichen zur Entwicklung konzeptioneller DEA Modelle	236
6.1	Struktur des standardisierten Fragebogens	236
6.1.1	Allgemeine Erläuterungen zum Strukturbaum	238
6.1.2	Anmerkungen zur Vorgehensweise	242
6.2	Förderungen	243
6.3	Maßnahmen zum Schutz vor Naturgefahren	252
6.3.1	Methodenanalyse: DEA versus Evaluierungsmethoden von WLW Projekten	252
6.3.2	Gegenüberstellung der Anforderungen von KNU und DEA	260
6.4	Sanierung von gefährdeten Schutzwaldflächen	261
6.5	Anregungen zur effektiveren Informationsgewinnung aus qualitativen Interviews	265
7	Zusammenfassung	266
8	Literaturverzeichnis	272
9	Anhang	280
9.1	Kostenarten-, Kostenstellen- und Ertragsartenübersicht	280
9.2	Ergebnis der One-Way Anova für das Modell Absolutgrößen bei nicht orientiertem DEA Modell	283
9.3	Ergebnisse der Post-Hoc-Tests der univariaten Varianzanalyse für das Modell „Absolutgröße“	284
9.4	Datengrundlage für das Modell „Flächennormierung & Hiebssatzbezug“	286
9.5	Ergebnisse der Post-Hoc-Tests der univariaten Varianzanalyse für das Modell „Flächennormierung und Hiebssatzbereinigung“	289
9.6	Datengrundlage des Bestandesmodells unter Verwendung der Operatsdaten des Lehrforsts Ofenbach.	291
9.7	Datengrundlage für das Bestandesbehandlungsmodell	293
9.8	Formular zur Beantragung einer forstlichen Förderung	298

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Dokumentation der Monotonie bzw. „Verschwendbarkeit“ über eine Output- (a) und einer Inputisoquante (b) (GSTACH 2002 S.10)	29
Abb. 2:	(a) konvexe Technologie, (b) nicht konvexe Technologie (GSTACH 2002 S. 7)	30
Abb. 3:	Demonstration von Technologiemengen, Monotonie, Konvexität, KSE (a), VSE (a), NZSE (b) und NASE (c) im Ein-Input und Ein-Output Fall (STEINMANN 2002 S. 16)	31
Abb. 4:	Demonstration eines schwach effizienten Projektionspunktes (Gstach 2002 S. 16)	32
Abb. 5.:	Outputisoquante; (GSTACH 2002 S. 10)	34
Abb. 6:	Inputisoquante (GSTACH 2002 S. 10)	35
Abb. 7:	DEA-Aktivitätsdreieck: Einordnung von DEA im ökonomischen Umfeld (Scheel 2000 S. 6)	52
Abb. 8:	Dominanzbereich, Peer-Group, Best-Practice bzw. Benchmark (A und B) und virtueller radialer Projektionspunkt (P') der ineffizienten DMU P	53
Abb. 9:	Äquiproportionales Supereffizienzmaß (Scheel 2000, S. 113)	55
Abb. 10:	Darstellung der Kosteneffizienz (KE) (GSTACH 2002 S. 16)	57
Abb. 11:	Darstellung der Ertragseffizienz (EE) (GSTACH 2002 S. 32)	57
Abb. 12:	Schematischer Ablaufprozess einer DEA Analyse (in Anlehnung an SHIBA 1997)	85
Abb. 13:	DEA-Softwarepakete: Beurteilungskategorien A & B (Barr 2004 S.3)	88
Abb. 14:	DEA-Softwarepakete: Beurteilungskategorien C – H (BARR 2004 S.5)	89
Abb. 15:	Darstellung der Skaleneffizienz für die 77 untersuchten Forstbetriebe (Inputorientierung)	128
Abb. 16:	Die durchschnittlichen Betriebsgrößen und deren Standardabweichung für die drei ausgewiesenen Gruppen von Skaleneffekten bei Unterstellung eines inputorientierten Modells.	129
Abb. 17:	Darstellung der Skaleneffizienz für die 77 untersuchten Forstbetriebe unter der Anwendung eines nicht orientierten Modells	131
Abb. 18:	Die durchschnittlichen Betriebsgrößen und deren Standardabweichung für die drei ausgewiesenen Gruppen von Skaleneffekten bei Unterstellung eines nicht orientierten Modells.	132
Abb. 19:	Verteilung der 76 DMUs auf abnehmende und zunehmende sowie konstante Skalenerträge bei Unterstellung des hiebsatzbereinigten, inputorientierten Modells	146
Abb. 20:	Verteilung der 76 DMUs auf abnehmende und zunehmende sowie konstante Skalenerträge bei Unterstellung des hiebsatzbereinigten, nicht orientierten Modells	146
Abb. 21:	Zuordnung zweier aufeinander folgenden Perioden derselben Beobachtung auf zwei verschiedene Peer-Groups	161
Abb. 22.:	Darstellung der Output-Effizienzwerte aller Laub - Nadelmischwaldbestände des Lehrforstes Ofenbach bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen	179
Abb. 23.:	Regressiver Zusammenhang der Bonität mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells, die beide VRS und Inputorientierung unterstellen	208
Abb. 24.:	Regressiver Zusammenhang der entnommenen Durchforstungsmenge mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells, für die VRS und Inputorientierung unterstellt sind.	209
Abb. 25.:	Regressiver Zusammenhang der durchschnittlichen Volumina der entnommenen Stämme mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells unter Verwendung von VRS und Inputorientierung	210
Abb. 26.:	Regressiver Zusammenhang der ursprünglichen Stammzahl je Hektar mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells, für die VRS und Inputorientierung unterstellt sind.	211
Abb. 27.:	Regressiver Zusammenhang der durchschnittlichen BHDs zum Zeitpunkt des Abtriebs (U) mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells	212
Abb. 28.:	Regressiver Zusammenhang der Ergebnisse der Arbeitszeitstudie der BOKU mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells, für die jeweils VRS und Inputorientierung unterstellt wurden.	213
Abb. 29:	Diagramme für den Nachweis der Normalverteilung der Beobachtungen	215
Abb. 30:	Diagramme für den Nachweis der Normalverteilung der Beobachtungen	217
Abb. 31:	Strukturbaum für den Interviewleitfaden	237

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersichtstabelle zu den drei unterstellten DEA Effizienzmaßen	42
Tabelle 2:	dualer Zusammenhang zwischen dem inputorientierten Multiplikator und dem inputorientierten Umhüllendenproblem (COOPER ET AL. 2003)	45
Tabelle 3:	dualer Zusammenhang zwischen dem outputorientierten Multiplikator und dem outputorientierten Umhüllendenproblem (Cooper et al. 2003)	47
Tabelle 4:	Ansätze zur relativen Ermittlung der Verbesserungspotenziale für inputorientierte Effizienzmaße	54
Tabelle 5:	Ansätze zur relativen Ermittlung der Verbesserungspotenziale für outputorientierte Effizienzmaße	54
Tabelle 6:	Ansätze zur relativen Ermittlung der Verbesserungspotenziale für nicht orientierte Effizienzmaße	54
Tabelle 7:	Eigenschaften der äquiproportionalen Effizienzmaße (SCHEEL 2000 S. 95)	65
Tabelle 8:	Eigenschaften der durchschnittlichen maximalen Effizienzmaße (SCHEEL 2000 S. 99)	66
Tabelle 9:	Eigenschaften der durchschnittlichen minimalen Effizienzmaße (SCHEEL 2000 S. 102)	67
Tabelle 10:	Beispielhafte Demonstration des Indexproblems (Dyson 2001)	76
Tabelle 11:	Benutzeradäquanz der DEA Applikation	87
Tabelle 12:	DEA Softwareübersicht (Allen 2002 S.95)	91
Tabelle 13:	Darstellung der durchschnittlichen Target Values für drei inputorientierte Effizienzmaße unter Zugrundlegung von variablen Skalenerträgen.	126
Tabelle 14:	Herleitung der Skaleneffizienz über das Verhältnis von KSE zu VSE (86,8% / 92,4% =93,9%)	127
Tabelle 15:	One-Way Anova zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Betriebsgröße und der Skaleneffekte	128
Tabelle 16:	Ergebnisse von drei ausgewählten Post Hoc Tests zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Betriebsgrößen und den über DEA ermittelten Skaleneffekten	129
Tabelle 17:	Darstellung unterschiedlicher nicht orientierter technischer Effizienzmaße und die daraus für die Entscheidungskriterien abgeleiteten Verbesserungspotenziale	130
Tabelle 18:	Herleitung der durchschnittlichen Skaleneffizienz über das Verhältnis von KSE zu VSE.	131
Tabelle 19:	Ergebnis der univariaten Varianzanalyse zur Beurteilung der Einflussnahme des Produktionsgebietes, des Anteils an Seilgelände sowie der Arrondierung auf den ausgewiesenen Effizienzwert.	132
Tabelle 20:	Zusammenhang des inputorientierten äquiproportionalen A-Maß mit der über Durchschnittssätze ermittelten Kosteneffizienz	134
Tabelle 21:	Kosteneffizienz nach den tatsächlich dokumentierten Werten für ein inputorientiertes äquiproportionales (A-Maß)Modell	135
Tabelle 22:	Ergebnisdokumentation der inputorientierten Modelle (A-Maß) bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen (VSE) für vier ausgewählte DMUs	139
Tabelle 23:	Korrelation der natural-technischen Input und Outputvariablen des hiebsatzbereinigten Modells ** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.	142
Tabelle 24:	inputorientierte natural-technische Effizienzmaße (VSE)	144
Tabelle 25:	nicht orientierte natural-technische Effizienzmaße (VSE)	145
Tabelle 26:	durchschnittliche Skaleneffizienz für das hiebsatzbereinigte, inputorientierte Modell (VSE)	145
Tabelle 27:	durchschnittliche Skaleneffizienz für das hiebsatzbereinigte, nicht orientierte Modell (VSE)	145
Tabelle 28:	One-Way Anova zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Betriebsgröße und der Skaleneffekte	147
Tabelle 29:	Post Hoc Tests: Dokumentation der Zusammenhänge zwischen der Betriebsgröße und dem Skaleneffekt für das inputorientierte und hiebsatzbereinigte Modell unter VSE.	147
Tabelle 30:	One-Way Anova zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Flächenproduktivität und der Skaleneffekte	148
Tabelle 31:	Post Hoc Tests: Dokumentation der Zusammenhänge zwischen der Flächenproduktivität (HS/Ha) und dem Skaleneffekt für das inputorientierte natural-technische und hiebsatzbereinigte Modell unter VSE.	148
Tabelle 32:	Regressiver Zusammenhang zwischen den DEA Effizienzwerten und der Flächenproduktivität	149
Tabelle 33:	Regressiver Zusammenhang zwischen den DEA Effizienzwerten und der Betriebsgröße	149
Tabelle 34:	Varianzanalyse zur Prüfung der Abhängigkeiten der Effizienzwerte von der Arrondierung, dem Anteil Seilgelände und dem Produktionsgebiet	150
Tabelle 35:	Kosteneffizienz für das hiebsatzbereinigte inputorientierte Modell	151
Tabelle 36:	Ergebnisse der Kosteneffizienz einmal nach durchschnittlichen Kostensätzen und einmal nach den tatsächlichen Kostenaufwendungen	152
Tabelle 37:	periodenbezogene Verbesserungspotenziale für drei DMUs nach dem inputorientierten äquiproportionalen Effizienzmaß (A-Maß) mit natural-technischen Kriterien	154

Tabelle 38:	Anwendung der Supereffizienz für eine als „Best-Practice“ Einheit ausgewiesene DMU unter Verwendung einer VSE Technologie	155
Tabelle 39:	Anwendung des inputorientierten $D_{\max}$ Maßes zur Herleitung individueller Target Values für die natural-technischen Kriterien	156
Tabelle 40:	durchschnittliche kostentechnische Performance eines inputorientierten Modells bei Unterstellung des A-Maßes unter Verwendung einer VSE Technologie	157
Tabelle 41:	tatsächliche kostentechnische Performance eines inputorientierten Modells bei Unterstellung des A-Maßes unter Verwendung einer VSE Technologie	158
Tabelle 42:	Gegenüberstellung des natural-technischen, des allokativen und des kostentechnischen Effizienzmaßes für ein inputorientiertes DEA Modell unter Verwendung des A-Maßes und von VSE	159
Tabelle 43:	Gegenüberstellung der tatsächlich von DMU FB-31 gesetzten Maßnahmen zu jenen von DEA sowohl inputorientiert als auch nicht orientiert vorgeschlagenen Target Values unter Anwendung der VSE Technologie und dem A- und $D_{\max}$ Maß.	160
Tabelle 44:	Beurteilungskriterien für das inputorientierte Modell zur Beurteilung von Laub-Nadelmischwälder	176
Tabelle 45:	Beurteilungskriterien für das outputorientierte Modell zur Beurteilung von Laub-Nadelmischwälder	176
Tabelle 46:	Resultate der Effizienzbeurteilung von Laub- Nadelmischbeständen unter Verwendung eines outputorientierten, äquiproportionalen Modells bei Unterstellung einer VSE Technologie	178
Tabelle 47:	Die Bestandesmerkmale der Benchmarkbestände zwischen 20 und 135 Jahren, sowie die Anzahl, wie oft diese Einheiten als Benchmarks zur Generierung von virtuellen Best Practice Einheiten verwendet wurden.	180
Tabelle 48:	Skaleneffizienz der Laub – Nadel Mischwaldbestände des Lehrforstes Ofenbach	181
Tabelle 49:	Die kritischen mittleren BHDs, die zur Festlegung des Abtriebskriteriums angesetzt wurden	191
Tabelle 50:	Übersicht zu den im natural-technischen Modell zur Beurteilung des Bestandesbehandlungskonzepts verwendeten Variablen	195
Tabelle 51:	Übersicht zu den im durchschnittlichen-kostentechnischen Modell zur Beurteilung des Bestandesbehandlungskonzepts verwendeten Variablen	195
Tabelle 52:	Übersicht zu den im tatsächlichen kostentechnischen Modell zur Beurteilung des Bestandesbehandlungskonzepts verwendeten Variablen	196
Tabelle 53:	Erntekosten je EfmD in Abhängigkeit von den erreichten BHDs zum Zeitpunkt des Umtriebs	197
Tabelle 54:	Holzpreise je EfmD getrennt nach Kappholz (Kapp) und sonstiges Nadelholz (sNH) sowie nach den üblichen Stärkeklassen von 1b bis 4+ unter Einbeziehung eines 20%igen Abschlags je Sortiment für Qualitätsabwertungen.	198
Tabelle 55:	Bodenverkehrswerte in Abhängigkeit von den Bonitäten der originalen Ausgangsbestände.	200
Tabelle 56:	Korrelationsanalyse der Input- Outputfaktoren des natural-technischen Modells, das als Outputmenge die physische Derbholzmenge unterstellt TE_M	201
Tabelle 57:	Korrelationsanalyse der Input- Outputfaktoren des kostentechnischen Modells (KE_{at}_E), das die tatsächlichen Gesamtkosten sowie die tatsächlich erzielten Bruttoholzerträge unterstellt.	201
Tabelle 58:	Darstellung der durchschnittlichen Effizienzwerte und Target Values aller 116 DMUs unter Anwendung verschiedener Effizienzmaße und Modellvarianten.	205
Tabelle 59:	Koeffizientenmatrix für die unabhängigen Variablen zur Schätzung der Performancewerte des TE_M Modells	216
Tabelle 60:	Koeffizientenmatrix für die unabhängigen Variablen zur Schätzung der Performancewerte des TE_M Modells	217
Tabelle 61:	Parameter der drei selektierten Beobachtungen	218
Tabelle 62:	Effizienzmodelle: TE, AE, KEd, KE_{at} ; Effizienzmaß: VSE RAD IN unter Einbeziehung der Massenleistung als Outputgröße	220
Tabelle 63:	Effizienzmodelle: TE, AE, KEd, KE_{at} ; Effizienzmaß: VSE RAD IN unter Einbeziehung der Wertleistung für das genutzte Erntevolumen (DF&EN)	221
Tabelle 64:	Target Values für das inputorientierte A-Maß des TE_E Modells unter Verwendung von VRS Technologie	223
Tabelle 65:	Target Values für das inputorientierte durchschnittliche maximale Effizienzmaß unter Verwendung einer VRS Technologie	224
Tabelle 66:	Dokumentation der Vorteilhaftigkeit der durchforsteten versus nicht durchforsteten sowie der nicht durchforsteten gegenüber den durchforsteten Behandlungsvarianten der 116 Vergleichspaare	226
Tabelle 67:	Gegenüberstellung der beiden Evaluierungsverfahren KNU und DEA	260
Tabelle 68:	DEA Analysemöglichkeiten	267

1 Einleitung

Die Forderung nach effizienter Leistungserstellung ist die Kernaussage des ökonomischen Prinzips. Wo immer es um den Einsatz knapper Mittel geht, ist die Effizienz als Maßstab der Output/Input-Relation daher ein zentrales Kriterium. Dies trifft insbesondere auch auf die betriebliche Praxis sowie die öffentliche Verwaltung zu. Besonders in Zeiten einer schwierigen Wirtschaftslage und einer Verknappung der Haushaltsmittel besteht ein starker, ökonomischer Zwang zur Rationalisierung, d.h. zur Steigerung der Effizienz. Dabei ist Effizienz ein durchaus komplexes Phänomen, das insbesondere auch eine technische sowie eine ökonomische Dimension umfasst.

1.1 Themenstellung und Problemformulierung

Diese allgemeinen Feststellungen treffen auch auf die österreichische Forstwirtschaft in besonderem Maße zu. Auf betrieblicher Ebene ist es angesichts sinkender Wertschöpfungspotenziale eine permanente Herausforderung, neue Potenziale zur Effizienzsteigerung zu suchen und in der Folge auch zu erschließen. Besonderes brisant ist diese Entwicklung, weil die Wertschöpfungspotenziale nicht nur in Bezug auf die Produkteinheit (den Festmeter Rohholz), sondern offenbar trotz aller bisher erzielten Rationalisierungserfolge auch bezogen auf die Produktionsmitteleinheit – das Hektar Waldfläche – bereits langfristig real sinken (SEKOT, 2004). Damit stellt sich die Frage der maximalen Produktionsmöglichkeiten („production frontier“) und entsprechender Managementkonzepte für die Potenzialnutzung. Von besonderer Aktualität ist etwa die Frage, wie naturnah strukturierte Bestände bzw. entsprechend wirtschaftende Betriebe im Vergleich zu konventionell aufgebauten bzw. bewirtschafteten Einheiten hinsichtlich ihrer Effizienz zu beurteilen sind. Im Bereich der bäuerlichen Waldwirtschaft wird die Effizienz der von Familienarbeitskräften erbrachten Arbeitsleistung immer mehr zu einer zentralen, ökonomischen Frage.

Im Zusammenhang mit der inhaltlichen Erweiterung des Nachhaltigkeitsbegriffes, wie sie nicht zuletzt im Prozess der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa zum Ausdruck kommt, liegt gerade für die Forstwirtschaft eine besonders komplexe Fragestellung vor: wie kann diese mehrdimensionale Nachhaltigkeit effizient sichergestellt werden? Auf Grund ihrer besonderen Charakteristik der Leistungserstellung (positive externe Effekte, Infrastrukturleistungen als öffentliche Güter) sowie sich ändernder, wirtschaftlicher sowie gesellschaftlicher Rahmenbedingungen muss sich die Forstwirtschaft immer mehr vom Urproduzenten des Rohstoffes Holz zu einer Mehrzweckforstwirtschaft mit einem mehrdimensionalen Output an Gütern und Dienstleistungen wandeln.

Auf forstpolitischer Ebene stehen für diese neuen Herausforderungen jedoch nur sehr begrenzte Mittel zur Verfügung. Umso größer werden freilich die Anforderungen an eine sowohl zielkonforme als auch effiziente Verwendung der Haushaltsmittel. So ist auch die Effizienz ein wesentlicher Aspekt im „Gemeinsamen Europäischen Qualitätsbewertungssystem CAF“, das für laufende Evaluierungsverfahren von Organisationseinheiten als eine zentrale Referenz herangezogen wird.

Angesichts dieser zentralen und laufend weiterhin steigenden Bedeutung der Effizienz gewinnen auch die methodischen Fragen der Effizienzmessung und –bewertung immer mehr an Bedeutung. Herkömmliche Ansätze werden der Komplexität der Fragestellung nicht in jedem Fall gerecht bzw. repräsentieren sie nicht a priori die besten Instrumente zur Ableitung entsprechender Steuerungsinformationen.

In der Tradition der forstlichen Betriebswirtschaftslehre als angewandter Wissenschaft greift die vorliegende Arbeit eine für die Forstwissenschaften noch weitgehend neue Methodik auf und untersucht, ob und inwieweit das Instrument der Data Envelopment Analysis das Streben nach Effizienzbeurteilung und Effizienzsteigerung im Forstbereich unterstützen könnte. Dabei gilt es, die produktionswirtschaftlichen Besonderheiten der Branche adäquat zu berücksichtigen.

Mit der Data Envelopment Analysis (DEA) steht ein analytisches Instrumentarium zur Effizienzmessung und -bewertung zur Verfügung, das außerhalb der Forstwirtschaft bereits auf vielfältige Fragestellungen erfolgreich angewandt wurde. Die Data Envelopment Analysis (DEA) stellt im Prinzip das Gegenstück zur klassischen Produktionsfunktion dar. Während Produktionsfunktionen als ökonomische Modelle die theoretisch optimalen Input/Output-Verhältnisse eines Produktionsprozesses funktional beschreiben, ermittelt die DEA auf Basis empirischer Daten die besten tatsächlich realisierbaren Effizienzbedingungen und erlaubt so die Identifikation der „Best Practice“¹ für jede einzelne der analysierten Decision Making Units (DMUs oder produzierende Einheiten). Die zu analysierende Einheit (DMU) kann dabei sehr variabel definiert werden. So können neben betrieblichen Einheiten auch einzelne Prozesse oder Projekte eines bestimmten Typs als DMU betrachtet und der Modellbildung zugrunde gelegt werden.

Die Funktionsweise der Effizienzmessung mit DEA besteht darin, die Performance von verschiedenen DMU´s über den Quotienten Input zu Output zu ermitteln und in der Folge alle DMU´s relativ zueinander zu bewerten. Die Leistungen der effizientesten DMU´s sind immer nur relativ effizient und konstituieren das, was als „Best Practice“ bezeichnet wird. Mithilfe bestimmter Annahmen lässt sich aus dieser „Best Practice“ eine kontinuierliche Effizienzgrenze oder Umhüllende (Envelopment) gewinnen. Der von den Best Practice Einheiten gebildete Rand der Technologiemenge resultiert ausschließlich aus der Analyse der verfügbaren empirischen Beobachtungen (vgl. 4.1.3). Wird das Sample um weitere Beobachtungen ergänzt, werden sich bei gleich bleibender Technologiemenge, die nur um ineffiziente Produktionsniveaus erweitert wurde, die Effizienzwerte nicht verändern. Nur wenn es zu Veränderungen des Technologierandes im Falle einer noch effizienteren Beobachtung kommt, verändern sich auch manche der Effizienzwerte² von den restlichen Beobachtungen.

Die Effizienzanalyse DEA leistet eigentlich zwei verschiedene Dinge: Einerseits kann über die Best Practice Einheiten eine Schätzung der optimalen Produktionsfunktion im mikroökonomischen Sinn erfolgen und andererseits lässt sich für jede DMU ein Effizienzindex ableiten. Ist die Produktionsfunktion bzw. die Umhüllende (Envelopment) einmal bestimmt, kann einerseits ein Effizienzgrad für jede DMU ermittelt werden und andererseits lässt sich für jede ineffiziente DMU über entsprechende „Referenz DMU´s“ ein Sollwert ermitteln. Dieser Sollwert ist im Gegensatz zu allgemeinen Benchmarks (vgl. 3.8.1) individuell für die jeweilig betroffene DMU auch tatsächlich erreichbar.

1 <http://www.projektmanagement-glossar.de/glossar/gl-0401.html> Im Gegensatz zur besten möglichen Lösung ist die "Best Practice" lediglich die beste realisierte Lösung. Innerhalb eines Benchmarking-Prozesses wird nicht nach der theoretisch oder technisch besten Möglichkeit gesucht. Vielmehr werden die tatsächlich auf dem Markt angebotenen Produkte oder Dienstleistungen hinsichtlich einheitlicher Qualitätskriterien miteinander verglichen. Der Sieger wird dann "Best Practice" genannt.

2 Es werden sich nur jene Effizienzwerte ändern, in deren Peer-Group (vgl. 3.8.1 und Abb. 21) die neue effiziente Beobachtung fällt.

Mathematisch betrachtet werden die Lösungen der DEA über die lineare Programmierung³ hergeleitet. Deshalb wird DEA auch als ein nicht parametrisches Verfahren bezeichnet. Es erfordert nämlich keine Annahmen über spezifische funktionale Zusammenhänge zwischen den Inputs und den Outputs und ist gerade deshalb extrem flexibel einsetz- und anwendbar.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Der effiziente Einsatz von Ressourcen ist die Grundmaxime allen wirtschaftlichen Handelns. Auch in der Forstwirtschaft ist das Streben nach einer optimalen Input-Output-Relation eine permanente und auf allen Entscheidungsebenen wahrzunehmende Herausforderung. Angesichts des stetig steigenden Rationalisierungsdrucks bedarf es leistungsfähiger Analyse- und Controllinginstrumente. Mit der Data Envelopment Analysis (DEA) steht prinzipiell eine analytische Methode zur vergleichenden Effizienzbewertung zur Verfügung, welche unter Einbeziehung der multikriteriellen Bedingungen des forstlichen Produktionsprozesses die Rationalisierungsbestrebungen für verschiedenste forstliche Anwendungsbereiche unterstützen könnte.

Mit der vorliegenden Arbeit werden sowohl theoretische als auch praxeologische Zielsetzungen verfolgt. Auf theoretischer Ebene sollen Beiträge zur Effizienzmessung der forstlichen Produktion auf verschiedenen Ebenen erarbeitet werden. Dabei gilt es, Modellkonzeptionen für die spezifischen Input-Output-Konstellationen zu entwickeln, die einerseits analytisch fruchtbar sind und andererseits den Besonderheiten der forstlichen Produktion gerecht werden. Diese Besonderheiten liegen insbesondere in den extrem langen, biologischen Produktionszyklen und den sich daran knüpfenden Aspekten der Nachhaltigkeit der Holzproduktion, der Überführbarkeit von Produktionsmitteln in Produkte, der Kuppelproduktion verschiedener Holzsortimente einerseits sowie von materiellen Gütern und forstlichen Dienstleistungen andererseits (multiple use) und dem Auftreten von (positiven) externen Effekten (vgl. auch KLEMPERER 1996, S. 2 f). Die damit im Zusammenhang stehenden Probleme und Möglichkeiten ihrer Handhabung sollen anhand konkreter Datensätze beispielhaft dargestellt werden. Dagegen wird nicht der Anspruch erhoben, alle (potenziell) relevanten Aspekte der Effizienzmessung im Forstwesen systematisch zu bearbeiten.

In praxeologischer Hinsicht verfolgt die Arbeit das Ziel, die Methodik „DEA“ für den an forstlichen Effizienzbeurteilungen Interessierten zusammenfassend darzustellen und an Hand von exemplarischen Anwendungen sowie grundsätzlichen, konzeptionellen Überlegungen Hinweise für die praktische Modellentwicklung und Analyse zu geben.

1.3 Hypothesen, Material und Methoden

Als forschungsleitende Arbeitshypothesen, die es hinsichtlich ihrer Stichhaltigkeit zu überprüfen und nach Möglichkeit weiter zu entwickeln bzw. zu konkretisieren gilt, werden postuliert:

- (1) DEA eignet sich prinzipiell auch für forstliche Fragestellungen des Performance Measurement.
- (2) Forstliche Besonderheiten führen zu spezifischen Problemen und erfordern eine entsprechende Berücksichtigung bei der Modellkonzeption.

³ Die lineare Programmierung ist eines der Hauptverfahren des Operations Research und stellt eine sehr allgemeine Methode zur Optimierung von linearen Problemen (vgl. Fußnote 9), für die keine speziell entwickelten Algorithmen vorhanden sind, dar.

- (3) Es ist damit zu rechnen, dass a priori verfügbare Datenbestände die Anwendungsvoraussetzungen nicht oder nur ungenügend erfüllen.
- (4) Die systematische Vorbereitung einer forstlichen DEA-Applikation kann wichtige Erkenntnisse und Informationen liefern und so bereits zur Verbesserung des Effizienz-Controllings beitragen.

Da die Arbeit die Untersuchung spezifischer Anwendungsmöglichkeiten einer Methode (DEA) zum Gegenstand hat, liegt der methodische Schwerpunkt auf der (exemplarischen) Anwendung gerade dieser Methodik.

Zur Demonstration forstlicher Modellbildungen für DEA-Applikationen werden drei verschiedene Datensätze herangezogen: Die Problematik der relativen Effizienzbewertung auf betrieblicher Ebene wird anhand der Daten von 76 Forstbetrieben, die im Rahmen des Testbetriebsnetzes für den österreichischen Großwald erhoben wurden, abgehandelt. Auf Bestandesebene dienen die Operatsdaten von über 200 Beständen des Lehrforstes der Universität für Bodenkultur Wien als empirische Datengrundlage. Schließlich wird ausgehend von den Aufnahmedaten einer Arbeitszeitstudie in der Durchforstung unter Einbeziehung des Waldwachstumssimulators „MOSES“ die Evaluierung von Bestandesbehandlungsprogrammen thematisiert.

Neben der explorativen DEA-Anwendung auf drei exemplarische, forstliche Fragestellungen umfasst das Methodenspektrum zur Gewinnung der angestrebten Erkenntnisse jedoch auch weitere Elemente. Dazu zählt neben der umsetzungsorientierten Aufbereitung der in der Literatur dokumentierten, methodischen Grundlagen auch die qualitative Analyse publizierter, bisheriger Anwendungen. Weiters wird ein Strukturbaum entwickelt, der eine systematische Abklärung der Anwendungsvoraussetzungen von DEA im forstlichen Kontext unterstützen soll. Im Wege von drei qualitativen Leitfadeninterviews wird die entsprechende Vorbereitung einer DEA-Studie demonstriert, wobei an Hand dieser empirischen Beispiele auch die Umsetzungsproblematik realitätsnah aufgezeigt wird.

1.4 Einordnung von DEA in das Methodenspektrum des Performance-Measurements

DEA wurde bereits in anderen Branchen wie der Landwirtschaft, dem Bankwesen, der Stromwirtschaft, dem Gesundheitswesen sowie zum Vergleich von Seilbahnbetrieben erfolgreich angewendet. Sofern die entsprechenden Parameter verfügbar sind, ließen sich prinzipiell auch komplexe Themenbereiche wie die Auswirkung von nachhaltigen Bewirtschaftungseffekten mit einem DEA Modell abbilden.

Die DEA zeichnet sich durch einen durchgängigen stufenweisen Analyseprozess zur Ursachenbeurteilung der Effizienzabweichung aus. Dazu wird das höchste Aggregationsniveau, die wertabhängige Effizienz, unter Einbeziehung des Skaleneffekts (Größeneffekt vgl. 3.3.3) sowohl in eine technische (mengenabhängige) als auch in eine allokativen Effizienz aufgespalten (vgl. 3.8.4). Durch ein derartiges Splitting können für eine ineffiziente DMU die Gründe der Abweichung klar aufgezeigt und spezifische Sollwerte ermittelt werden.

Quantitative Rationalisierungspotenziale werden damit fallspezifisch abgeleitet, die sich optimal dazu eignen würden, in einen bestehenden Controllingregelkreis als spezifische Steuerungsinformationen integriert zu werden.

Damit wird aber klar hervorgehoben, dass die DEA und die über die Best Practice Einheiten abgeleiteten Zielwerte auf die Erfolgsbeurteilung von Entscheidungsbereichen abzielen.

Multifunktionale Kennzahlensysteme

Traditionell wird die Erfolgskontrolle nach wie vor über komplexe Kennzahlensysteme durchgeführt. Dabei wird versucht über absolute bzw. relative sowie Gliederungskennzahlen ein multifunktionales Kennzahlensystem zur Erfolgsdarstellung zu installieren. Durch die Zusammenschau all dieser Spitzenkennzahlen soll ein Gesamteindruck vermittelt werden können, der intern den Charakter eines Frühwarnsystems einnimmt. Vorreiter dieser multifunktionalen Darstellung von Unternehmenskennzahlen war der Chemiekonzern Du-Pont⁴, auf dessen Grundlage das ZVEI-System⁵ aufbaut. Obwohl mehr oder weniger stark strukturierte Kennzahlensysteme in der Praxis gängiger Alltag sind, sind sie nicht ganz unumstritten. Die Hauptkritikpunkte richten sich auf die Kennzahlenfriedhöfe, die verursacht werden und auf die sehr stark vergangenheitsorientierte Systemausrichtung sowie der Übergewichtung monetärer Kenngrößen (WEIBLER ET AL. 2003).

Balanced Score Card (BSC)

Die Fixierung auf die monetären Kenngrößen multifunktionalen Kennzahlen von Du Pont oder auch von ZVEI ließen Zweifel aufkommen, ob diese Größen tatsächlich als Steuerungsgröße zur Abbildung des gesamten Leistungsvermögens einer Entscheidungseinheit geeignet sind.

Die Anforderungen moderner Steuerungsinstrumente richten ihren Schwerpunkt auf eine ganzheitlich orientierte, ziel- und kennzahlenbasierte Umsetzung strategischer Ziele. Damit aber der Implementierungsprozess zur Umsetzung strategisch festgelegter Ziele messbar wird, sind spezifische Kennzahlen zu kreieren, die nicht ausschließlich monetäre Größen, sondern auch jene quantitativ erfassbaren Sub-Kennzahlen beinhalten, die auf die Kunden- und Mitarbeiterzufriedenheit, die Fluktuation und Durchlaufzeiten oder auf die Produktausfälle etc. reflektieren (WEIBLER ET AL. 2003).

Dieser von Kaplan und Norton 1996 entwickelten sehr breite und positive Ansatz der Balanced Scorecard bringt durch den Einsatz von quantifizierbaren Merkmalen unterschiedlicher Dimensionen die Vorteile einer vielfältigen Erfolgsdarstellung und der Verknüpfung strategischer Ziele mit dem operativen Prozessen mit sich.

Umgekehrt stellt aber genau diese Kennzahlenvielfalt den größten Nachteil für diesen Ansatz dar. Denn wenn eine vergleichende Analyse für eine große Anzahl vergleichbarer Entscheidungseinheiten, die mit verschiedensten Kennzahlen operieren, durchgeführt werden soll, stößt man unweigerlich auf das Problem, wie diese detaillierten Kennzahlen zu einigen wenigen Spitzenkennzahlen verdichtet werden könnten, ohne allzu viel Informationen zu verlieren. Aber gerade für den Aufbau eines internen Benchmarkkonzepts, um von den „Besten“ zu lernen, wäre eine derartige Aggregation erforderlich (WEIBLER ET AL. 2003).

Multivariate Analyseverfahren

Die Entscheidungsfindung anhand umfassender Einzelkennzahlen gestaltet sich bei der Balanced Scorecard als mühsam, da keine Aggregation der Einzelkennziffern vorgenommen wird. Zur Lösung dieses Verdichtungsproblems bedarf es der Zusammenführung der Einzelkennziffern zu einigen wenigen hoch aggregierter

4 Das vom Du Pont Konzern konzipierte Kennzahlensystem wurde bereits ab 1919 entwickelt und der Öffentlichkeit 1949 zugänglich gemacht. Dennoch setzte sich dieses Konzept erst gegen Ende der 1970iger Jahre durch Weibler et al. (2003).

5 ZVEI: Betriebswirtschaftlicher Ausschuss des Zentralverbands Elektrotechnik und Elektroindustrie

Spitzenkennzahlen, anhand derer die Quantität des Outputs einer Einheit gegenüber anderen Vergleichseinheiten objektiv beurteilt werden kann.

Zur statistischen Abschätzung des Einflusses von mehreren voneinander unabhängigen Inputfaktoren auf einen einzigen einheitlich definierten Output könnte die Anwendung eines parametrischen strukturprüfenden Verfahrens als möglicher Ansatz zur aggregierten Beurteilung des bereitgestellten Outputs dienen.

Dabei wird eine Kausalanalyse über die theoretischen und sachlogischen Zusammenhänge von unabhängigen Variablen (Faktorgroßen) mit den zu erklärenden bzw. abhängigen Größen (singulärer Output) durchgeführt (BACKHAUS ET AL. 2000).

Über voneinander unabhängige Merkmalsgrößen werden die zu erklärenden Elemente (der monetärer Output oder ein anderes messbares Outputkriterium) über eine aus empirischen Beobachtungen abgeleitete Schätzfunktion ermittelt. Für diese kann sowohl ein linearer als auch ein nicht linearer Verlauf unterstellt werden. Aus den für die einzelnen Fälle (Beobachtungen) abgeleiteten Residuen (Differenz des beobachteten Werts vom Schätzwert) können schließlich Rückschlüsse auf die Performance einer Einheit in Bezug auf die unterstellte Ausgleichsfunktion gemacht werden (BACKHAUS ET AL. 2000).

Dieses multivariate Verfahren ist allerdings in der Anwendung auf eine einzige abhängige Zielgröße beschränkt und lässt nicht mehrere abhängige Zielvariable zu. Die aus den Beobachtungen geschätzte parametrische Funktion wird nicht den Extremum Beobachtungen, die die Best Practice Einheiten markieren würden, angenähert, sondern resultiert aus den geringsten Abweichungsquadrate zu den einzelnen Referenzbeobachtungen. Damit sind aber Residualabweichungen sowohl in positiver als auch negativer Richtung möglich, wodurch sich wiederum kein sehr eindeutiges Bild bezüglich der Best Practice Einheiten ergibt.

Stochastic Frontier Analysis

Um aber dennoch einen funktionalen Zusammenhang zu beschreiben, der die Bedingungen von Produktionsprozessen realitätsnaher abbildet, könnte eine deterministische oder stochastische Produktionsfunktion verwendet werden.

Für die Produktionsfunktion als solche ist sicherzustellen, dass ohne Faktoreinsatz kein Output erzielbar ist und umgekehrt jeglichem Einsatz von Produktionsfaktoren immer ein Output gegenübersteht. Außerdem ist zu unterstellen, dass die Bereitstellung eines bestimmten Outputs auch mit einem Vielfachen an Inputfaktoren zulässig ist, aber nicht umgekehrt, da dann die Bedingung der Konvexität verletzt wäre (KUMBHAKER E. AL. 2000).

Unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen umhüllt die stochastische Produktionsfunktion, die sich aus einem deterministischen Teil und dem zufälligen statistischen Effekt zusammensetzt, unter der Annahme, dass das Verhältnis der zu schätzenden Outputgröße zu den eingesetzten unabhängigen Inputfaktoren zwischen 0 und 1 liegen muss, alle Beobachtungen am äußeren Rand (KUMBHAKER E. AL. 2000).

Aus der Mikroökonomie ist bekannt, dass die Grenzproduktivität mit zunehmendem Einsatz an Produktionsfaktoren sinkt. Anstelle einer multiplen Regressionsfunktion unterstellt Kumbhaker (2000) eine loglineare Cobb-Douglas Produktionsfunktion, um damit die typische konvexe Krümmung der Produktionsfunktion wiedergegeben zu können.

Über dieses Verfahren lässt sich der Anteil an Ineffizienz einer Beobachtung gegenüber der unterstellten Produktionsfunktion, die unter Berücksichtigung von zufälligen Fehlern

(statistisches Rauschen) konzipiert ist, ermitteln. Der funktionale Zusammenhang der Produktionsfunktion beschreibt aber auch bei der Stochastic Frontier Analyse ebenfalls nur die Abhängigkeit einer einzelnen Zielgröße von mehreren unabhängigen Merkmalen unter Berücksichtigung spezifisch verteilter Störgrößen.

Damit erweist es sich aber auch bei diesem Verfahren als Nachteil, dass, ähnlich wie bei den multivariaten Analyseverfahren, nur die Abhängigkeit eines Outputs von mehreren Produktionsfaktoren oder umgekehrt die Abhängigkeit eines Inputfaktors von mehreren Outputleistungen beschrieben wird.

K – Nearest Neighbour Methode

Alternativ zu den parametrischen, Stochastic Frontier Modellen ließen sich aber auch Produktivitäts-Modelle über einen nicht parametrischen Ansatz konzipieren. Der kNN (k nearest Neighbour) Ansatz erfüllt viele Anforderungen, die an Modelle zur Schätzung der Produktivität gestellt werden und stellt aufgrund seiner Einfachheit und flexiblen Anwendbarkeit eine sinnvolle Alternative zu parametrischen Verfahren dar (LEMM ET AL. 2005).

Als Vorteil gegenüber multivariaten Analyseansätzen nennen Lemm et al. die spezifische Berücksichtigung individueller Rahmenbedingungen sowie die rasche Integration aktueller Datensätze in das Produktivitätsmodell. Denn durch das Schätzen des funktionalen Produktivitätszusammenhangs aus idealisierten Datensätzen können individuelle Gegebenheiten nicht berücksichtigt werden und bei Änderung der technologischen Voraussetzungen und Entwicklungen müssten die multivariaten Analyseverfahren neu kalibriert bzw. spezifiziert werden (LEMM ET AL. 2005).

Die nicht parametrische kNN Methode leitet aus der Ähnlichkeit zu bereits bei anderen Einheiten (Nachbarn) beobachteten Mustern die Schätzung eines Ereignisses ab. Der Gradient für die Musterübereinstimmung mit den „Nachbarbeobachtungen“ kann über verschiedene Verfahren erfolgen, wobei in der Regel die Euklidische Distanz als Standardverfahren zur Anwendung kommt. Aus den unterschiedlichen Gradienten der Musterübereinstimmung zu den „Nachbareinheiten“ leitet sich der zu bestimmende Schätzwert ab (LEMM ET AL. 2005).

Aber auch wenn hier von der Flexibilität und Einfachheit dieses nicht parametrischen Ansatzes gesprochen wird, darf man nicht außer Acht lassen, dass zur Bestimmung des Schätzwertes ausreichend „Neighbours“ als Referenzeinheiten in einem entsprechenden Datenpool verfügbar sein müssten. Abgesehen davon lässt sich auch hier wiederum, so wie bei den multivariaten und stochastischen Verfahren auch, nur ein singulärer Schätzwert über unabhängige Merkmale (Zielvariablen) ermitteln.

Nutzwertanalyse (Benefit-Analysis)

Den Nachteil, dass mit den bisher vorgestellten Methoden immer nur ein einziger Output mit mehreren Inputfaktoren verknüpft werden kann, vermeidet die Nutzwertanalyse (BERGEN ET AL. 2002). Sie erlaubt die synoptische Betrachtung mehrerer Zielkategorien sowie die Bestimmung einer eindeutigen Rangfolge hinsichtlich der Vorziehenswürdigkeit der untersuchten Alternativen. Die Inputseite wird nicht gesondert abgebildet, sondern allenfalls über dementsprechende Zielelemente repräsentiert (Bsp.: Zielelement: niedrige, laufende Kosten). Für jede der Alternativen sind in Bezug auf alle Zielsetzungen die entsprechenden Zielerreichungsgrade zu bestimmen. Diese werden in der Folge nach einem normierten Schema (etwa Punktesystem von 0 bis 10) und unter Berücksichtigung der zu vergebenden Zielgewichte in dimensionslose Teilnutzwerte transformiert. Über eine Aggregationsregel (etwa: Rangsummen-Regel) werden die Teilnutzwerte zu einem

Gesamtnutzwert zusammengefasst. Neben den messtechnischen Problemen ist die mehr oder weniger subjektive Vergabe der Zielgewichte ein kritischer Aspekt dieses Ansatzes.

Kosten-Nutzen-Analyse (Benefit-Cost-Analysis)

Als klassisches Instrument zur Bewertung von Alternativen insbesondere auf politischer Ebene bemisst die Kosten-Nutzen-Analyse die Vorziehenswürdigkeit jeder Alternative an deren Relation von Gesamtnutzen zu Gesamtkosten (BERGEN ET AL. 2002). Alle Alternativen mit einer Nutzen-Kosten-Relation größer als 1 sind grundsätzlich ökonomisch sinnvoll, wobei sich die Allokationsentscheidung hinsichtlich der begrenzt verfügbaren Mittel an der Größe dieser Relation und mithin an der monetär bewerteten Ergiebigkeit des Mitteleinsatzes orientiert. Dabei sind grundsätzlich alle (relevanten) Inputs und Outputs, also gegebenenfalls auch externe Effekte bzw. öffentliche Güter, an Hand eines einheitlichen, monetären Maßstabs zu bewerten. Probleme der praktischen Anwendung betreffen insbesondere die vollständige Erfassung, Messung und monetäre Bewertung aller Kosten- und Nutzenelemente sowie in diesem Zusammenhang gegebenenfalls auch die Herleitung und Begründung des anzuwendenden Kalkulationszinsfußes.

Kosten-Wirksamkeitsanalyse (Cost-Effectiveness-Analysis)

Angesichts der vor allem outputseitig vielfach bestehenden Bewertungsprobleme im Benefit-Cost-Ansatz verzichtet die Kostenwirksamkeitsanalyse auf die Monetarisierung und die damit erzielte Verdichtung auf eine eindimensionale Outputgröße (BERGEN ET AL. 2002). Stattdessen wird den monetär bewerteten Inputs ein Bündel an Outputs gegenübergestellt, dessen einzelne Komponenten in einer jeweils adäquaten Maßeinheit quantifiziert werden. Damit verbunden sind freilich höhere Anforderungen an die Beurteilungsfähigkeit des Entscheidungsträgers.

Data Envelopment Analysis (DEA)

Die der Nutzwertanalyse sehr ähnliche **Data Envelopment Analysis (DEA)** umgeht deren Subjektivität in der Vergabe der Gewichte, indem diese für jeden individuellen Fall über einen Algorithmus aus zahlreichen Vergleichsfällen abgeleitet werden (vgl. 6.3.2). Neben dem Vorteil der Unabhängigkeit von der subjektiven Gewichtsvergabe, ermöglicht die Verwendung von DEA zahlreiche weitere Analyseschritte.

Aufgrund der erforderlichen Vergleichsfälle zur Ableitung der endogenen Gewichte (vgl. 3.7.1.1 bzw. 3.7.1.2), die über die Best-Practice Einheiten bestimmt werden, eignet sich die DEA als Benchmarkanalyse, aus der die entsprechenden Zielgrößen für nicht optimal operierende Fälle (DMUs) ermittelt werden können.

Als forstliche Anwendung könnte DEA in Ergänzung zu den Richtwertvergleichen, den zwischenbetrieblichen Vergleichen und dem Benchmarking zur Identifikation forstbetrieblicher Rationalisierungspotenziale auf Bestandes-, Prozess- und Betriebsebene Beiträge einbringen. Letztendlich lässt sich DEA aber nicht nur im produktionswirtschaftlichen Bereich anwenden, sondern kann auch durchaus als Evaluierungs- und damit potenzielles Controlling-Instrument in der öffentlichen Verwaltung eingesetzt werden.

1.5 Gliederung

Die in der Zielsetzung formulierten Herausforderungen werden nach den drei Schwerpunktsbereichen, Methodenteil, konzeptionelle empirische Anwendungen für ausgewählte forstliche Datensätze und die prospektive Auseinandersetzung mit verschiedenen weiteren forstlichen Themenbereichen, abgearbeitet.

- *Methodenteil*

Basierend auf den einschlägigen DEA Standardwerken von Cooper et al. (2003), Scheel (2000) und Coelli (1998) sowie den methodischen Arbeiten von Dyson (2001), Gstach (2002) und Steinmann (2002) zu DEA, wird ein breiter methodischer Überblick gegeben.

Beginnend mit den Ausführungen von Pritchard (1995) zur Produktivitätstheorie und der Herleitung der Pareto-Koopmans-Effizienz sowie der Dokumentation der drei ökonomischen Prinzipien, erfolgt die Dokumentation der allgemeinen ökonomischen Grundlagen, auf der die theoretischen Konzepte für die Grundmodelle von DEA aufbauen.

Die grundsätzlichen methodischen Voraussetzungen für den zu unterstellenden Produktionsmöglichkeitsraum (Technologiemenge) werden in den Struktureigenschaften in Anlehnung an die Ausführung von Scheel (2000) sowie von Steinmann (2002) und Gstach (2002) aufbereitet. Auf diesen produktionstheoretisch fundierten Struktureigenschaften und der theoretischen Definition von Effizienz nach Pareto (1897) und Koopmans (1951) aufbauend, werden die äquiproportionalen DEA Grundmodelle und deren LP (Lineare Programmierung) Lösungsalgorithmen für die von Farrel (1957) formulierten Problemstellungen erläutert.

In den Analysemöglichkeiten wird auf die variantenreichen Analysemöglichkeiten von DEA hingewiesen, in der die Eignung von DEA zur Benchmarkanalyse (STEPAN 2004) sowie die Ableitung entsprechender Zielwerte (Target Values) zur Realisierung der aufgedeckten Rationalisierungspotenziale demonstriert wird. Abgesehen davon wird hier auch die von Coelli (1998) und Scheel (2000) sowie Gstach (2002) proklamierte Tauglichkeit von DEA zur Dokumentation des allokativen Zusammenhangs zwischen der Performance des wertbasierten (kostentechnischen bzw. ertragstechnischen) Modells und der Effizienz des mengenbasierten, natural-technischen Modells aufgezeigt. Zusätzlich erfolgt auch noch die Dokumentation der spezifischen Analysemöglichkeiten aufgrund der Anwendung durchschnittlicher Effizienzmaße sowie des Supereffizienzmaßes (SCHEEL 2000).

Abschließend wird in den Rahmenrichtlinien für die DEA Applikation auf die Anforderungen der Technologiemenge als auch auf die Eigenschaften der DEA Effizienzmaße (Scheel 2000) sowie die von Dyson et al. (2001) geforderten Rahmenbedingungen für eine DEA Analyse entsprechend hingewiesen.

- *konzeptionelle empirische Anwendungen für ausgewählte forstliche Datensätze*

Die aus dem Methodenteil gewonnen Erkenntnisse werden einleitend zum empirischen Teil in einem Leitfaden für die strukturierte Vorgehensweise in Anlehnung an Shiba (1997) systematisch in einem Strukturbaum grafisch aufbereitet und um Hinweise zur Benutzeradäquanz der DEA Applikation ergänzt.

Um die Zielfunktionen der DEA Aufgabenstellung zu lösen, stehen zahlreiche Softwarepakete zur Verfügung, die von Free-Ware-Produkten bis hin zu sehr teuren kommerziellen Produkten reichen. In Anlehnung an Allen (2002) und Barr (2004) werden die relevantesten Produkte und ihre Eigenschaften tabellarisch gegenübergestellt.

Auch wenn zahlreiche Studien, die DEA zugrundelegen, existieren, finden sich nur wenige forstwirtschaftliche Anwendungsfälle, die sich im Wesentlichen auf den angloamerikanischen und skandinavischen Raum beschränken. Ergänzend zu den Ausführungen von Sowlati (2005) sind hier jene bis 2005 erschienen Publikationen zur forstlichen Anwendung von DEA dokumentiert und kommentiert sowie jeweils in einer Tabelle strukturiert aufbereitet.

In Anlehnung an den aus forstlicher Sicht relevantesten DEA Publikationen von Kao et al. (1991, 1992, 1993 und 2000), die DEA als begleitende Methode für den Restrukturierungsprozess taiwanesischer Forstverwaltungen (Forest-Districts) zum Einsatz brachten, erfolgt eine Adaption der DEA-Applikation in einem ersten explorativen Ansatz zur Performancebeurteilung von österreichischen Großprivatwäldern. Unter anderem wird aber auch die Anwendung von DEA zur Evaluierung von Laub-Nadelmischbeständen des Lehrforsts beispielhaft demonstriert. Mit der Entwicklung eines DEA Modells für Bestandesbehandlungskonzepte unter Einbeziehung simulierter Bestandesdaten, kommt schließlich auch ein auf syntetischen Daten basierender, ex ante orientierter Ansatz zur Anwendung, der direkt als Element eines Decision Support Systems implementiert werden konnte.

Basierend auf den Datengrundlagen des Testbetriebsnetzes „Großprivatwald“ sowie den Operatsdaten zu den Laub- Nadelmischbeständen des Lehrforstes Ofenbach als auch den simulierten Bestandesdaten einer Arbeitszeitstudie (STAMPFER 2001) erfolgen für jeden Themenschwerpunkt konstruktive Auseinandersetzungen mit den Rahmenbedingungen von DEA als auch den themenspezifischen Umfeldbedingungen von Forstbetrieben wie forstlichen Beständen (DMUs). In der Folge werden für die drei explorativen Anwendungen die themenspezifischen Probleme rund um die Datenverfügbarkeit als auch die Spezifikation von Variablen sowie Modellannahmen für die exemplarisch entwickelten Modelle offen gelegt. Auch wenn es sich um unvollständig spezifizierte Modelle handelt, werden zur Demonstration der Analysemöglichkeiten von DEA für alle drei Anwendungsfälle jeweils durchschnittliche wie auch beispielhafte individuelle Performances einzelner DMUs nach verschiedenen Effizienzmaßen abgeleitet und analysiert.

- *Die prospektive Auseinandersetzung mit verschiedenen weiteren forstlichen Themenbereichen*

Zur Abschätzung potenzieller Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der öffentlichen Verwaltung werden qualitative Experteninterviews durchgeführt. Mittels standardisiertem Interviewleitfaden wird gewährleistet, dass die Anwendungsvoraussetzungen und die Rahmenrichtlinien für die potenzielle Anwendung von DEA systematisch verifiziert werden können. Im Zuge der Diskussion soll der Interviewpartner für das Thema Effizienz sensibilisiert werden, was im Idealfall zur Aufdeckung von Datendefiziten bzw. zu konstruktiven Beiträgen zur Beseitigung dieser Defizite sowie zur Entwicklung konkreter Modellkonzepte führen soll.

Nach diesem Schema sind Interviews und Diskussionen zu den Themenbereichen, forstliche Förderung, Maßnahmen zum Schutz vor Naturgefahren sowie Schutzwaldsanierung, geführt worden

2 Grundlagen zur Effizienzbestimmung

Nach Scheel (2000) lässt sich die Effizienz von Produktionseinheiten ausschließlich durch den Transformationsprozess von Produktionsfaktoren in Leistungsgüter charakterisieren. Die Basis zur Bestimmung der Effizienz liefert die Produktivität⁶. Erst wenn der Quotient Output zu Input mehrerer vergleichbarer Einheiten relativ zueinander betrachtet wird, ist davon auszugehen, dass Einheiten mit einer kleinen Verhältniszahl weniger effizient sind als solche mit einer großen. Ohne eine relative Betrachtung der Produktivitätskennzahl mit vergleichbaren Beobachtungen (Einheiten) lassen sich daraus keine Effizienzkennzahlen ableiten. Effizienz ist damit stets relativ (SCHEEL 2000).

2.1.1 Definition von Produktivität

Der Begriff Produktivität kann je nach Sichtweise unterschiedlich definiert werden. Jedoch gibt es drei allgemeine Kategorien, die zusammenfassen, wie der Begriff bisher benutzt wird (PRITCHARD 1995).

Die erste Definition, wie sie vom typischen Ökonomen und Ingenieur verwendet wird, definiert Produktivität als Effizienzmaß, welches üblicherweise das in Geldeinheiten ausgedrückte Verhältnis der produzierten zu den eingesetzten Gütern angibt.

Eine zweite Definition von Produktivität stellt eine Kombination von Effizienz (Ergebnis/Einsatz) und Effektivität (Ergebnis/Ziele) dar. Umgelegt auf einen Produktionsprozess ließe sich durch die Bildung des Produktes aus Effizienzmaß (Produktionserlös zu Herstellungskosten) und Effektivitätsmaß (produzierte Güter zu Planabsatz) eine aussagekräftigere Kennzahl ableiten.

Die dritte Definition von Produktivität ist die umfassendste und betrachtet alles als Produktivität, was die Organisation besser funktionieren lässt. Bei dieser Definition beinhaltet Produktivität Effizienz und Effektivität, aber auch Dinge wie Absentismus, Fluktuation, Gruppenklima, Innovationen etc.

Am ehesten lässt sich Produktivität als Kombination von Effektivität und Effizienz definieren. Produktivität wird als der Grad der Güte definiert, mit dem ein System seine Ressourcen nutzt, um seine Ziele zu erreichen (PRITCHARD 1993). In dieser Form kann der Ansatz leicht Maße der Qualität, Anwesenheit und weitere Maße integrieren, die die Organisation zur Erreichung ihrer Ziele führen.

Allgemeiner lässt sich die Produktivität als eine Kennzahl für die Leistungsfähigkeit der Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital, Boden und Wissen definieren, die über das Verhältnis Produktionsmenge zu Faktoreinsatzmenge abgeleitet wird. Je nachdem, welcher Produktionsfaktor betrachtet wird, kann die Produktivität jedes Produktionsfaktors für sich, aber auch aller Faktoren in Summe als totale Faktorproduktivität ausgedrückt werden (<http://www.wirtschaftundschule.de/Lexikon/P/Produktivitaet.html>).

2.2 Definition der verwendeten Effizienzbegriffe

Effizienz (v. lat.: efficere = bewirken) ist das Verhältnis eines in definierter Qualität vorgegebenen Nutzens zu dem Aufwand, der zur Erreichung des Nutzens nötig ist. Als effizientes Verhalten bezeichnet man ein Verhalten, das sowohl tatsächlich zur Erreichung des Nutzens führt (Effektivität) als auch den dafür notwendigen Aufwand möglichst gering hält (<http://de.wikipedia.org/wiki/Effizienz>).

⁶ Vgl. z. B. FRIED ET AL. 1993 oder COELLI ET AL. 1998

Die Effizienz misst, wie wirtschaftlich die Ressourcen/Inputs (Finanzen, Studien, Zeit usw.) in Leistungen/Produkte (Outputs) umgewandelt werden⁷. Mit der Effizienz eines Systems bzw. Prozesses wird hingegen bewertet, wie schnell und kostengünstig das System bzw. der Prozess eine definierte Leistung erbringt⁸ (<http://beat.doebe.li/bibliothek/w00610.html>).

Mit der Effizienz wird also die Wirksamkeit bzw. Wirtschaftlichkeit von Vorgängen beschrieben. Im Englischen wird der Begriff sehr knapp mit der allgemein bekannten Phrase „Doing the things right“ umschreiben. Ein effizienter Vorgang zeichnet sich durch eine Wirksamkeit aus und trägt als Referenz zur Veränderung eines gewissen Status bei. In der Regel beinhaltet die Wirkung im Sinne der Effizienz eine Verbesserung oder zumindest keine Verschlechterung. Aussagen, ob etwas wirksam oder wirksamer geworden ist, sind aber insbesondere dann schwierig, wenn es unterschiedliche Kriterien gibt, die für die Bestimmung der Wirksamkeit (Effizienz) relevant sind (SCHEEL 2000).

In der Wirtschaftswissenschaft existieren aber bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts Konzepte zur Charakterisierung von Effizienz, wenn mehrere unterschiedliche Kriterien auf die Wirkung Einfluss nehmen. In den Arbeiten von Pareto (1897) wird ein Zustand dann als effizient bezeichnet, wenn es nicht mehr möglich ist, ein Individuum besser zu stellen ohne dadurch andere in einen schlechteren Zustand zu versetzen (PARETO 1897).

Dieses allgemein formulierte Konzept zur Effizienzbestimmung eignet sich sowohl zur Kennzeichnung von effizienten Alternativen allgemein als auch speziell von effizienten Produktionen, effizienten Organisationen bzw. effizienten Umweltprozessen.

Unter produktionswirtschaftlichem Gesichtspunkt beispielsweise ließe sich ein Herstellungsprozess dann als effizient definieren, wenn es unmöglich ist, mehr von einem Gut herzustellen ohne gleichzeitig mehr Produktionsfaktoren einzusetzen und es auch nicht möglich ist, weniger Produktionsfaktoren einzusetzen ohne einen Rückgang bei der Produktion hinnehmen zu müssen (STEINMANN 2002).

Bezieht sich die Effizienzbestimmung auf Merkmale einer Entscheidungseinheit, die ausschließlich auf natural-technischen oder teilweise auch monetären Dimensionen der Input- und Outputfaktoren basieren, wird über die technische Transformation der Produktionsfaktoren in Leistungsgüter die „Natural-Technischen Effizienz (TE)“ ermittelt.

Alleine die Effizienz der eingesetzten natural-technischen Produktionsfaktoren liefert noch keine Aussage hinsichtlich der Effizienz der eingesetzten monetäreren Mittel bzw. der erzielten Erträge. Mit dem natural-technischen Modell werden lediglich die Ineffizienzen des natural-technischen Produktionsprozesses beschrieben, nicht jedoch die Effizienz am Markt. Zur Darstellung des mengen- und wertbezogenen Effizienzzusammenhangs gilt es weitere Effizienzkonzepte zu implementieren, die durch Aufgliederung in eine Kosten- und eine Ertragseffizienz den Wertbezug widerspiegeln.

Zur Ermittlung der „Kosteneffizienz (KE)“ werden die Produktionsfaktoren mit einem aus Marktpreisen gemittelten durchschnittlichen Kostensatz bewertet und zu einer einzigen Kostengröße aggregiert. Die natural-technischen Outputvariablen auf der Ertragsseite bleiben dabei zur Ermittlung der minimalen Gesamtkosten unverändert. Umgekehrt werden zur Bestimmung der „Ertragseffizienz (EE)“ die Outputgüter zu durchschnittlichen Marktpreisen bewertet und zu einer Gesamtertragsvariablen aggregiert, die den

7 von der Direktion für Entwicklungshilfe und Zusammenarbeit DEZA im Text Glossar Controlling und Evaluation des DEZA

8 von Christian Schucan im Buch Effektivitätssteigerung mittels konzeptionellem Informationsmanagement (1999) im Text Methodengrundlagen auf Seite 67

unveränderten Produktionsfaktoren auf der Inputseite gegenübergestellt wird. Wird das natural-technische Effizienzmaß dem wertbezogenen Effizienzmaß gegenübergestellt, leitet sich daraus das „allokative Effizienzmaß (AE)“ ab, das auf eine ineffiziente Konstellation der eingesetzten Produktionsfaktoren bzw. der erzeugten Güter aufgrund der am Markt geltenden Preise hinweist.

In den bisher definierten Effizienzbegriffen wird allerdings nur diskutiert ob das aktuelle Produktionsniveau unter natural-technischen bzw. kosten- und ertragstechnischen Gesichtspunkten effizient ist. Auf die Problematik, ob die zur Bereitstellung der Leistungen eingesetzte Kombination an Produktionsfaktoren zu steigenden bzw. zu fallenden Grenzerträgen geführt hat, wird dabei nicht eingegangen. Durch die Berücksichtigung der Skaleneffekte bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen wäre es möglich, zwischen skaleneffizienten Einheiten und solche, die unter nicht zunehmenden und nicht abnehmenden Skalenerträgen operieren, zu differenzieren. Führt die Zunahme der eingesetzten Produktionsfaktoren zu einem proportionalen Anstieg der Outputgüter liegt Skaleneffizienz vor. Bei einem Überproportionalen Anstieg der Outputleistung, zunehmende Skalenerträge, kann durch die Ausweitung der Produktion das Verhältnis zwischen dem hergestellten Güterbündel und den eingesetzten Produktionsfaktoren gesteigert werden. Nehmen allerdings die Grenzerträge bei Steigerung des Einsatzes an Produktionsfaktoren ab, liegen sinkende Skalenerträge vor und die Ineffizienz infolge des Skaleneffekts lässt sich nur durch Reduktion der Produktionsfaktoren erzielen, das zu einem günstigeren Verhältnis des produzierten Güterbündels und den dafür eingesetzten Produktionsfaktoren führt.

Die Erzielung einer „ökonomischen Effizienz (ÖE)“, die ausschließlich Wertgrößen sowohl der Produktionsfaktoren als auch des erzeugten Güterbündels beinhaltet, ist nur dann gegeben, wenn die Beobachtung sowohl kosten- als auch ertragseffizient sowie skaleneffizient ist (STEINMANN 2002).

2.2.1 Ökoeffizienz

Da sowohl eine Dissertation zur Messung ökologischer Effizienz mittels Data Envelopment Analysis von Katrin Allen 2002 als auch zahlreiche Autoren in der Anwendung von DEA den Umwelt und Ökobereich als ein mögliches Anwendungsgebiet nennen, erscheint es angebracht die Definitionen von Ökoeffizienz mit aktuellen Definitionen aus dem World Wide Web in aller Kürze als kleinen Exkurs darzustellen. Gerade im Zusammenhang mit nachhaltigem Unternehmensmanagement im Sinne von Ökologisierung des Produktionsprozesses wird die Frage nach der ökologischen Effizienz zu führen sein. Zur Umsetzung eines „Öko-Controllings“ bzw. eines „Öko-Benchmarkings“ braucht es aber quantifizierbare Umweltkennzahlen und Indikatoren sowie Parameter, um diese ökologische Effizienz auch messbar und damit operationalisierbar zu machen.

Ökoeffizienz ist ein Begriff aus der Wirtschaftswissenschaft. 1991 hat der Handelsrat für nachhaltige Entwicklung (Business Council for Sustainable Development, BCSD) den Begriff Ökoeffizienz (eco-efficiency) in die Wirtschaftswelt eingeführt.

Ökoeffizienz wird erreicht, wenn Güter und Dienstleistungen preislich wettbewerbsfähig sind, menschliche Bedürfnisse befriedigen und Lebensqualität bringen. Dabei sollten negative ökologische Wirkungen und die Ressourcenintensität über den gesamten Lebenszyklus (des Produktes) auf ein Niveau verringert werden, welches mit der Tragfähigkeitsgrenze der Erde vereinbar ist.

Der Welthandelsrat für nachhaltige Entwicklung (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD, bringt Ökoeffizienz auf die einfache Formel (<http://www.wbcscd.ch/whatis.htm>):

Ökoeffizienz = (Wirtschaftlicher Wert eines Produktes)/(Einfluss bzw. Auswirkungen auf die Umwelt)

Dieses Konzept fordert die Maximierung des Wertes (Utility) pro Einheit „Umweltbelastung“. Das Ziel von eco-efficiency ist also, Ökologie und Ökonomie in Einklang zu bringen und den wirtschaftlichen Wert mit dem Umwelteinfluss zu korrelieren. Dabei wird sowohl der Herstellungsprozess als auch der Gebrauch/Nutzen und die spätere Entsorgung (bei Produkten) in die Bilanz einbezogen (cradle-to-grave-Prinzip). Die Verminderung der Material- und Energieintensität von Produkten und die Reduzierung des Schadstoffausstoßes sollen zusammen mit der Erhöhung der Recyclingfähigkeit von Produkten sowie dem maximalen Einsatz wieder verwendeter Materialien eine möglichst geringe Umweltbelastung bewirken.

Eco-efficiency ist ein Managementansatz, mit dem Produktionsprozesse und Produkte wirtschaftlicher gestaltet werden sollen. Die Steigerung der Umweltverträglichkeit ist dabei ein positiver Nebeneffekt (<http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96koeffizienz>).

2.3 Definition von Effektivität

Effektivität ist das Verhältnis von erreichtem Ziel zu definiertem Ziel. Ein Verhalten ist dann effektiv, wenn es ein vorgegebenes Ziel erreicht. Es ist wenig effektiv, wenn das Ziel nicht oder nur teilweise erreicht wird. Dies ist unabhängig vom zur Zielerreichung nötigen Aufwand, der anhand des Kriteriums der Effizienz beurteilt werden kann.

Zur Unterscheidung von Effektivität und Effizienz: Effektivität bedeutet 'das Richtige tun'; Effizienz bedeutet: 'etwas richtig tun'. Anders formuliert: effektiv Arbeiten bedeutet, unter Einsatz aller Mittel das Ziel erreichen, effizient Arbeiten hingegen bedeutet, mit den gegebenen Mitteln das maximal mögliche Ergebnis zu erzielen (<http://de.wikipedia.org/wiki/Effektivit%C3%A4t>).

2.4 Das Ökonomische Prinzip

Dieses auch als Input-Output Relation oder als Effizienzpostulat bekannte Prinzip beschreibt den Koordinationsmechanismus, nach dem in der Volkswirtschaftslehre versucht wird, möglichst viele der unbegrenzten Bedürfnisse trotz der begrenzten Mitteln (knappe Güter) zu befriedigen. Zur Annäherung an diese Zielsetzung lässt sich das Ökonomische Prinzip in zwei Ausprägungen darstellen:

1. Minimalprinzip bzw. Minimumprinzip

Der Mitteleinsatz soll so gering wie möglich (minimal) gehalten werden, um ein vorgegebenes Ziel zu erreichen.

2. Maximalprinzip bzw. Maximumprinzip

Bei fix vorgegebenem Faktoreinsatz soll eine möglichst hohe (maximale) Leistung realisiert werden.

Das ökonomische Prinzip ist ein rein formaler Grundsatz, der lediglich die Art und Weise („das Wie“) des Wirtschaftens beschreibt. Das Prinzip macht keine Aussagen über die Zielsetzungen oder Motive des Wirtschaftens (Gewinnmaximierung, Umsatzsteigerung, Vergrößerung der Marktanteile).

Es ist ein weit verbreiteter Irrglaube, dass es besonders sinnvoll ist mit Minimalem Mitteleinsatz (Minimalprinzip) ein maximales Ergebnis zu erzielen (Maximalprinzip). Dies so genannte Min-Max-Prinzip führt jedoch zu ungeplantem Handeln, da nach dem Minimalprinzip, keine klaren Vorgaben gemacht werden und nach dem Maximalprinzip kein klares Ziel verfolgt wird.

Die Optimierung, z.B. beim Kaizen (die schrittweise Perfektionierung/Optimierung des bewährten Produkts weist den Weg zum Erfolg) kann daher nur schrittweise erfolgen. Nach jedem Optimierungsschritt muss dann aber überprüft werden, ob beim Maximalprinzip alle notwendigen Parameter der Zielvorgabe (Qualität) vorhanden sind, bzw. ob beim Minimalprinzip alle notwendigen Bedingungen zur nachhaltigen Zielerreichung gegeben sind (z.B. Gesetze und Auflagen z.B. Arbeitsschutz) ([http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96konomisches Prinzip](http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96konomisches_Prinzip)).

3 DEA (Data Envelopment Analysis) - der nicht parametrische Modellansatz

Aufbauend auf den Arbeiten von Koopmans (1951) und Debreu (1951) entwickelte Farrell (1957) einfache Methoden, um über multiple Inputvariable die Performance bzw. die Effizienz von Unternehmen abzuleiten. Farrell erkannte bereits damals, dass die tatsächliche Effizienz (Ökonomische Effizienz, ÖE) sich aus dem Produkt von zwei Komponenten zusammensetzt: Einen Teil davon bildet die natural-technische Effizienz (TE), mit der die Transformation der naturalen Produktionsfaktoren in Produktionsgüter oder Kostenträger erfolgt und der zweite Teil ergibt sich aus der allokativen Effizienz (AE), die den effizienten Mitteleinsatz bzw. die optimale Bereitstellung der Outputgüter unter monetären und markttechnischen Gesichtspunkten beurteilt.

Diese bahnbrechende Arbeit von Farrell (1957), die über beinahe zwei Jahrzehnte unberücksichtigt bleibt, erfährt 1978 durch Charnes, Copper und Rhodes (CCR-Modell), die Begründer der Data Envelopment Analysis, eine Renaissance. Die von Farrell entwickelte abschnittsweise lineare konvexe Hülle zur Schätzung der Performance wird durch diese drei Autoren mathematisch als ein lineares Problem⁹ definiert, das über Ansätze der Operations Research auch komplexere, multidimensionale Fragestellungen lösen kann.

Im Gegensatz zur Mikroökonomie, die auf Basis von funktionalen Zusammenhängen die Produktionsfunktion, die den Rand der effizienten Hülle definiert, a priori mathematisch beschreibt, ist bei empirischen Untersuchungen die theoretische Produktionsfunktion und somit auch der technisch effiziente Rand als Produktionsmöglichkeitsbereich in der Regel nicht bekannt. Methodisch steht daher dem ökonometrischen Ansatz, bei dem ein Schätzwert über eine deterministische oder stochastische Produktionsfunktionen hergeleitet wird, dem nicht parametrischen mathematischen Programmierungsansatz gegenüber, der ohne die Produktionsfunktion zu kennen, durch den Vergleich mit ähnlichen Einheiten, den Gradient der Ineffizienz bestimmt.

Die Ökonometrie spezifiziert a priori die Produktionsfunktion (Stochastic Frontier) in Form einer Cobb-Douglas Funktion, über die unter Berücksichtigung von zweiseitig verteilten Zufallsfehlern (systematische Fehler) und einer nichtnegativen technischen Ineffizienz-Komponente ein zu erwartender Schätzwert hergeleitet wird (KUMBHAKER et al. 2000). Als Abwandlung dazu ist der nicht parametrische Ansatz in der Gestaltung des Produktionsmöglichkeitsraums, der multikriterielle In- und Outputs zulässt, flexibler. Allerdings lässt sich bei diesem nicht parametrischen Ansatz, der Anteil des systematischen Fehlers nicht wie beim stochastischen Ansatz vom Grad der Ineffizienz differenzieren.

Die DEA zählt zu den nicht-parametrischen deterministischen Methoden zur Bestimmung des Produktionsmöglichkeitsraums von empirisch beobachteten Input-Outputtransformationen. DEA konstruiert über den mathematischen Programmierungsansatz eine Umhüllende (Envelopment, folglich auch die Bezeichnung Data Envelopment Analysis), die alle beobachteten Datensätze so knapp als möglich umgibt.

⁹ Ein lineares Problem wird beschrieben durch die lineare Zielfunktion, die optimiert werden soll und von den zulässigen Rahmenbedingungen, aus denen die Argumente für die Zielfunktion abgeleitet werden. Die Definition der Rahmenbedingungen erfolgt über so genannte Nebenbedingungen bzw. Restriktionen. Der Begriff des linearen Problems wird in der Literatur auch als Synonym für das lineare Programm verwendet.

3.1 Definition der Technologiemenge

In der Produktionstheorie wird von einer Technologie [T] ausgegangen, die alle technisch machbaren Kombinationen von Inputfaktoren beschreibt. Durch das Filtern der effizientesten Faktorkombinationen bei gegebenen Faktorpreisen lässt sich bei gegebenem Outputniveau die maximale Outputleistung herleiten (<http://de.wikipedia.org/wiki/Produktionstheorie>).

Dabei steht allerdings der technische Herstellungsprozess nicht im Vordergrund. Ganz im Gegenteil kommt es eigentlich zur vollständigen Abstrahierung, da mit der Effizienzmessung per se keine einzelnen Leistungs- bzw. Produktivitätsvergleiche zwischen Fertigungsanlagen oder verantwortlichem Personal durchgeführt werden sollen. Das Zusammenspiel aller Rädchen des Produktionsprozesses steht im Zentrum der Fragestellung und der Beurteilung. Die Gesamtheit aller zulässigen Input-Outputtransformationen wird als Technologiemenge bezeichnet (Steinmann 2002).

Implizit wird dazu angenommen, dass alle Einheiten unter derselben Technologie und unter denselben Transformationsmöglichkeiten operieren. Da Effizienzmessung letztlich nichts anderes ist als eine Beurteilung der beobachteten Input- / Outputtransformationen unter den gegebenen Möglichkeiten der Technologiemenge, lässt sich die Technologiemenge und deren Input- Output Transformationen, wie bei Scheel (2000) sowie Gstach (2002) beschrieben, allgemein wie folgt definieren:

$T := \{(x, y) \mid \text{Outputvektor } y \text{ kann von Inputvektor } x \text{ produziert werden}\}$ (vgl. Abb. 2)

Der damit mathematisch festgelegte Produktionsmöglichkeitsraum kann entweder über einen funktionalen Zusammenhang (parametrischer Ansatz) a priori theoretisch beschrieben oder empirisch über reale Input- Outputtransformationen (nicht parametrischer Ansatz) abgeleitet werden.

Die Definition der Technologiemenge über den nicht parametrischen Ansatz wird durch die tatsächlich beobachteten und auch effektiv realisierten Input- Outputmengen legitimiert. Im Gegensatz zur theoretischen Variante, für die das Zusammenwirken von Inputs und Outputs vorweg durch einen spezifischen funktionalen Zusammenhang definiert sein muss, erscheint der nicht parametrische Ansatz als der flexiblere.

Allerdings muss beachtet werden, dass die verfügbare Information und das technische und organisatorische Wissen über die zu untersuchenden Einheiten nicht ausreichen, um daraus eine vollständige Input- Outputtransformation abzuleiten. Für die praktische Ermittlung der Performance ist man auf die „Approximation“ an eine „wahren“ aber unbekannten Technologiemenge angewiesen, die sich im Prinzip auf den beobachteten Input- Outputdaten und die strukturellen Eigenschaften der Technologiemenge stützt (Scheel 2000).

3.2 Konstruktion der Technologiemenge für die DEA Anwendung

Die bereits allgemein beschriebene mikroökonomische Definition der Technologiemenge lässt sich auch für die DEA Anwendung adaptieren. Die Technologiemenge für DEA wird dabei durch die beiden Komponenten, Struktureigenschaften der Technologie (vgl. 3.3) und den kardinal bzw. metrisch¹⁰ erfassbaren, multikriteriellen Input- und Outputparametern konstruiert.

¹⁰ Jeder Input und jeder Output muss messbar sein, so dass die Abstände zwischen zwei Werten exakt wie bei physischen Maßen (Länge, Temperatur, Geschwindigkeit etc.) definiert sind.

In Anlehnung an die Notation von Scheel (2000) werden alle untersuchten Beobachtungen (DMUs) mit einem Index von 1 bis S durchnummeriert. Die Summe aller DMUs definiert sich demzufolge als:

$$\mathcal{D} := \{1, \dots, S\}.$$

Alle Inputvariablen erhalten einen laufenden Index von 1 bis M und alle Outputvariablen sind von 1 bis N indiziert. Die multikriteriellen Input- und Outputwerte einer aus dem Sample beliebig herausgegriffenen Unit $k \in \mathcal{D}$ wird allgemein über den aggregierten Vektor (X^k, Y^k) definiert.

$$(X^k, Y^k) = (X_1^k, \dots, X_m^k, Y_1^k, \dots, Y_n^k)$$

Der Input- / Output- Transformationsvektor (X^k, Y^k) ist Teil der gesamten Datenmatrix (X, Y) , die von jeder DMU die kompletten Input- Outputvariablen enthält.

$$(X, Y) := \begin{pmatrix} X^1 & Y^1 \\ \vdots & \vdots \\ X^S & Y^S \end{pmatrix}$$

Als Voraussetzung für die Plausibilität der Datenmatrix sind die empirische Vollständigkeit¹¹ (vgl. 4.1.3), das Einhalten der Struktureigenschaften sowie die Berücksichtigung einiger zusätzlicher methodischer Restriktionen zu berücksichtigen.

1. Es sind keine negativen Matrixwerte zulässig $(X, Y) \geq 0$
2. Jeder in der Matrix definierte Inputfaktor muss zumindest von einer DMU eingesetzt werden. Demzufolge wird es immer eine Beobachtung k geben, die einen Input m zur Outputtransformation verwendet $X_{m,s}^k > 0$.
3. Alle in der Datenmatrix vorhandenen Outputgrößen müssen zumindest von einem Inputvektor bereitgestellt werden. Daraus leitet sich ab, dass für jeden Output n zumindest eine Unit k existieren muss $Y_{n,s}^k > 0$.
4. Für die einzelnen DMUs gilt, dass diese zumindest einen Inputfaktor zur Erzeugung mindestens eines Outputs einsetzen müssen. Für eine beliebige Unit k gilt demzufolge, dass $\sum_{s=1}^S Y_{n,s}^k > 0$ und $\sum_{s=1}^S X_{m,s}^k > 0$ sein muss.
5. Zur Vervollständigung der Restriktionen für die Werte der DMUs sei noch erwähnt, dass identische DMUs nur einmal in der Matrix vertreten sein werden.

Unter Berücksichtigung dieser fünf bei Scheel (2000) dokumentierten Einschränkungen wird von ihm die Datenmatrix mit ihren s DMUs und deren m Inputvariablen und n Outputvariablen wie folgt definiert:

$$\mathcal{M} := \{(X, Y) \in \mathbb{R}^{s \times (m+n)} \mid (X, Y) \text{ erfüllt (1) bis (5)}\}$$

Die hier definierte Technologiemenge und die abgeleiteten Einschränkungen der Datenmatrix, bilden die Grundlage für den nicht parametrischen Ansatz. Auf Basis von empirischen Daten wird über einen linearen Programmialgorithmus („Black Box“) die Effizienz der Input- Outputtransformationen geschätzt.

¹¹ Eine Technologiemenge ist empirisch vollständig, wenn sie alle verfügbaren empirischen Beobachtungen von Input- Outputtransformationen enthält (SCHEEL 2000 und STEINMANN 2002).

Jene Einheiten, die dabei die Best-Practice markieren, ummanteln die übrigen Produktionsmöglichkeitsniveaus nach dem Prinzip der minimalen Extrapolation¹² (BANKER et al. 1984 in SCHEEL 2000), woraus sich die Bezeichnung DATA ENVELOPMENT ANALYSIS als Terminus für dieses nicht parametrische Verfahren ableitet.

3.3 Struktureigenschaften der DEA Technologiemenge

Die nachfolgend dargestellten Elemente der Struktureigenschaften der DEA Technologiemenge - Monotonie, Konvexität und Skaleneigenschaft - bilden die drei Säulen zur Festlegung des unterstellten Produktionsmöglichkeitsraums, der hier synonym als Technologiemenge bezeichnet wird.

3.3.1 Monotonie bzw. Verschwendbarkeit

In der Mikroökonomie wird unter Monotonie die kostenlose Beseitigung bzw. im Englischen die „free disposability“ verstanden. Damit soll verdeutlicht werden, dass die Herstellung eines definierten Outputs auch unter dem Einsatz eines Vielfachen der minimal notwendigen Produktionsfaktoren zulässig ist.

Wenn die Beobachtung (x^k, y^k) ein $\in$ von T ist, und wenn der Inputvektor der Beobachtung I, $x' \geq x^k$ ist, dann ist (x', y^k) ebenfalls ein zulässiges $\in$ von T , auch wenn es sich nur um ein ineffizienteres Produktionsniveau der Technologiemenge handelt (Scheel 2000 bzw. Gstach 2002)

Umgekehrt ist es selbstverständlich genauso zulässig mit begrenzt verfügbaren Produktionsmitteln nur einen geringeren Anteil an dem maximal möglichen Output zu erzeugen.

Ist beispielsweise die Beobachtung (x^k, y^k) ein $\in$ von T , und ist der Outputvektor der Beobachtung I $y' \leq y^k$, dann ist (x^k, y') ebenfalls ein zulässiges $\in$ von T , auch wenn es sich wiederum um ein ineffizienteres Produktionsniveau der Technologiemenge handelt (Scheel 2000 bzw. Gstach 2002).

Zur bildlichen Demonstration sei auf die Abb. 1, (a) und (b) verwiesen, die jeweils die freie Verschwendung von Inputs bzw. von Outputs durch den grauen ineffizienten Produktionsmöglichkeitsraum, gemessen an den Input- und Outputisoquanten demonstrieren. Für jede Output- bzw. Inputkombination im grau ausgewiesenen Produktionsmöglichkeitsraum bzw. Inputerfordernisraum, lassen sich effizientere Produktionsniveaus finden, die bei Verwendung eines normierten Inputvektors mehr an Outputleistung bereitstellen bzw. zur Herstellung desselben Outputvektors weniger Inputfaktoren verbrauchen.

Eine Inputisoquante (maximale Outputleistung) umhüllt dabei geometrisch jenen Produktionsmöglichkeitsraum, der die Outputleistung unendlich vieler Beobachtungen im Rahmen der vorgegebenen Technologiemenge bei einem fix normierten Inputvektor (Kombination aus Produktionsfaktoren) charakterisiert. Umgekehrt definiert die Outputisoquante (minimaler Inputaufwand) die „Frontier“ für alle Inputkombinationen (Inputerfordernismenge), die für die Bereitstellung eines fix vorgegebenen Outputvektors (Kombination aus produzierten Leistungen) verwendet werden können.

12 Die minimale Extrapolation ist die kleinstmögliche Teilmenge innerhalb der Technologie T , die die Struktureigenschaften - Monotonie, Konvexität und Skaleneigenschaften - erfüllen und die empirischen Input-Outputtransformationen am engsten umhüllen (STEINMANN 2002).

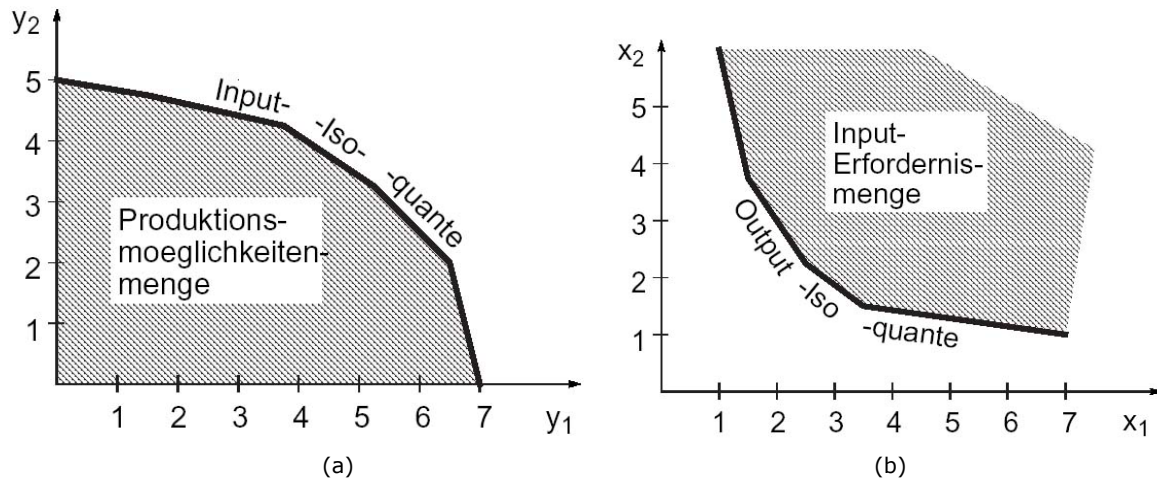


Abb. 1: Dokumentation der Monotonie bzw. „Verschwendbarkeit“ über eine Output- (a) und einer Inputisoquante (b) (GSTACH 2002 S.10)

3.3.2 Konvexität

Ähnlich wie in der Mikroökonomie geht man in der DEA von konvexen Technologien aus. Dabei wird angenommen, dass jede beliebige Input- Outputkombination realisiert werden kann, die anteilig aus der Kombination (konvexe Mischung über die Gewichte λ_s) von zwei realen Beobachtungen (DMUs), die Teil der Technologie T sind, gebildet wird.

Auch für diese methodische Rahmenbedingung lassen sich wiederum die verwendeten Inputvektoren und die erzeugten Outputvektoren getrennt voneinander analysieren. Nach Steinmann (2002) wird das konvexe Inputset definiert als:

Wenn die konvexe Linearkombination von Inputvektoren (X_s) ebenfalls der Inputerfordernismenge $L(Y)$ zur Herstellung von Leistungsgütern $\in L(Y)$, $s = 1, \dots, S$ angehört und die Gewichte $\lambda_s \geq 0$, $s = 1, \dots, S$ für alle Beobachtungen die Nichtnegativitätsbestimmung einhalten sowie gemäß dem dualen DEA-Problem (vgl. 3.7.1.2) die Normierung der Summe der Gewichte λ auf eins $\sum_{s=1}^S \lambda_s = 1$ unterstellt werden kann, dann ist auch der mit Lambda gewichte Inputvektor $\sum_{s=1}^S \lambda_s (X_s) \in L(Y)$ teil der konvexen Inputtechnologie $L(Y)$, die variable Skalenerträge (vgl. 3.3.3) der Beobachtungen zulässt.

Im Gegensatz dazu gehören die konvexen Linearkombinationen der Outputvektoren (Y_s) dann der Produktionsmöglichkeitsmenge $P(X)$, $s = 1, \dots, S$, an, wenn bei Unterstellung der Nichtnegativitätsbedingung für die Gewichte $\lambda_s \geq 0$, $s = 1, \dots, S$ aller Beobachtungen, $\sum_{s=1}^S \lambda_s = 1$, die Summe der Gewichte (λ) aus dem dualen DEA Problem (vgl. 3.7.1.2) gleich eins ist. Daraus kann dann geschlossen werden, dass auch der mit Lambda gewichte Outputvektor $\sum_{s=1}^S \lambda_s (Y_s) \in P(X)$ teil der konvexen Outputtechnologie ist, die variable Skalenerträge (vgl. 3.3.3) zulässt.

Die Theoreme für den Fall von konvexen Input- und Outputvektoren schließen aber nicht aus, dass theoretisch durchaus auch eine nicht konvexe Technologie als Produktionsmöglichkeit vorhanden sein könnte. Daher ist zur Gewährleistung der Konvexitätsannahme, für die gilt, dass bei Erhöhung der Produktionsfaktoren die Grenzproduktivitäten abnehmen (KAO 1993), ein weiteres Theorem erforderlich, das Technologiemengen mit stetig zunehmenden Skalenerträgen nicht adäquat darstellt, da DEA mit diesen nicht konvexen Technologiemengen nicht operieren kann.

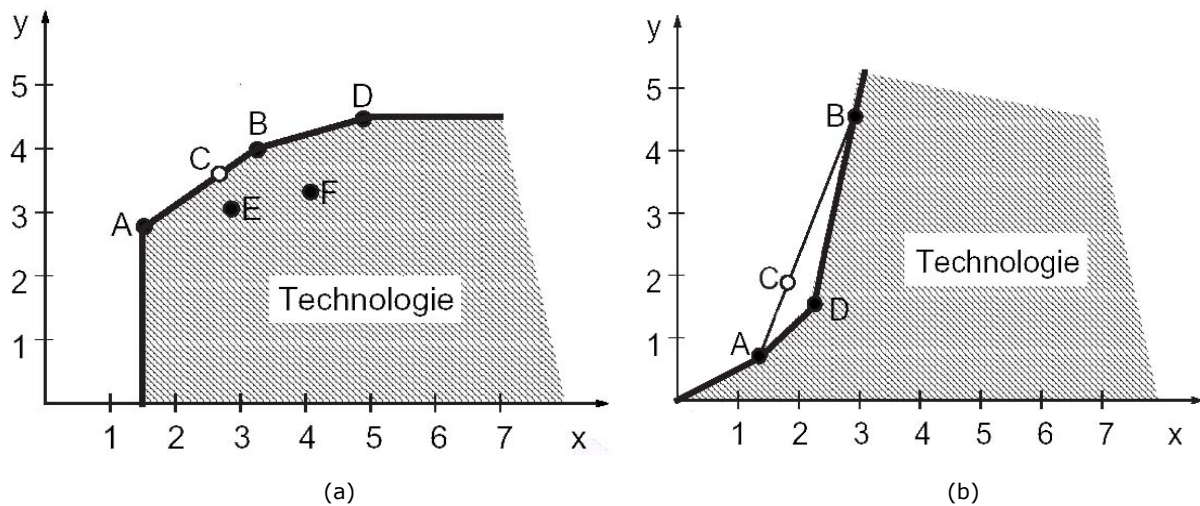


Abb. 2: (a) konvexe Technologie, (b) nicht konvexe Technologie (GSTACH 2002 S. 7)

Denn erst wenn gewährleistet ist, dass die Produktionsniveaus (X_s, Y_s) Teil der definierten Technologie ist $\in T$, $s = 1, \dots, S$ und gemäß dem dualen Ansatz (vgl. 3.7.1.2) unter variablen Skalenerträgen alle Lambda gleich eins $\sum_{s=1}^S \lambda_s = 1$ sind, dann gilt nach dem Dualitätssatz (vgl. 3.6.2.1), dass auch das mit Lambda gewichtete Produktionsniveau $\sum_{s=1}^S \lambda_s (X_s, Y_s) \in T$ Teil dieser Technologie ist (STEINMANN 2002).

Die Konvexitätsannahmen erscheinen ökonomisch dann plausibel, wenn zwischen den kardinal erfassten, unbeschränkten und stetigen (vgl. die Implikationen der Variablenerfassung unter 4.4.5) Input- und Outputvariablen Substitutionsmöglichkeiten (vgl. 4.4.7) bestehen und eine beliebige Kombination dieser Faktoren wiederum zum selben Output führt (SCHEEL 2000).

3.3.3 Skaleneigenschaften

Die Wahl der zu unterstellenden Skalenerträge und damit auch der zu verwendenden Technologie hängt im Wesentlichen von den zu untersuchenden Einheiten (DMUs) und der Einschätzung des Analysten ab. Allerdings gestaltet sich die Lösung dieser Entscheidungsprobleme als besonders kritisch. Zur Approximation der Produktionsmöglichkeiten müsste man imstande sein, abzuschätzen, ob eine Einheit bei Verdoppelung der Produktionsfaktoren einen über- oder unterproportional hohen bzw. einen tatsächlich proportionalen Output erzielt.

Unterstellt man konstante Skalenerträge (KSE, vgl. Abb. 3), wird davon ausgegangen, dass an die Erhöhung oder Senkung der Produktionsfaktoren bzw. der erstellten Leistungen eine proportionale Erhöhung bzw. Senkung der Produktionsfaktoren bzw. der Outputgüter gekoppelt ist. Daraus folgt, dass jede in der Technologie zulässige Input-Outputtransformation $(x, y) \in T$ auch nach der Multiplikation mit dem dualen Gewichtungsfaktor $\lambda > 0$ wiederum Teil der ursprünglichen Technologie $(\lambda x, \lambda y) \in T$ bleibt, die konstante Skalenerträge unterstellt hat.

Werden nicht zunehmende Skalenerträge unterstellt (NZSE, vgl. Abb. 3), geht man davon aus, dass bei Reduktion des Inputvektors, sich im Gegenzug das Outputniveau um maximal denselben Faktor erniedrigen lässt. Damit kann für alle Produktionsniveaus (x, y) , die Teil der Technologie $\in T$ sind, deren dualer Gewichtungsfaktor auf $1 \geq \lambda > 0$ eingeschränkt ist, sichergestellt werden, dass auch $(\lambda x, \lambda y) \in T$ wieder Teil dieser Technologie ist.

Bei Anwendung von nicht abnehmenden Skalenerträgen (NASE, vgl. Abb. 3) verhält es sich genau umgekehrt. Dabei führt die Erhöhung der Produktionsfaktoren zumindest zu einer Erhöhung des Outputvektors um denselben Faktor. Ist (x, y) Teil dieser Technologiemenge $\in \mathbf{T}$, wird wiederum durch die Einschränkung des dualen Gewichtungsfaktors auf $\lambda \geq 1$ gewährleistet, dass auch $(\lambda x, \lambda y) \in \mathbf{T}$ Bestandteil dieser Technologie ist.

Weist eine Technologie alle drei Varianten von Skalenerträgen (KSE, NZSE, NASE) auf, wird diese Form von Skalenerträgen als variabel bezeichnet. Charakteristisch für eine Technologiemenge mit variablen Skalenerträgen ist, dass die Steigung der abschnittsweise linearisierten Bereiche der konvexen Hülle mit zunehmendem Einsatz an Produktionsfaktoren abnehmen, wodurch zunehmende Grenzproduktivitäten ausgeschlossen werden (KAO 1993).

Wird für ein Produktionsniveau sowohl unter konstanten als auch unter nicht zunehmenden und nicht abnehmenden Skalenerträgen derselbe Effizienzwert ausgewiesen, operiert diese Einheit auf konstantem Skalenniveau. Unter konstantem Skalenniveau führt eine weitere Erhöhung der Produktionsfaktoren zu einem proportionalen Anstieg des erzeugten Güterbündels und damit zu einem Grenzproduktivitätsfaktor von 1. Damit eine Einheit aber für alle drei Varianten von Skalenerträgen (VSE, NZSA, NASE) denselben Effizienzwert ausweisen kann, muss dieses Produktionsniveau an jenem Abschnitt der Effizienzgrenze liegen, wo der Verlauf der konvexen Hülle unter variablen und konstanten Skalenerträgen deckungsgleich ist. Damit steht aber auch fest, dass eine solche Beobachtung gleichzeitig eine „Best-Practice“ Einheit (vgl. Einheit B in Abb. 3) darstellen muss.

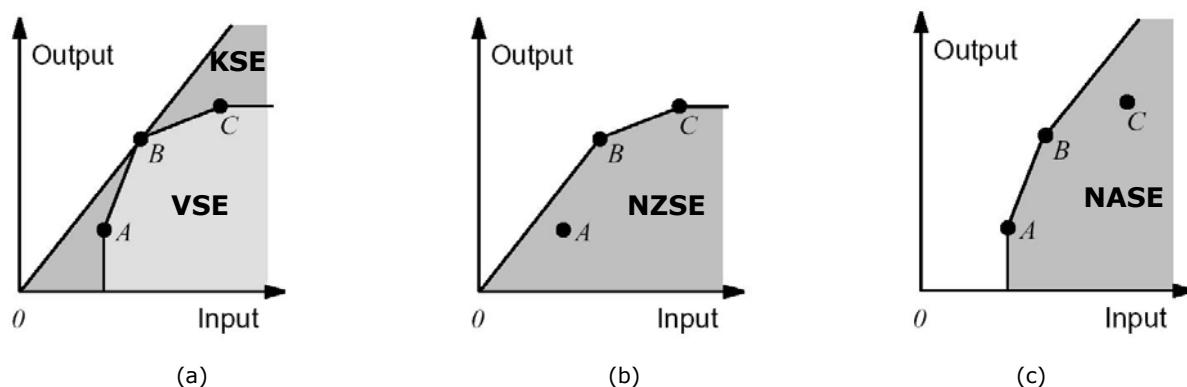


Abb. 3: Demonstration von Technologiemengen, Monotonie, Konvexität, KSE (a), VSE (a), NZSE (b) und NASE (c) im Ein-Input und Ein-Output Fall (STEINMANN 2002 S. 16)

Die Technologiemenge der variablen Skalenerträge (VSE) ist eine Teilmenge der nicht zunehmenden (NZSE) und der nicht abnehmenden (NASE) Skalenerträge. Und diese sind aber wiederum Teilmengen der Technologiemenge der konstanten (KSE) Skalenerträge (STEINMANN 2002). Die zweidimensionale Darstellung der möglichen Fälle von Skalenerträgen zeigt aber ganz klar auf, dass für konstante Skalenerträge 100%ige Substituierbarkeit (vgl. 4.4.7) gegeben sein muss. Für variable Skalenerträge (VSE) bzw. auch für die Teilmenge der nicht zunehmenden Skalenerträge (NZSE) ist hingegen der Einsatz von limitationalen Produktionsfaktoren möglich, da die konvexe Datenhülle nicht zwingend durch den Ursprung verlaufen muss.

Die hier diskutierten Skaleneffekte beziehen sich nicht ausschließlich auf vermeintliche Größeneffekte (Fläche, Produktionsleistung oder Umsatz etc.) (KAO, 1992), sondern resultieren aus dem gesamten Verhältnis der gewichteten Outputs zu den gewichteten Inputs.

3.4 Das Grundmodell der Effizienzmessung – Pareto – Koopmans Effizienz

Historisch betrachtet legte Koopmans (1951), indem er das von Pareto (1897) publizierte Theorem (vgl. 2.2) auf die klassische Produktionstheorie übertrug, die Basis für die quantitative Effizienzanalyse.

Eine Input- Outputtransformation ist dann bezogen auf die unterstellte Technologiemenge effizient, wenn es innerhalb der Technologie nicht mehr möglich ist ein Kriterium zu verbessern ohne sich dadurch gleichzeitig in einem anderen zu verschlechtern (DMU2 und DMU3 von Abb. 4). Umgekehrt jedoch muss eine Einheit ineffizient sein, wenn sich bei unverändertem Mitteleinsatz ein günstigeres Input-Outputniveau realisieren lässt, das zumindest von einem Output mehr erzeugt oder von einem Input weniger verbraucht (DMU1 und DMU4 von Abb. 4).

Werden in der Modellannahme radiale Veränderungsräume (strichlierte Linie in Abb. 4) für die Input-Outputniveaus unterstellt, kann somit eine Input-Outputtransformation dann als radial ineffizient bezeichnet werden, wenn es möglich ist, simultan sowohl die Outputs als auch die Inputs um denselben proportionalen Faktor zu erhöhen bzw. zu reduzieren, ohne das Pareto-Koopmans Theorem bis zum Erreichen der Effizienzgrenze zu verletzen. Radiale Effizienz lässt sich demnach nur durch anteilige Veränderungen des Input- Outputmixes erzielen.

Für manche Spezialfälle muss das Pareto-Koopmans Theorem allerdings abgeschwächt werden. Insbesondere dann wenn die radiale Transformation der Beobachtung an die Effizienzgrenze nur zu einem schwach effizienten Projektionspunkt führt bzw. die Beobachtung für sich nur schwach effizient ist.

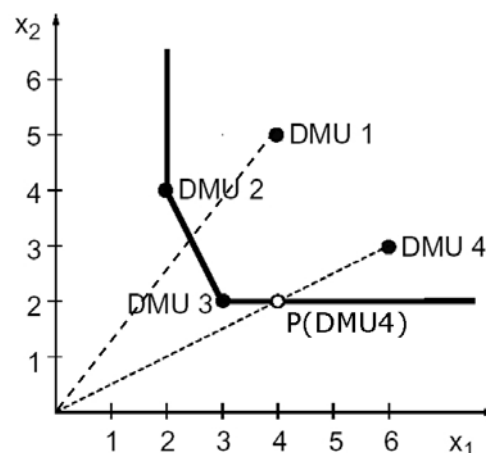


Abb. 4: Demonstration eines schwach effizienten Projektionspunktes (Gstach 2002 S. 16)

Denn auch wenn die ineffiziente Einheit DMU4 der Abb. 4 radial an die Outputisoquante (Technologiegrenze der auf eins normierten Outputs) projiziert wird, ist sie trotz der maximalen proportionalen Reduktion der Inputfaktoren noch immer keine effizient operierende Einheit, da DMU3 von Input x_1 weniger zur Herstellung einer Outputmenge verbraucht und damit die projizierte $P(DMU4)$ dominiert. (Die methodische Vorgehensweise für die Berücksichtigung dieses Sonderfalls wird unter 3.6.2 „Schlupfvariablen und schwach effiziente Einheiten“ abgehandelt).

Zur Bestimmung der relativen Effizienz unter Einbeziehung der hier formulierten Zusammenhänge gehen aber nicht nur Wertkategorien (Preise) sondern auch Realkategorien (Mengen, Zeiten etc.) ein, wodurch sich der DEA Ansatz sehr allgemein auch für jene Bereiche eignet, die sich nicht über monetäre Ansätze verdichten lassen.

Eines darf dabei aber nicht übersehen werden, dass es sich bei der aus momentanen Beobachtungen konstruierten Technologiemenge um ein statisches Verfahren der Effizienzbestimmung handelt. Denn wenn sich durch technischen Fortschritt die Produktivität ändert, würde das eins zu eins zu einer Veränderung der Effizienzklassifikation führen.

3.5 Formulierung der Grundlagen der Data Envelopment Analysis

Auf der Grundlage der bereits beschriebenen Struktureigenschaften der Technologiemenge und unter Anwendung des Wohlfahrtsökonomischen Theorems nach Koopmans gilt es nun die Bestimmung der relativen Effizienz von den unterstellten multikriteriellen Input- Outputniveaus herzuleiten.

Liegt eine größere Anzahl von Output- und Inputvariablen je DMU vor, müssen zur Generierung einer Gesamtpformance sowohl Input- als auch Outputkriterien aggregiert werden. Zur Herleitung einer Produktivitätskennzahl muss der Quotient aus aggregierten Outputs zu aggregierten Inputs für jede Einheit gebildet werden. Für die Herleitung eines einzigen Performancewertes zur Markierung der relativen Effizienz, die sich zwischen 0 und 1 bzw. zwischen 0 und 100% bewegen soll, muss im Anschluss daran der Produktivitätsquotient jeder Beobachtung durch den größten empirisch beobachteten Quotienten dividiert werden.

$$P_k = \frac{\text{Outputaggregation}}{\text{Inputaggregation}}$$

Im einfachsten Fall, wenn Marktinformationen für die einzelnen Kriterien zur Verfügung stehen, können die Faktorkosten (c_m) bzw. die Outputpreise (p_n) als Gewichtungsfaktoren verwendet werden. Vergleicht man die Produktivitätskennziffern der DMUs k und l bei Unterstellung von monetären Gewichtungsfaktoren, weist die Einheit mit dem größeren Quotienten aus Output zu Input die günstigere Performance auf, sofern gewährleistet ist, dass sowohl Faktorkosten als auch Outputpreise für alle Einheiten gegeben und positiv sind (SCHEEL 2000).

$$P_k = \frac{\sum_{n=1}^N p_n Y_n^k}{\sum_{m=1}^M c_m X_m^k} \geq P_l = \frac{\sum_{n=1}^N p_n Y_n^l}{\sum_{m=1}^M c_m X_m^l}; (c, p) \geq 0 \text{ und } \in D$$

Weist keine andere DMU einen größeren Quotienten als die DMU k aus, markiert diese für die übrigen Einheiten die Benchmark bzw. die „Best-Practice“ Einheit.

$$0 \leq \frac{P_{s=1}^s}{P_k} \leq 1$$

Häufig werden jedoch diese Kosten- und Preisinformationen nicht für alle Input- bzw. Outputvariablen verfügbar sein, beziehungsweise lassen sich erst gar nicht monetär erfassen. Dennoch besteht aber die Notwendigkeit Kriterien wie die Servicequalität oder die Kundenzufriedenheit, externe Effekte, sowie diverse Umweltparameter in einen holistischen Input- Outputansatz zu implementieren.

Selbstverständlich entspricht es der Philosophie des Performance Measurements, auch diese Größen, sofern sie kardinal erfassbar sind, in die Beurteilung mit einzubeziehen.

Werden die einzelnen DMUs durch maximal drei Variablen charakterisiert, also entweder durch zwei Inputs und einem Output bzw. umgekehrt durch einen Input und zwei

Outputs, lässt sich diese Konstellation, auch grafisch darstellen. Voraussetzung dafür ist, dass jede DMU jene Input- oder Outputvariable, die nur einmal im Modell vorhanden ist, als Divisor für alle Variablen verwendet und sich dadurch selbst auf eins normiert.

Normiert man wie in Abb. 5 die Outputvariable auf 1 (Outputisoquante $Y=1$), dann bilden die Einheiten A und C, die jene minimale Faktorkombination (Best-Practice Einheiten) erfüllen die Kardinalpunkte für die Konstruktion der Eins-Isoquante ($Y=1$). Geometrisch symbolisiert die Eins-Isoquante alle minimalen Faktorkombinationen und umhüllt damit den gesamten ineffizienten Inputerfordernisraum zur Erzielung des Output $Y=1$.

Für die beiden DMUs A und C trifft somit das Pareto-Theorem zu, dass keine der beiden Einheiten ihre Inputkombination verbessern kann, ohne dadurch die Performance einer anderen Einheit zu verschlechtern.

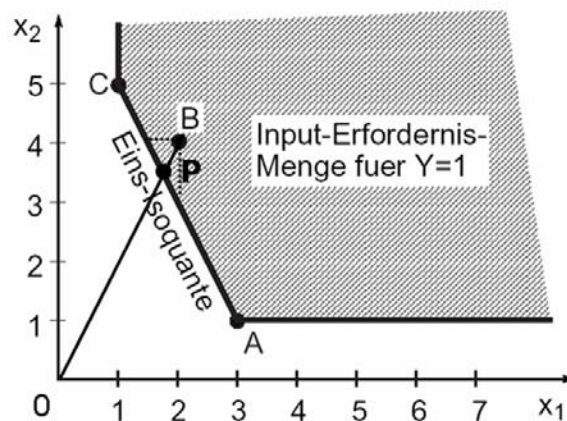


Abb. 5.: Outputisoquante; (GSTACH 2002 S. 10)

Für dieses sehr einfache Beispiel unter der Annahme von konstanten Skalenerträgen, lässt sich das radiale Effizienzmaß (äquiproportionale Effizienzmaß) über den geometrischen Zusammenhang,

$$\text{Eff}_B = \frac{OP}{OB}$$

konstruieren. Der Projektionspunkt P stellt dabei eine konvexe Mischung aus den beiden effizienten Referenzeinheiten A und C auf der Eins-Isoquante ($Y=1$) dar, der von der ineffizienten Einheit B dann erreicht wird, wenn sie bei konstanten Outputs ihre beiden Inputfaktoren um diesen Quotienten reduziert.

$$x_1^P = \frac{OP}{OB} \times x_1^B \quad \text{und} \quad x_2^P = \frac{OP}{OB} \times x_2^B$$

Der Referenzpunkt für die ineffiziente Einheit B könnte zwar entlang der gesamten Hypotenuse des strichlierten, rechtwinkligen Dreiecks projiziert werden, aber keine der unendlich vielen konvexen Mischungen aus A und C auf der Hypotenuse würde für die Einheit B einen günstigeren Referenzpunkt zur Ermittlung der Performance abgeben, als der radiale Projektionspunkt auf die Eins-Isoquante.

Im umgekehrten Fall, wenn anstelle der Output-Isoquante ($Y=1$) eine Input-Isoquante ($X=1$) und zwei Outputs y_1 und y_2 angenommen werden, spannt sich der Outputmöglichkeitsraum zwischen dem Nullpunkt und der Input-Isoquante ($X=1$) auf.

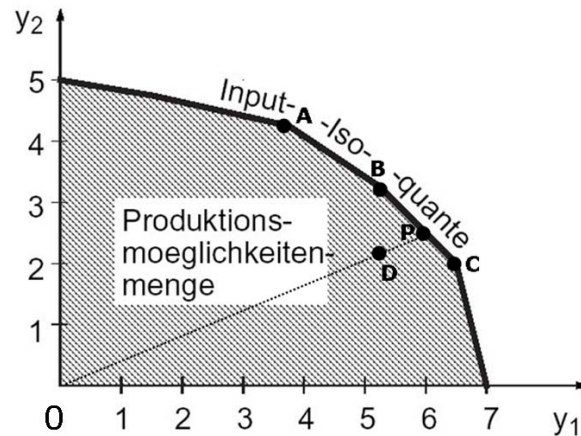


Abb. 6: Inputisoquante (GSTACH 2002 S. 10)

Alle ineffizienten Einheiten liegen dann innerhalb der Inputisoquante. Das Effizienzmaß leitet sich wiederum über das radiale Verhältnismaß ab, indem diesmal die Distanz zur ineffizienten Einheit ins Verhältnis zur Distanz zum Projektionspunkt gesetzt wird.

$$\text{Eff}_D = \frac{OD}{OP}$$

Für die Projektion der ineffizienten Einheit an die Effizienzgrenze müssen die Outputs mit dem Reziprokwert des Effizienzmaßes multipliziert werden, um bei konstanten Inputs an die Frontier zu gelangen.

$$y_1^P = \frac{OP}{OD} \times y_1^D \text{ und } y_2^P = \frac{OP}{OD} \times y_2^D$$

Liegen allerdings multiple Inputs und Outputs vor, tut sich nun das Problem auf, welcher Parameter mit welchem Gewicht aggregiert werden soll. Insbesondere müssen bei der Vergabe der Gewichte die betroffenen Beobachtungseinheiten von der Objektivität der Methodik zur Generierung einer hochaggregierten Effizienzkennzahl überzeugt sein.

3.5.1 Das fraktionale DEA Ausgangsproblem

Ausgehend vom allgemeinen Produktivitätsmodell lässt sich über die Effizienz der Produktivität erst eine Aussage tätigen, wenn mehrere Produktivitätskennzahlen vergleichbarer Einheiten in Relation gesetzt werden.

Sind für den Fall mehrerer In- und Outputs keine Faktorkosten und Güterpreise bekannt, müssen zur Maximierung der Performance jeder Einheit Nebenbedingungen formuliert werden, so dass die anstelle der Faktorkosten und Güterpreise zu ermittelnden Gewichte (Multiplikatoren oder Schattenpreise) für keine der beobachteten DMUs einen Effizienzwert größer eins ausweisen.

Bezogen auf die Einheit k wird nun nicht die Produktivität infolge eines unterstellten Preissystems abgeleitet, sondern der maximal erzielbare Effizienzwert infolge des relativen Vergleichs mit allen übrigen s Einheiten. Eine beliebige Beobachtung k ist gemäß der nachfolgenden Formel dann effizient, wenn die Lösung des linearen Problems (LP) virtuelle Multiplikatoren (Schattenpreise) ausweist, für die keine andere Beobachtung bei genau denselben virtuellen Multiplikatoren eine günstigere Performance erzielt. Tritt dieser Sachverhalt bei einer Beobachtung ein, muss die Nebenbedingung (NB) der nachfolgenden Formel, aggregierter Output zu aggregierten Input, mit genau eins erfüllt sein (GSTACH 2002).

$$\max_{p,c} \frac{\sum_{n=1}^N p_n Y_{k,n}}{\sum_{m=1}^M c_m X_{k,m}}, \text{ NB: } \frac{\sum_{n=1}^N p_n Y_{s,n}}{\sum_{m=1}^M c_m X_{s,m}} \leq 1 \forall s, c_m, p_n \geq 0 \forall m,n$$

Die endogene Ermittlung der Gewichte¹³ (Multiplikatoren oder Schattenpreise) über den LP Ansatz ist insofern als fair zu betrachten, da damit sichergestellt wird, dass für die abgeleitete optimale Lösung keine Multiplikatoren, Preise oder Gewichte existieren, die zu einer höheren Effizienz der Beobachtung geführt hätten (STEINMANN 2002).

Interpretiert man nun die Multiplikatoren (c_m, p_n) als Faktorkosten bzw. Güterpreise, könnte man aufgrund der Nebenbedingung annehmen, dass Kostensumme größer oder gleich der Erlössumme sein müsste, woraus man schließen müsste, dass nur die am besten performenden Einheiten keine Verluste machen. Genau diesem Irrglauben darf man hier nicht verfallen. Denn es handelt sich ja nicht um absolute Kosten und Preise sondern um Schattenpreise, die generiert wurden, um das Verhältnis der aggregierten Outputs zu den aggregierten Inputs bei Unterstellung des radialen Effizienzmaßes als relatives Maß darzustellen. Die äquiproportionale bzw. radiale Reduktion der Produktionsfaktoren im Inputfall und Erhöhung des Güterbündels im Outputfall kommen zur Anwendung, um die geringsten relativen Veränderungswerte zur Erreichung der Effizienzgrenze auszuweisen, wodurch jede Beobachtung nach ihren Möglichkeiten im besten Licht (Best-Case Philosophie) dargestellt werden kann.

Da die Vergabe der Schattenpreise aber endogen¹⁴ passiert, lassen sich dann aber auch die Ergebnisse der Effizienzanalyse nicht mehr durch Argumente angreifen, dass subjektive oder falsche Gewichtungen der Output- bzw. Inputvariablen verwendet wurden. Ob jedoch die zu beurteilende Einheit, wie eingangs vermeintlich angenommen, tatsächlich Gewinne oder Verluste macht, kann mit der Analyse der relativen Performance nicht beurteilt werden (GSTACH 2002).

3.5.2 Linearisierung des fraktionalen Ausgangsproblems

Charnes et al. (1978) haben das von Farrell (1957) formulierte fraktionale Ausgangsproblem zur Berechnung der technischen Effizienz (TE) bei Unterstellung von konstanten Skalenerträgen (KSE) in ein lineares Problem transformiert.

Ausgehend von dem eben formulierten fraktionalen Grundproblem, gilt es nun sowohl die Zielfunktion als auch deren Nebenbedingungen in ein lineares Problem umzuwandeln. Abgesehen davon waren Charnes et al. (1978) noch mit dem Problem konfrontiert, dass sich das fraktionale Ausgangsproblem noch immer nicht eindeutig lösen lässt. Ganz im

13 Ziel des linearen Programmierungsansatzes ist, über die Vergleichsfälle jene Gewichtungsfaktoren endogen zu ermitteln, die bei den einzelnen Einheiten zur optimalen Erfüllung der Restriktionen des linearen Problems führen. Dabei sind zur Lösung des primalen DEA Problems die „Schattenpreise“, die dabei als Multiplikatoren fungieren, unter Einhaltung aller Nebenbedingungen zu optimieren. In der Folge leitet sich über das Verhältnis gewichteter Output zu gewichteter Input der jeweilige Effizienzwert ab. Im dualen Ansatz soll hingegen jener Faktor, um den alle Inputs reduziert bzw. alle Outputs erhöht werden sollten, optimiert werden. Indem für alle Best-Practice Einheiten jene endogenen Gewichtungsfaktoren unter Erfüllung der Restriktionsbedingungen zur Konstruktion jener virtuellen Best-Practice Einheit ermittelt werden, die der radialen Projektion der ineffizienten Einheit an die Effizienzgrenze entspricht, lässt sich dieser Veränderungsfaktor ableiten.

14 Eine exogene Vergabe von Gewichten ist nur dann von Relevanz, wenn für die Bestimmung eines Wertesystems mangels Preisinformation anstelle der monetären Werte, relative Nutzwerte verwendet werden. Zur Integration der Waldfunktionen würde es beispielsweise für die quantitative Beurteilung ein Wertesystem relativer Nutzwerte brauchen. Basierend auf einem Konsens der relativen Beurteilung von Einheiten bzw. auf der Substitutionsrate von Variablen erläutert Scheel (2000) die Vorgehensweise für die Integrationen einer exogen definierten Wertematrix und verweist dabei auf Arbeiten von Allen et al. (1998).

Gegenteil existieren für diese Zielfunktion unendlich viele Lösungen. Denn auch wenn jene optimalen Gewichte $\mathbf{c}_m^*$ und $\mathbf{p}_n^*$ ¹⁵ als Lösung ermittelt werden, bilden dennoch jegliche Vielfache dieser Gewichte ebenso eine optimale Lösung, ohne die Restriktion, aggregierter Output zu aggregierter Input ist gleich eins, zu verletzen.

Erst wenn der Nenner der Zielfunktion auf eins normiert wird, lässt sich das vorhin beschriebene fraktionale Problem in ein lineares transformieren, und durch diese zusätzliche Restriktion eindeutig lösen.

Das vorhin beschriebene Fraktionale Problem für konstante Skalenerträge lässt sich vereinfacht auch in der übersichtlicheren Matrixschreibweise kompakter darstellen: Die s Outputvektoren werden zur Outputmatrix $\mathbf{y}_s$ der Dimension $s \times n$ und die s Inputvektoren werden zur Inputmatrix $\mathbf{x}_s$ der Dimension $s \times m$ transformiert. $\mathbf{y}_k$ hingegen ist eine Outputmatrix eines Outputvektors der Dimension $1 \times n$ und die Inputmatrix $\mathbf{x}_k$ symbolisiert den Vektor der Dimension $1 \times m$. Die für jede Einheit relevanten m Output- und n Inputmultiplikatoren p und c werden in der kompakten Schreibweise wiederum ohne Index dargestellt (GSTACH 2002).

$$\max_{p,c} \frac{\mathbf{y}_k \mathbf{p}}{\mathbf{x}_k \mathbf{c}}, \text{ NB: } \frac{\mathbf{y}_s \mathbf{p}}{\mathbf{x}_s \mathbf{c}} \leq 1 \forall s, \mathbf{c}_m, \mathbf{p}_n \geq 0 \forall n,m$$

Wird nun der Zähler der Zielfunktion als weitere Restriktion eingeführt, führt genau diese Maßnahme zur Linearisierung der fraktionalen Zielfunktion. Damit aber auch die s -Nebenbedingung in eine lineare Form transformiert werden können, sind diese mit dem Term $\mathbf{x}_s \mathbf{c} \forall s = 1, \dots, s$ zu multiplizieren.

Nachdem nun über die Einführung einer weiteren Nebenbedingung die Linearisierung und die eindeutige Lösbarkeit des linearen Problems auch mathematisch über einen linearen Programmierungsalgorithmus möglich geworden ist, lässt sich nun dieser Data Envelopment Ansatz, der die Technologiemenge von empirisch beobachtete Daten mit einer Effizienzgrenze aus den besten Beobachtungen umhüllt, allgemein für beliebig umfangreiche Datensätze und Input- Outputvariable lösen, so dass jede Einheit entsprechend ihrer Input- Outputtransformation im „Besten Licht“ (Best-Case Philosophie) dargestellt wird.

3.6 Dualität

Dieser Exkurs in die Welt der linearen Programmierung (LP) soll einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen primalen und dualen LP Problem sowie deren ökonomische Interpretation liefern. Mit diesen grundlegenden Zusammenhängen werden die theoretischen Grundlagen für die nachfolgenden Formulierungen des primalen (Multiplikator-) und dualen (Umhüllenden-) DEA - Problems aufbereitet.

Zur Auffindung der optimalen Multiplikatoren für das aus dem fraktionalen DEA Ansatz abgeleitete lineare Problem, braucht es einen linearen Programmierungsansatz, der für jede DMU die Restriktionen des primalen ($s+1$) bzw. dualen ($m+n$) Problems löst.

Stellt ein Hersteller A beispielsweise zwei Produkte mit eigenen Betriebsstoffen her, so muss sich der Produktionsmanager bei gegebenem Verkaufspreis ein entsprechendes Absatzprogramm zur Erzielung des maximalen Gewinns (Maximal-Prinzip) zurechtlegen.

¹⁵ Der Stern signalisiert, dass es sich um Lösungen eines linearen Programms handelt.

Hätte ein anderer Hersteller B ebenfalls vor, dieselben Produkte zu erzeugen und möchte dazu die Betriebsstoffe von Hersteller A erwerben, so muss es im Interesse von Hersteller B liegen, so billig wie möglich (Minimal-Prinzip) diese Betriebsstoffe zu erstehen.

In der Produktionsprogrammplanung ist mit jedem Ressourcen-Allokationsproblem ein Preisproblem verbunden. Folglich wird der Faktoreinsatz davon abhängig gemacht, welche Erlöse sich mit ihm erzielen lassen. Das Problem, die Ressourcen so einzusetzen, dass sich ein maximaler Gewinn ergibt, ist dual zu dem Problem, Verrechnungspreise für die Faktoren zu bestimmen, so dass die Kosten ihres Einsatzes minimiert werden.

Obwohl es sich bei dem hier formulierten Sachverhalt um zwei völlig unterschiedliche Problemstellungen handelt, muss sich für beide Probleme die selbe Lösung ergeben, sofern konstante Skalenerträge unterstellt sind und alle Betriebsstoffe vollständig verbraucht werden. Wenn diese Bedingungen zutreffen, würden die Grenzkosten nach dem Minimal-Prinzip den Grenzerlösen des Maximal-Prinzips entsprechen.

Allgemeine Formulierung des Maximierungsproblems (Gstach 2002 S. 23):

$$\max_y \mathbf{p}_{n,k} ' \mathbf{y}_k \quad \text{NB: } \mathbf{A} \mathbf{y}_{n,s} \leq \mathbf{x}_{m,s} \quad \mathbf{y}_{n,s} \geq \mathbf{0} \quad \forall n = 1, \dots, N$$

Der $N \times 1$ dimensionale Spaltenvektor maximiert die n mit p bepreisten (vom Markt vorgegebenen exogene Koeffizienten) Outputs y_k (die zu optimierenden Kontrollvariablen). Die aber dazu erforderlichen m Produktionsfaktoren x , ein $M \times 1$ dimensionale Spaltenvektor, zur Realisierung der Technologiematrix A , einem $M \times N$ dimensionaler Spaltenvektor, der die Vorgaben zur Fertigung der m Outputs festlegt, sind nur begrenzt verfügbar. Weiters muss die Nichtnegativitätsbedingung, dass alle Preise (Schattenpreise, Multiplikatoren) p für die m Outputs positiv sein müssen, erfüllt sein.

Allgemeine Formulierung des Minimierungsproblems (Gstach 2002 S. 23):

$$\min_c \mathbf{c}_{m,k} ' \mathbf{x}_k \quad \text{NB: } \mathbf{A}' \mathbf{c}_{m,s} \geq \mathbf{p}_{n,s} \quad \mathbf{c}_{m,s} \geq \mathbf{0} \quad \forall m = 1, \dots, M$$

Für die m Produktionsfaktoren, einem $M \times 1$ dimensionale Spaltenvektor, zur Realisierung der Technologiemenge A' (ein $N \times M$ dimensionaler Spaltenvektor, der die Rohstoffanteile für jedes hergestellte Produkt charakterisiert) werden hier die minimalen Kosten c (die zu optimierenden Kontrollvariablen) gesucht. Dabei gilt es aber zu berücksichtigen, dass der Rohstoff nur dann erstanden werden kann, wenn für die transponierte Technologiemenge A' ein Preis c geboten wird, der gleich oder höher liegt, als der am Markt erzielbare Produktpreis p (auch im dualen Problem sind die p_n Terme die exogenen Marktgrößen). Wie für das primale Problem ist auch im dual die Nichtnegativitätsbedingung einzuhalten.

Gemäß dieser Dokumentation des primalen und dualen LP Problems hat das primale Problem (abgesehen von der Nichtnegativitätsbedingung) M Kontrollvariablen und N Restriktionen und das duale Problem genau umgekehrt N Kontrollvariablen und M Restriktionen.

3.6.1 Dualitätstheoreme

Zusammenfassend lassen sich die wechselseitigen Beziehungen zwischen dem primalen und dem dualen LP Problem in zwei mathematischen Sätzen allgemein formulieren:

Existenzsatz:

Existiert für das primale und das duale Problem jeweils eine zulässige Lösung, dann muss es aber auch (mindestens) eine optimale Lösung y^* und c^* geben, die das jeweilige Maximierungs- und Minimierungsproblem $py^* = c^*x$ mit Gleichheit erfüllen.

Offensichtlich ist es unabhängig davon, ob man zuerst das primale oder duale Problem löst, da die beiden Zielfunktionen im Optimum ohnedies dieselben Werte aufweisen. Aus praktischen Gründen sollte jedoch immer jenes Problem gelöst werden, dass weniger Nebenbedingungen aufweist. Bezogen auf die DEA erfüllt diese Bedingung in jedem Fall das Umhüllendenproblem, das nur die Anzahl der Input- und Outputvariablen als Nebenbedingungen aufweist. Das Multiplikatorproblem würde hingegen genauso viele Nebenbedingungen ausweisen, wie beobachtete DMUs, was normalerweise einem Vielfachen der verwendeten Input-, Outputvariablen entspricht.

Komplementaritätssatz

Wenn y^* und c^* jeweils zulässige Lösungen der beiden unabhängigen Probleme sind, dann können y^* und c^* NUR dann optimale Lösungen sein, wenn folgende Zusammenhänge zutreffen (Gstach 2002 S. 26):

$$\begin{aligned} A_m \cdot y^* < x_m &\rightarrow c_m^* = 0 \text{ und } A_n' c^* > p_n \rightarrow y_n^* = 0, \\ c_m^* > 0 &\rightarrow A_m \cdot y^* = x_m \text{ und } y_n^* > 0 \rightarrow A_n' c^* = p_n \end{aligned}$$

Mit dem ersten Teil des Komplementaritätssatzes wird demonstriert, dass zur Bereitstellung der optimalen Outputmenge y^* , bei Unterstellung einer Technologiemenge A_r , ein Teil eines bestimmten Rohstoffes x_m nicht verarbeitet wurde. Daraus folgt, dass der Schattenpreis für diesen Faktor c_m gleich 0 sein muss. Würde man von diesem Rohstoff eine noch größere Menge zur Verfügung stehen, würde sich dadurch der maximale Erlös nicht ändern, da der Faktor ökonomisch betrachtet in scheinbar unbegrenzter Menge im Sinne eines freien Guts zur Verfügung steht. Ist im Gegenzug der Schattenpreis größer 0, wird der Produktionsfaktor r zur Gänze für die Herstellung der optimalen Outputmenge $A_m \cdot y^*$ verbraucht.

Der zweiten Teil, der das duale Pendant des ersten charakterisiert, nimmt an, dass wenn aus Sicht eines potenziellen Käufers die Faktorkosten c^* für die transponierte Technologiemenge A_n' minimal sind, und es sich aber herausstellt, dass diese vermeintlich minimalen Faktorkosten c^* höher sind als die Stückerlöse p_n aus der Produktion der s Outputs y_n^* , keine Produktion stattfindet. Umgekehrt werden die s Outputs erst dann produziert, wenn der Ertrag aus der Produktion zumindest gleich dem Erlös aus dem Verkauf der mit den erwarteten Faktorkosten c^* bewerteten, transponierten Technologiemenge A_n' ist.

3.6.2 Schlupfvariable

Die im Zuge der Linearisierung des fraktionalen Ausgangsproblems als Ungleichungen formulierten Nebenbedingungen ließen sich auch grundsätzlich als Gleichungen formulieren, wenn man für die eventuellen Differenzen zwischen linker und rechter Seite der Ungleichung eine zusätzliche Kontrollvariable, eine so genannte Schlupfvariable bzw. einen Slack verwendet. Über diesen Schlupf oder Slack (σ) anstelle von y_n^* und c_m^* lässt sich ebenfalls die Validierung der optimalen Lösung für die duale Problemstellung nach dem Komplementaritätssatz durchführen

Wenn nämlich y_n^* und σ_m^* und c_m^* und σ_n^* jeweils zulässige Lösungen der beiden Probleme sind, dann und nur dann können y_n^* und σ_m^* und c_m^* und σ_n^* optimale Lösungen sein, wenn nach Gstach (2002 S. 29) folgendes gilt:

$$\sigma_m^* > 0 \rightarrow c_m^* = 0 \quad \text{und} \quad \sigma_n^* > 0 \rightarrow y_n^* = 0$$

bzw. umgekehrt formuliert:

$$c_m^* > 0 \rightarrow \sigma_m^* = 0 \quad \text{und} \quad y_n^* > 0 \rightarrow \sigma_n^* = 0$$

Schlupfvariablen finden im Gegensatz zu den äquiproportionalen und orientierten durchschnittlichen Effizienzmaßen, die Schlupfvariablen nur indirekt für die Generierung von Verbesserungspotenziale (Target – Values) verwenden, in der Konzeption der additiven Effizienzmaße¹⁶. direkte Berücksichtigung in der Zielfunktion.

Die zu Gleichungen umgeformten Nebenbedingungen für das Maximierungsproblem von n Outputgütern y_1 bis y_n , für deren Fertigungstechnologie $a_{1,n}$ und $a_{2,n}$ die m Inputfaktoren x_1 bis x_m verfügbar sind, lauten demzufolge nach Gstach (2002 S. 28f):

$$\max_{y_n} p_n y_n \quad \text{NB: } a_{n,m} y_n \leq x_m \quad y_n \geq 0$$

Wird die Nebenbedingung als Gleichung formuliert, ergibt sich folgende Änderung:

$$\max_{y_n, \sigma_m} p_n y_n \quad \text{NB: } a_{n,m} y_n + \sigma_m = x_m \quad y_n, \sigma_m \geq 0$$

Und umgekehrt können auch die Ungleichungen der Nebenbedingungen des Minimierungsproblems als Gleichungen formuliert werden:

$$\min_{c_m} c_m x_m \quad \text{NB: } a_{m,n} c_m \leq p_n \quad c_m \geq 0$$

Durch Implementierung eines Slacks ergibt sich dann folgendes Gleichungssystem:

$$\min_{c_m, \sigma_n} c_m x_m \quad \text{NB: } a_{m,n} c_m - \sigma_n = p_n \quad c_m, \sigma_n \geq 0$$

Und genau hier kommt der unter 3.6.1 dokumentierte Komplementaritätssatz zum Tragen. Wird nämlich im LP Ansatz festgestellt, dass entweder c_m^* oder y_n^* einen Schattenpreis gleich 0 haben, werden Schlupfvariablen größer 0 ausgewiesen. Ökonomisch wäre dann ein Produktionsfaktor c_m^* als freies Gut zu interpretieren und für den Output y_n^* würde sich eine Herstellung nicht rentieren, solange die Beschaffungskosten c_m^* für die Produktionsfaktoren höher sind als die für die Outputgüter Y_n erzielbaren Preis p_n^* , die konsequenterweise in einer solchen Situation nicht erstellt werden würde. Zur Erstellung eines Gleichungssystems erfolgt im Minimierungsproblem die Reduktion um den Slack (Schlupfvariable) σ_n und die Addition von σ_m im Maximierungsproblem.

16 Auf die Eigenschaften und Funktionsweisen von additiven Effizienzmaßen sei hier auf die Arbeit von Scheel (2000) sowie die Standard DEA Werke von Cooper et al. (2003) verwiesen. Additive Modelle berücksichtigen im Gegensatz zu den äquiproportionalen und orientierten durchschnittlichen Effizienzmaßen die Schlupfvariablen direkt für die Generierung von Effizienzwerten und unterbinden dadurch die Möglichkeit, dass schwach effiziente Einheiten als effizient ausgewiesen werden. Allerdings weisen additive Effizienzmaße im Zusammenhang mit der linearen Invarianz einen entscheidenden Methodischen Nachteil auf, weshalb von der Anwendung dieses Effizienzmaßes abgesehen wurde.

3.6.2.1 Schlupfvariablen und schwach effiziente Einheiten

Sofern die Technologiemenge freie Verschwendbarkeit (Monotonie) der Inputs und Outputs zulässt, muss es im Falle von schwacher Effizienz für hinreichend kleine $\sigma > 0$ (vgl. 3.6.2 Slacks oder Schlupfvariablen) zulässig sein, dass auch die Reduktion der optimalen Lösung θ des Minimierungsproblems um $\theta x_m - \sigma_m$ bzw. die Erhöhung der optimalen Outputmenge Φ des Maximierungsproblems um $\Phi y_n + \sigma_n$ der dominierten Einheit ein Element der Technologiemenge sein kann.

Nimmt ein Slack einer Inputvariable m im Optimum d.h. bei minimalem θ einen Wert größer 0 an, besteht ein sogenannter Inputslack. Auch wenn in einem solchen Fall keine weitere proportionale Reduktion aller Inputfaktoren möglich ist, lässt sich dennoch für den Inputfaktor m , der einen Slack >0 bzw. einen Schattenpreis gleich null aufweist und der somit scheinbar „im Überfluss“ vorhanden ist, eine Reduktion um diesen Slack erzielen, ohne dadurch die bestehenden Outputgüter reduzieren zu müssen. Wird umgekehrt ein positiver Slack für eine Outputvariable n ermittelt, wird dieser zusätzlich zum bestehenden Output addiert, ohne dass dazu eine Erhöhung der Produktionsfaktoren erforderlich wäre.

Durch diese Definition des schwachen Effizienzbegriffs in Scheel (2000) können diese schwach effizienten Beobachtungen in der Bestimmung der radialen Effizienz äquivalent berücksichtigt werden. Denn eine Input- Outputtransformation wird nämlich nur dann bezüglich der Technologiemenge im Sinne von Pareto und Koopman als radial effizient ausgewiesen, wenn kein $\sigma > 0$ bzw. kein Schattenpreis gleich null vorhanden ist (vgl. 3.6.2).

Positive Input- oder Outputslacks des radiale Effizienzmaßes, denen Schattenpreise gleich null zugrunde liegen, liefern den Hinweis darauf, dass nur schwache Effizienz vorliegt und die davon betroffenen Variablen um den entsprechenden Slack input- oder der outputseitig zu korrigieren sind (vgl. DMU4 Abb. 4).

3.7 Übersicht zu den verwendeten DEA Grundmodellen

Die nachfolgende Übersicht dokumentiert die sechs Grundmodelle für drei verschiedene Effizienzmaße. Jedes der sechs Modelle lässt sich in seine Zielfunktion und die entsprechenden Nebenbedingungen aufgliedern, über die das entsprechende lineare Modell formuliert wird, das als Lösung jene Gewichtungsfaktoren zurückgibt, die die Bedingungen des unterstellten Effizienzmaßes optimal erfüllen.

Die Anwendungsphilosophie für die drei Effizienzmaße wird hier nur sehr allgemein dargestellt. Sie spiegelt ausschließlich die Wirkungsrichtung des Effizienzmaßes wider. Vor allem die Ableitung der Effizienz- und Zielwerte (Target Values 3.8.2) unterscheiden sich, je nachdem welches Effizienzmaß unterstellt wird und ob es sich um ein orientiertes bzw. nicht orientiertes Modell handelt, geringfügig.

Die Vorgehensweise, wie die Effizienzwerte abgeleitet werden, wird im Detail bei den einzelnen Effizienzmaßen (vgl. 3.7.1 und 3.7.2) erörtert. Die Herleitung der Target Values hingegen erfolgt allgemein im Kapitel 3.8.2 „Effizienzindikation und Target Values“.

Das radiale bzw. äquiproportionale Effizienzmaß

Varianten	Skalenerträge	Philosophie
inputorientiert	KSE	Im Rahmen der unterstellten Technologiemenge wird festgestellt, um wie viel alle Beurteilungskriterien jeder Beobachtung radial entlang eines Strahls (proportional) durch den Ursprung verbessert werden könnten.
outputorientiert	VSE	
nicht orientiert		

Das durchschnittlich maximale DEA Effizienzmaß ($D_{\max}$ – Maß)

Varianten	Skalenerträge	Philosophie
inputorientiert	KSE	Bezug nehmend auf die unterstellte Technologiemenge und wird für jedes Beurteilungskriterium innerhalb des Dominanzbereichs (vgl. Abb. 8) einer ineffizienten Beobachtung ein relatives Verbesserungsmaß so abgeleitet, dass das arithmetischen Mittel der summierten individuellen Verbesserungsmaße das maximal mögliche durchschnittliche Effizienzmaß zurückgibt.
outputorientiert	VSE	
nicht orientiert		

Das durchschnittlich minimale DEA Effizienzmaß ($D_{\min}$ – Maß)

Varianten	Skalenerträge	Philosophie
inputorientiert	KSE	Bei gegebener Technologiemenge wird aus dem Dominanzbereich einer ineffizienten Beobachtung jenes Verbesserungsmaß eines unterstellten Kriteriums mit dem geringsten Abstand zur Effizienzhülle selektiert. Indem dieser kleinste relative Verbesserungswert durch die Anzahl der Variablen dividiert wird, lässt sich der Effizienzwert zur durchschnittlichen minimalen Verbesserung ableiten. Das $D_{\min}$ - Maß kann als untere Schranke für die minimal notwendige Verbesserung interpretiert werden, um an die Effizienzgrenze zu stoßen.
outputorientiert	VSE	
nicht orientiert		

Tabelle 1: Übersichtstabelle zu den drei unterstellten DEA Effizienzmaßen**3.7.1 Radiale bzw. äquiproportionale DEA Effizienzmaße**

Die zentrale Fragestellung dieser Modelle richtet sich dabei darauf, im Rahmen der unterstellten Technologiemenge festzustellen, um wie viel alle Beurteilungskriterien jeder Beobachtung simultan verbessert werden könnten.

Da aber alle Kriterien ausschließlich mit einem proportionalen Verbesserungsfaktor bereinigt werden, wird deutlich, dass der Fokus der äquiproportionalen Maße ausschließlich auf den allgemeine Input- Outputniveaus liegt, wodurch Verbesserungspotenziale für individuelle Input- und Outputvariablen unberücksichtigt bleiben.

Neben den in der Literatur meistens verwendeten orientierten äquiproportionalen Effizienzmaßen, die auch hier im Detail vorgestellt werden, existieren aber auch nicht orientierte DEA Modelle. Während sich die orientierten Modelle gemäß den ökonomischen Prinzipien darauf konzentrieren, die Inputfaktoren oder eben die Outputgüter um einen proportionalen Faktor zu reduzieren bzw. zu erweitern, ohne dabei das Output- bzw. Inputniveau zu verändern, geben jene nicht orientierten radialen Modelle hingegen jenen größtmöglichen proportionalen Verbesserungsfaktor wider, um den sowohl die Input- als auch die Outputmerkmale simultan verbessert werden könnten.

3.7.1.1 Das Multiplikatormodell – das primale DEA Problem

Namensgebend für dieses primale DEA Problem sind die dabei zu optimierenden Kontrollvariablen c_m und p_n , die hier als Multiplikatoren oder Schattenpreise zu interpretieren sind.

Um zur optimalen Lösung des linearisierten Problems zu kommen, muss dieser Multiplikatoransatz s mal gelöst werden, wobei die s virtuellen Multiplikatoren $\mathbf{c}_m^s$ und $\mathbf{p}_n^s$ jeder beobachteten DMU die Kontrollvariablen und die beiden Vektoren $\mathbf{c}_m^{k*}$ und $\mathbf{p}_n^{k*}$ die Lösung des primalen Problems für die Unit k darstellen.

Damit gewährleistet ist, dass $\mathbf{c}_m^{k*}$ und $\mathbf{p}_n^{k*}$ Lösungen des primalen Problems für k sind, müssen neben der Nichtnegativitätsbedingung je nach Anzahl der empirischen Beobachtungen vor allem die s Nebenbedingungen, die bereits im ursprünglichen fraktionalen Ansatz als $\frac{\mathbf{y}_s \mathbf{p}}{\mathbf{x}_s \mathbf{c}} \leq 1$ formuliert wurden, erfüllt sein. Im Zuge der

Linearisierung dieser fraktionalen Nebenbedingung muss die Summe der mit $\mathbf{p}_n^{k*}$ gewichteten Outputs, minus Summe der mit $\mathbf{c}_m^{k*}$ gewichteten Inputs jeder der s Beobachtungen kleiner gleich null sein.

$$\sum_{n=1}^N \mathbf{p}_n \mathbf{Y}_{s,n} - \sum_{m=1}^M \mathbf{c}_m \mathbf{X}_{s,m} \leq 0 \quad = \quad \mathbf{y}_s \mathbf{p} - \mathbf{x}_s \mathbf{c} \leq 0$$

Das inputorientierte (I) und radiale Multiplikatormodell

Durch die Einführung der zusätzlichen Restriktion, dass der Zähler der Zielfunktion gleich eins zu setzen ist, wurde die vollständige Linearisierung des fraktionalen DEA Problems erreicht und dadurch gleichzeitig das inputorientierte radiale Multiplikatormodell formuliert.

Wird der Zähler $\mathbf{x}_k \mathbf{c}$, wie angekündigt, auf eins normiert ohne noch die Höhe des virtuellen Outputs $\mathbf{y}_k \mathbf{p}$ zu kennen, lassen sich die hier formulierten Nebenbedingungen, unabhängig davon, wie hoch die Faktorkosten und die Inputs je beobachteter Einheit sind, in jedem Fall durch geeignete Wahl einer proportionalen Erhöhung und Senkung der Faktorkosten $\mathbf{c}_m^{k*}$ (Schattenpreise, Multiplikatoren) realisieren, ohne eine Einschränkung der zulässigen Input-Kostenverhältnisse hinnehmen zu müssen (GSTACH 2002).

$$\max_{\mathbf{p}, \mathbf{c}} \mathbf{y}_k \mathbf{p}, \quad \text{NB: } \mathbf{y}_s \mathbf{p} - \mathbf{x}_s \mathbf{c} \leq 0 \quad \forall s, \quad \mathbf{x}_k \mathbf{c} = 1, \quad \mathbf{c}_m, \mathbf{p}_n \geq 0$$

Bei dem hier formulierten Modell handelt es sich um die klassische Form des radialen, (äquiproportionalen) inputorientierten primalen Multiplikatormodells, das konstante Skalenerträge unterstellt. Mit der inputorientierten Modellversion werden mögliche Verringerungen der Inputfaktoren quantifiziert unter Beibehaltung der aktuellen Proportionen. Dem ökonomischen Minimierungs-Prinzip folgend, soll dabei das Reduktionspotenzial der Inputfaktoren für jede DMU unter der Bedingung, dass sich die Outputniveaus nicht ändern, abgeleitet werden.

Das hier beschriebene lineare Problem muss für alle beobachteten DMUs s mal gelöst werden¹⁷, wobei hier die Multiplikatoren $\mathbf{c}_m^s$ und $\mathbf{p}_n^s$ (Schattenpreise) als Kontrollvariablen fungieren und die Vektoren $\mathbf{c}_m^{k*}$ und $\mathbf{p}_n^{k*}$ die optimale Lösung für das Maximierungsproblem darstellen.

Sollten die Effizienzwerte aber auch differenziert nach den Skalenniveaus der DMUs ausgewiesen werden, ist die Unterstellung von variablen Skalenerträgen für die

¹⁷ Die Lösung des linearen Programms erfolgen über die Simplex Algorithmus (Danzig, 1951); Für die Lösung der DEA Probleme wurden aber eigene Softwareprodukte entwickelt, die unter 5.2 dokumentiert sind

Modellformulierung erforderlich. Gegenüber der Formulierung von konstanten Skalenerträgen ergeben sich dabei nur geringe Veränderungen (COOPER ET AL. 2003):

$$\max_{p,c} y_k p - p_0, \text{ NB: } y_s p - x_s c - p_0 \leq 0 \quad \forall s, \quad x_k c = 1, \quad c_m, p_n \geq 0;$$

In der hier zusätzlich eingeführte Variable p_0 steckt der Unterschied zwischen dem CCO Modell von Charnes, Cooper, Rhodes (1978-), das konstante Skalenerträge (KSE) annimmt und dem BCC Modell von Banker, Charnes and Cooper, (1984), das variable Skalenerträge (VSE) unterstellt. Durch die Implementierung der Variable p_0 , die vom Vorzeichen unabhängig ist, lässt sich die Skaleneigenschaft der beobachteten DMU bestimmen. Ist p_0 negativ, null oder positiv, handelt es sich um zunehmende, konstante oder um abnehmende Skalenerträge. Durch die Berücksichtigung der Skaleneigenschaften der DMUs reduziert sich der Produktionsmöglichkeitsraum des BCC Modells auf eine Teilmenge des Produktionsmöglichkeitsraumes des CCR Modells. Daraus folgt, dass für jede DMU die Effizienzwerte des CCR Modells im Vergleich zum BCC Modell immer geringer oder gleich sein werden.

Das outputorientierte (O) und radiale Multiplikatormodell

Zum inputorientierten Modell existiert selbstverständlich auch das outputorientierte Modell-Pendant. Dem ökonomischen Maximierungs-Prinzip folgend, soll bei vorgegebenen konstanten Inputfaktoren, der Output maximiert werden. Ausgehend vom fraktionalen Grundmodell, wird diesmal nicht der Zähler sondern der Nenner $y_k p = 1$ der Zielfunktion bei vorläufig unbekannter Höhe der Inputs auf eins normiert (GSTACH 2002, COOPER ET AL. 2003).

$$\max_{p,c} \frac{y_k p}{x_k c}, \text{ NB: } \frac{y_s p}{x_s c} \leq 1 \quad \forall s, \quad c_m, p_n \geq 0 \quad \forall n,m$$

Auch hier lässt sich die Normierung des Outputvektors auf eins durch die geeignete Erhöhung oder Senkung der Güterpreise p_n^{k*} (Schattenpreise, Multiplikatoren) und Outputs bewerkstelligen, ohne eine Einschränkung der zulässigen Output-Preisverhältnisse hinnehmen zu müssen.

Die linearisierte Form des outputorientierten, radialen DEA Modells unter konstanten Skalenerträgen (GSTACH 2002, COOPER ET AL. 2003):

$$\max_{p,c} \frac{1}{x_k c}, \text{ NB: } y_s p - x_s c \leq 0 \quad \forall s, \quad y_k p = 1, \quad c_m, p_n \geq 0$$

Die nach wie vor fraktionale Zielfunktion wird durch die Formulierung eines Minimierungsproblems des Reziprokwertes der Zielfunktion zu einer linearen Funktion transformiert. Selbstverständlich beeinträchtigt diese Transformation die Resultate der Effizienzanalyse nicht im Geringsten (GSTACH 2002, COOPER ET AL. 2003).

$$\min_{p,c} x_k c, \text{ NB: } y_s p - x_s c \leq 0 \quad \forall s, \quad y_k p = 1, \quad c_m, p_n \geq 0$$

Für die Interpretation der Resultate gilt es nur darauf zu achten, dass die gesuchte Effizienz nicht mit jenem Wert den das Minimierungsproblem als Lösung ausgibt gleichgesetzt wird, sondern sich aus dessen Reziprokwert ableitet.

Auch wenn hier zur Lösung des ökonomischen Maximierungs-Prinzips, als Zielfunktion ein Minimierungsproblem formuliert wird, so ist das formulierte Problem geometrisch

betrachtet, dennoch die Suche nach maximaler proportionaler Erhöhung aller Outputs bei gegebenen Inputs.

Die Lösungen des input- bzw. outputorientierten Ansatzes liefern bei Unterstellung von konstanten Skalenerträgen, unabhängig davon ob das Maximierungs- und Minimierungsproblem gelöst wird, die identen Ergebnisse. Sobald allerdings variable Skalenerträge unterstellt werden, trifft dieses Theorem nicht mehr zu:

Formuliert man das outputorientierte, radiale DEA Modell für variable Skalenerträge, muss auch dafür wiederum eine Variable c_o eingeführt werden, mit der, je nach dem ob sie negativ, null oder positives ist, zunehmende, konstante oder abnehmende Skalenerträge berücksichtigt werden können.

Outputorientiertes, radiales DEA Modell unter variablen Skalenerträgen (COOPER ET AL. 2003):

$$\min_{p,c} x_k c - c_o, \text{ NB: } y_s p - x_s c + c_o \leq 0 \quad \forall s, \quad y_k p = 1, \quad c_m, p_n \geq 0$$

3.7.1.2 Die Umhüllendendarstellung – das duale DEA Problem

Zu dem primalen Multiplikatorproblem, besteht gemäß den Regeln der Linearen Programmierung (LP) ein duales Pendant, das Envelopment- oder Umhüllendenproblem. Wird im Multiplikatorproblem die Maximierung der Zielfunktion angestrebt, wird dieses Maximierungsproblem im dualen Ansatz als Minimierungsproblem formuliert. Dabei wird die Koeffizientenmatrix (Input- Outputmix) transponiert und aus den N Kontrollvariablen y_n^k des Primals werden N Nebenbedingungen im Dual, für die die exogenen Koeffizienten p_n^{k*} der Zielfunktion zu den Variablen der Nebenbedingungen auf der rechten Seite werden und vice versa (STEINMANN 2002).

Das inputorientierte (I) und radiale Umhüllenden-Modell

Bezogen auf das duale Umhüllendenproblem bilden θ , das es für inputorientierte Probleme zu minimieren gilt, und die s Elemente des Vektors λ die Variablen. Die Input-Outputmatrix des primalen Problems wird zur Koeffizientenmatrix des dualen Problems transponiert. Mit dem dualen Ansatz lassen sich die Nebenbedingungen von s Beobachtungen auf m + n Input- Outputvariablen reduzieren, womit nur ein geringerer Lösungsaufwand erforderlich ist.

In der nachfolgenden Tabelle 2 werden die primalen Restriktionen den dualen Variablen sowie die dualen Restriktionen den primalen Variablen gegenübergestellt, wodurch die dualen Zusammenhänge zwischen dem Multiplikatorproblem und dem Umhüllendenproblem verdeutlicht werden sollen.

Skalen Niveaus	Primal (LP _k) Restriktion	Dual (DLP _k) Variable	Dual (DLP _k) Restriktion	Primal (LP _k) Variable
KSE/VSE	$x_k c = 1$	θ	$\lambda X \geq \theta x_k$	$c_m^{k*} \geq 0$
KSE	$y_s p - x_s c \leq 0$	$\lambda \geq 0$	$\lambda Y \geq y_k$	$p_n^{k*} \geq 0$
VSE	$y_s p - x_s c - p_o \leq 0$	$\lambda \geq 0$	$\lambda Y \geq y_k$	$p_n^{k*} \geq 0$
VSE			$\lambda = 1$	p_o

Tabelle 2: dualer Zusammenhang zwischen dem inputorientierten Multiplikator und dem inputorientierten Umhüllendenproblem (COOPER ET AL. 2003)

Das duale Pendant zum primalen Multiplikator Problem lässt sich somit für konstante Skalenerträge KSE und inputorientierter Modellannahme nach Gstach (2002) wie folgt formulieren:

$$\min_{\theta, \lambda} \theta \quad \text{NB: } \lambda Y \geq y_k, \quad \lambda X \geq \theta x_k, \quad \lambda_s \geq 0 \quad \forall s$$

Die Variable θ ist somit jener Faktor, um den alle Inputs der DMU k proportional unter Einhaltung der definierten Restriktionen minimiert werden könnten, damit ein Produktionsniveau an der KSE Technologiegrenze (Projektionspunkt) unter Beibehaltung des aktuellen Outputniveaus möglich wird.

Daraus leitet sich für jede beobachtete DMU ab, dass alle als θ ausgewiesenen Effizienzwerte zwischen 0 und 1 liegen müssen.

Die dualen Variablen λ_s stellen im dualen Ansatz jene Gewichte dar, über deren Indexierung jene Best-Practice Einheiten identifiziert werden, die gemäß ihres Lambda Wertes ($\lambda_s > 0$) proportional an der Generierung des Projektionspunktes der DMU k Anteil haben.

Die beiden dualen Restriktionen, $\lambda X \geq \theta x_k$ sowie $\lambda Y \geq y_k$, repräsentieren dabei genau $n + m$ Bedingungen für die n Inputvariablen und die m Outputvariablen.

Mit den hier formulierten Nebenbedingungen wird sichergestellt, dass die konstruierte virtuelle Referenz DMU der DMU k in jedem Fall weniger oder höchstens gleich viel von den produzierten Outputgütern wie die Summe der mit Lambda gewichteten s Outputs aller DMUs bereitstellen kann. Umgekehrt gilt für die Inputvariablen der Referenzeinheit, dass der um den Faktor θ proportional reduzierte Inputvektor in jedem Fall größer und maximal gleich jenen mit Lambda gewichteten s Inputvektoren sein darf.

Die Einschränkung der Technologiemenge von konstanten auf variable Skalenerträge erfordert die Einführung einer weiteren Restriktion. Damit die KSE Technologiemenge, die durch eine Hyperebene durch den Ursprung charakterisiert wird, auf eine VSE Technologiemenge, die die engste Umhüllende um die beobachteten Daten bildet, transformiert werden kann, muss die Summe der zulässigen Gewichte von λ_s auf eins normiert werden.

Inputorientiertes duales Umhüllendenproblem unter Anwendung einer VSE Technologiemenge (GSTACH 2002):

$$\min_{\theta, \lambda} \theta \quad \text{NB: } \lambda Y \geq y_k \quad \lambda X \geq \theta x_k \quad \sum_{s=1}^S \lambda_s = 1 \quad \lambda_s \geq 0 \quad \forall s$$

Da die VSE Technologiemenge eine Teilmenge der KSE Technologiegrenze ist, unterscheiden sich demnach die beiden Technologiegrenzen und damit auch die Best-Practice Einheiten zur Konstruktion der projizierten Referenzeinheit der DMU k an der Effizienzgrenze von KSE oder VSE.

Durch die konvexe Mischung der ausgewiesenen Best-Practice Einheiten basierend auf deren Lambda-Gewichte wird jene Referenzeinheit konstruiert, die der radialen Projektion durch die beobachtete DMU k an die VSE Technologiegrenze entspricht. Dabei gilt einschränkend, dass sich die Lambda-Gewichte von den unterstellten Referenzeinheiten der Peer-Group auf eins ergänzen müssen.

Durch diese zusätzliche Restriktion von $\sum_{s=1}^S \lambda_s = 1$ kommt es zu der Einschränkung dass der Optimierungsspielraum und damit die Diskriminanz für die inputorientierten

Zielwerte unter VSE Technologie gegenüber der KSE Technologie eingeschränkt und damit nur mindestens so hoch bzw. höher als unter der KSE Annahme sein können.

Das outputorientierte (O) und radiale Umhüllenden-Modell

Analog zum inputorientierten Modell erfolgt die Formulierung der Zusammenhänge des dualen outputorientierten Umhüllenden Problems mit dem primalen outputorientierten Multiplikator-Problem.

Demzufolge werden hier zur Übersicht nur noch die Variablen und Restriktionen des primalen und dualen Ansatzes für das radiale outputorientierte DEA Modell dargestellt.

Skalen Niveaus	Primal (LP _k) Restriktion	Dual (DLP _k) Variable	Dual (DLP _k) Restriktion	Primal (LP _k) Variable
KSE/VSE	$y_k p = 1$	$\eta = 1 / \Phi$	$\lambda Y \geq \Theta y_k$	$p_n^{k*} \geq 0$
KSE	$y_s p - x_s c \leq 0$	$\lambda \geq 0$	$\lambda X \geq x_k$	$c_m^{k*} \geq 0$
VSE	$y_s p - x_s c + c_0 \leq 0$	$\lambda \geq 0$	$\lambda X \geq x_k$	$c_m^{k*} \geq 0$
VSE			$\lambda = 1$	c_0

Tabelle 3: dualer Zusammenhang zwischen dem outputorientierten Multiplikator und dem outputorientierten Umhüllendenproblem (Cooper et al. 2003)

Dieselben Dualitätsannahmen, die für das duale inputorientierte Problem getroffen wurden, kommen auch im outputorientierten Modell wieder zur Anwendung. Die die Adaptionen für das outputorientierte Modell sind in der Übersichtstabelle dargestellt.

Die zu maximierende Variable Φ ist jener proportionaler Faktor, um den, bei gegebenen Inputressourcen, die Outputgüter im Sinne der Best-Case Philosophie maximal erhöht werden können.

Für das duale Umhüllenden-Problem lässt sich bei Unterstellung von konstanten Skalenerträgen KSE und einer outputorientierten Modellannahme folgendes lineares Problem formulieren (GSTACH 2002):

$$\max_{\Phi, \lambda} \Phi \quad \text{NB: } \lambda Y \geq \Phi y_k \quad \lambda X \geq x_k, \quad \lambda_s \geq 0 \quad \forall s$$

Auch im outputorientierten Fall erfolgt die Konstruktion eines Projektionspunktes an die KSE Technologiegrenze über die Variablen λ_s der beobachteten DMUs. Wie im inputorientierten Fall, wird auch hier wiederum die radial an die Technologiegrenze projizierte Referenzeinheit über die mit Lambda ($\lambda_s > 0$) gewichteten Best-Practice Einheiten konstruiert.

Durch die Nebenbedingungen wird für den Projektionspunkt, der durch die proportionale Erhöhung der Outputmenge, bei gleich bleibenden Inputressourcen der Beobachtung k , radial an die Technologiegrenze projiziert wurde, sichergestellt, dass diese Referenzeinheit mindestens gleichviel von allen Outputs produziert und dafür höchstens gleichviel von allen Inputfaktoren verbraucht.

Zur Generierung der engsten Umhüllenden um die beobachteten Einheiten, bedarf es auch im outputorientierten Fall der Implementierung einer weiteren Restriktion, die die Summe jener λ_s Gewichte zur Konstruktion des virtuellen Projektionspunkt auf eins normiert.

Outputorientiertes duales Umhüllendenproblem unter Anwendung einer VSE Technologiemenge (GSTACH 2002):

$$\max_{\Phi, \lambda} \Phi \quad \text{NB: } \lambda Y \geq \Phi y_k \quad \lambda X \geq x_k \quad \sum_{s=1}^S \lambda_s = 1 \quad \lambda_s \geq 0 \quad \forall s$$

Entsprechend der erörterten Dualitätsannahmen muss es zulässig sein, wenn das primale Problem für die Multiplikatoren c_n^* und p_m^* optimal bestimmt wurde, und das duale Problem die Variablen λ^* und Φ^* bzw. θ^* optimiert hat, dass beide Ansätze denselben Effizienzwert ausweisen müssten. Somit muss gelten, dass wenn $\min_{p, c} x_k c = \max_{\Phi, \lambda} \Phi$

bzw. $\max_{p, c} y_k p = \min_{\theta, \lambda} \theta$ zutrifft und der gesuchte Zielwert für die DMU k sowohl im Primal als auch im Dual mit Gleichheit erfüllt ist, dass der gesuchte Effizienzwert im outputorientierten Fall dem Reziprokwert von Φ und im inputorientierten Fall gleich dem abgeleiteten Wert θ^* entspricht.

3.7.1.3 Das nicht orientierte radiale Effizienzmaß

Auch wenn die beiden soeben dokumentierten Modellvarianten der äquiproportionalen oder radialen Effizienzmaße für die empirischen Studien in Anlehnung an die klassischen ökonomischen Minimierungs- und Maximierungsprinzipien verwendet werden, ist dennoch auch eine Analyse nach einem nicht orientierten Verfahren möglich.

Dabei wird für jede Beobachtung jener größtmögliche Faktor θ abgeleitet, um den sowohl alle Inputfaktoren als auch alle Outputgüter simultan reduziert, bzw. verbessert werden könnten.

Scheel (2000) formuliert das nicht orientierte äquiproportionale Effizienzmaß nach folgendem Ansatz:

$$E_k^A(X, Y) := \max_{\theta} \{ \theta \mid ((1 - \theta) X^k, (1 + \theta) Y^k) \in T(X, Y) \}$$

Das nicht orientierte Effizienzmaß spiegelt aber zweifelsohne reale Gegebenheiten eher wider, da sich die Veränderungsmaßnahmen einer zu beurteilenden Einheit ja nicht ausschließlich auf der Input- oder Outputseite vollziehen, sondern gewöhnlich beide Varianten umfassen.

Im Vergleich zu den orientierten Varianten, werden im nicht orientierten Verfahren, die Inputfaktoren nur um einen geringeren Faktor reduziert, bzw. die Outputgüter um weniger als im ausschließlich outputorientierten Fall erhöht.

3.7.2 Durchschnittliche DEA Effizienzmaße

Durchschnittliche Effizienzmaße (D-Maße) quantifizieren nach Scheel (2000), um wie viel die verwendeten Input- Outputvariablen im Durchschnitt innerhalb des Dominanzbereichs (vgl. Abb. 8) verändert werden können, so dass das arithmetische Mittel der gesamten Veränderung entweder maximal oder minimal wird. Verglichen mit den äquiproportionalen Effizienzmaßen, die alle Input- Outputkriterien simultan mit demselben Faktor proportional verbessern, berücksichtigen D-Maße auch individuelle Verbesserungspotenziale, die unterschiedlich groß ausfallen.

Wurde für äquiproportionale Effizienzmaße deren geringe Aussagekraft bezogen auf die einzelnen Kriterien kritisiert, so muss für die D-Maße im umgekehrten Fall bemängelt werden, dass kein unmittelbarer Rückschluss vom durchschnittlichen Effizienzwert auf das einzelne Kriterium möglich ist.

Scheel (2000) definiert jenen $m + n$ dimensionalen Dominanzbereich bzw. Verbesserungsraum $R_k(X, Y)$, der jene Veränderungspotenziale einer Unit k innerhalb der Technologie $T(X, Y)$ zulässt, die ausschließlich zu einer Verbesserung des aktuellen Produktionsniveaus führen:

$$R_k(X, Y) := \{(\Theta, \Phi) \geq 0 \mid ((1 - \Theta) \otimes X^k, (1 + \Phi) \otimes Y^k) \in T(X, Y)\}$$

Mit dem Symbol $\otimes$ wird die komponentenweise Produktbildung zweier Vektoren angedeutet.

$$(1 - \Theta) \otimes X^k, (1 + \Phi) \otimes Y^k = [(1 - \Theta_1) \times x_1^k + \dots + (1 - \Theta_n) \times x_n^k], [(1 + \Phi_1) \times y_1^k + \dots + (1 + \Phi_m) \times y_m^k]$$

Jener Vektor (Θ, Φ) , der Teil des Verbesserungsraumes $R_k(X, Y)$ ist, berücksichtigt damit für eine DMU k das gesamte Veränderungspotenzial der Input- wie auch der Outputfaktoren.

Es lassen sich zwei verschiedene Ansätze zur Ermittlung von durchschnittlichen Effizienzmaßen differenzieren:

Die sich am maximalen Verbesserungspotenzial orientierenden $D_{\max}$ Maße realisieren das im Rahmen der Technologiemenge $R_k(X, Y)$ realisierbare maximale durchschnittliche Verbesserungspotenzial für die Beobachtung k . Das $D_{\min}$ Maß hingegen konzentriert sich auf jenes minimale durchschnittliche Verbesserungsmaß, das mindestens notwendig ist, um an die Effizienzgrenze zu stoßen, um selbst zur Best-Practice Einheit zu werden.

3.7.2.1 Maximalpotenzial - Dmax Maß

Das maximale durchschnittliche Verbesserungsmaß, innerhalb des Verbesserungsraums $R_k(X, Y)$, definiert Scheel (2000) mit folgendem Ansatz:

$$E_k^{D_{\max}}(X, Y) := \max \left\{ \frac{\sum_{s: x_{s,m}^k > 0} \Theta_s + \sum_{s: y_{s,n}^k > 0} \Phi_s}{\sum_{s: x_{s,m}^k > 0} 1 + \sum_{s: y_{s,n}^k > 0} 1} \mid (\Theta, \Phi) \in R_k(X, Y) \right\}$$

Ohne näher auf die Details der Nebenbedingungen an die hier von Scheel (2000) formulierte Zielfunktion einzugehen, gilt es festzuhalten, dass zur Anwendung dieses durchschnittlichen Effizienzmaßes nur solche Beobachtungen verwendet werden können, die in allen Kriterien positive Werte aufweisen.

Würde beispielsweise eine Inputvariable von einer DMU nicht eingesetzt und weist daher einen Wert 0 auf, lässt sich dafür kein Verbesserungspotenzial ermitteln. Dennoch lässt sich aber das lineare Problem lösen. Problematisch wird es erst, wenn eine DMU von einem Output nichts produziert, denn dann lässt sich infolge der Division durch 0 bei Unterstellung eines nicht orientierten Modells für keine der zu untersuchenden DMUs eine Lösung über den linearen Programmierungsalgorithmus generieren.

Möchte man beispielsweise ähnlich den Ausführungen der äquiproportionalen Effizienzmaße auch Aussagen über orientierte durchschnittliche maximale Verbesserungspotenziale machen, lässt sich auch das gemäß den von Scheel (2000) publizierten Ansätzen bewerkstelligen:

Outputorientiertes Dmax - Maß

$$E_k^{D_{\max}-I}(X, Y) := \max \left\{ \frac{\sum_{s: x_{s,m}^k > 0} \Theta_s}{\sum_{s: x_{s,m}^k > 0} 1} \mid (\Theta, 0) \in R_k(X, Y) \right\}$$

Inputorientiertes Dmax - Maß

$$E_k^{D_{\max}-O}(X, Y) := \max \left\{ \frac{\sum_{s: y_{s,n}^k > 0} \Phi_s}{\sum_{s: x_{s,n}^k > 0} 1} \mid (0, \Phi) \in R_k(X, Y) \right\}$$

Verglichen mit den äquiproportionalen Effizienzmaßen, rücken die $D_{\max}$ - Maße die beobachteten DMUs bei nicht orientierter Modellannahme in ein etwas schlechteres Licht, da die $D_{\max}$ Maße das gesamte Spektrum der individuellen Verbesserungsmöglichkeiten aller Untersuchungskriterien berücksichtigen und infolgedessen gegenüber dem äquiproportionalen Maß höhere Verbesserungspotenziale ausweisen.

$$E_k^{D_{\max}}(X, Y) \geq E_k^A(X, Y),$$

Infolge der Modellkonzeption des $D_{\max}$ Maßes eignet es sich nicht um die Abhängigkeiten zwischen dem natural-technischen und dem kostentechnischen Effizienzmaß zu interpretieren. Und es macht auch keinen Sinn die durchschnittlich maximalen Effizienzwerte als relative Performance-Indikatoren zu interpretieren und daraus ein Ranking abzuleiten (KERSTENS ET AL. 1995 in SCHEEL 2000).

3.7.2.2 Mindestpotenzial - Dmin Maß

Mit dem $D_{\min}$ Maß wird nach Scheel (2000) jenes Mindestpotenzial an Verbesserung innerhalb des Dominanzbereichs aufgezeigt, dass eine DMU k bei gegebener Technologiemenge mindestens ausnutzen muss, um selbst eine Best Practice Einheit auf der Umhüllenden, die von sowohl von Pareto-Koopmans effizienten als auch schwach effizienten DMUs konstruiert wird, zu werden. Das $D_{\min}$ Maß ist so konzipiert, dass jenes Beurteilungskriterium mit der geringsten Verbesserungsdistanz zur Effizienzhülle ermittelt wird und dessen relative Veränderung durch die Anzahl der Beurteilungskriterien dividiert wird, um das minimale durchschnittliche Effizienzmaß zu bestimmen.

Zur Definition jener Technologiemenge, die den Produktionsmöglichkeitsraum, der inklusive die schwach Effizienten Einheiten festgelegt wird, werden die tatsächlich effizienten Einheiten (x^*, y^*) der ursprünglichen Technologiemenge ausgeschlossen.

$$\Gamma(X, Y) := \{(x, y) \in T(X, Y) \mid (x^*, y^*) \in T(X, Y) : (-x^*, y^*) > (-x, y)\}$$

Die Verbesserungsräume $S(X, Y)$ innerhalb der neuen Technologiemenge $\Gamma(X, Y)$, schließen den nachfolgenden Möglichkeitsraum ein:

$$\Sigma_k(X, Y) := \{(\Theta, \Phi) \geq 0 \mid ((1 - \Theta) \otimes X^k, (1 + \Phi) \otimes Y^k) \in \Gamma(X, Y)\}$$

In jedem Fall kann das auf diesen Einschränkungen basierende $D_{\min}$ Maß nach Scheel (2000) als untere Schranke für die durchschnittlich notwendigen Verbesserungen interpretiert werden.

$$E_k^{D_{\min}}(X, Y) := \min \left\{ \frac{\sum_{s: x_{s,m}^k > 0} \Theta_s + \sum_{s: y_{s,n}^k > 0} \Phi_s}{\sum_{s: x_{s,m}^k > 0} 1 + \sum_{s: y_{s,n}^k > 0} 1} \mid (\Theta, \Phi) \in \Sigma_k(X, Y) \right\}$$

Auch wenn es möglich wäre für das $D_{\min}$ Maß orientierte Modellvarianten zu definieren, behauptet Scheel (2000), dass im Gegensatz zu den äquiproportionalen Modellvarianten und dem $D_{\max}$ Maß das $D_{\min}$ Maß keine entsprechende Bedeutung als Effizienzmaß in der klassischen Produktionstheorie hat.

Für die drei bisher vorgestellten Effizienzmaße lassen sich folgende Zusammenhänge demonstrieren, falls gewährleistet ist, dass es sich um ausschließlich positive Daten handelt, deren Effizienzwerte mit den jeweils nicht orientierten Modellvarianten ermittelt wurden. Für eine beliebige DMU k lässt sich das nach Scheel (2000) wie folgt darstellen:

$$E_k^{D_{\min}}(X, Y) \leq E_k^A(X, Y) \leq E_k^{D_{\max}}(X, Y)$$

3.8 Analysemöglichkeiten zur vertiefenden Interpretation der Ergebnisse

Basierend auf den hier festgelegten Theoremen und Annahmen, wird das Ziel verfolgt, über die bereits präzisierten Effizienzmaße, den Abstand zu den „Besten“ und somit deren Produktivitätsrückstand graduell zu quantifizieren. Damit dabei die unterschiedlichen Maßeinheiten der beobachteten Merkmale Berücksichtigung finden, werden die Distanzen zur Hülle relativ angegeben.

In welcher Höhe die relative Veränderung ausfällt, hängt neben der Technologiemenge auch von dem zugrunde gelegten Effizienzmaß ab. Es lassen sich über das $D_{\max}$ Maß sowohl die größten als auch über das $D_{\min}$ Maß die kleinsten Verbesserungspotenziale ableiten.

Aus praktischer Sicht ist es von Interesse, dass sich die Effizienzmaße einfach und nachvollziehbar berechnen und interpretieren lassen. Dabei steht es dem Benutzer frei Verbesserungspotenziale von Inputs und Outputs simultan um einen relativen Wert über alle Kriterien (äquiproportionale Effizienzmaße) oder differenziert nach einzelnen Kriterien (durchschnittliche Effizienzmaße) durchzuführen. Umgekehrt lassen sich aber auch input- oder outputorientierte Analysen nach demselben Schema durchführen, die streng nach den Minimierungs- und Maximierungsprinzipien der klassischen Ökonomie vorgehen.

DEA ist damit nichts anderes als eine Verallgemeinerung komplexer Controlling-Kennzahlensysteme, die durch eine produktionstechnisch fundierte Generierung einer hoch aggregierten Kennzahl aus multiplen Input- Outputprozessen mittels eines linearen Programmierungsalgorithmus erzielt wird. DEA kann somit unter dem Zusammenspiel von Controlling- bzw. Benchmarkingkonzepten, Produktionstheorie und Operations Research betrachtet werden, wie die Grafik von Scheel (2000) versinnbildlicht:



Abb. 7: DEA-Aktivitätsdreieck: Einordnung von DEA im ökonomischen Umfeld (Scheel 2000 S. 6)

3.8.1 Benchmarkkonzept als Controllinginstrumentarium

Erhöhung der Leistungsfähigkeit und die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch Rationalisierungsmaßnahmen, durch Anwendung neuer Technologien oder durch Erschließung neuer Marktsegmente sind die Zeichen der Zeit, vor denen sich kein privates aber auch kein öffentliches Unternehmen verschließen kann. Über systematische und kontinuierliche Benchmarkingprozesse mit führenden Unternehmen derselben (Peer-Groups) aber auch fremden Branchen versuchen Unternehmen anhand von ihren standardisierten Controlling-Kennzahlensystemen ihre Leistungsfähigkeit und damit ihren Erfolg zu verbessern (PIESKE 1995 in STEPAN 2004).

Dem Benchmarkingprozess liegen im Prinzip zwei wesentliche Anforderungen zugrunde. Ein Schwerpunkt liegt dabei darin, von den Benchmarkeinheiten die Sollgrößen für die eigenen Leistungsziele abzuleiten. Daneben ist es aber auch von Interesse Informationen und Strategien für die eigene Restrukturierung von Arbeitsprozessen oder Organisationseinheiten von den Benchmarkeinheiten zu adaptieren, um dadurch möglicherweise zu der erhofften Produktivitätssteigerung zu gelangen.

Die Verfügbarkeit von geeigneten Benchmarks wirkt allerdings einschränkend für den Benchmarkvergleich. Die klassischen Kennzahlensysteme aus der Kostenrechnung bzw. dem internen Controlling liefern ausschließlich Kennzahlen, die auf Teilprozesse oder Teilaktivitäten eingeschränkt sind. Ein objektiver Vergleich lässt sich unter diesen Bedingungen nur dann durchführen, wenn es sich um vergleichbare Organisationen handelt, die unter derselben Technologie und bei gleichen Skaleneffekten operieren.

Mit DEA steht nun eine Methode zur Verfügung die einen produktionswirtschaftlichen Benchmarkansatz bereitstellt. Die Innovation von DEA liegt in der Aggregation der multiplen In- und Outputs über endogen generierten Gewichte (LP Ansatz) zu zwei hochaggregierte In- und Outputs, deren Quotient (primale Lösung) bzw. deren duale Lösung immer zwischen null und eins liegt. Als genial erweist sich die Methodik schließlich auch in der Festlegung der Benchmarks. Nicht jede beliebige Best-Practice Einheit, wird als Referenzeinheit (Benchmark) berücksichtigt, sondern nur jene, die aufgrund ihres Input-Outputverhältnisses Teil der Peer-group bzw. des Dominanzbereichs¹⁸ einer Beobachtung sind.

18 Jedes Produktionsniveau innerhalb des Dominanzbereichs einer ineffizienten Beobachtung erzielt eine günstigere Performance als die beobachtete DMU selbst. Keine der unendlich vielen virtuellen Produktionsniveaus des Dominanzbereichs darf dabei aber mehr von einem der Produktionsgüter verbrauchen, oder weniger von den Outputgütern herstellen als die ineffiziente Beobachtung.

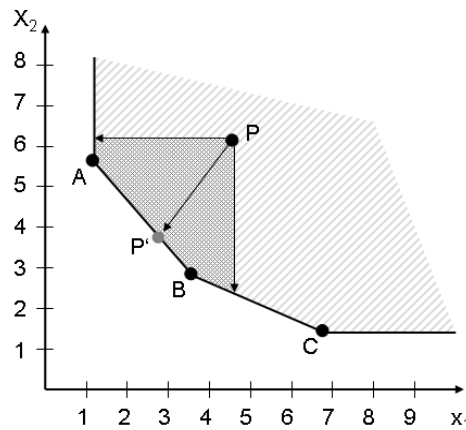


Abb. 8: Dominanzbereich, Peer-Group, Best-Practice bzw. Benchmark (A und B) und virtueller radialer Projektionspunkt (P') der ineffizienten DMU P

3.8.2 Effizienzindikation und die Ableitung der Target Values - Zielwerte

Je nachdem welche Effizienzindikation, mit der die Abweichung von der Effizienzhülle angegeben wird, unterstellt ist, lassen sich die Soll-Werte („Target-Values“) auf unterschiedliche Art und Weise ermitteln. Ob es sich bei Unterstellung des jeweiligen Effizienzmaßes auch um eine Best-Practice Einheit der betrachteten DMU handelt, hängt von dem dafür definierten Schwellenwert σ zur Effizienzindikation ab. Auch wenn bei Erreichen dieses Schwellenwertes 100-prozentige Effizienz indiziert wird, bleibt immer noch die Zuweisung von Effizienzwerten für ineffiziente Einheiten offen (SCHEEL 2000). Auf Basis der Effizienzindikation der unterstellten Effizienzmaße basiert die Festlegung des Effizienzrankings, wobei dafür aber keine Slacks (Schlupfvariablen, vgl. 3.6.2) berücksichtigt werden.

Je nach verwendeter Orientierung der Effizienzmaße und unter Einbeziehung der Slacks (Schlupfvariablen, vgl. 3.6.2) lassen sich die Verbesserungspotenziale für die einzelnen Input- Outputvariablen, $\hat{x}_m, \hat{y}_n$, wie in den Tabelle 4 -Tabelle 6 dargestellt, herleiten. Die relativen Verbesserungspotenziale inputseitig sind dabei als relative Reduktion und outputseitig als relative Steigerung der Ausgangswerte zu interpretieren.

Im Unterschied zum äquiproportionalen Effizienzmaß (A-Maß), dessen Effizienzwert sich unmittelbar auf die Ermittlung der Verbesserungspotenziale der Variablen niederschlägt, weisen die durchschnittlichen Effizienzmaße ($D_{\max}$ und $D_{\min}$ Maß) jeder Variable einen individuellen Verbesserungswert zu. Über deren Durchschnittswert leitet sich erst in der Folge der aggregierte Effizienzwert jeder Beobachtung ab.

Über die Durchschnitts-Maße wird die obere und untere Schranke der Soll-Werte festgelegt. Während eine Verbesserung im Rahmen der unterstellten Technologiemenge, die das $D_{\max}$ -Maß überschreitet, unmöglich ist, bleiben verbesserte Beobachtungen, die sich trotzdem noch unterhalb des $D_{\min}$ -Wertes befinden, weiterhin ineffizient (SCHEEL 2000).

Inputorientierte Effizienzmaße:

Bringt man das duale Umhüllenden-Problem zur Lösung, bewegen sich die Θ_k - Effizienzwerte der Technologie (X,Y) zwischen 0 und 100%. Eine top performende Einheit erlangt einen σ -Wert von 100%, sofern es sich nicht um eine schwach effiziente Einheit handelt. Erreichen die Produktionsniveaus der Beobachtung nicht die Effizienzhülle, werden Werte kleiner 100% ausgewiesen.

Effizienz Maße	Korrektur der Inputvariablen	Korrektur der Outputvariablen
A-Maß	$[1 - (\Theta_s^* x_{s,m} - \sigma_{s,m}^*) / x_{s,m}] \times 100 = \hat{x}_{s,m} \%$	$[(y_{s,n} + \sigma_{s,n}^*) / y_{s,n} - 1] \times 100 = \hat{y}_{s,n} \%$
D _{max} -Maß	$100\% - \Theta_{s,m}^* \% = \hat{x}_{s,m} \%^{19}$	$[(y_{s,n} + \sigma_{s,n}^*) / y_{s,n} - 1] \times 100 = \hat{y}_{s,n} \%$
D _{min} -Maß	$100\% - \Theta_{s,m}^* \% = \hat{x}_{s,m} \%$	$[(y_{s,n} + \sigma_{s,n}^*) / y_{s,n} - 1] \times 100 = \hat{y}_{s,n} \%$

Tabelle 4: Ansätze zur relativen Ermittlung der Verbesserungspotenziale für inputorientierte Effizienzmaße**Outputorientierte Effizienzmaße:**

Auch hier liegt der Schwellenwert für σ bei 100%. Zum Unterschied der Inputorientierung steigen aber im outputorientierten Fall die Werte für ineffizienzwerte gegen ∞ an, um durch Erhöhung des Outputs bei gleich bleibenden Inputfaktoren die Effizienzgrenze zu erreichen.

Effizienz Maße	Korrektur der Inputvariablen	Korrektur der Outputvariablen
A-Maß	$[1 - (x_{s,m} - \sigma_{s,m}^*) / x_{s,m}] \times 100 = \hat{x}_{s,m} \%$	$[(\Phi_s y_{s,n} + \sigma_{s,n}^*) / y_{s,n} - 1] \times 100 = \hat{y}_{s,n} \%$
D _{max} -Maß	$[1 - (x_{s,m} - \sigma_{s,m}^*) / x_{s,m}] \times 100 = \hat{x}_{s,m} \%$	$\Phi_{s,n} - 100\% = \hat{y}_{s,n} \%^{20}$
D _{min} -Maß	$[1 - (x_{s,m} - \sigma_{s,m}^*) / x_{s,m}] \times 100 = \hat{x}_{s,m} \%$	$\Phi_{s,n} - 100\% = \hat{y}_{s,n} \%$

Tabelle 5: Ansätze zur relativen Ermittlung der Verbesserungspotenziale für outputorientierte Effizienzmaße**Nicht orientierte Effizienzmaße:**

Bei Unterstellung dieser Maße erfolgt eine simultane Veränderung sowohl der Inputs als auch der Outputs. Dabei wird der Schwellenwert für effiziente Einheiten mit $\sigma = 0$ festgelegt. Ineffiziente Einheiten dieser Kategorie sind immer >0 und gehen Richtung ∞ . Die Verbesserungspotenziale für die drei verwendeten Effizienzmaße beschreiben dann gleich explizit den tatsächlichen Abstand von der Effizienzhülle:

Effizienz Maße	Korrektur der Inputvariablen	Korrektur der Outputvariablen
A-Maß	$100\% - \left[\frac{(1 - \Theta_s^*) x_{s,m} - \sigma_{s,m}^*}{x_{s,m}} \right] \times 100 = \hat{x}_{s,m} \%$	$\left[\frac{(1 + \Phi_s^*) y_{s,n} + \sigma_{s,n}^*}{y_{s,n}} \right] \times 100 - 100\% = \hat{y}_{s,n} \%$
D _{max} -Maß	$100\% - \Theta_{s,m}^* \% = \hat{x}_{s,m} \%$	$\Phi_{s,n} \% - 100\% = \hat{y}_{s,n} \%$
D _{min} -Maß	$100\% - \Theta_{s,m}^* \% = \hat{x}_{s,m} \%$	$\Phi_{s,n} \% - 100\% = \hat{y}_{s,n} \%$

Tabelle 6: Ansätze zur relativen Ermittlung der Verbesserungspotenziale für nicht orientierte Effizienzmaße ²¹

Ziel der nach den hier vorgestellten Verfahren hergeleiteten Targets oder Soll-Werte ist es, konkrete Verbesserungsvorgaben für die unterstellten Kriterien, die eine Beobachtung ganzheitlich charakterisieren sollten, festzumachen. Der aggregierte Effizienzwert oder die ausgewiesene Performance einer Beobachtung bildet im Gegensatz zu den Targets

19 Wird für $\Theta_{s,m}$ kein Effizienzwert in % ausgewiesen, bleibt der Originalwert der betroffenen Variable unverändert

20 Wird für $\Phi_{s,n}$ kein Effizienzwert in % ausgewiesen, bleibt der Originalwert der betroffenen Variable unverändert

21 Im nicht orientierten Fall sind für das A-Maß $\Theta_{s,n}$ und $\Phi_{s,m}$ ident.

nur die Qualität der Beobachtung ab und dient als Grundlage für die Erstellung eines Rankings. Mit den Targets, die die Verbesserungspotenziale repräsentieren, möchte man ein Anreizsystem zum Lernen von den Benchmarkeinheiten und zur Steigerung der Produktivität bereitstellen. Die dafür unterstellten Soll-Werte können müssen aber nicht den objektiv abgeleiteten Targets entsprechen, da deren Festlegung von den jeweiligen Entscheidungsträgern einer Organisation abhängen. Ganz anders bei den Effizienzwerten, für deren Gegenüberstellung mit anderen vergleichbaren Einheiten ausschließlich die objektiv ermittelten Effizienzwerte für die Rankingerstellung herangezogen werden können.

Ergänzend sei noch angemerkt, dass infolge der unterstellten Konvexitätsannahme die auf den Beobachtungen basierende Approximation der Technologiemenge kontrolliert vergrößert wird. Dadurch werden aber für manche beobachtete DMUs gegebenenfalls größere Verbesserungspotenziale aufgezeigt und es muss daher auch in Kauf genommen werden, dass sich die aufgezeigten Verbesserungspotenziale nicht in jedem Fall zur Gänze realisieren lassen. Die mathematisch formulierte konvexe Hülle²² bildet somit einen optimistisch konzipierten Transformationsraum von Inputs in Outputs (SCHEEL 2000), die in manchen Fällen eben zu, zu optimistischen bzw. nicht realisierbaren Target Values, führen.

3.8.3 Supereffizienz

Bisher standen immer nur ineffiziente Einheiten im Blickpunkt, Verbesserungspotenziale auszuschöpfen. Dabei stellt sich aber auch die Frage, ob sich nicht auch die effizienten Einheiten, die an der Grenze der Technologiemenge, direkt an der Umhüllenden liegen, weiter differenzieren lassen.

Scheel, (2000), schlägt in seinen Ausführungen daher vor, eine gleiche Vorgehensweise wie zur Ableitung des Grads der Ineffizienz einer Beobachtung auch für die Bestimmung des Ausmaßes an Effizienz einer Beobachtung anzuwenden. Denn bis zum Erreichen der Effizienzhülle wird jede Beobachtung als ineffizient ausgewiesen. Erst bei Erreichen, bzw. bei Überschreitung dieser Frontier wird eine Beobachtung zur Best-Practice Einheit.

Wie weit eine derartige Best-Practice Beobachtung nun die Frontier überschreitet, und damit die Technologiegrenze in konvexer Richtung verschiebt, bzw. um wie viel die Input- und Outputvariablen gesteigert bzw. reduziert werden könnten, um dennoch effizient und ein Stützpunkt der Effizienzgrenze zu bleiben, wird mit dem Supereffizienzmaß ermittelt.

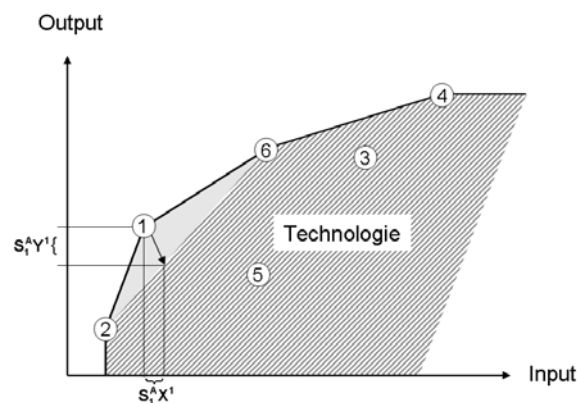


Abb. 9: Äquiproportionales Supereffizienzmaß (Scheel 2000, S. 113)

²² Zur Diskussion der Konvexitätsannahme verweist Scheel (2000) auf die Arbeiten von Thrall (1999) und im mikroökonomischen Kontext auf Mas-Colell et al. (1995, S. 133) sowie Kreps (1994, S. 207)

Wird, wie in der Grafik angenommen, ein äquiproportionales Effizienzmaß (A-Maß) verwendet, untersucht das Supereffizienzmaß um wie viel Prozent alle Inputs der DMU 1 erhöht und gleichzeitig alle Outputs von 1 reduziert werden können, ohne in den dunkelgrauen, ineffizienten Technologiebereich zu kommen.

Scheel (2000) formuliert diese nicht orientierte Modellannahme mathematisch mit folgendem Formelansatz:

$$S_k^A(X, Y) := \sup\{ \Psi \mid ((1 + \Psi)X^k, (1 - \Psi)Y^k) \in \varepsilon(X(\Psi), Y(\Psi)) \}^{23}$$

Unterstellt man ein nicht orientiertes bzw. ein orientiertes Maß zur Ableitung der Supereffizienz, sind Beobachtungen deren Effizienzwerte mit 0,00% bzw. 100% ausgewiesen sind gerade noch oder eben schwach effizient. Reduziert sich deren Output oder erhöht sich deren Verbrauch an Inputfaktoren nur geringfügig, driften diese Einheiten in den ineffizienten Bereich ab.

Auch wenn die Softwarelösung EMS (vgl. 5.2) nur für äquiproportionale Effizienzmaße die Ermittlung eines Supereffizienzmaßes anbietet, lässt sich dieser Effekt der Supereffizienz aber auch auf die „Durchschnittlichen Effizienzmaße“ übertragen. Zur Ableitung der Supereffizienz wird hier jene Menge der zulässigen Verschlechterung je Untersuchungskriterium ermittelt, mit der der Verbleib als Best-Practice Einheit gerade noch realisiert werden kann (SCHEEL 2000).

Praktische Bedeutung hat die Supereffizienz dadurch erlangt, dass auch für Daten-Samples, die nur wenige Beobachtungen im Vergleich zu den verwendeten Variablen aufweisen, was infolge zu geringer Diskriminanz zu fast nur effizienten Einheiten führen würde, trotzdem differenzierte Performancewerte erzielt werden können.

Abgesehen von diesem Effekt birgt die Anwendung der Supereffizienz auch einen maßgeblichen Vorteil in der Analyse von Zeitreihen. Denn wenn beispielsweise Zeitreihen für die untersuchten Beobachtungen vorliegen, könnte man ohne Supereffizienz für jene Einheiten, die über die gesamten Perioden hinweg als Best-Practice Einheiten operiert haben, keine Performanceveränderung und damit auch keine Produktivitätsveränderung bzw. Verbesserungspotenziale feststellen. Über das Maß der Supereffizienz lässt sich somit auch für diese Einheiten die relative Veränderung über die untersuchten Perioden hinweg darstellen.

3.8.4 Ökonomische Performance der Produktionsmöglichkeiten über Isokosten- und Isoertragskurven

Charakteristisch für die DEA ist die Ableitung der relativen Performancewerte einzelner Beobachtungen unabhängig von der Dimensionierung der Variablen. Insbesondere dann, wenn keine Preisinformationen verfügbar sind und a priori keine Information über die Produktionsfunktion vorliegt, bietet sich DEA zur Performanceermittlung geradewegs an.

Zur Ermittlung der technischen Effizienz (TE) gehen die einzelnen Kriterien mit ihren physischen Dimensionen ein, beziehungsweise wenn die Informationen nicht anders verfügbar sind, werden auch monetäre Wertansätze bereits hier berücksichtigt. Mit dieser rein technischen Performancebeurteilung wird die Effizienz mit der Inputfaktoren in Outputgüter transformiert werden evaluiert. Dabei kommt es insbesondere darauf an, welche Menge an Inputfaktoren verbraucht wird und ob zur Produktion auch alle

23 Weitere Details und mathematische Formelansätze für unterschiedliche Effizienzmaße sowie für orientierte und nicht orientierte Modellannahmen sind bei Scheel (2000) zu finden

verfügbaren Inputfaktoren zur Gänze für die Bereitstellung der Outputs eingesetzt werden.

Mit dem technischen Ansatz (TE) kommt es zur Evaluierung der „physischen Bereitstellungsstrategie“, was aber noch keine Garantie darüber abgibt, ob diese Strategie auch unter Einbeziehung von Marktverhältnissen (ökonomische Effizienz) immer noch zu präferieren ist. Dann nämlich, wenn falsche Input-Mengenverhältnisse bezogen auf die Inputpreisverhältnisse bzw. wenn falsche Outputmengen bezogen auf die erzielbaren Outputpreise produziert werden und damit die marginalen Raten der technischen Substituierbarkeit zwischen Inputs nicht den Input-Preisverhältnissen und die marginalen Transformationsraten zwischen Outputs nicht den Output-Preisverhältnissen entspricht (GSTACH 2002), driftet eine vormals technisch effizienten Beobachtung bei Unterstellung dieser abgeänderten Technologiemenge, die die Input- und Outputpreisverhältnisse berücksichtigt, in den ineffizienten Produktionsmöglichkeitsraum ab.

Die Ermittlung der tatsächlichen ökonomischen Effizienz setzt aber voraus, dass für alle Faktoren, die im technischen Modellkonzept (TE) implementiert wurden, Preise bzw. Kosten verfügbar sind. Ist dieser Fall gegeben reduziert sich das DEA Problem wiederum auf den Ein-Output, Ein-Input Fall, da die Faktoren über die Preise bzw. Kosten gewichtet werden können. Da aber in den meisten Fällen kein freier Markt unterstellt werden kann, sind die Preise und Kosten stark von lokalen Marktgegebenheiten und Marktbesonderheiten beeinflusst.

Möchte man allerdings den Zusammenhang der Effizienzabweichung zwischen dem technischen und dem ökonomischen Modell analysieren, um daraus die Verbesserungspotenziale in der Beschaffungs- und Absatzstrategie aufzudecken, muss die Allokative Effizienz (AE) bestimmt werden, über die die kostenoptimale Beschaffung bzw. der ertragsoptimale Absatz am Markt signalisiert werden kann.

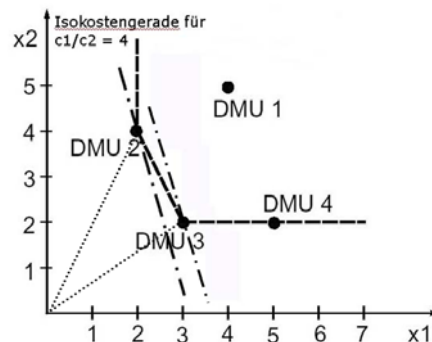


Abb. 10: Darstellung der Kosteneffizienz (KE) (GSTACH 2002 S. 16)

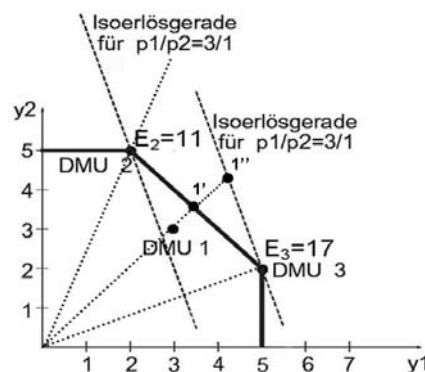


Abb. 11: Darstellung der Ertrageffizienz (EE) (GSTACH 2002 S. 32)

Dieser Zusammenhang kann einmal für die Ermittlung der Kosteneffizienz (KE) über eine Outputisoquante und die daran tangierende Isokostengerade und für die Ertragseffizienz (EE) über eine Inputisoquante und die daran angelegte Isoerlösgerade im zweidimensionalen Raum grafisch dargestellt werden. Indem nun das Verhältnis aus Kosteneffizienz zu inputorientierter technischer Effizienz und Ertragseffizienz zu outputorientierter technischer Effizienz gebildet wird, leitet man die Effizienz des Marktverhaltens der beobachteten Einheiten her.

Im inputorientierten Fall wurden die physisch eingesetzten Produktionsfaktoren der DMU3 optimal in Outputgüter transformiert. Allerdings und das wird durch die Isokostengerade indiziert, unterscheiden sich die Inputpreisverhältnisse der substituierbaren Inputfaktoren zugunsten des Faktors x_2 , der gleich viermal günstiger als x_1 ist. Infolgedessen verliert auch DMU3 ihre Best-Practice Stellung zu Gunsten von DMU2. Und gleiches gilt für die DMU2 im outputorientierten Fall. Hier fällt die DMU2 unter Einbeziehung der Marktpreise in der ertragsorientierten Performance sogar hinter die technisch ineffiziente DMU1 zurück.

Die Allokative Effizienz (AE) resultiert dabei aus dem Quotienten der radial abgeleiteten Kosteneffizienz (KE) bzw. Ertragseffizienz (EE)²⁴ und der technischen Effizienz (TE). So wie für alle anderen bisher ausgewiesenen Effizienzmaße wird auch die allokative Effizienz (AE) relativ mit Werten zwischen 0 und 100% dargestellt.

Herleitung der AE_{DMU1} und der EE_{DMU1} , wenn für die erzeugten Güter y_1 und y_2 ein Preisverhältnis von 3 zu 1 unterstellt wird.

$$AE_{DMU1} = \frac{\overline{01}}{\overline{01'}} = AE_{DMU1} = \frac{TE_{DMU1}}{EE_{DMU1}} = EE_{DMU1} = TE_{DMU1} \times AE_{DMU1}$$

Zur Ermittlung der Kosten- (KE) und Ertragseffizienz (EE), wird nur das Modell zur Ermittlung der technischen Effizienz (TE) dahingehend modifiziert, dass über die erfassten Durchschnittskosten, bzw. Durchschnittspreise einmal die Inputfaktoren zu einem aggregierten Gesamtkostenfaktor und einmal die Outputfaktoren zu einer aggregierten Ertragssumme aufaddiert werden. Die physischen Outputgüter bzw. die physischen Inputgüter bleiben jeweils zur Ableitung der Kosteneffizienz und der Ertragseffizienz unverändert.

Wenn es aber möglich ist über den monetären Ansatz, Input- bzw. Outputvariablen zu einem aggregierten Input- oder Outputfaktor zu aggregieren, so muss es auch zulässig sein, diese Aggregation über nachvollziehbare nicht monetäre Wertinformationen zu erreichen. Beispielsweise könnte es sich hier um subjektive Nutzwertansätze und deren Wertbeziehungen zueinander von Outputfunktionen oder externer Effekte oder ähnlichem handeln, um einen mengen- und wertmäßigen Zusammenhang für die Beurteilung von einzelnen Beobachtungen abzuleiten (Scheel 2000).

Durch die Aggregation der Inputfaktoren bzw. der Outputgrößen zu jeweils einem aggregierten Faktor reduziert die Anzahl der verwendeten Variablen und erhöht dadurch die Diskriminanz des unterstellten Modells, was generell zu einer Reduzierung der ausgewiesenen Effizienzwerte führen sollte.

24 Coelli et al. (1998) dokumentiert im Anschluss an seine Ausführungen zur Kostenminimierung und Ertragsmaximierung, dass es nur sehr wenige Arbeiten gibt, die zur Profitmaximierung eine DEA Analyse verwendet haben und verweist diesbezüglich auf die Arbeiten von Grosskopf and Weber (1997).

Die Kosten- bzw. Ertragseffizienz resultiert wie vorhin abgeleitet aus dem Produkt aus technischer Effizienz (TE) und allokativer Effizienz (AE). Eine Beobachtung ist daher nur dann kosten- bzw. ertragstechnisch effizient, wenn auch die beiden anderen Einflussgrößen zu 100% effizient sind. Daraus leitet sich ab, dass bei Unterstellung von durchschnittlichen Kosten und Preisen, die Kosten- bzw. Ertragseffizienz nie höher als die technische Effizienz sein wird. Eine Beobachtung, die technisch effizient ist, muss dann nicht notwendigerweise gleichzeitig auch kosten- bzw. ertragseffizient sein. Umgekehrt allerdings wird eine technisch ineffiziente Beobachtung auch kosten- oder ertragstechnisch ineffizient bleiben. (GSTACH 2002).

Was sich hier schematisch plausibel darstellen lässt, hat aber zum Nachteil, dass zur Bildung der Iso-Kostengeraden bzw. Iso-Ertragsgeraden, die im mehrdimensionalen Raum dann als Hyperebenen definiert sein werden, durchschnittliche Preis- und Kosteninformationen erforderlich sind.

Würde man hingegen die naturalen Kriterien des technischen Modells, wenn verfügbar, mit tatsächlichen Kosten und Preisen bewerten, ist zu bedenken, dass diese von verschiedensten Faktoren aber auch marktbedingt dominiert sein können, was zu einem nicht linearen Verlauf der Isokosten- bzw. Isoertragsfunktion führen wird. Man hätte dann nicht das ökonomische Pendant zum technischen Modell gebildet, sondern ein neues zu Marktpreisen bewertetes Modell geschaffen, das aber in keinem linearen Zusammenhang zum ursprünglichen technischen Modell steht.

Außerdem gilt es für den hier dokumentierten wertbasierten Ansatz aber zu bedenken, dass für die Inputfaktoren, wie für die Outputgüter gegenseitige Substituierbarkeit (vgl. 4.4.7) zu unterstellen ist. Da es aber nicht immer Faktoren gibt, die sich vollkommen substituieren lassen, sondern die zu einem gewissen Anteil nur als limitationale Faktoren auftreten, repräsentieren diese Kosten- und Ertragseffizienzmodelle, die vollkommene Substituierbarkeit der durchschnittlichen Preise und Kosten sowie der relativen Nutzwerte unterstellen, nur eine Abstrahierung von praktischen Gegebenheiten.

4 Rahmenrichtlinien für DEA Applikationen

Die von Charnes et al. (1978) basierend auf den Ansätzen von Farrell (1957) entwickelte Data Envelopment Analyse (DEA) bestimmt die relative Effizienz von klar definierten Einheiten auch dann, wenn multiple Input- und Outputelemente vorliegen, die noch dazu in unterschiedlichen Dimensionen erfasst sind. Zur Ableitung der relativen Performance gilt es aber eine Reihe von Rahmenbedingungen zu beachten, die für die Erzielung plausibler und akzeptierbarer Ergebnisse relevant sind. Da sich jede mathematisch richtig formulierte Input- Outputmatrix unabhängig von der Homogenität der unterstellten Einheiten, der Spezifikation des Input- Outputsets oder der dimensionsrichtigen Spezifizierung der Variablen etc. formal lösen lässt und können mangelhaft spezifizierte Modelle zu Missinterpretationen führen.

Die hier genannten Aspekte, die im Vorfeld einer DEA Analyse abzuklären sind, erfordern in der praktischen DEA-Anwendung entsprechende Kompromisslösungen. Daher werden unter den Rahmenbedingungen der DEA Applikation Argumente und Hintergrundinformationen aus der Literatur dargelegt, die den DEA Anwender für diese wesentlichen Aspekte der Modellkonzipierung sensibilisieren sollen.

4.1 Anforderungen an die Eigenschaften einer Technologiemenge

Die bereits unter 3.2 definierte DEA Technologiemenge erfüllt selbstverständlich die Anforderungen die von Seiten der Mikroökonomie an klassische Produktionsfunktionen gestellt werden.

Die DEA Technologiemenge schließt aus, dass Outputs produziert werden, ohne Inputfaktoren einzusetzen. Umgekehrt lassen sich mit begrenzten Produktionsfaktoren nicht beliebig viele Leistungsgüter erstellen. Die Technologiemenge selbst wird aber von einem abgeschlossenen Produktionsmöglichkeitsraum begrenzt. Jede Input-Outputtransformation lässt sich für diesen Produktionsmöglichkeitsraum beliebig genau approximieren, wodurch sichergestellt wird, dass die Transformation selbst auch Teil der Technologiemenge ist (SCHEEL 2000).

Aus empirischer Sicht spielen neben den mikroökonomischen Eigenschaften auch andere Aspekte der Technologiemenge, wie die Stabilität, die statistische Fundierung aber auch die empirische Vollständigkeit der Technologiemenge und die Homogenität der Einheiten sowie die Konzipierung der In- und Outputvariablen selbst eine entscheidende Rolle.

4.1.1 Stabilität von DEA Technologiemengen

Da für diesen nicht parametrischen Ansatz ausschließlich empirische Daten verwendet werden, darf berechtigterweise die Frage nach der Stabilität der konstruierten Technologiemenge aufgeworfen werden. Da es infolge von Messtoleranzen und Messfehlern in der Regel Ungenauigkeiten gibt, wäre es wohl wünschenswert, dass sich die konstruierte Technologiemenge bei geringen Störungen der Daten auch nur geringfügig ändert. Die damit verbundene Stetigkeit des Effizienzmaßes bedeutet, dass eine Erhöhung der Messgenauigkeit auch zu genaueren Effizienzwerten führt²⁵.

²⁵ Eine Ausnahme für die Feststellung der Stetigkeit des Effizienzmaßes stellen Nullwerte dar, die auch durch die Steigerung der Messgenauigkeit keine Veränderung erfahren. Nur wenn alle beobachteten Kriterien > 0 sind, lässt sich die Stetigkeit von Effizienzmaßen nachweisen (Scheel 2000).

Würden umgekehrt infolge von geringen Änderungen der Datenmatrix sprunghafte Veränderungen in der Technologiemenge eintreten, wäre ein derartig unstetes Verhalten der Technologiemenge für die Effizienzbeurteilung ungeeignet (SCHEEL 2000).

Scheel (2000) liefert dazu in seinen Ausführungen auch den Beweis und demonstriert, dass sich die konstruierte Technologiemenge T bei kleinen Änderungen in der Datenmatrix (X,Y) nicht sprunghaft verändert. In seinen mathematischen Beweisführungen kann er für die Technologiemenge T feststellen, dass diese sowohl „oberhalb- als auch unterhalbstetig“ ist. Diese Stetigkeit trifft nach Scheel (2000) auch für die DEA Technologiemenge bei Unterstellung von konstanten (KSE) als auch von variablen (VSE) Skalenerträgen zu.

Für die praktische Effizienzanalyse kann man daher davon ausgehen, dass effiziente²⁶ Beobachtungen auch bei kleinen Änderungen der Daten effizient und ineffiziente²⁷ Beobachtungen ineffizient bleiben.

4.1.2 Statistische Fundierung der Technologiemenge

Auch wenn es sich bei DEA um ein nicht parametrisches Verfahren handelt, das auf empirischen Beobachtungen aufbaut, schließt das nicht aus, dass DEA im Prinzip auf statistischen Annahmen beruht. Aus ökonomischer Sicht, so Scheel (2000), wurde bezweifelt, ob es sich bei der abschnittswisen linearen Einhüllung des Produktionsmöglichkeitsraums um ein statistisches Problem handelt. Jedoch basiert auch DEA auf einer Schätzung der „wahren Technologie“ ausgehend von empirisch beobachteten Einheiten (DMUs).

Die Zweifel an der statistischen Fundierung der abgeleiteten Datenhülle führten dazu, dass für DEA unterstellt wurde, nur zur Ermittlung der relativen Best Practice Einheit geeignet zu sein, jedoch nicht zur Messung von Effizienz (SCHEEL 2000). In seinen Ausführungen zitiert Scheel (2000) zwei Artikel von Grosskopf (1996) und Simar et al. (2000), in denen die mathematischen und statistischen Beweise für die statistische Fundierung der DEA Technologiemenge dokumentiert sind, was die Tauglichkeit von DEA zur Ermittlung der relativen Effizienz belegt.

Zur Verifizierung legten die Autoren Annahmen fest, mit denen die zu schätzende „Wahrheit“ der Beobachtungen „erzeugt“ werden soll. Scheel 2000 führt folgende vier Annahmen aus Simar et al. (2000) an:

- Die zugrunde liegende „wahre“ Technologiemenge erfüllt die freie Verschwendbarkeit (Monotonie) und Konvexität
- Der Rand der „wahren“ Technologiemenge ist differenzierbar
- Mit wachsender Anzahl beobachteter DMUs geht die Wahrscheinlichkeit, auch Units auf dem Rand zu beobachten, gegen eins.
- Die beobachteten Einheiten sind Realisationen unabhängig identisch verteilter Zufallszahlen.

Für einen univariaten DEA Fall, der impliziert, dass die Datenmatrix neben den Inputfaktoren nur einen Output enthält, haben die Autoren eine Maximum-Likelihood-

26 Eine beliebige Beobachtung einer Technologiemenge ist dann stabil Pareto-Koopmans-effizient, wenn sich nach Weglassen dieser Einheit die Technologiemenge ändert.

27 Würde das nicht der Fall sein liegt die Input-Outputtransformation nicht am Rand des Produktionsmöglichkeitsbereichs und beeinflusst als ineffiziente Einheit den konvexen Randverlauf der Technologiemenge nicht.

Produktionsfunktion²⁸ unterstellt, für die die parametrische funktionale Form gemäß der nicht parametrischen Strukturannahme abgewandelt wurde.

Die Resultate daraus ergaben, dass die nicht parametrische Schätzung sogar robuster als die parametrische Schätzung der Produktionsfunktion war, da die Sensitivität bezüglich der zugrunde gelegten Wahrscheinlichkeitsverteilung geringer war (SCHEEL 2000).

Neben der Maximum-Likelihood-Eigenschaft erläutern die Autoren aber auch noch die statistische Konsistenz anhand der systematischen Verzerrung der Schätzer sowie deren asymptotisches Verhalten. Mit der statistischen Konsistenz wird unterstellt, dass die geschätzten Parameter gemäß der Erwartungstreue (Unverzerrtheit) mit zunehmender Stichprobengröße mit der Wahrscheinlichkeit von eins gegen den wahren Wert konvergieren²⁹. Ist ein Schätzer unverzerrt und konsistent, entsprechen die geschätzten Werte im Erwartungswert unabhängig von der Stichprobengröße dem wahren Wert. Trifft diese Variante nicht zu und sind die Schätzer einer Methode verzerrt, aber dennoch konsistent, resultieren bei endlichen Stichproben systematische Fehler (STEINMANN 2002)

Die systematischen Abweichungen (Verzerrungen) der Schätzer resultieren dabei aus der Annahme, dass jede Beobachtung in der „wahren“ Technologiemenge liegt. Demzufolge können Messfehler und statistisches Rauschen etc. ausgeschlossen werden, was zur Folge hat, dass die geschätzte Technologiemenge den „wahren“ Produktionsmöglichkeitsbereich niemals überschätzen, sondern nur unterschätzen kann. Eine Verbesserung der approximierten Technologiemenge lässt sich daher nur durch zusätzliche Beobachtungen „von innen“ erzielen (SCHEEL 2000).

Da aber wegen der mangelnden Erwartungstreue die Schätzer der Effizienz für empirische DEA Anwendungen immer verzerrt sind, wird die empirisch ausgewiesene relative Effizienz im Regelfall immer überschätzt, da einerseits der wahre Produktionsmöglichkeitsbereich unterschätzt wird und die Verzerrungen immer in dieselbe Richtung wirken (STEINMANN 2002).

Über eine asymptotische Wahrscheinlichkeitsverteilung der Fehler (d. h. die Verteilung des Fehlers nähert sich bei einer großen Anzahl von Beobachtungen diesen Verteilungen an), die bei der Schätzung der Technologiemenge gemacht werden, leiten die Autoren Aussagen über das Konfidenzintervall ab, woraus letztendlich abgeleitet werden konnte, dass die DEA-Technologiemenge für diesen univariaten Fall tatsächlich ein konsistenter Schätzer ist (SCHEEL 2000 und STEINMANN 2002).

Durch die von Scheel (2000) und Steinmann (2002) zitierten Arbeiten ist auch für die nicht parametrischen Ansätze zur Effizienzmessung eine hinreichende statistische Fundierung nachgewiesen worden. Damit kann von einem „deterministischen“ Ansatz inzwischen nur noch insofern gesprochen werden, als in den Input- Outputdaten der DMUs das statistische Rauschen (Noise) noch nicht explizit berücksichtigt wird. DEA liefert somit nicht nur die simple Identifikation der am besten performenden Einheiten, sondern auch die Kennzahlen für eine betriebswirtschaftliche Effizienzanalyse (SCHEEL 2000).

28 Banker (1993) in Steinmann (2002) leitet Bedingungen her, unter denen die geschätzte DEA Effizienz Maximum-Likelihood Schätzer sind. Dies ist dann der Fall, wenn die Dichtefunktion der Effizienzverteilung monoton zunehmend ist und eine Transformationsfunktion von nur einem Output verwendet wird.

29 Steinmann 2002 dokumentiert, dass zur Konsistenz nicht parametrischer Methoden der Effizienzmessung in Grosskopf (1996) und Banker (1993 und 1996) sowie von Kneip et al. (1998) und Simar und Wilson (2000) die theoretischen Grundlagen aufbereitet sind.

4.1.3 Empirische Vollständigkeit der Technologiemenge

Gemäß einer Definition von Scheel (2000) ist eine Technologiemenge dann vollständig, wenn sie alle beobachtbaren Input- Outputtransformationen enthält.

Aus der Sicht von DEA handelt es sich nach Scheel (2000) bei der empirischen Vollständigkeit um eine reine Formalität. Denn wenn sich eine Input-Outputtransformation realisieren lässt, muss dieses Produktionsniveau auch gleichzeitig Teil der Technologiemenge von DEA sein.

Für Technologiemengen hingegen, die einen parametrischen Ansatz unterstellen, muss die empirische Vollständigkeit nicht unbedingt erfüllt sein. Denn hier beruht die Schätzung der Produktionsfunktion, die den Produktionsmöglichkeitsraum umschließt, auf allen Beobachtungen, sowohl auf den Best Practice als auch auf den übrigen ineffizienten Einheiten. Die daraus abgeleitete virtuelle Durchschnitts-Frontier inkludiert dann aber keine Extrembeobachtungen und vermeidet dadurch die Beeinflussung durch Datenausreißer.

Lässt man aber empirische Vollständigkeit zu und definiert die Technologiemenge über die empirisch verfügbaren Produktionsniveaus der Untersuchungseinheiten (DMUs), werden implizit Mess- oder Übertragungsfehler der Input- Outputdaten ignoriert. Die Ausklammerung von Produktionsniveaus aus der Technologiemenge ist damit praktisch unmöglich, außer wenn Messfehler oder Eingabefehler evident sind. Anderenfalls dürfte man nicht nur die eine Einheit aus der Technologiemenge herausnehmen, sondern müsste dann die gesamte Technologiemenge in Frage stellen (SCHEEL 2000).

4.1.4 Invarianz bei Datentransformationen

Eine Beurteilung der Performance durch Effizienzkennzahlen sollte unabhängig von den verwendeten Maßeinheiten erfolgen, die für die Input- und Outputgrößen verwendet werden. Es sollte beispielsweise keine Auswirkung auf die Performance einer Einheit haben, ob ein Kriterium jetzt in Kilometer, Meter oder Zentimeter abgebildet wird.

Von linearer Invarianz oder auch Skaleninvarianz geht man aus, wenn die Effizienzwerte unabhängig von der Datentransformation (Mengen, Längen, Zeiten) sind. Für die praktische Anwendung reicht die lineare Invarianz des Effizienzmaßes bezüglich der Datentransformation in vielen Fällen aus.

Liegt für die verwendete Datenbasis der Standardfall der DEA Analyse vor, kardinal bzw. metrisch skalierte Größen, die einer unbeschränkten und stetigen Skala folgen, können bei linear invarianten Effizienzmaßen die Messungen nach beliebigen Skalenniveaus erfolgen. Damit spielt es für die üblicherweise verwendeten physischen Größen, deren Skalierung der Einheiten (Mengen, Länge, Zeiten) sich linear verhalten, keine Rolle, in welcher Dimension diese erfasst wurden. Außerdem erweisen sich linear invariante Effizienzmaße auch insofern als vorteilhaft, da damit sowohl physische als auch monetäre Größen in das Modell implementiert werden können.

Für linear invariante Effizienzmodelle muss zutreffen, dass wenn $\hat{\mathbf{X}}_{k,m} = \mathbf{a}_{k,m} \mathbf{X}_{k,m}$ und $\hat{\mathbf{Y}}_{k,n} = \mathbf{b}_{k,n} \mathbf{Y}_{k,n}$ zutrifft, und unter der Voraussetzung, dass a und $b > 0$ sind, auch die Effizienzwerte der beliebig gewählten Einheit k $\mathbf{E}_k(\hat{\mathbf{X}}, \hat{\mathbf{Y}})$ gleich $\mathbf{E}_k(\mathbf{X}, \mathbf{Y})$ sind.

Neben der linearen Invarianz gilt es für manche Fälle auch die Translationsinvarianz zu beachten. Diese spielt vor allem dann eine Rolle, wenn in den s Beobachtungen einer der m Inputs oder n Outputs negativ ist. DEA kann mit negativen Variablen nicht operieren,

weshalb eine Translation (Addition eines konstanten Wertes zu allen s, m Inputs bzw. s, n Outputs) erforderlich sein kann. Additive Maße³⁰, für die eine beliebige Translation der Daten zulässig ist, bringen aber den entscheidenden Nachteil mit sich, dass diese nicht linear invariant sind. Damit wird sich aber der Performancewert mit dem Ändern des Skalenniveaus bzw. der Dimension, in der die Werte gemessen wurden, ebenfalls ändern. Die Daten können somit nicht mehr beliebig in unterschiedliche Dimensionen transformiert werden. Auch wenn diese Additiven Maße aufgrund ihrer Konzipierung zwischen Pareto-Koopmans effizienten Einheiten und schwach effizienten Einheiten differieren können und die Möglichkeit haben, Veränderungen für Inputs und Outputs simultan festzumachen, überwiegt der Nachteil der nicht gegebenen Skaleninvarianz dermaßen stark, dass von der Anwendung dieses Maßes insbesondere dann abzuraten ist, wenn die Variablen in unterschiedlichen Dimensionen vorliegen.

Ein Effizienzmodell ist dann translationsinvariant, wenn das Effizienzmaß für die Beobachtung k unabhängig von der Addition einer Konstanten an den Input- bzw. Outputbeobachtungen ist. Damit muss gelten, dass wenn $\hat{X}_{k,m} = X_{k,m} + a_{k,m}$ und $\hat{Y}_{k,n} = Y_{k,n} + b_{k,n}$ zutrifft, und unter der Voraussetzung, dass a und $b > 0$ sind, auch die Effizienzwerte der beliebig gewählten Einheit k $E_k(\hat{X}, \hat{Y})$ gleich $E_k(X, Y)$ sein sollten (SCHEEL 2000).

Werden trotz Datentranslation aber aufgrund der Skaleninvarianz der additiven Maße dennoch äquiproportionale oder durchschnittliche Effizienzmaße angewandt, müssen die Eigenschaften dieser Maße genau beachtet werden. Für beide Maße trifft es nämlich zu, dass die Translationsinvarianz bei Unterstellung variabler Skalenerträge entweder nur für die Inputseite oder nur für die Outputseite je nach unterstellter Orientierung des Effizienzmaßes zulässig ist, weshalb man in solchen Fällen von Input- bzw. Outputinvarianz spricht (vgl. 4.2).

4.2 Eigenschaften von DEA Effizienzmaßen

Zusammenfassend werden hier tabellarisch die bereits diskutierten Eigenschaften der Effizienzindikation, der Dateninvarianz, der Monotonie und der Stabilität für das äquiproportionale (A-Maß, vgl. 3.7) und die durchschnittlichen Effizienzmaße (D-Maße, vgl. 3.7.2) ergänzend erläutert. Es soll damit eine Übersicht über die Einschränkungen und die Art der Anwendbarkeit bei entsprechenden Datenkonstellationen für diese beiden Effizienzmaße gegeben werden.

4.2.1 Eigenschaften von Äquiproportionalen Effizienzmaßen (A-Maß)

Die A-Maße lassen sich nach Scheel (2000) als reale und monetäre Verbesserungspotenziale sowie als Verallgemeinerung relativer Performance-Indikatoren interpretieren. Über die radialen Zusammenhänge des technischen Effizienzmaßes sowie der Kosten- und Ertragseffizienz wird direkt eine Parallele zum Controlling hergestellt, das ebenfalls sein Augenmerk simultan auf die mengen- und wertmäßige Entwicklung von Prozessen legt.

30 Effizienzmaße, die mit einer Datentranslation operieren können, sind im Allgemeinen die additiven Effizienzmaße (vgl. Scheel 2000) und unter Umständen die orientierten Effizienzmaße (vgl. Eigenschaften von äquiproportionalen Effizienzmaßen unter 4.2.1).

		KSE			VSE		
		$A_{\text{Maß-I}}$	$A_{\text{Maß-O}}$	$A_{\text{Maß-NO}}$	$A_{\text{Maß-I}}$	$A_{\text{Maß-O}}$	$A_{\text{Maß-NO}}$
Effizienzindikation		---	---	---	---	---	---
Invarianz	linear	●	●	●	●	●	●
	Translation	---	---	---	(O)	(I)	---
Monotonie	monoton	●	●	●	(I)	(O)	---
	strikt monoton ³¹	---	---	---	---	---	---
Stabilität		●	●	●	○	○	●

Legende: ● erfüllt, ○ generisch³² erfüllt, (I) in Inputs erfüllt (O) in Outputs erfüllt, --- nicht erfüllt

Tabelle 7: Eigenschaften der äquiproportionalen Effizienzmaße (SCHEEL 2000 S. 95)

Die Effizienzindikation (vgl. 3.8.2) ist für alle hier dokumentierten Fälle nicht immer gewährleistet. Der Mangel des äquiproportionalen Effizienzmaßes besteht in diesem Zusammenhang darin, dass der Effizienzwert nur den relativen radialen Abstand einer Beobachtung zur Effizienzgrenze feststellt und als Effizienzindikation im orientierten Fall die erzielte Performance (0% - 100%) und im nicht orientierten Fall den Gradienten der relativen Veränderung (0% - ∞) zurückgibt. Die radiale Effizienz unterscheidet damit aber nicht zwischen den Pareto-Koopmans-effizienten (vgl. 3.4) und den ebenfalls an der Effizienzgrenze liegenden schwach effizienten Beobachtungen (vgl. Abb. 4), obwohl diese von vorhandenen Pareto-Koopmans effizienten Beobachtungen dominiert werden.

Sowohl für konstante als auch variable Skalenerträge, sowie input- output- und nicht orientierte Anwendungsfälle ist beim A-Maß die lineare Invarianz gegeben.

Ganz im Gegensatz dazu sind die Bedingungen der Translationsinvarianz für konstante Skalenerträge in keinem Fall gegeben, da sich durch die Veränderung der Beobachtungen um einen additiven Wert die Effizienzklassifikation ändern kann. Unter variablen Skalenerträgen ist die Translationsinvarianz aber zumindest für die orientierten Fälle erfüllt. Der inputorientierte Fall ist bezüglich einer Translation des Outputs invariant. Umgekehrt ist Invarianz bezogen auf die Translation des Inputs im outputorientierten Fall gegeben (vgl. Tabelle 7).

Auch wenn die Monotonie bei Unterstellung konstanter Skalenerträge erfüllt ist, trifft dies bei variablen Skalenerträgen nur noch auf die orientierten Fälle zu. Beim nicht orientierten (NO) Fall hingegen ist diese Bedingung nicht mehr erfüllt. Äquiproportionale Effizienzmaße richten den Fokus des Verbesserungspotenzials auf die proportionale Veränderung des Input- Outputniveaus und gehen dabei in keiner Weise auf die Ineffizienzen der individuellen Input- Outputkriterien ein. Ein Nachteil der äquiproportionalen Maße manifestiert sich darin, dass keine Differenzierung zwischen effizienten und schwach effizienten Beobachtungen erfolgen kann. Daraus leitet sich ab, dass diese Maße zwar unter konstanten Skalenerträgen die Monotoniebedingung erfüllen, aber unter variablen Skalenerträgen aufgrund der Nichtdifferenzierung zwischen Pareto-Koopmans effizienten und schwach effizienten Einheiten für den nicht orientierten Fall gar nicht und für die orientierten Fälle nur zum Teil erfüllen (vgl. SCHEEL 2000)

31 Die strikt monotone Bedingung fordert, dass eine Reduktion eines Inputfaktors oder Steigerung eines Outputfaktors in jedem Fall eine Erhöhung des Effizienzwertes zur Folge hat. Im Gegensatz dazu würde die schwach monotone Bedingung fordern, dass es bei Verbesserungen in zumindest einem Kriterium zu keiner Verschlechterung kommt. Die monotone Bedingung fordert, dass bei Reduktion oder Steigerung aller Input- und Outputvariablen eine Verbesserung des Effizienzwertes folgen muss.

32 Eine Eigenschaft ist dann generisch, wenn diese auf einer dichten und offenen Teilmenge aller Datenmatrizen erfüllt ist. Jede Beobachtung erfüllt die generische Eigenschaft von Datenmatrizen genau dann, wenn diese entweder als stabil effizienter Punkt an der Konstruktion der Technologiegrenze beteiligt ist, oder aber im inneren des Produktionsmöglichkeitsraums ein ineffizientes Produktionsniveau markiert (Scheel 2000 S. 69).

Die Bedingung der Stabilität ist gemäß Tabelle 7 wiederum für alle Bedingungen gewährleistet (vgl. die Beweisführung von SCHEEL 2000 S. 119).

4.2.2 Eigenschaften von durchschnittlichen maximalen Effizienzmaßen

In der Dokumentation der Wirkungsweise von durchschnittlichen minimalen und maximalen Effizienzmaßen wurde bereits auf den Zusammenhang der abgeleiteten durchschnittlichen Effizienzwerte gegenüber dem äquiproportionalen Effizienzmaß bei Unterstellung von nicht orientierten (NO) Modellen hingewiesen.

$$E_k^{Dmin}(X,Y) \leq E_k^A(X,Y) \leq E_k^{Dmax}(X,Y)$$

Daraus geht hervor, dass das durchschnittliche maximale Effizienzmaß, das aus den arithmetisch gemittelten relativen Veränderungen der Beurteilungskriterien innerhalb des Verbesserungsraumes (vgl. Abb. 8) resultiert, die Beobachtungen „kritischer“ als das äquiproportionale und das durchschnittliche minimale Maß beleuchtet. Die Ursache dafür liegt bereits in der Konzipierung dieser Effizienzmaße. Das äquiproportionale Maß versucht nämlich durch proportionale Veränderungen der Beurteilungskriterien die Performance jeder Beobachtung „unter dem besten Licht“ darzustellen („Best Case Philosophie“). Der Anspruch des minimalen durchschnittlichen Effizienzmaßes hingegen ist einzig der, die Effizienzhülle durch die Veränderung jenes Beurteilungskriteriums mit der kürzesten relativen Distanz zur Technologiegrenze zu realisieren, aus deren Mittelwert sich auch der durchschnittliche minimale Effizienzwert ergibt (vgl. 3.7.2 Durchschnittliche DEA Effizienzmaße).

		KSE			VSE		
		D _{max} -I	D _{max} -O	D _{max} -NO	D _{max} -I	D _{max} -O	D _{max} -NO
Effizienzindikation		(I)	(O+)	+	(I)	(O+)	+
Invarianz	linear	●	●	●	●	●	●
	Translation	---	---	---	(O)	(I)	---
Monotonie	monoton	●	●	●	(I)	(O)	●
	strikt monoton ¹⁸	(I)	(O+)	+	(I)	(O+)	+
Stabilität		O	O	O	O	O	O

Legende: ● erfüllt, O generisch erfüllt²⁶, + bei positiven Werten > 0 erfüllt, (I) in Inputs erfüllt, (O) in Outputs erfüllt, --- nicht erfüllt

Tabelle 8: Eigenschaften der durchschnittlichen maximalen Effizienzmaße (SCHEEL 2000 S. 99)

Gegenüber den Eigenschaften des äquiproportionalen Effizienzmaßes sind nach Scheel (2000) die durchschnittlichen Effizienzmaße bis auf die Bedingungen der Stabilität überlegen. Sofern insbesondere für den outputorientierten (O) und nicht orientierten (NO) Fall alle beobachteten Daten positiv sind, erfüllen die durchschnittlichen Effizienzindikatoren eindeutig die Bedingungen der Pareto-Koopmans Effizienz und sind unter diesen Voraussetzungen auch strikt monoton.

Bezüglich der Dateninvarianz unterscheiden sich die beiden Modellansätze nur geringfügig. Beide sind linear invariant und bezogen auf die Translationsinvarianz trifft diese nur bei Unterstellung variabler Skalenerträge für die orientierten Fälle zu, wobei aber, und dadurch unterscheiden sich die beiden Maße, bei durchschnittlichen Effizienzmaßen für die nicht orientierten Fälle ebenfalls Translationsinvarianz besteht.

Die durchschnittlichen Maße weisen aber insofern einen Nachteil gegenüber den äquiproportionalen Maßen auf, als sich die über das arithmetische Mittel der Verbesserungspotenziale gebildeten Effizienzwerte außer im inputorientierten Fall nicht notwendigerweise zwischen 0 und 100% bewegen müssen und sich daher nicht besonders gut als relative Performanceindikatoren eignen.

4.2.3 Eigenschaften von durchschnittlichen minimalen Effizienzmaßen

Aufgrund der spezifischen Konstruktion des $D_{\min}$ -Maßes (vgl. 3.7.2.2), das lediglich für schwache Effizienz konzipiert wurde, kann in der Effizienzindikation keine eindeutige Differenzierung zwischen schwach- und Pareto-Koopmans effizienten Beobachtungen vorgenommen werden. Indem das $D_{\min}$ Maß die kürzest mögliche relative Distanz eines Beurteilungskriteriums an die Effizienzgrenze anstrebt, wird jede Beobachtung gegenüber dem $D_{\max}$ oder dem A-Maß verhältnismäßig besser dargestellt, wodurch das $D_{\min}$ Maß gegenüber den beiden anderen Effizienzmaßen auch das schwächste Monotonieverhalten aufweist (SCHEEL 2000).

		KSE $D_{\max}$ -I	VSE $D_{\max}$ -NO
Effizienzindikation		---	---
Invarianz	linear	●	●
	Translation	---	---
Monotonie	monoton	---	---
	strikt monoton ¹⁸	---	---
Stabilität		●	●

Legende: ● erfüllt, ○ generisch erfüllt¹⁹, --- nicht erfüllt

Tabelle 9: Eigenschaften der durchschnittlichen minimalen Effizienzmaße (SCHEEL 2000 S. 102)

Aus Tabelle 9 kann entnommen werden, dass die durchschnittlichen minimalen Effizienzmaße, außer der linearen Invarianz und der Stabilität der Technologiemenge, deren Eigenschaften sich analog zu den bereits diskutierten Effizienzmaßen verhalten, keine der anderen Bedingungen erfüllen.

4.3 Homogenität der Beobachtungen (DMUs) einer Technologiemenge

Auch wenn der nicht parametrische Ansatz den Eindruck erweckt, jedes Input-Outputsystem lösen zu können, so gilt es doch zu bedenken, dass die Qualität des Resultats, die Objektivität und Glaubwürdigkeit sowie die Akzeptanz bei den betroffenen Untersuchungseinheiten von den a priori getroffenen Annahmen abhängt.

Als Grundsatz wird postuliert: Gleiches mit Gleichem vergleichen, denn es macht nur Sinn Beobachtungen (DMUs), die vergleichbare Aktivitäten aufweisen, mit DEA zu beurteilen. Daher gilt es einer Reihe von Homogenitätsannahmen zu treffen, die dieser Anforderung nachkommen. Der erforderliche Grad an Gleichheit ist in Abhängigkeit des jeweiligen Problemzusammenhangs zu beurteilen. Davon abhängig sind Kompromisse einzugehen, wie fein differenziert die Homogenitätskriterien anzusetzen sind und ob es für sinnvoll erachtet wird, die empirischen Beobachtungen in homogene Cluster mit seinen Folgen (vgl. 4.3.1.2) zu gliedern, wobei hier in den meisten Fällen die Anzahl an Beobachtungen der limitierende Faktor sein wird.

Aus praktischer Sicht ist explorativ vorzugehen. Indem die Sensitivität verschiedener Modellansätze getestet werden, denen jeweils statistische Analysen (Korrelations- und Clusteranalysen) der Beurteilungskriterien vorangegangen sind, sollte über diese iterative Vorgehensweise der am besten geeignetste Modellansatz gefunden werden.

Auf die Pitfalls and Protocols (Fehlerquellen und Verfahrensvorschriften) von Dyson et al. (2001) gehen dazu die folgenden Anregungen zurück:

- Auf der Outputseite beziehen sich diese vergleichbaren Aktivitäten auf die Bereitstellung gleicher Produkte oder gleicher Dienstleistungen unter Verwendung ähnlicher Herstellungstechnologien.
- Inputseitig lautet das Postulat, dass alle Beobachtungen für den Transformationsprozess von Produktionsfaktoren in vergleichbare Leistungsgüter in etwa die gleichen Produktionsfaktoren verwenden (Mitarbeiter, Rohmaterial, Ausrüstung).

Auch wenn vergleichbare Produktionsfaktoren vorliegen, so kann es aber dennoch zu Abweichungen infolge von unterschiedlicher technologischer Ausstattung von Maschinen oder Fertigungsstraßen bzw. Umfeldbedingungen kommen, die voneinander abweichende Leistungen verursachen. Alternativ zu den physischen Größen könnten dann Kostengrößen je physischer Einheit (Mitarbeiter bei unterschiedlicher Qualifikation, Maschinen mit unterschiedlicher Leistung etc.) verwendet werden, um den technologischen Vorteil auszugleichen.

Wenn es allerdings nicht möglich ist evidente Nachteile einzelner Beobachtungen, auf die diese nicht unmittelbar Einfluss nehmen können, über Indikatoren zu berücksichtigen, sind unter Umständen die Homogenitätskriterien der Technologiemenge verletzt. Die Modellkonzeption ist damit neu aufzurollen und die Zusammensetzung der DMUs sowie der Beurteilungskriterien ist neu zu diskutieren und eine eventuelle Differenzierung in Cluster ist in Abhängigkeit der Zahl der Beobachtungen zu erwägen.

Letztendlich sollte man aber nicht schon vorweg in der Konzipierung der Input- und Outputvariablen mögliche Ergebnisse vorwegnehmen. Denn ineffiziente Einheiten sollten erkennen in welchen Bereichen sie von den effizienten Peer-Group-Einheiten abweichen. Erst dann soll und muss die Diskussion über Rationalisierungsmaßnahmen sowie technische Maßnahmen in Gang kommen, damit ineffiziente Einheiten von den Best-Practice Einheiten lernen können.

4.3.1 Inhomogenität infolge von umfeldbedingten und formalen Rahmenbedingungen

Inhomogenität hängt aber nicht ausschließlich von der Unterschiedlichkeit der internen Transformationsprozesse ab. Denn alleine die Vergleichbarkeit der eingesetzten Ressourcen und der bereitgestellten Güter garantiert noch nicht eine uneingeschränkte Vergleichbarkeit.

Zweifelsohne sind dies entscheidende Elemente, doch es dürfen etwa die formalrechtlichen Rahmenbedingungen einer Organisationseinheit nicht übersehen werden. Diese gestalten den operativen Handlungsspielraum entscheidend mit, was zu Vor- aber auch zu Nachteilen im Vergleich zu anderen Einheiten führen kann.

Gerade diese strategischen Elemente, wie die Zielsetzungen, die gesetzlichen und betrieblichen Rahmenbedingungen und behördlichen Auflagen sowie die Rechtsform einer Organisation lassen sich nicht beliebig verändern, auch wenn diese einen direkten Einfluss auf den operativen Transformationsprozess haben.

Gesetzliche Regelungen und Einschränkungen sowie behördliche Auflagen aber auch eingeschränkte Entscheidungsfreiheiten der Verantwortlichen verengen grundsätzlich den Handlungsspielraum des Managements. Diese Abweichungen treffen insbesondere bei der Evaluierung von regionalübergreifenden oder international agierenden Organisationseinheiten zu. Einheiten die unter restriktiveren Rahmenbedingungen operieren werden folglich in einem derartigen Vergleich ceteri paribus als ineffizient deklariert (STEINMANN 2002).

Als unverrückbare Rahmenbedingungen sind auch die Standortsfaktoren zu werten. Das Umfeld und die regionalen Gegebenheiten, die demographische und soziale Struktur der Bevölkerung, die Verfügbarkeit gut ausgebildeter Arbeitskräfte und die Nähe zu Ballungszentren sowie Umwelteinflüsse, beeinflussen den Aktionsradius des betrieblichen Handelns entscheidend.

In der Konzipierung der relevanten Kriterien für die zu evaluierenden Einheiten (DMUs) sollten daher auch die Umfeldeinflüsse entsprechend berücksichtigt werden. Häufig wird versucht Umweltvariablen, sofern diese diskret (metrisch) erfasst werden können, als nicht kontrollierbare Größen in das Modell zu implementieren (COELLI ET AL. 1998), um höhere Akzeptanz bei den Betroffenen zu erreichen. Wird es für sinnvoll erachtet, Bevölkerungszahlen, den lokalen Wettbewerb, Einzugs- oder Wuchsgebiete, den Niederschlag oder aber auch das Geländere Relief als Einflussfaktoren einzubeziehen, steht man bei manchen dieser Kriterien vor dem Problem, dass sich diese nicht beeinflussbaren Umfeldfaktoren nicht in allen Fällen kardinal erfassen und damit auch nicht in eine DEA Matrix integrieren lassen.

Gerade im land- und forstwirtschaftlichen Bereich aber auch im Bereich des Bildungswesens oder der Evaluierung von Tankstellen etc. können tatsächliche Umwelteffekte, wie Klima, Niederschlag, Trockenheit, Relief aber auch Umfeldeinflüsse wie Bevölkerungszahlen und Bevölkerungsstruktur eine zentrale Rolle spielen.

Mitentscheidend für die Performance einer Organisationseinheit sind aber auch die Organisationsform und die Organisationspolitik. Wirtschaftlich orientierte und privatrechtlich organisierte Einheiten mit einer dementsprechenden Rechtsform werden sich von öffentlich-rechtlichen Organisationen mit nicht wirtschaftlich ausgerichteten Zielsetzungen von vornherein unterscheiden.

Bei Unterstellung des DEA Ansatzes werden aber die nach a priori festgelegten Homogenitätsbedingungen selektierten Beobachtungen nach deren erzielten Transformationsleistungen evaluiert. Damit postuliert DEA gleichzeitig, dass alle Beobachtungen rational handeln und bemüht sind, den betrieblichen Transformationsprozess gemäß ihrer Rahmenbedingungen und Zielsetzungen zu optimieren.

Zur Integration der hier konstatierten Sachverhalte von inhomogenen Abweichungen in ein DEA Modell können für die Ableitung der relativen Performance aller Beobachtungen verschiedene Varianten (vgl. COELLI ET AL. 1998) gewählt werden.

Einmal kann versucht werden, die umfelddingten Einflussfaktoren sofern sie kardinal erfassbar sind, direkt ins Modell als nicht kontrollierbare Variable zu integrieren (vgl. Scheel 2000).

Sollen aber organisatorische Einheiten verglichen werden, deren Umfeldfaktoren sich nicht kardinal erfassen lassen, schlagen Charnes et al. (1981, in COELLI ET AL. 1998 und STEINMANN 2002) vor, eine Clusterbildung gemäß der unkontrollierbaren Umfeldfaktoren durchzuführen. Dieser in drei Stufen ablaufende Prozess (Three-Stage-Ansatz) (COELLI 1998) setzt aber voraus, dass nur ein unkontrollierbarer Umfeldfaktor zur Clusterbildung verwendet werden kann und bringt die Einschränkung mit sich, dass infolge der reduzierten Anzahl an Beobachtungen innerhalb des Clusters eine geringere Straffheit (Diskriminanz) des Modells und damit erhöhte relative Effizienzwerte zu erwarten sind.

Alternativ dazu kann man in der Konzeption der Variablen zur Schätzung der relativen Distanz (STEINMANN 2002) zur Effizienzgrenze, unter Verwendung entweder eines parametrischen oder eines nicht parametrischen Ansatzes, die umfelddingten

Einflussfaktoren vorerst einmal außen vor lassen. Erst in einem zweiten Schritt (daher nach Steinmann (2002) und Coelli (1998) auch Two-Stage Ansatz (vgl. 4.3.1.3) werden die von DEA ausgewiesenen Performancewerte in einer Regressions- oder Varianzanalyse mit unabhängigen Umfeldvariablen analysiert, um den Effekt umfeldbedingter Einflussfaktoren aufzeigen zu können (vgl. 5.6.9).

4.3.1.1 Unkontrollierbare Input- und Outputvariablen

Für alle in diese Input- Outputmodelle implementierten Faktoren wurde bisher zumindest unterstellt, dass diese sich grundsätzlich beeinflussen und im Sinne der Effizienz auch verbessern lassen, was implizit eine Kontrollierbarkeit aller Kriterien jeder beobachteten Einheit voraussetzt.

Und genau für die hier angesprochenen, nicht beeinflussbaren Standorts-, und Umfeldfaktoren trifft dieser Aspekt nicht zu. Unstrittig ist dabei aber, dass diese Faktoren sehr wohl das Leistungspotenzial als auch das Rationalisierungspotenzial der DMUs einschränken.

Nach Scheel (2000), können derartige Faktoren, sofern sie kardinal erfassbar sind, nicht unberücksichtigt bleiben, dürfen aber auch nicht wie gewöhnliche Faktoren behandelt werden. Insbesondere im Zusammenhang mit der Ableitung des Verbesserungspotenzials müssen derartig definierte Kriterien als konstant betrachtet werden (vgl. BANKER AND MOREY 1986 in SCHEEL 2000). Tatsache bleibt aber, dass die Anzahl nicht kontrollierbarer Variablen nicht beliebig ausgedehnt werden kann (vgl. Diskriminanz von Modellen 4.4.1). Womit auch hier die Diskussion über die Selektion bzw. Aggregation eines unkontrollierbaren Faktors im Vorfeld zu diskutieren ist.

Sind die nicht veränderbaren Input- oder Outputkriterien einmal definiert, läuft die Berechnung des äquiproportionalen Effizienzmaßes so wie bisher ab (vgl. SCHEEL 2000). Die Technologiemenge wird um die nicht kontrollierbaren Faktoren entsprechend erweitert. Der daraus abgeleitete Effizienzwert fällt üblicherweise geringfügig schlechter gegenüber einem Modell, dass die Umfeldvariable als kontrollierbar berücksichtigen würde. Offensichtlich steht dem Modell zur Erreichung der Effizienzgrenze aufgrund der unkontrollierbaren Variablen eine Reduktionsoption weniger zur Verfügung, weshalb die restlichen Größen um eine größere relative Distanz verändert werden müssten, worin sich auch der schlechtere proportionale Effizienzwert begründet. (SCHEEL 2000). Zu beachten ist aber, dass der abgeleitete Effizienzwert ausschließlich zur Verbesserung der kontrollierbaren Kriterien eingesetzt werden kann, da die unveränderlichen Umfeldvariablen ja fix bleiben müssen.

4.3.1.2 Der Three - Stage Ansatz

Muss in der Evaluierung von Beobachtungen (DMUs) von der Möglichkeit der Integration nicht beeinflussbarer Umfeldfaktoren abgesehen werden, besteht im Three-Stage Ansatz die Möglichkeit, die Beobachtungen nach dem relevantesten Umfeldfaktor in Cluster einzuteilen (Stage 1). Eine beliebig detaillierte Clusterung wird aber aufgrund der Diskriminanzbedingung ausgeschlossen. Denn für jeden Cluster muss in Abhängigkeit der implementierten Variablen eine ausreichende Anzahl an Beobachtung zur Erzielung diskriminanter Ergebnisse zur Verfügung stehen.

Der Three-Stage Ansatz nach Charnes et al (1981) in COELLI ET AL. (1998) und in STEINMANN (2002) erfordert nun, dass alle Beobachtungen der einzelnen Cluster radial an die Effizienzgrenze projiziert werden (Stage 2). In der Folge sollte dann eine gemeinsame DEA Analyse aller an die Effizienzgrenzen der einzelnen Cluster projizierten Input-

Outputvariablen erfolgen (Stage 3). Werden die Resultate der Gruppe und der einzelnen Cluster analysiert, können über statistische Hypothesentests die Zusammenhänge der Effizienzdifferenzen mit den a priori festgelegten Clustern statistisch validiert werden.

Nachteilig wirkt sich die Zergliederung von Beobachtungen in Subcluster aus, weil durch die reduzierte Anzahl an Beobachtungen (DMUs) innerhalb der Subcluster die relative Effizienz und der absolute Anteil an tatsächlich effizienten Beobachtungen zunehmen. Gleichzeitig mündet diese Maßnahme jedoch in einer Abnahme der Aussagekraft. Und zusätzlich stellt die Verwendung von nur metrisch bzw. kardinal skalierten Einflussfaktoren eine Einschränkung bei einer derartigen Vorgehensweise dar.

Außerdem wird nach Banker und Morey (1986, in Steinmann 2002) bereits a priori aufgrund von empirischen Einschätzungen die Richtung der Wirkung der nicht beeinflussbaren Rahmenbedingungen festgelegt. Mit der a posteriori durchgeführten statistischen Evaluierung sollte eigentlich nur noch die Berechtigung dieser Differenzierung in Subcluster bestätigt werden.

Steinmann (2002) merkt zu diesem Ansatz außerdem an, dass für die nicht parametrische Methode die Integration nicht beeinflussbarer Rahmenbedingungen nach dem Three-Stage Ansatz bisher zu kaum befriedigenden Ergebnissen geführt hat. Da diese Vorgehensweise bisher so gut wie nicht umgesetzt wurde, wird damit Steinmanns Vermutung der Nicht-Praktikabilität dieses Ansatzes untermauert.

4.3.1.3 Der Two Stage Ansatz

Bei Anwendung des Two-Stage Ansatzes kann die relative Distanz aller Beobachtungen zur Effizienzgrenze unabhängig davon, ob es sich um ein parametrisches oder ein nicht parametrisches Verfahren handelt, ohne Berücksichtigung von Umfeldfaktoren bestimmt werden. Im darauf folgenden zweiten Schritt werden die abgeleiteten relativen Distanzen bzw. Effizienzwerte in eine Regressionsanalyse als abhängige Variablen implementiert, um die Nullhypothese, dass keine Abhängigkeit des Transformationsprozesses von den nicht beeinflussbaren unabhängigen Umfeldvariablen besteht, zu testen.

Gegenüber dem Three -Stage Ansatz leiten sich daraus zahlreiche Vorteile ab. Einmal können die Einflussfaktoren alle Beobachtungen in „einem Guss“ mit einbezogen werden, wodurch eine Einschränkung der Aussagekraft vermeidbar wird. Daneben lassen sich für die Prüfung des statistischen Zusammenhangs zwischen den Performancewerten und den umfeldbedingten Einflussfaktoren nicht nur diskrete (metrische) sondern auch nicht diskrete, binäre sowie ordinal bzw. nominal skalierte Größen in die Regressions- bzw. Varianzanalyse integrieren. Durch die Analyse des Zusammenhangs mit Merkmalen, die nicht im DEA-Modell abgebildet sind, lässt sich über diese ex post Beurteilung insbesondere erkennen, ob relevante umfeldbedingte Variablen im Modell indirekt über die verwendeten Parameter integriert wurden oder in der unterstellten Modellvariante unberücksichtigt geblieben sind.

Verglichen mit dem „Three Stage Ansatz“ braucht es für diesen Ansatz keine a priori festgelegte Wirkungsrichtung der Rahmenbedingungen, denn der Einfluss bzw. Wirkung der Umfeldfaktoren auf die im ersten Schritt abgeleiteten Effizienzwerte soll erst durch den zweiten Schritt geprüft werden.

Steinmann (2002) fasst daher treffend zusammen, dass dieser zweiphasige Ansatz und dessen Vorteile gegenüber dem Three-Stage Ansatz, das zu präferierende Verfahren darstellt und sich auch in der praktischen Anwendung durchgesetzt hat. Mit der Beurteilung der relativen Effizienzwerte durch erklärende Umfeldfaktoren kann in der

zweiten Phase dieses Prozesses der Einfluss aufgrund von nicht kontrollierbaren heterogenen Rahmenbedingungen statistisch geprüft werden, wobei die Anforderungen an das Messniveau der Variablen nicht auf diskrete (metrische) Variablen eingeschränkt zu werden braucht.

Auch wenn die Literatur (COELLI ET AL. 1998 und STEINMANN 2002) diese Variante als die praktikabelste Lösung für die Integration von heterogenen Umfeldbedingungen ausweist, nennen die Autoren auch für dieses Verfahren einige zu beachtende Restriktionen.

- Durch die Einschränkung der relativen Performance auf Effizienzwerte zwischen 0 und 100% sind die Normalverteilungsbedingungen für die Durchführung einer linearen Regression bzw. Varianzanalyse verletzt.
- Die Definition der Output- und Inputgrößen als diskrete Variablen in der ersten Phase sowie die Festlegung der erklärenden Merkmale sowohl durch diskrete wie auch nicht diskrete Faktoren in der zweiten Phase, lassen sich a priori nicht immer eindeutig durchführen und muss mit äußerster Vorsicht erfolgen. Die Selektion der relevanten diskreten wie nicht diskreten Variablen hängt nach Ray (1988 in STEINMANN 2002) ausschließlich von der Zielsetzung der Forschungsfrage ab.
- Die Verzerrung der statistischen Resultate der Regressionsanalyse hängt nach Steinmann (2002) von der Korrelation zwischen den Input- und Outputvariablen mit den erklärenden Faktoren der zweiten Phase ab. Die wissenschaftlichen Abhandlungen darüber, warum es in der zweiten Phase zu verzerrt geschätzten Effizienzen kommt, die in der Korrelation der diskreten und nicht diskreten Variablen begründet sein dürften, finden sich in den Ausführungen von Steinmann (2002), der die Kernaussagen der Autoren Lovell (1993), Coelli (1998), Olsen und Petersen (1991), Ray (1988) und bei McCarty und Yaisawarng (1993) übersichtlich dokumentiert hat.
- Mit einem statistischen Hypothesentest soll der Zusammenhang zwischen den unabhängigen Umfeldvariablen und den abhängigen Performancewerten, die über das äquiproportionale Effizienzmaß hergeleitet wurden, erklärt werden. Nachteilig wirkt sich dabei die Vernachlässigung der Slacks (vgl. 3.6.2) in den Effizienzwerten aus. Dadurch werden manche Beobachtungen mit einem zu hohen Effizienzwert in der statistischen Analyse der Phase zwei berücksichtigt.

Zusammenfassend muss damit angemerkt werden, dass sich die von den Autoren geäußerten Kritikpunkte an dem nicht parametrisch-ökonometrischen Two Stage Ansatz im Wesentlichen auf die Verzerrungen infolge von korrelierten Input- und Outputvariablen der DEA und den unabhängigen Regressoren reduzieren lassen. Eine theoretische Aufarbeitung dieses Sachverhalts und fundierte Begründung wurde aber für den nicht parametrisch-ökonometrischen Ansatz nach Steinmann (2002) bisher noch nicht erbracht.

4.3.2 Inhomogenität infolge von Skaleneffekten

Einen vergleichsweise untergeordneten Einfluss hat der Skaleneffekt auf die Inhomogenität von Beobachtungen. Dabei kann eben eine Einheit in Bezug auf die verfügbaren Inputfaktoren einen überproportional hohen Output erzeugen und umgekehrt existieren Fälle, wo überproportional viele Ressourcen für die Bereitstellung der Outputs verwendet werden.

Mit der Einführung des VSE Modells (BANKER ET AL., 1984), das die Beobachtungen im Produktionsmöglichkeitsraum enger umhüllt als die KSE Technologie, werden genau diese

Fälle unterschiedlicher Skaleneffekte berücksichtigt. Gleichzeitig birgt dies aber die Gefahr, dass -falls für die Beobachtungen der variable Skaleneffekt eigentlich nicht zutrifft - dann jene Fälle mit zunehmenden und abnehmenden Skalenerträgen in ihrer Performance besser dargestellt werden als sie eigentlich wären.

Zur Vermeidung dieses Effekts müsste laut Dyson et al. (2001) in einer „Pre-Study“ über statistische Hypothesentests bewiesen werden, welche Form von Skaleneffekten für die untersuchten Beobachtungen die zutreffendere ist.

4.4 Spezifikation des Input- Outputsets

Neben den zu definierenden Rahmenbedingungen, die die Struktureigenschaften der Technologiemenge und die Eigenschaften der unterstellten Effizienzmaße sowie das homogene Umfeld und die Selektion vergleichbarer Entscheidungseinheiten (DMUs) betreffen, wirkt sich vor allem die Festlegung der Produktionsfaktoren und der Leistungsgüter direkt und entscheidend auf die Performance der einzelnen Beobachtungen aus.

Der Prozess der Selektion der Input- und Outputfaktoren muss daher sehr sorgfältig und in Abstimmung auf das festgelegte Analyseziel über mehrere Diskussionsrunden mit den Vertretern der Praxis passieren. Die Kriterienauswahl erfolgt in einem iterativen Prozess, in dem der Detaillierungsgrad der Informationen über die Leistungspalette und den Ressourcenaufwand schrittweise wächst, die dann aber am Ende für die Konzipierung der DEA Kriterien wieder auf die wesentlichsten Elemente abstrahiert werden müssen. Denn für die DEA Analyse gilt es den Spagat zwischen möglichst wenigen Variablen und einer ganzheitlichen Abbildung der Input- und Output-Elemente aller Beobachtungen zu schaffen, um diskriminante (straffe) Resultate zu gewährleisten.

4.4.1 Die Anzahl der Inputs und Outputs

Die Input- und Outputvariablen müssen dabei so gewählt sein, dass damit alle verwendeten Input-Ressourcen abgebildet werden, die zur Erzeugung der gesamten Outputleistungen erforderlich sind. Dabei ist tunlichst das Hinzufügen bzw. das Entfernen von Modellvariablen ohne Begründung zu vermeiden.

Von der Anzahl der Variablen und der Anzahl der Beobachtungen hängen nämlich die Diskriminanz und die Straffheit der Modelle entscheidend ab. Der Modellbildner hat nur die Möglichkeit, die Effizienzwerte über diese beiden „Schrauben“ zu beeinflussen. Die Diskriminanz und damit die relativen Unterschiede zwischen den Beobachtungen nehmen mit zunehmender Anzahl an Variablen und mit abnehmender Anzahl an Beobachtungen (DMUs) ab. Dyson et al. (2001) postuliert, dass zumindest $2 \times m \times n$ Beobachtungen (DMUs) bei $m + n$ Variablen zur Erzielung einigermaßen diskriminanter Ergebnisse erforderlich sind. Der Faktor zwei erscheint aufgrund bisheriger Erfahrungen aber nur die Minimalanforderungen abzudecken. Besser wäre es, anstelle des Faktors 2 den Faktor 5 zu nehmen. Letztendlich scheint es Sinn zu machen, sich bezüglich der Anzahl der Beobachtungen an der Faustformel $10 \times (m+n)$ zu orientieren. Egal wo oder wie das Limit angesetzt wird, hängen die Diskriminanz der Ergebnisse sowie die Approximation an die reale Technologiemenge immer von der Anzahl der Beobachtungen ab.

Liegt aber nur eine begrenzte Anzahl an Beobachtungen vor, hat man nur die Möglichkeit über eine Einschränkung der Variablen diskriminante Ergebnisse zu realisieren. Manche Kriterien lassen sich zusammenfassen oder aber auch über den „Gleichmacher Geld“, wenn verfügbar, zu einem einzigen Faktor aggregieren. Auf der Outputseite empfiehlt Dyson et al. (2001) jene Elemente wegzulassen, die nicht in einem unmittelbaren

Zusammenhang mit der Zielsetzung der beobachteten Organisationseinheit stehen. Für diese Entscheidungen braucht es aber sorgfältige und gewissenhafte Überlegungen, die vor allem unter Einbeziehung der Zielsetzung der Aufgabenstellungen zu erfolgen haben.

4.4.2 Die Korrelation zwischen Input- bzw Outputvariablen

Zur methodischen Untermauerung, welche Variablen nun für ein zu präferierendes Modell verwendet bzw. weggelassen werden können eignen sich Korrelationsanalysen. Denn gelegentlich bestehen innerhalb des Input- oder Outputsets zwischen den verwendeten quantitativen Faktoren Korrelationsbeziehungen, woraus man auf redundante Information schließen kann. Der Verzicht auf eine der korrelierenden Variablen würde in einem solchen Fall statistisch betrachtet nicht unbedingt zu einem Informationsverlust führen.

Die Auswahl der Kriterien für ein DEA Modell basiert aber auf der subjektiven Einschätzung von Experten. Die statistische Korrelationsanalyse liefert lediglich die Rückmeldung, dass keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den einzelnen Input- und Outputvariablen bestehen und die Inputvariablen positiv mit den Outputvariablen korrelieren. Eine derartige Konstellation würde die Zulässigkeit der gewählten Kriterien für eine DEA Analyse bestätigen. Außerdem werden Hinweise darüber geliefert, welche Kriterien zu einem gewissen Anteil redundante Informationen enthalten, was aber keinesfalls zu mechanistischem Entfernen von Variablen führen darf (SCHEEL 2000).

Das resultierende System aus Outputs und Inputs sollte nach Scheel 2000 den folgenden Prinzipien entsprechen:

- Die Reduktion von Inputfaktoren im Sinne von weniger ist besser sollte zu einer Verbesserung der Performance beitragen.
- Die Steigerung des Outputs im Sinne von mehr ist günstiger trägt ebenfalls zur Steigerung der Effizienz bei.
- Die Erhöhung eines Inputs sollte aber nicht zur Reduktion eines Outputs führen. Dieser Sachverhalt sollte für jedes Input-Output-Paar sachlogisch oder aus den Erfahrungen der Units fundiert bestätigt werden. Statistische Untersuchungen der Korrelation zwischen Inputs und Outputs können zur Verifikation beitragen.

Interessanterweise führt das Hinzunehmen bzw. das Weglassen von korrelierenden Faktoren aber oft zu signifikanten Veränderungen in den relativen Effizienzwerten. Dyson et al. (2001) und Scheel (2000) betonen daher, dass Redundanzen zwischen Faktoren innerhalb der Input- bzw. Outputseite keineswegs mit Redundanzen und damit unveränderten Resultaten der relativen Effizienzwerte gleichzusetzen sind. Dyson (2001) erklärt dieses Phänomen damit, dass eine signifikante Korrelation die statistische Abhängigkeit von zwei beobachteten Datensets repräsentiert. Damit wird festgehalten, dass sich eine Veränderung der untersuchten Variablen von individuellen Beobachtungen (DMU) nur geringfügig auf den Korrelationszusammenhang über alle Beobachtungen auswirkt. Die relative Performance individueller Beobachtungen kann durch eine derartige Veränderung aber durchaus signifikant beeinflusst werden, da es bei nicht parametrischen Verfahren zu keinem „statistischen Ausgleich“ über alle Beobachtungen kommt.

4.4.3 Das Monotonieverhalten von Input- und Outputkriterien

Festgehalten werden muss aber, dass zwischen den definierten Input- und Outputkriterien positive Korrelationen bestehen müssen (KAO 1993). Wäre das nicht der Fall, könnte man die Rahmenbedingungen für die erforderliche Wirkungsrichtung der spezifizierten Input- und Outputkriterien gemäß der Konvexitätsannahme nicht aufrechterhalten.

Inputs und Outputs müssen nämlich in einem DEA Modell so definiert sein, dass eine Reduktion der Inputfaktoren ebenso wie eine Steigerung von Outputgütern zu einer Erhöhung der relativen Effizienz beitragen, beziehungsweise andersherum dadurch keine Verschlechterung die Folge sein darf. Nur wenn unerwünschte Outputs³³ als Reziprokwerte in das Modell eingehen, sollen bzw. müssen in der Korrelationsanalyse negative Korrelationen auftreten, damit der unerwünschte Output auch als solcher statistisch verifiziert ist.

Die Einhaltung der Monotoniebestimmungen muss also in jedem Fall gegeben und sachlogisch untermauerbar sein.

4.4.4 Korrekte Periodenabgrenzung

Bei wirtschaftlichen Prozessen müssen die Aufwände einer Periode nicht unmittelbar zu Erträgen in derselben Periode führen. Gerade bezogen auf Investitionen stehen dem einmaligen Aufwand über mehrere Perioden verteilte Mittelrückflüsse gegenüber.

In den Ausführungen von Scheel (2000) wird empfohlen, wenn den Inputaktivitäten einer Periode erst Outputerträge in der Folgeperiode gegenüberstehen, sollten für die Effizienzanalyse bei dieser Sachlage die Outputs der Periode t den Inputfaktoren der Periode $t-1$ gegenübergestellt werden.

4.4.5 Skalierung der Inputs und Outputs

Auch wenn die Anforderungen von DEA verglichen mit Kennzahlensystemen des Controllings vergleichsweise gering sind, so darf aber auf jeden Fall die Grundprämisse, dass jedes verwendete Kriterium „messbar“ sein muss, nicht verletzt werden. Für den Standardfall leitet sich daraus ab, dass die Kriterien stetig, unbeschränkt und kardinal erfassbar sein müssen (SCHEEL 2000).

Problematisch wird es allerdings, wenn DEA Modelle nominal oder ordinal skalierte Elemente enthalten sollen. Gerade aber die Berücksichtigung von Eigentumsverhältnissen oder Rechtsformen als nominal skalierte Elemente spielen für die Beurteilung der Performance eine nicht unbedeutende Rolle. Zum Umgang mit nominal skalierten Elementen sei hier auf die Two-Stage Ansätze (vgl. 4.3.1.3) verwiesen.

Genauso verhält es sich aber auch mit qualitativen Elementen wie der Zufriedenheit von Kunden oder Mitarbeitern, die möglicherweise über Fragebögen anhand einer Skala von 0 bis 10 oder 0 bis 100 oder wie auch immer definiert wurden. Da die Differenzen zwischen den Werten willkürlich sind und sich daraus lediglich Werteinschätzungen ableiten lassen, können ordinal skalierte Elemente erst nach einer Transformation in scheinbar kardinale Kriterien für die Bestimmung von relativen Effizienzwerten verwendet werden³⁴.

Sind die Kriterien aber stetig und nach oben hin unbeschränkt sowie kardinal skaliert können diese sowohl als Realkategorien, wie Mengen oder Zeiten, als auch als

33 Unerwünschte Outputs können Schadstoffe, unerwünschte ökologische Folgen etc. sein.

34 Cook et al. (1993 und 1996) in Scheel (2000) haben sich mit dieser Thematik auseinandergesetzt.

Wertkategorien, wie Preise aber auch relative Nutzwertigkeiten, in die Analyse einfließen. Dabei ist es aber völlig irrelevant in welcher Maßdimension³⁵ die Größen bestimmt wurden. Diese Bedingungen werden für den Standard DEA Fall vorausgesetzt. Liegen aber, wie es in der Praxis häufig vorkommt, viele Variablen nur als diskrete Größen, wie beispielsweise der Umsatz, vor, werden diese für DEA als stetige Variablen verwendet, wenn hinreichend viele Beobachtungen vorliegen (SCHEEL 2000). Wichtig ist nur, dass jedes Kriterium für alle Beobachtung auf gleiche Weise erhoben wird.

4.4.6 Indexierung und Normalisierung von Variablen über Prozente oder maßgebliche Faktoren

Aus praktischer Sicht bietet es sich oft an, Indices, die in einem engen Zusammenhang mit der Performancebeurteilung stehen, als Kriterium zu verwenden, um damit möglicherweise auf Umwelteinflüsse oder Markteinschätzungen bzw. auch Zufriedenheitsempfinden oder sonstige, eher schwierig erfassbare, qualitative Aspekte, quantitativ abzubilden. Soweit ist dieser Schritt durchaus zulässig. Kritisch wird die Verwendung von Indices nur, wenn es zu einer Vermischung von Indexgrößen mit absolut erfassten naturalen Größen kommt.

Operieren beispielsweise zwei Beobachtungen, von denen eine genau doppelt so viele Inputs und Outputs wie die andere Einheit aufweist, genau unter denselben indexbezogenen Bedingungen, wird konsequenterweise nach dem klassischen DEA Modell beiden derselbe Index zugewiesen.

	Input	Output 1	Output 2	Output 3 (Index)
DMU1	10	12	15	1,6
DMU2	20	24	30	1,6

Tabelle 10: Beispielhafte Demonstration des Indexproblems (Dyson 2001)

Das hätte dann zur Folge, dass dieser als Output 3 installierte Index die „größere Einheit“, die für die Bereitstellung der Outputs mengen- oder wertmäßig mehr Produktionsfaktoren aufgewendet hat, gegenüber der „kleineren Einheit“ in einem „schlechteren Licht“ darstellen würde. Denn bei gleichem Index mehr an Inputfaktoren aufzuwenden wäre ineffizienter.

Um diesen Effekt zu vermeiden, könnte man für den Fall, dass nur ein Input vorliegt, den Index auf der Outputseite über diesen Index skalieren, um auf diese Weise die erforderliche Differenzierung zu erhalten. Denn dadurch würde sich auch der vorhin angesprochene Index verdoppeln und die beiden Einheiten würden unter konstanten Skalenerträgen dieselben Effizienzwerte aufweisen (DYSON et al. 2001).

Liegen allerdings multiple Inputfaktoren vor, ist diese Vorgehensweise nicht zulässig. Dyson et al. (2001) schlägt dann die Verwendung von kardinal erfassbaren Surrogaten vor, die in etwa die Thematik des Index widerspiegeln sollten. Für die Beurteilung des Wirkens von lokalen Behörden von Großbritannien wurde eine Studie durchgeführt, in der auch ein Gradient für die „öffentlichen Einnahmeverluste“ (social deprivation) als Umfeldindikator indiziert werden sollte. Als Surrogat für diesen Index wurde schlussendlich aber die Anzahl an gerichtlichen Vorladungen und an Pfändungsbeschlüssen für säumige Steuerzahler verwendet.

³⁵ Das trifft bis auf wenige Ausnahmen zu. Abhängig ist das nur von dem gewählten Effizienzmodell. Für die hier unterstellten Modelle trifft die lineare Invarianz, Unabhängigkeit von der Maßdimension, sowohl für äquiproportionale als auch für durchschnittliche Effizienzmodelle zu. Weiterführend sei auf Scheel (2000) verwiesen, der vor allem im Zusammenhang mit additiven Effizienzmaßen diese Problematik diskutiert.

Ähnlich vorsichtig wie mit indexierten Faktoren muss in der DEA Analyse mit auf Prozent normierten Faktoren oder mit relativen Faktoren, die über ein drittes Kriterium, wie beispielsweise der Fläche, normiert wurden, umgegangen werden. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, indexierte oder auf Prozent normierte bzw. in Relation gesetzte Faktoren für DEA Analysen zu verwenden, sofern alle implementierten Variablen gleichermaßen normiert werden. Aus Gründen wie sie bereits im Zusammenhang mit der Indexierung dargestellt wurden, sollte aber in jedem Fall die Vermischung von indexierten oder normierten Faktoren vermieden werden.

4.4.7 Substituierbarkeit und Teilbarkeit von Inputs und Outputs

Aufgrund der Konvexitätsannahme als Struktureigenschaft der Technologiemenge (vgl. 3.3.2) wird implizit unterstellt, dass die zur Bereitstellung eines definierter Outputs y verwendeten Produktionsfaktoren x_1 und x_2 auch dann genau zu demselben Output y führen, wenn diese beiden Produktionsfaktoren beliebig kombiniert werden (SCHEEL 2000).

Hinsichtlich dieser Faktorbeziehungen lassen sich substitutionale und limitationale Produktionsfunktionen unterscheiden. Substitutionale Produktionsfaktoren können wie bereits angedeutet unter konstanten Skalenerträgen gegeneinander vollständig ausgetauscht werden, ohne dass dadurch der mengenmäßige Ertrag verändert wird. Unter variablen Skalenerträgen ändert sich hingegen für die abschnittsweise linearisierten Segmente der konvexen Hülle die Substitutionsrate. Den Substitutionsmöglichkeiten stehen aber üblicherweise limitationale Produktionsfaktoren in einer technisch, determinierten Relation zur geplanten Produktionsmenge gegenüber.

Unter konstanten Skalenerträgen (vgl. Abb. 3) findet diese Einschränkung allerdings keine Berücksichtigung. Die Umhüllende, die in einem derartigen Fall entweder eine Gerade oder im mehr dimensionalen Raum eine Ebene darstellt, verläuft durch den Nullpunkt und durch Punkte auf dieser Gerade oder Ebene. Infolgedessen lassen sich alle Inputfaktoren aber auch Outputfaktoren ohne Einschränkung beliebig substituieren.

Erst wenn unter variablen Skalenerträgen eine engste Umhüllende um die Beobachtungen gelegt wird, resultiert die untere Schranke an limitationalen Produktionsfaktoren zur Erzeugung eines bestimmten Ertrages aus den untersuchten Beobachtungen.

Damit treten bei DEA sowohl reine substitutionale als auch eine Kombination aus substitutionaler und limitationaler Faktorbeziehungen auf. Wird also Substitution zur Erfüllung der Konvexitätsbedingung zugelassen, dann muss selbstverständlich auch die beliebige Teilbarkeit der Faktoren gewährleistet sein (GSTACH 2002).

4.4.8 Unerwünschte Outputfaktoren

Bisher wurde allgemein angenommen, dass die Reduktion eines Inputs, bzw. die Steigerung eines Outputs zu einer Verbesserung der Performance führt. Allgemein wird das für einen Großteil der Fälle zutreffen. Aber nicht alle Prozesse und Aktivitäten führen ausschließlich zu den gewünschten Outputleistungen. Im Zuge von Transformationsprozessen zu Leistungsgütern fallen unter anderem auch unerwünschte Produkte an. In der industriellen Fertigung kann es sich dabei um emittierte Schadstoffe oder Abfallprodukte handeln. Im Zusammenhang mit der Beurteilung von Bildungseinrichtungen ist insbesondere an die Dropout-Quoten zu denken. Und bei Krankenhäusern müssen die Fälle von „Kunstfehlern“ als unerwünschte Outputfaktoren einbezogen werden.

Gerade aber unter dem Aspekt der gesamtheitlichen Abbildung von Aktivitäten müssen diese negativen ökologischen, aber auch sozioökonomischen Auswirkungen in der Performancebeurteilung mit berücksichtigt werden. Denn der Umgang und die Betriebspolitik gegenüber diesen „negativen Kuppelprodukten“ wird von außen mit Argusaugen beobachtet.

Für die Konzeption der DEA Technologiemenge, die derartige Faktoren berücksichtigen soll, muss das Credo lauten: Je weniger von diesen unerwünschten Outputfaktoren im Transformationsprozess anfallen, umso günstiger wirkt sich das auf die Performance aus.

Die Integration dieser unerwünschten Outputfaktoren kann auf drei verschiedene Varianten erfolgen, ohne dabei die DEA-Strukturannahmen verändern zu müssen

Integration der reziproken Werte des unerwünschten Outputs als gewöhnliche Outputfaktoren

Durch die Einbeziehung der Reziprokwerte des unerwünschten Outputs (z) als gewöhnlicher Output (multiplikative inverse Translation³⁶) wird der Forderung weniger von dem unerwünschten Output ist besser genüge getan (SCHEEL 2000). Zur Bestimmung des Reduktionsbedarfs müssen die errechneten Sollwerte (vgl. Target-Values 3.8.2) rücktransformiert werden.

$$y = \frac{1}{z}; \quad \hat{y}^{inv} = \frac{1}{z} \times \Theta + \sigma; \quad \frac{\frac{1}{\hat{y}^{inv}} - y}{y} \times 100 = \text{Target_}y\%;$$

Die Bildung der Reziprokwerte verursacht aber, dass die Intervallabstände zwischen den Beobachtungen zerstört werden, was sich auf die endogene Vergabe der Gewichte und die daraus abgeleiteten Effizienzwerte auswirkt (Dyson 2001).

Datentransformation bei unerwünschten Outputs

Bei dieser Vorgehensweise kann bei translationsinvarianten Effizienzmaßen für das additive Inverse³⁷ (-z) nach einem konstanten Faktor (B), gesucht werden, der auch nach Subtraktion des größten unerwünschten Outputwertes größer oder gleich Null bleibt.

$$y = -z; \quad y^{add} = -z + B;$$

Von der Höhe des gewählten konstanten Faktors, so meint Dyson et al. (2001), wird die Konstruktion der konvexen Effizienzgrenze entscheidend beeinflusst, was sich wiederum direkt auf die Effizienzwerte niederschlägt.

Integration des unerwünschten Outputs als Input

Nachdem unerwünschte Outputs gleich wie Inputfaktoren das Ziel, weniger ist besser, verfolgen, können diese unerwünschten Outputs wie Inputs behandelt werden. Dabei ist aber eines zu beachten: Durch das Behandeln der unerwünschten Outputs als Inputvariablen, kann es zur Verletzung der Monotonieannahme kommen, wenn dessen Reduktion unmittelbar Folgen auf einen weiteren Inputfaktor hat. Die Reduktion des CO₂ Ausstoßes eines kalorischen Kraftwerkes hängt direkt mit der verbrauchten Brennstoffmenge zusammen. Wird aber bei gleicher Brennstoffmenge eine geringere CO₂ Menge bei gleichem technischen Standard, ohne Verbesserung der Filteranlagen,

36 vgl. Golany et al. (1989), Lovell et al. (1995) und Athanassopoulos et al. (1995) in Scheel (2000).

37 Vgl Berg et al. (1992) in Scheel (2000)

emittiert, wäre das zwar formal eine Verbesserung, technisch aber nicht umsetzbar. Nach Gstach (2002) ist von einer DEA Anwendung in solchen Fällen abzuraten.

$$\mathbf{x} = \mathbf{z} \quad \hat{\mathbf{y}}^{\text{inp}} = \mathbf{z} \times \Theta - \sigma; \quad \frac{\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}^{\text{inp}}}{\mathbf{y}} \times 100 = -\text{Target_y\%};$$

Die Entscheidung welche der drei Lösungsmöglichkeiten zur Anwendung kommen soll, muss entsprechend begründet werden und darf nicht willkürlich passieren. Aufgrund der unterschiedlichen Konzeptionen der drei Varianten, die in den meisten Fällen abweichende Effizienzmaße zur Folge haben, besteht Unsicherheit darüber, welche die zu präferierende Variante sei. Zumindest sollten dann aber zwei oder auch alle drei Möglichkeiten realisiert und in einer Gegenüberstellung diskutiert werden (SCHEEL 2000).

4.4.9 Unkontrollierbare Input- bzw. Outputfaktoren

Bisher wurde angenommen, dass sich die in den Modelle integrierten Faktoren in ihrer Größe bzw. in ihrer Wertigkeit beliebig verändern lassen und damit auch beeinflussbar und kontrollierbar sind.

Gelegentlich kommt es aber vor, dass in die Beurteilungsmatrix gelegentlich solche Variablen aufgenommen werden, die das Umfeld bzw. die Rahmenbedingungen der zu untersuchenden Entscheidungseinheit (DMU) charakterisieren sollen. Im Regelfall lassen sich jedoch diese Größen nicht direkt beeinflussen. Allgemein handelt es sich dabei um standortsbeschreibende Größen wie die demografischen bzw. die topografischen Bedingungen eines Standorts.

Auch wenn auf diese Parameter nicht direkt Einfluss genommen werden kann, dürfen diese unkontrollierbaren Variablen in der Effizienzbeurteilung nicht unberücksichtigt bleiben. Die Beurteilung der Resultate für diese unkontrollierbaren Größen darf aber nicht wie bei gewöhnlichen Faktoren passieren. Insbesondere bei der Ableitung der Soll-Werte (Target Values, 3.8.2) muss beachtet werden, dass hier keine Veränderung möglich ist und daher der Ausgangswert als gegeben (konstant) zu übernehmen ist.

Für den Fall eines unkontrollierbaren Inputs und bei Unterstellung eines input-orientierten äquiproportionalen Effizienzmaßes ergibt sich nach Scheel 2000 folgender formeltechnischer Zusammenhang.

$$E_k(\mathbf{X}, \bar{\mathbf{X}}, \mathbf{Y}) = \max\{ \Theta \mid ((1 - \Theta) \mathbf{X}^k, \bar{\mathbf{X}}^k; \mathbf{Y}^k) \in T(\mathbf{X}, \bar{\mathbf{X}}; \mathbf{Y}) \}$$

Der Vektor $\bar{\mathbf{X}}$ repräsentiert dabei die nicht kontrollierbaren Inputvariablen aller DMUs der Technologiemenge. Im Berechnungsalgorithmus, so Scheel 2000, werden die nicht kontrollierbaren Größen wie die kontrollierbaren gleichwertig behandelt.

5 Konzeptionelle Anwendung von DEA für ausgewählte forstliche Datensätze

Für die Effizienzbeurteilung forstlicher Anwendungsbereiche mittels DEA sind die methodisch vorgestellte Rahmenbedingungen entsprechend zu berücksichtigen. Sobald der Versuch unternommen wird, ein theoretisches Konzept auf einen praktischen Bereich zu übertragen, tun sich üblicherweise Lücken zwischen der theoretischen Modellvorstellung und der praktisch möglichen Modellbildung auf. Diese Lücken in den Input- Outputmerkmalen lassen sich entweder durch Simplifizierung und Abstrahierung der Merkmale oder über die Generierung von synthetischen Daten sowie durch die Erhebung von Primärdaten schließen. Die Qualität der Modellbildung und das erzielbare Aussagepotenzial werden also maßgeblich von der verfügbaren Datengrundlage, den zu treffenden Annahmen und der erforderlichen Abstrahierung von realen Gegebenheiten abhängen.

Durch die Auseinandersetzung mit unvollständig spezifizierten Modellen sowie mit gezielten Variationen der Modellbildung soll diese Vorstudie Hinweise auf die Sensitivität der Einflussparameter für die Effizienzbeurteilung erbringen. Stehen aber, was bei bestehenden Datensätzen nicht immer der Fall sein wird, vollständig dokumentierte Fälle, die den gesamten Aktivitätenbereich der Beobachtung abdecken, zur Verfügung, lassen sich unter diesen Voraussetzungen die abgeleiteten Modellaussagen bereits in konkret anwendbare Rationalisierungspotenziale übertragen.

Zur systematischen Vorgehensweise in der Konzipierung von DEA Analysen empfiehlt es sich einen Strukturpfad als Leitfaden für die praktische Anwendung zu konstruieren. Einerseits sind die theoretischen Voraussetzungen der unterstellten Datensätze für eine DEA Analyse zu verifizieren und andererseits sind die Analyseschritte systematisch abzuarbeiten. Durch das Abarbeiten eines Analyseleitfadens (vgl. 5.1) kann auch ein gewisser Qualitätsstandard gewährleistet werden.

Für die Umsetzung der DEA Analyse stehen zahlreiche Softwarelösungen (vgl. 5.2) zur Verfügung. Grundsätzlich ist allen gemeinsam, dass jedes der angeführten Produkte die Basis-Effizienzmaße zur Lösung bringen kann. Die Produkte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Preise, Benutzerfreundlichkeit, Ergebnisaufbereitung und der Verwendbarkeit für weitere Analysevorhaben sowie in ihrer Lösungsmächtigkeit³⁸.

Als unmittelbare Vorbereitung und als Leitfaden für die empirische Arbeit erschien es als sinnvoll, den bisherigen Stand der forstlichen DEA Literatur aufzuarbeiten. Auch wenn die Methode DEA bereits Ende der siebziger Jahre publiziert wurde, so hat die forstliche Branche erst zu Beginn der neunziger Jahre diesen Analyseansatz aufgegriffen. Offensichtlich aber konnte DEA auch dann keinen Siegeszug als Pendant zum parametrischen Ansatz antreten, da nur sehr wenige Publikationen in den Folgejahren erschienen sind. Erst Ende der neunziger Jahre und mit dem Beginn des neuen Jahrtausends erfuhr DEA eine gewisse Renaissance, was sich auch in der Zahl der forstlichen Publikationen niederschlägt.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus den forstlichen DEA Publikationen, insbesondere der Arbeiten von Kao et al. (1991, 1992, 1993 und 2000), der sich am intensivsten mit der forstlichen Anwendung von DEA auseinandergesetzt hat sowie auf Grundlagen des

38 Die verschiedenen Produktlösungen inkludieren eine unterschiedliche Anzahl von Effizienzmaßen. Außerdem sind manche kommerziellen Produkte in Abhängigkeit des Preises in der Implementierung von Beobachtungen eingeschränkt, und nicht alle Produkte bieten weiterführende Analysetools an.

aus der Literatur erarbeiteten methodischen und theoretischen Hintergrundes zu DEA, erfolgten die empirische Analysen.

Es war nahe liegend in der empirischen Anwendung auf die gut dokumentierte Datengrundlage des forstlichen Testbetriebsnetzes für die Gestaltung eines DEA Modells zur Evaluierung der Performance von Forstbetrieben zurückzugreifen. Infolge der detaillierten Kostenarten- und Kostenstellenstruktur konnten facettenreiche Modellvarianten konzipiert werden.

In einer weiteren Anwendung wurde auf einen Datensatz zurückgegriffen, über den die Prozesseffizienz verschiedener Harvestertypen in der Durchforstung abgeleitet wurde. Nachdem die dafür durchgeführte Arbeitszeitstudie neben den prozessrelevanten Daten auch Bestandesdaten enthielt, wurde daraus ein DEA Modell konzipiert, das eine abgewandelte Zielsetzung verfolgt. Da für die Erstellung der Leistungstabellen diverser Harvester, Einsätze auf verschiedenen Flächen, in unterschiedlichen Wuchsgebieten, bei differierenden Bestandesstrukturen mit abweichender Intensität dokumentiert wurden, erschien die Evaluierung der Performance der einzelnen Harvestertypen nicht praktikabel (vgl. 5.6). Indem aber die Bestandesparameter der Ausgangsdaten für eine gesamte Umtriebszeit simuliert wurden, konnte aus diesem synthetischen Datensatz ein Effizienzmodell zur ex ante Beurteilung von forstlichen Bestandesbehandlungskonzepten entwickelt werden.

5.1 Praktischer Leitfaden zur Vorbereitung und Durchführung von DEA Studien

Für die Vorbereitung von Effizienzbeurteilungen mittels DEA liegt das zentrale Entscheidungsproblem in der Zielformulierung und der Definition der Kriterien, über die das definierte Ziel für alle Beobachtungen gleichermaßen charakterisiert werden kann. Wesentlich für die Durchführung von DEA sowie für andere Controlling-Instrumentarien, ist die Integration dieser komplexen Analyse in ein institutionalisiertes Berichtswesen, auf dem aufbauend, gemeinsam mit anderen integrierten Management-Tools, Managemententscheidungen unterstützt werden können.

Definition des Verwendungszwecks und Verwendungsbedarfs

DEA Modelle ermitteln in vielen Fällen die Performance von Unternehmen, die in zahlreiche Subfilialen untergliedert sind. Sie eignen sich aber genauso, um unabhängige Unternehmenseinheiten innerhalb einer Branche, bei homogenen Vergleichsbedingungen zu analysieren. DEA, ein Ansatz der neben der Evaluierung landwirtschaftlicher Strukturen (BRODERSEN 1999), hauptsächlich in der Produktionswirtschaft aber auch im Bankwesen (WUTZ 2000) als internes Benchmarkkonzept (HOMBURG 2000). eingesetzt wird, eignet sich aber auch um nicht monetäre Einheiten zu evaluieren. Das Anwendungsspektrum erstreckt sich dabei auf die Evaluierung von Bildungs- bzw. Gesundheitseinrichtungen (BIFULCO et al. 2000) sowie für die Beurteilung regionaler Unterschiede (MARTIC 2001) oder aber auch auf die Beurteilung ökologischer Maßnahmen (KOEIJER ET AL. 2002) und wird unter anderem auch für die Festlegung der Transfersummen in der National Football League and Major League Basketball verwendet (EINOLF 2004).

Zielsetzung der Analyse:

Die entscheidende Kernaufgabe für jede DEA Analyse muss es sein, für jede Beobachtung zumindest eine technische Performance abzuleiten, die Hinweise auf die effiziente Verwendung von verfügbaren Produktionsfaktoren bzw. die effiziente Herstellung von Leistungsgütern gibt. Derselbe Nachweis sollte sich selbstverständlich auch unter

Einbindung von monetären aber auch von relativen Nutzwerten, sofern diese verfügbar sind, realisieren lassen. Unter Verwendung von durchschnittlichen monetären Werten oder relativen Nutzwertansätzen³⁹, lassen sich direkt Aussagen bezogen auf die Allokation der Ressourcen (Kosteneffizienz) bzw. der Erträge (Ertragseffizienz, vgl. 3.8.4) ableiten.

Setzt man hingegen tatsächliche Werte für die naturalen Größen des technischen Modells an und nimmt lokale bzw. regionale Marktverhältnisse bewusst in Kauf, kommt es zu einem unabhängigen, wertbasierten Modell, das die kosten- und preistechnischen Vor- und Nachteile der Untersuchungseinheiten gegenüber den technischen Modellen ausweist.

Über die ausgewiesenen Effizienzwerte und dem darauf aufbauenden Ranking muss der entscheidende Informationshinweis für die Abweichung von der Effizienzhülle gegeben werden können. Für jede ineffiziente Beobachtung leitet sich aus dem abgeleiteten Effizienzwert und den festgestellten Slacks (vgl. 3.6.2) ein relativer Verbesserungswert für jede Variable ab, der zur Erzielung einer optimalen Input- Outputtransformationen erforderlich wäre, um an die Effizienzgrenze heranzukommen.

DEA kommt potenziell immer dann zur Anwendung, wenn es um die Frage der Reorganisation von Einheiten (DMUs), um die Neustrukturierung von DMU Standorten, um die Festlegung von Soll-Größen oder um die Verteilung von Budgetmitteln geht.

Selektion und Definition der Befundeinheit (DMU):

Die Selektion der zu beurteilenden Objekte (DMUs – Decision Making Units) soll in Abhängigkeit der Fragestellung aus einem homogenen, vergleichbaren Umfeld passieren. Die Festlegung auf die zu beurteilenden DMUs muss gemeinsam mit den fachlichen Experten und den betreffenden Management-Verantwortlichen erfolgen. Unter dem Credo: Gleiches mit Gleichem vergleichen, müssen dazu auch die nicht beeinflussbaren Umfeldfaktoren, Marktpotenzial, Bevölkerungsstruktur, Wirtschaftskraft, Wettbewerbsstruktur, Berücksichtigung finden, die aber auch, wie unter 4.3.1 erläutert, in eine DEA Analyse integriert werden können.

Für die Auswahl gilt es zu beachten, dass die Einheiten (DMUs) nicht nur in derselben Branche und unter einem vergleichbaren Unternehmensumfeld operieren, sondern auch ähnliche Zielsetzungen verfolgen. Generell gilt daher als Prämisse, dass mit knappen Ressourcen ökonomisch-rational umzugehen ist.

Zur Erzielung diskriminanter Ergebnisse, bedarf es einer genügend großen Anzahl an Beobachtungen. Je mehr Beobachtungen verfügbar sind, umso differenziertere Ergebnisse sind zu erwarten und desto besser nähert man sich der tatsächlichen Technologiemenge an.

Spezifikation der Beurteilungskriterien:

Je genauer die Zielsetzung und Spezifizierung der Fragestellung abgeklärt ist, umso einfacher gestaltet sich die Selektion der relevanten Beurteilungskriterien, die unter Mitwirkung der Verantwortlichen der Entscheidungseinheiten (DMUs) für die individuelle Problemstellung erfolgen sollte. Der iterative Prozess der Kriterienauswahl nimmt ständig an Detail zu. Aus dem Katalog von sowohl qualitativen als auch quantitativen Kriterien

³⁹ Zur Gestaltung der relativen Nutzwerte liegt ein Konsens über die relative Wertigkeit der Merkmale zueinander vor. Indem obere und untere Schranken der Substitutionsraten festgelegt werden, lässt sich auch abschätzen wie viele Einheiten eines Merkmals durch Einheiten eines anderen Merkmals ersetzt werden müssten, um denselben Output zu erzielen (Scheel 2000).

muss am Ende eine Abstrahierung auf jene relevanten Variablen erfolgen, die die zu beurteilenden Aktivitäten der DMU am vollständigsten wiedergeben können. Dazu gilt es, die Leistungsgüter als potenzielle Outputs für die spezifizierte Zielsetzung und die dafür verwendeten Produktionsfaktoren als potenzielle Inputs ganzheitlich abzubilden.

Im Sinne der Diskriminanzbedingung empfiehlt es sich, für die Spezifikation der einzelnen Input- wie Outputkriterien (vgl. 4.4) dem Prinzip, so viele Kriterien wie nötig und so wenige wie möglich, folgend, nur eine eingeschränkte Zahl an Variablen zu verwenden. Die Festlegung hat aber letztendlich auf sachlich-inhaltlichen Überlegungen und auf den Erfahrungen der Verantwortlichen zu basieren. Gegebenenfalls macht es Sinn, die getroffene Auswahl mit statistischen Analysen nach redundantem Informationsgehalt zu durchforsten oder über eine Delphiumfrage⁴⁰ Anregungen für die Relevanz bisher noch nicht berücksichtigter Merkmale zu bekommen.

Ein Erkenntnispotenzial dieses Analyseprozesses liegt für die Verantwortlichen bereits darin, aus den verfügbaren Controlling-Kennzahlen jene zu filtern, die zur quantitativen Effizienzbeurteilung geeignet und erforderlich sind. Dieser Prozess soll unabhängig von der Methodenwahl bei den Verantwortlichen ein Bewusstsein für effizientes Handeln schaffen und aufzeigen, auf welche Datengrundlage zur Performancebeurteilung in der Unternehmenseinheit zurückgegriffen werden kann und welche gegebenenfalls neu zu schaffen ist. Über diesen analytischen Zugang der Effizienzbeurteilung erfahren die handelnden Personen welchen Kriterien sie in ihren bisherigen Controllingansätzen zu wenig Beachtung geschenkt haben und welche Elemente ohnedies ausreichend oder sogar redundant dokumentiert sind.

Erhebung von Primär- bzw. Aufbereitung von Sekundärdaten

Auch wenn der aufwändige Prozess der Konzipierung der relevanten Input- und Outputkriterien erfolgreich abgeschlossen werden konnte, steht man noch vor der Herausforderung, diese Hülle mit kardinal erfassten Datensätzen, die für alle Beobachtungen gleichartig erhoben wurden, zu hinterlegen.

Zur Datenerhebung bieten sich folgende vier Varianten als Möglichkeiten an:

- Datenneuerhebung
- Zurückgreifen auf bestehendes Datenmaterial des internen Controllings bzw. der Betriebsbuchführung und betriebliche Aufzeichnungen.
- Generieren von synthetischen Daten über normalverteilte Zufallszahlen
- Simulationsdaten von bestehenden Ausgangsdatsätzen

Analysen zur Validierung der Modellvariablen

Ob die unterstellten Variablen auch tatsächlich die Struktureigenschaften der Technologiemenge (Monotonie und Konvexität, vgl. 3.3) erfüllen, sollte zumindest formal mittels einer Korrelationsanalyse (vgl. 4.4.2) abgesichert werden.

Werden zur Homogenisierung der Beobachtungen Umfeldvariablen verwendet, die sich aufgrund ihrer nicht diskreten Variableneigenschaft nicht in einen DEA Modellansatz integrieren lassen, könnte eine Clusteranalyse nach dem Schema des Three-Stage

⁴⁰ Eine Delphistudie ist eine spezielle Form der Expertenbefragung, in der Experten anonym über zukünftige Entwicklungen in einem bestimmten Bereich ihre eigenen Vermutungen in zwei bis drei Befragungsrunden äußern. Dabei werden die Zwischenergebnisse der einzelnen Runden immer wieder an die Experten zurückgemeldet, um die Diskussion über zukünftige Entwicklungen auf die wesentlichen Elemente zu konkretisieren.

Ansatzes (vgl. 4.3.1.2), wie ihn Coelli (1998) vorschlägt, angewandt werden, sofern dafür genügend Beobachtungen zur Verfügung stehen. Ansonsten empfiehlt sich eine Vorgehensweise nach dem klassischen Two-Stage (vgl. 4.3.1.3) Verfahren.

Durchlauf verschiedener Effizienzmodelle

Sind die Kriterien soweit einmal unter Einhaltung der unter 4.4 dokumentierten Rahmenbedingungen erhoben und als Ascii- oder Excel-File dokumentiert, sind die Vorarbeiten für die Analyse selbst abgeschlossen. Mit der Unterstützung diverser DEA Software-Pakete (vgl. 5.2), die sich durch unterschiedliche Analysemöglichkeiten, durch die Anzahl an analysierbaren Beobachtungen und im Anschaffungspreis unterscheiden, können für jedes unterstellte Effizienzmaß (vgl. 3.7 und 3.7.2) die Effizienzwerte sowie die endogen abgeleiteten Gewichte und die entsprechenden Slacks (Schlupfvariablen 3.6.2) abgeleitet werden. Die Entscheidung ob das A-Maß, eines der D-Maße, oder ein additives Effizienzmaß⁴¹ verwendet wird und ob man konstante (KSE) oder variable (VSE) Skalenerträge bzw. den orientierten oder nicht orientierten Modellfall unterstellt, muss mit der Zielformulierung und den Anforderungen seitens der Entscheidungsträger abgestimmt sein.

Validierung der Ergebnisse durch das Management

Unter Einbeziehung der abgeleiteten Effizienzwerte und der ausgewiesenen Slacks (vgl. 3.6.2) können die Verbesserungspotenziale sowohl für ineffiziente als auch für schwach effiziente Einheiten berechnet und daraus die Target Values (vgl. 3.8.2) bzw. die Sollgrößen für die einzelnen Kriterien hergeleitet werden, die letztendlich das Hauptergebnis der Analyse repräsentieren. Außer wenn Datensätze über mehrere Perioden vorliegen, die auch periodenbezogen analysiert wurden, lassen sich zusätzlich noch die Veränderungen der einzelnen Beobachtungen über die Perioden hinweg darstellen und analysieren.

Nach erfolgreicher Validierung der Ergebnisse können die Resultate als Basis für kurzfristige Managemententscheidungen aber auch für das Setzen von strategischen Maßnahmen verwendet werden. Entsprechen die abgeleiteten Ergebnisse nicht den empirischen Erwartungen bisheriger Erfahrungen, kann es für kurzfristig zu treffende Entscheidungen zu einer Neu-Spezifikation der Beurteilungskriterien und für strategische Konzeptionen sogar zu einer Veränderung in der Festlegung der heranzuziehenden Befundeinheiten kommen.

41 Additive Effizienzmaße sind bei Scheel (2000) bzw. bei Gstach (2002) beschrieben.

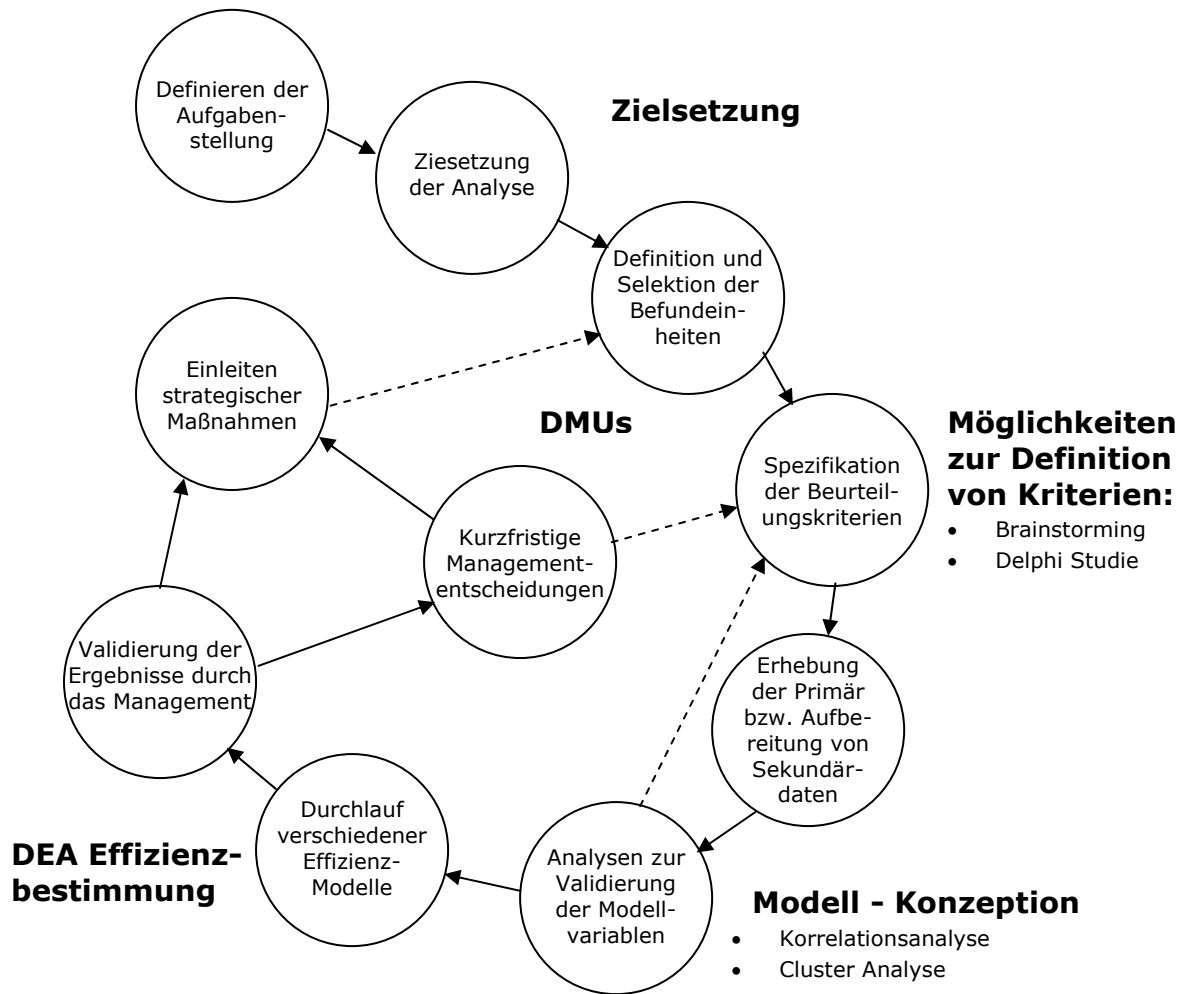


Abb. 12: Schematischer Ablaufprozess einer DEA Analyse (in Anlehnung an SHIBA 1997)

5.1.1 Benutzeradäquanz der DEA Applikation

DEA ist als entscheidungsunterstützendes Instrumentarium konzipiert, das sich gegebenenfalls in ein bereits bestehendes Controllingsystem integrieren lässt, aber auch als Benchmarkansatz verwendet werden kann. Um einen Überblick über die Eignung dieses Ansatzes für die Evaluierung praktischer Anwendungen zu geben, wurde in der Tabelle 11 ein Leitfaden zur Implementierung und zur Abschätzung des damit verbundenen Aufwands und der damit Verbundenen Einschränkungen konzipiert:

Lösungsmächtigkeit
- Unabhängig von der Anzahl der Beobachtungen wird es immer zu einer Lösung, die jede Beobachtung unter der Best-Case Betrachtung darstellt, kommen. - Die Qualität der Lösung und die Wahrscheinlichkeit sich der wahren Technologiemenge zu nähern, nimmt mit zunehmender Zahl an Beobachtungen zu. - Die Qualität der Lösung hängt neben der Anzahl der Beobachtungen von der Anzahl der Variablen und der Qualität der Daten ab. Je geringer die Zahl der Variablen und je fehlerfreier die Daten, umso realistischer werden die Resultate der Effizienz- und Zielwerte ausfallen. - Die Qualität wird jedoch von zufälligen und systematischen Fehlern negativ beeinflusst, da nicht wie bei statistischen Verfahren, der „Statistical Noise“ über Ausgleichsverfahren abgefangen werden kann.

Ressourcenmächtigkeit
• <i>Information:</i> Anhand eines Zielkatalogs müssen die Beurteilungskriterien für die zu evaluierenden Beobachtungen konzipiert werden. Es empfiehlt sich auf Kennzahlen der Betriebsbuchhaltung zurückzugreifen. Im Zuge der Konzipierung des DEA Modells erkennt man jedoch häufig, dass Kriterien, die zur Effizienzbeurteilung erforderlich wären, nicht verfügbar sind. Im Erkennen dieser fehlenden Kriterien liegt bereits an sich ein großer Benefit einer Effizienzanalyse. • <i>Personal:</i> Mit der Effizienzanalyse werden üblicherweise Dritte beauftragt. Intern muss nur ein Verantwortlicher der Controlling- oder Buchhaltungsabteilung der Untersuchungseinheit mit der Datenerhebung und der Datenvorbereitung betraut werden. • <i>Organisation:</i> In der Projektvorlaufzeit ist mit einem organisatorischen Mehraufwand und begleitenden Diskussionsrunden zu rechnen. Die Projektvorlaufzeit endet, wenn die Entscheidung gefallen ist, welche Untersuchungseinheiten evaluiert werden und welche Kriterien dafür heranzuziehen sind. Projektbegleitend sind selbstverständlich Diskussionen über Zwischenergebnisse und Änderungsvorstellungen in der Modellkonzeption erforderlich, die sich bis zum Ende der Projektlaufzeit durchziehen werden, aber bei weitem nicht die Intensität der Projektvorlaufphase erreichen werden. • <i>Technologie:</i> DEA ist eine wissenschaftlich anerkannte, nicht parametrische Methodik. Die verfügbaren Softwareprodukte sind benutzerfreundlich adaptiert. Der technologische Aufwand richtet sich ausschließlich nach der Produktentscheidung und kann daher zwischen 0 und 2000€ variieren. • <i>Durchführungszeit:</i> Die Durchführungszeit hängt im Wesentlichen von der Dauer der Projektvorlaufzeit ab. Zeitlich am aufwändigsten gestalten sich die Festlegung der Befundeinheiten und die Selektion der relevanten Kriterien, die am besten den Zielen und Rahmenbedingungen der Studie gerecht werden. Dieser iterative Prozess inklusive der entsprechenden Auswertungen und Ergebnisaufbereitungen kann je nach Engagement der betroffenen Untersuchungseinheiten zwischen 3 und 9 Monate in Anspruch nehmen. Die Durchführungsdauer lässt sich aber mit einer klar formulierten Zielsetzung und einer guten Datengrundlage beträchtlich verkürzen.
Problemadäquanz
Je nach Konstellation der verfügbaren Daten lassen sich für vergangenheitsbezogene Datensätze ausschließlich ex-post Aussagen ableiten. Verwendet man jedoch diesen Datensatz als Referenz und fügt diesem Planungsdaten hinzu, um zu beobachten, wie sich Plandaten zu den ex-post Daten verhalten, kann man DEA durchaus auch als ex-ante Ansatz betrachten. Und wenn es sich ausschließlich um simulierte, zukünftige Daten handelt, liegt ohnedies ein ex-ante Fall vor. Die Methodik wurde ausschließlich für praxisorientierte Anwendungen konzipiert und je nach Qualität der Daten lassen sich daraus hoch interessante und praxisrelevante Ergebnisse für interne Controllinganwendungen ableiten.
Benutzerangemessenheit
Wenn einmal die Vorarbeiten geleistet und die Rahmenbedingungen, die Befundeinheiten und die zu implementierenden Kriterien klar definiert und institutionalisiert sind, können derartige Effizienzanalysen auch intern als Teil der Controllingaufgaben durchgeführt werden. Ob sich eine DEA Effizienzanalyse allerdings ähnlich einer betrieblichen Kostenrechnung oder einem internen Controllingsystem installieren lässt, hängt auch von der Datenverfügbarkeit ab. Handelt es sich um eine übergeordnete große Unternehmensorganisation, die sich klar nach Subeinheiten differenzieren lässt, stellt die Datenverfügbarkeit ein geringeres Problem dar, als wenn man auf die Kooperation von unabhängigen Unternehmen angewiesen ist, deren Datensätze für die erforderliche Anzahl an Vergleichsfällen notwendig wären.

Die Akzeptanz der Resultate ist aber trotz des objektiven Analyseverfahrens bei den Entscheidungsträgern nicht immer gegeben. Denn die endogene Vergabe der Gewichte bzw. der Schattenpreise, die über den linearen Programmierungsalgorithmus (Black-Box) ermittelt werden, kann bei den Betroffenen Zweifel an den ermittelten Effizienzwerten und den daraus errechneten Target Values aufkommen lassen. Tatsache bleibt aber, dass DEA methodisch einwandfreie Resultate erbringt und sich über mehrere Jahrzehnte bewährt hat und in jüngster Zeit von Wissenschaftlern aus dem angloamerikanischen Raum weiterentwickelt wurde und jetzt zumindest in der Literatur eine gewisse Renaissance erfährt.

Organisatorische Angemessenheit

Die Analysemöglichkeiten von DEA bieten sich ja nahezu an, gemäß dem „DEA-Aktivitätsdreieck“ (3.8.1) von Scheel (2000), die Performance- und Verbesserungswerte des Transformationsprozesses für das interne Controlling aber auch für die Gestaltung eines Benchmarkkonzepts als relevant zu erachten.

Tabelle 11: Benutzeradäquanz der DEA Applikation

5.2 DEA Softwareprodukte

Zur Lösung von DEA Problemen stehen heute zahlreiche und ausgereifte Softwareprodukte⁴² zur Verfügung, die sich als Decision-Support oder als Benchmarking Tool eignen. Mit den ausgefeilten Modellierungsalgorithmen lassen sich zahlreiche Varianten von DEA auf benutzerfreundlichen Programmoberflächen realisieren. Manche dieser Softwarepakete sind ausschließlich kommerziell, wobei unter Einschränkung der Programmfeatures und der Anzahl von evaluierbaren Einheiten manche davon als Demoversionen frei zugänglich sind. Einige der Softwarepakete sind aber überhaupt zur Gänze Free-Ware-Packages. Sowohl die kommerziellen als auch die freien Pakete umfassen eine große Bandbreite an verfügbaren Modellen, an Programmschnittstellen und an benutzerangepassten Reports.

Durch die Bank unterscheiden sich die Produkte stark von einander. Als klassische Basismodelle sind aber in jedem Produkt die CCR/KSE und BCC/VSE Modellvarianten verfügbar.

Für die Beurteilung der acht gängigsten Produkte, die jeweils vier kommerzielle und vier frei zugängliche Pakete umfassen, verwendete Barr (2004) 70 Kriterien, die in acht Kategorien abgearbeitet werden. Unter A sind dabei alle verwendbaren Modelle zur Effizienzbestimmung zusammengefasst. B dokumentiert die optionalen Auswertevarianten für die unter A angeführten Effizienzmodelle. Die Kategorie C fasst die Systemvoraussetzungen sowie das Datenformat der Einlesefiles zusammen. Welche Schnittstellen dem Benutzer in den einzelnen Softwarepaketen zur Verfügung stehen, wird unter D dokumentiert. Die Optionen, wie, in welcher Form und in welchem Dateiformat die Berichte ausgegeben werden, in denen die Resultate und die Grafiken aufbereitet sind, werden unter E angeführt. Im Block F dokumentiert Barr für die einzelnen Produkte die Hilfe-Tools, die vom User in Anspruch genommen werden können. Die Bearbeitungszeit zur Lösung einer DEA Matrix nach verschiedenen Effizienzmodellen bei Verwendung eines Standard-PCs, wird für die verschiedenen Produkte unter G angegeben. Zuguterletzt werden in der Rubrik H die stark voneinander differierenden preislichen Rahmen sowie die einschränkenden Lizenzbestimmungen der Produkte präsentiert.

⁴² Dokumentation von DEA Software Tools and Technology von Richard S. Barr 2004 (Department of Engineering Management, Information, and Systems; Southern Methodist University, Dallas, TX 75275 USA). Im deutschsprachigen Raum erfolgte die Dokumentation der gängigen Softwarepakete von Dr. Katrin Allen 2002 im Zuge ihrer Dissertationsarbeit, Messung ökologischer Effizienz mittels Data Envelopment Analysis.

In Anlehnung an diese vergleichende Produktübersicht kann sich jeder Anwender ein Bild über die verfügbaren Softwarepakete machen und je nach den erforderlichen Ansprüchen an das zu bearbeitende T

	kommerziell				nicht - kommerziell			
	DEA Solver Pro	Frontier Analyst	OnFront	Warwick DEA	DEA Excel Solver	DEAP	EMS	Pioneer
Version	4.0	31.5	202	1.0	1.0	2.1	1.3.0	2.0
From	SAITECH	Barr, Software	EMQC	Warwick Univ.	Zhu	Colletti	Scheel	Barr, McLeod
A. Models								
1	●	●	●	●	●	●	●	●
2	●	●	●	●	●	●	●	●
3	●	●	●	●	●	●	●	●
4	●	●	●	●	●	●	●	●
5	●	●	●	●	●	●	●	●
6	●	●	●	●	●	●	●	●
7	●	●	●	●	●	●	●	●
8	●	●	●	●	●	●	●	●
9	●	●	●	●	●	●	●	●
10	●	●	●	●	●	●	●	●
11	●	●	●	●	●	●	●	●
12	●	●	●	●	●	●	●	●
13	●	●	●	●	●	●	●	●
14	●	●	●	●	●	●	●	●
15	●	●	●	●	●	●	●	●
16	●	●	●	●	●	●	●	●
17	●	●	●	●	●	●	●	●
18	●	●	●	●	●	●	●	●
19	●	●	●	●	●	●	●	●
20	●	●	●	●	●	●	●	●
21	●	●	●	●	●	●	●	●
22	●	●	●	●	●	●	●	●
23	●	●	●	●	●	●	●	●
24	●	●	●	●	●	●	●	●
B. Features								
1	●	●	●	●	●	●	●	●
2	●	●	●	●	●	●	●	●
3	Conical, UB, LB	UB, LB	●	Conical CRS	●	●	Conical	Conical
4	●	●	●	●	●	●	●	●
5	●	●	●	●	●	●	●	●
6	●	●	●	●	●	●	●	●
7	●	●	●	●	●	●	●	●
8	●	●	●	●	●	●	●	●
9	●	●	●	●	●	●	●	●
10	●	●	●	●	●	●	●	●
11	●	●	●	●	●	●	●	●
12	●	●	●	●	●	●	●	●
13	●	●	●	●	●	●	●	●
14	●	●	●	●	●	●	●	●
15	●	●	●	●	●	●	●	●

● Included/available

● Not included/not available

○ Limited capability

Abb. 13: DEA-Softwarepakete: Beurteilungskategorien A & B (Barr 2004 S.3)

	kommerziell				nicht - kommerziell			
	DEA Solver Pro	Frontier Analyst	OnFront	Warwick DEA	DEA Excel Solver	DEAP	EMS	Pioneer
Version	4.0	3.1.5	2.0	1.0	1.0	2.1	1.3.0	2.0
From	SAITECH	Banxia Software	EMQC	Warwick Univ.	Zhu	Colletti	Scheel	Barr, McLeod
C. Platform and Interoperability								
1 Platform(s)								
2 Input file types: =Excel, TXT=text file, Clip=clipboard, select=current SSý selection, SPSS=SPSS data file, manual=direct manual entry	SS, manual	TXT, Clip, SS, SS select, SPSS, manual	TXT, Clip, manual	TXT	SS, manual	TXT	TXT, SS	TXT
3 Output file types	SS	SS, Clip, TXT, PDF, HTML,	TXT	TXT	SS	TXT	TXT, Clip	TXT
D. User Interface								
1 GUI						.		.
2 Spreadsheet format						.	.	.
3 Interactive data manip						.	.	.
4 Individual observation editing						.	.	.
5 DMU, i/o factor subset control						.		.
6 Data filters	.		.	.	.	.	.	.
7 Data and results sorting						.	.	.
E. Reporting								
1 # standard reports	12	5	9	5	3	8	2	3
2 Custom reports			.			.	.	.
3 # std. graphs and charts	4	12	.	.	.	.	.	.
4 Custom charts				.		.	.	.
5 Efficiency scores report								
6 Projected/target factors report			.				.	
7 Optimal factor weights report								
8 Efficient reference sets report								
9 Slacks report			.			.	.	
10 RTS analysis		.				.	.	.
11 Cross-efficiencies	.		.	.	.	.	.	.
F. Documentation and Support								
1 Tutorial (pages)	.	26	.	.	.	.	.	.
2 Users guide (pages)	.	99	38	19	43	49	12	2
3 Reference manual (pages)	43	.	52			.	.	.
4 Built-in help	.			.	.	.	.	.
5 Technical support			.		.	.	.	.
6 Web site tech info	.		.	.		.	.	.
G. Testing								
1 Time 431 dmU, CCR1 (nm:ss)	0:17	0:05	0:06	0:53	2:30	<0:01	0:11	<0:01
2 Time 431 dmU, BCC1, superE	0:16	.	.	18:45	4:40	.	0:12	<0:01
H. Availability								
1 Free demo available					.			
2 Comm'l license cost	\$1,600	£395-£2395	\$1,750	£200-£500		\$0	.	.
3 Academic cost	\$800	£195-£595	\$750	£800+ (site)		\$0	\$0	\$0
4 Maintenance available	.				.	.	.	.

Microsoft Windows

DOS

Included/available

Optional

Uses Microsoft Excel as a GUI

Unix

Not included/not available

Included with book purchase

Limited capability

Abb. 14: DEA-Softwarepakete: Beurteilungskategorien C – H (BARR 2004 S.5)

Nach Allen (2002) muss für die Wahl der zu verwendenden Software grundsätzlich zwischen spezieller DEA Software und von LP Lösungsalgorithmen, die man zur Lösung von DEA Probleme adaptieren könnte, unterschieden werden. Grundsätzlich gestaltet sich die Durchführung von DEA Analysen mittels spezieller DEA Software vom Aufwand und vom erforderlichen Know How und der Benutzerfreundlichkeit hinsichtlich Dateneingabe und Ergebnisreport gegenüber genereller LP-Software als wesentlich attraktiver. Nachteilig wirkt sich allerdings die starr vorgegebene Struktur des Softwarepakets aus. Je nach Lösungsmächtigkeit des Pakets ist die Auswahl an entsprechenden Modellen und Auswertoptionen eingeschränkt. Die Verwendung einer generellen LP-Software, ermöglicht dem erfahrenen User eine flexiblere Anwendung sowie die Option Weiterentwicklungen zu programmieren.

Die einfache Handhabung von DEA Software birgt allerdings den Nachteil, dass Ergebnisse⁴³ relativ einfach erzeugt werden. Es ist damit noch nicht gewährleistet, dass die hinterlegten Modelle ausreichend spezifiziert sind und eine Verifizierung der Datengrundlage durchgeführt wurde. Infolge des nicht parametrischen Analyseverfahrens schlagen sich Datenfehler eklatant im Ergebnis nieder.

Wird hingegen ein generelles LP Softwaretool, wie zum Beispiel GAMS, verwendet, kann vorausgesetzt werden, dass der Anwender über detaillierte methodische und mathematische Grundlagen verfügt. Fehler in der Lösung an sich können zwar dann auch im formalen Bereich liegen, doch sind sie üblicherweise auf eine falsche Spezifizierung des Lösungsalgorithmus zurückzuführen.

Ähnlich wie Barr (2004) hat Allen bereits 2002 im deutschsprachigen Raum für die damaligen am Markt befindlichen DEA-Softwareprodukte eine Gegenüberstellung von diversen Produktkriterien in ihrer Dissertation vorgenommen. Auch wenn darin nur sechs Pakete enthalten sind, so decken sich für diese sechs Produkte die Einschätzungen von Allen mit jenen von Barr weitestgehend.

Software	Banxia Frontier Analyst	DEAP	DEA Solver Cooper et al.	EMS	ONFont	Warwick-DEA
Preis	z.B. £ 1895 für 1500	frei	\$130 (Buch)	frei	\$ 1750	\$ 1600
System- anforderung	Windows 95 und aktueller	Windows 95 und aktueller	Windows 95 und aktueller	Windows 95 und aktueller	Windows 95 und aktueller	Windows 95 und aktueller
Modelle	KSE, VSE Technik Inp & outp. Orientierte Effizienzmaße	KSE, VSE Technik Inp & outp. Orientierte Effizienzmaße	Alle üblichen Techniken; radiale Effizienz- maße und ein modifiziertes additives Maß	KSE, VSE , NDRS, NIRS, oder FDH Jeweils inp., outp. und nicht orientierte äquiproport- ionale, Durch- schnitts- und additive Effizienz- maße sowie Super- effizienz	KSE, VSE , oder NIRS Technik, freie/ schwach Verschwend- barkeit inp. & outp. orientierte äquipro- portionale Effizienzmaße	KSE, VSE Technik inp. & output orientierte äquipro- portionale Effizienzmaße sowie Supereffizienz

43 Dieser Befund trifft für die gängigen und weit verbreiteten Statistikpakete in ähnlicher Weise und hier wahrscheinlich noch viel stärker als bei DEA zu.

Software	Banxia Frontier Analyst	DEAP	DEA Solver Cooper et al.	EMS	ONFont	Warwick-DEA
Spez. Datentypen			nicht kontrollier- bare kategorische beschränkte	nicht kontrollier- bare		nicht kontrollier- bare
Gewichts- beschränk-ungen	möglich		möglich	möglich		möglich
Spezialanalysen		Kosten- effizienz allokative Effizienz Malmquist	Window Analysis Programm- effizienz Kosten, Umsatz u. Gewinn- effizienz	Malmquist Window Analysis Programm- effizienz		Target setting
Benutzerfreund- lichkeit	2	4	2	1	2	3

Tabelle 12: DEA Softwareübersicht (Allen 2002 S.95)

5.3 Stand der forstlichen DEA Literatur

Die Ansätze von Farrell 1957 zur Evaluierung der technischen Effizienz wurden bereits von Charnes et al. 1978 methodisch über eine Transformation des fraktionalen Problems in ein lineares operationalisiert. Er begründete damit den Anfang der DATA ENVELOPMENT ANALYSIS. Die Arbeit von Charnes et al. (1978) stellte insofern eine Innovation dar, als das transformierte lineare Problem über einen linearen Programmierungsalgorithmus und dessen duale Zusammenhänge auch unter Einbeziehung multipler Inputs und Outputs unter Berücksichtigung von konstanten Skalenerträgen (KSE) gelöst werden konnte.

Seit 1978 wurden zahlreiche Bücher und Papers veröffentlicht, die diesen Ansatz verfeinerten und weiterentwickelten, was zu einer weltweiten Verbreitung dieser Methodik führte. Forscher und Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen haben DEA methodisch weiterentwickelt und für zahlreiche anwendungsorientierte Fragestellungen zur Performancebeurteilung eingesetzt (im öffentlichen Sektor, im Sport, für Bildungseinrichtungen, im Gesundheitswesen, in der Industrie, für die Telekommunikation, für das Militär, in der Softwareproduktion sowie in der Landwirtschaft).

Legt man allerdings den Fokus auf forstwirtschaftliche Publikationen, muss man eine sehr eingeschränkte Anwendungsdichte von DEA Analysen zur Kenntnis nehmen. Nur wenige Autoren, die im Wesentlichen aus dem angelsächsischen oder skandinavischen Raum stammen, haben sich bisher diesem Thema ausführlicher gewidmet.

Dies wird zum Anlass genommen, eine Übersicht über die bisher publizierten forstlichen Anwendungsbereiche zu geben. Dabei erfolgt eine sehr allgemeine Dokumentation der Literaturquelle nach Autor, Organisationszugehörigkeit (optional), Quellenangabe und dem Abstract. Im Anschluss daran werden die wesentlichen methodischen Ansätze sowie die aus den explorativen Anwendungen resultierenden Folgerungen zusammengefasst und kommentiert. Die wichtigsten Eckdaten der empirischen Anwendung werden am Ende in einer Übersichtstabelle dokumentiert.

1) Efficiency Studies in forestry using data envelopment analysis.

Author: Taraneh Sowlati,

Affiliation:

Assistant Professor at the Department of Wood Science, University of British Columbia

Source: Forest Products Journal 2005 55(1): 49-57

Abstract:

There has been an increasing emphasis on measuring and comparing the efficiency of organizational units due to the growing competition and globalization. Different techniques, parametric and non-parametric, have been used to evaluate and manage efficiency and productivity in the public as well as the private sectors. Data Envelopment Analysis (DEA) is a non-parametric method well suited for such work which has been applied in more than 50 industries. This paper reviews DEA efficiency studies in Forestry and associated industries. The objective of each study, type of the DEA model, number of units and factors considered in the model, advantages as well as limitations of each study will be examined and discussed. The intention of this review is to increase the awareness in the forestry sector of this powerful technique for productivity management and decision making.

Zusammenfassung:

Mit dem Artikel wird das Ziel verfolgt, eine Sensibilisierung bzw. ein Verständnis für die Anwendbarkeit der Methodik an sich zu erreichen. Es wird ein Rahmen gespannt, der das Potenzial und die Mächtigkeit der Methode transparent zum Ausdruck bringen sollte.

Eine Gegenüberstellung der statistisch geschätzten, parametrischen Produktionsfunktion und der über empirische Fälle entwickelten, nicht parametrischen Best Practice Funktion verleiht dem Paper einen objektiven Blickwinkel.

Es wird ganz klar herausgearbeitet, dass DEA, die ihren Anfang mit der Linearisierung des fraktionalen Problems von Farrell (1957) durch Charnes bereits 1978 genommen hat, nur sehr marginal Einzug in die forstwissenschaftliche Anwendung fand.

Einen wesentlichen Teil der Publikation bildet die Dokumentation der klassischen DEA Modelle und der praktischen Herangehensweise, eine DEA Analyse als ein Management Tool für betriebliche Controlling Prozesse zu implementieren.

Der zweite Teil des Papers dokumentiert und kommentiert die bisher veröffentlichten Artikel zum Thema DEA unter Berücksichtigung eines forstlichen und forstwirtschaftlichen Anwendungsschwerpunktes.

2) Efficiency and Merger Gains in the Danish Forestry Extension Service

Authors: Peter Bogetoft, Bo Jellesmark Thorsen, and Niels Strange

Source: Forest Science 2003 49(4):585–595.

Abstract:

In Denmark, many small-scale forest owners are affiliated to local district offices of The Danish Forestry Extension Service. In this article, the efficiency of the different offices is evaluated using Data Envelopment Analysis (DEA). Furthermore, recent theoretical developments in DEA are used to assess the gains from a number of potential mergers and to decompose these gains into those from technological improvements, harmony effects, and scale effects. The results show that inefficiency is widespread and may in some cases be improved through mergers due to potential harmony gains and scale

returns. However, the dominant part of the inefficiency is technical, and this suggests that improved learning and sharing of know-how or key resources across offices may improve efficiency.

Key Words: Data Envelopment Analysis (DEA), efficiency, reorganization

Zusammenfassung:

Das Dänische „Forest Extension Service“ (DFES) betreut regionenweise hauptsächlich private, nicht industrielle Waldbesitzer und erstellt für diese die entsprechenden Managementpläne. Ziel der Studie von Bogetoft et al. war es, mittels DEA die wirtschaftliche Performance der 14 Büros des DFES zu dokumentieren und Verbesserungspotenziale durch Fusionierungsmaßnahmen aufzuzeigen.

Durch die Zusammenlegung der regionalen Büros wird erwartet, dass sich die Effizienz der Betriebe aufgrund von Lern- und Harmonisierungseffekten sowie durch das Einbringen von Know How bzw. durch Erhöhung der technischen Auslastung steigern sollte.

Neben der klassischen DEA Studie für diese 14 Verwaltungsbüros, die mit den Daten von drei Geschäftsperioden aufbereitet wurden, erfolgte eine Erweiterung der DEA Modellierung um den „Decomposition Ansatz“, der von Bogetoft 1999 zur Abschätzung von Fusionierungseffekten entwickelt wurde. Für die Zusammenlegung von Büros kamen nur jene in Betracht, die sich in unmittelbarer geographischer Nähe befanden.

Zur empirischen Schätzung der Produktionsfunktion, die unter DEA als „Envelopment“ (Umhüllende) bezeichnet wird, werden in Anlehnung an die Rahmenbedingungen von DEA die drei Produktionsfaktoren, Gehalt inklusive Gehaltsnebenkosten, die übrigen Administrationskosten und das Wachstumspotenzial in Abhängigkeit von der Bonität, sowie die drei Outputfaktoren, Jahresüberschuss der Büros, Jahresüberschuss der Mitgliedsbetriebe und die Erlöse aus den Samenverkäufen, verwendet.

In Zusammenarbeit mit dem Management der Büros konnten mögliche Zusammenlegungen von Büros definiert werden. In Summe wurden 15 mögliche Zusammenlegungskombinationen ins Auge gefasst und mittels DEA aufbereitet. Aus dem Paper geht allerdings nicht hervor, mit welchen Basisdaten die DEA Analyse der fusionierten Büros durchgeführt wurde und welche Rationalisierungseffekte für die einzelnen a priori angenommenen Fusionierungsmaßnahmen unterstellt wurden. Davon hängt es ganz wesentlich ab, wie sich die Performance der fusionierten Büros relativ gegenüber den anderen DMUs verhält.

Mit dem hier vorgestellten Modell können die Fusionseffekte in eine rein technische Ineffizienz ohne Zusammenlegung und die Ineffizienz unter Berücksichtigung der Fusion dargestellt werden. Die Resultate dokumentierten eine erhebliche Abweichung der Performance zwischen den Büros und weisen eine Erhöhung des Einkommenspotenzials durch Fusionierung aus, die einerseits auf Harmonisierungseffekte und andererseits auf Skaleneffekte zurückgeführt werden kann.

Auch wenn für die Studie nur wenige Daten hinterlegt sind, so konnte dadurch einerseits die Meinung der Experten bestätigt und zusätzlich wichtige Beiträge für die Reorganisation der Verwaltungsbüros in Dänemark geliefert werden.

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
Bogetoft P., Jellesmark T. Strange N.	Denmark	District offices of the Danish Forest Extension Service	42
DEA model(s)	Inputs	Outputs	
CRS and VRS Technology, input-orientation, technological and allocative Efficiency, as well as scale efficiency	Salary, Other admin. costs, Site production	Surplus Office, Surplus Members, Seedlings	

(3) Alternative Measurements of Productive Efficiency in the Global Bleached Softwood Pulp Sector

Author: Yin R.

Source: Forest Science, 1 November 2000, vol. 46, no. 4, pp. 558-569(12)

Abstract:

In this article, we conduct a productive efficiency analysis using the two major methods: stochastic frontier analysis (SFA) and data envelopment analysis (DEA). First, we demonstrate the steps and assumptions involved in SFA and DEA, and highlight their strengths and weaknesses. Then we apply them to the case of bleached softwood kraft pulp production to derive technical and allocative efficiency measures for 102 mills in the world. We find that in general, the SFA cost-efficiency levels are higher than their DEA counterparts, and much of the cost inefficiency is caused by inappropriate input mix, or allocative inefficiency, instead of the way with which inputs are converted into outputs, or technical inefficiency. In addition, SFA and DEA results rank some of the producers in different orders. We also find that while cost-efficiency levels vary in different regions, most producers have substantial opportunities to make improvements. Finally, we discuss implications of our study. FOR. SCI. 46(4):558–569.

Keywords: Cost and production functions; stochastic frontier analysis; data envelopment analysis; technical and allocative efficiency

Zusammenfassung:

Datengrundlage für die Untersuchung sind 102 BSKP (Kraftzellstoff herstellende Werke), die weltweit aktiv sind.

Methodisch wird versucht, die Charakteristika der beiden am häufigsten verwendeten Methoden SFA (Stochastic Frontier Analysis) und DEA herauszuarbeiten und gegenüberzustellen, wobei die Studie auf den wissenschaftlichen Arbeiten der Grundlagenforscher zu SFA und DEA aufbaut. Wie in anderen Arbeiten auch, dokumentiert Yin ganz klar, dass im forstökonomischen Bereich bisher sehr wenige Aktivitäten in Richtung Performance Measurement mittels DEA oder SFA publiziert sind.

Der Methodenteil stellt einleitend sehr komprimiert, aber übersichtlich die Konzepte zur Bestimmung von Effizienzkennzahlen für beide Verfahren dar. Die Aufbereitung der mathematischen Spezifikationen erfolgt im Anschluss für beide Modelle, DEA und SFA, allerdings sehr detailliert, wobei für beide Ansätze die Stärken und Schwächen entsprechend dokumentiert sind.

In der Dokumentation der empirischen Ergebnisse wird der Zusammenhang zwischen der Kosteneffizienz (CE) und der technischen Effizienz (TE) und der daraus abgeleiteten

allokativen Effizienz (AE) sowohl für SFA als auch DEA dargelegt und anschließend im Diskussionsteil vergleichend anhand des Regressionszusammenhangs der Ergebnisse von DEA und SFA kommentiert.

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
Yin R. (2000)	USA Michigan State University	Bleached Softwood Kraft Pulp (BSKP)	102 (worldwide)
DEA model(s)		Inputs	Outputs
DEA (CRS + VRS); SFA (T-L and C-D functions)		Fibre, Energy, Labour and Materials	Total annual Production

(4) Measuring the Performance Improvement of Taiwan Forests after Reorganization

Author: Kao C.

Affiliations:

Professor Department of Industrial Management, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, 70101, Republic of China, Phone: (+886) 6-2753396; Fax: (+886) 6-2362162 ckao@mail.ncku.edu.tw

Source: Forest Science, 1 November 2000, vol. 46, no. 4, pp. 577-584(8)

Abstract:

The data envelopment analysis (DEA) approach has been widely applied to measure the relative efficiencies of decision making units (DMUs) for a time period. This article measures the performance improvement of a DMU at two time points by using the DEA approach. Two ideas are proposed. One is to treat one DMU at two time points as two different DMUs, and the ratio of the efficiency scores of a DMU at two time points serves as a measure of the efficiency improvement. The other is to calculate the Malmquist productivity index of a DMU to represent its productivity improvement. Both the efficiency ratio and the productivity index can be decomposed into the technical part and the scale part. From the data of the eight forest districts of Taiwan compiled in 1989 and 1992, the efficiency and productivity improvement in these two periods are measured. The results of the two methods are consistent in that both indicate a slight improvement in performance.

Keywords: Data envelopment analysis; efficiency; productivity

Zusammenfassung:

Einmal mehr spiegelt dieses Paper die vielfältige Einsetzbarkeit von DEA wider. Kao evaluiert darin in Anlehnung an die Arbeiten von Althin et al. (1996), Färe et al. (1994) und Sueyoshi (1995 und 1998) die Performanceentwicklung der acht neu strukturierten Forstbezirken in Taiwan. Dabei stellt sich die zentrale Frage, wie die Effizienz von denselben Einheiten zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten auf demselben Skalenniveau gemessen werden kann. Indem für die einzelnen Zeitpunkte Durchschnittswerte über mehrere Perioden berechnet wurden und eine Indexanpassung der monetären Größen an das Basisjahr 1975 vorgenommen wurde, hat man den Vergleich auf eine gute Basis gestellt und gleichzeitig zufällige Ausreißer vermieden.

Zur Feststellung der Performanceentwicklung der acht 1989 neu strukturierten Forstbezirke werden die Kenndaten der DMUs von damals und von 1992 gemeinsam mit den 13 ursprünglichen Forstbezirken sowie vier weiteren forstlichen Einheiten in einem

gemeinsamen DEA Modell evaluiert. Durch diese Vorgehensweise erhöht sich die Anzahl an DMUs und die Ergebnisse sind infolge des strafferen Modells aussagekräftiger. Indem nun die Resultate der Vergleichspaare von 1992 und 1989 ins Verhältnis gesetzt werden, lässt sich ganz klar erkennen, ob sich die Einheiten aufgrund der unterstellten Annahmen verbessert bzw. verschlechtert haben.

Da aber nach der klassischen DEA Analyse nur sinnvolle Aussagen für nicht effiziente Einheiten gemacht werden können, bedient man sich für die Herleitung der Verbesserung der Produktivität am Modell der Supereffizienz (SCHEEL 2000). Dazu wird für die zu evaluierende Einheit geprüft, um wie viel Prozent deren Inputgrößen erhöht und gleichzeitig deren Outputgrößen reduziert werden könnten um dennoch unter radialen Bedingungen infolge der geometrischen Lage der restlichen Einheiten effizient zu bleiben.

Durch die Verhältnisbildung der Resultate der Vergleichspaare von 1989 und 1992 unter Einbeziehung von Supereffizienz leitet sich der Malmquist-Index ab. Damit kann auch für die nach klassischer DEA Analyse als 100% effizient ausgewiesenen Einheiten die Veränderung der Produktivität nachgewiesen werden.

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
C. Kao, (2000)	Professor Department of Industrial Management, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan,	Forest Districts	33

DEA model(s)	Inputs	Outputs
Input-orientated proportional efficiency measure using a CRS and a VSE Technology, scale efficiency, Malmquist Index	Land (1000 Ha), Labour (persons/unit), Expenditures/million\$, initial stocking (million m ³),	Harvest (1000 m ³ .), Stocking Level (million m ³), Recreation (1000 visits)

(5) Production Efficiency and Market Competitiveness of Pulp Producers in the Pacific Rim

Author: Yin Runsheng

Source: Forest Products Journal 1999 49(7/8): 43-49

Abstract:

Using 1994 data from the bleached softwood kraft pulp (BSKP) sector, made up of 70 mills producing market pulp in 10 countries across the Pacific Rim, this paper finds that the most efficient producers have constant returns to scale, and that, in general, mills perform well technically but not allocatively. Mills in interior British Columbia have the highest cost efficiency and mills in Asia and Oceania have the lowest. However, similar cost efficiency does not mean similar cost competitiveness. Variations in fiber price, energy use and price and labour use and price are the major determinants of cost positions in BSKP manufacturing. Due to the lowest fiber and labour prices, mills in Latin America enjoy the greatest cost advantage. In contrast, mills in Ontario, Asia, and Oceania are severely disadvantaged due to their higher fiber price and/or labour cost. Mills in coastal British Columbia and the U.S. Southeast have modest degrees of cost advantages.

Zusammenfassung:

Datengrundlage für die Untersuchung sind 70 BSKP (Kraftzellstoff herstellende Werke), aus 10 verschiedenen Ländern des „Pacific Rim“.

Die Motivation des Artikels besteht darin, die Konkurrenzfähigkeit zwischen den untersuchten Regionen der BSKPs bezogen auf deren Kostenstruktur einmal mittels Regressionsanalyse zur untersuchen, als auch deren Performance über eine DEA Analyse, einem Performance Measurement Tool, zu analysieren. Lassen sich mittels DEA sowohl die natural-technische als auch die kostentechnische Effizienz ableiten, kann daraus die allokativen Effizienz, die das Beschaffungsverhalten der Beobachtungen am Markt widerspiegelt, ermittelt werden.

Im Zuge der Studie wurde festgelegt, dass die unterstellte Produktionstechnologie unter variablen Skalenerträgen operiert und das, obwohl ein Großteil der „Best Practice“ Einheiten auf dem Niveau konstanter Skalenerträge produzierten. Unter dem Aspekt der technischen Effizienz nach DEA stellte der Autor nur geringe Abweichungen aller untersuchten Einheiten von der mit variablen Skalenerträgen bestimmten Production-Frontier fest. Bei Einbindung der entsprechenden Bewertung der verwendeten physischen Größen mussten große Variationen in der Beurteilung der Kosteneffizienz festgestellt werden, was ein Verbesserungspotenzial weniger im technischen Bereich als vielmehr im Managementbereich evident macht. Diese Streuung war im Wesentlichen durch die unterschiedlichen Faktorkosten in den betreffenden Ländern zu erklären.

Der Autor weist aber auch dezidiert darauf hin, dass die Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren sind, da einerseits die Qualität der Daten sowie die Transformation der Kosten und Preise über den entsprechenden Dollarkurs mit einer gewissen Fehleranfälligkeit behaftet sind. Neben der Unschärfe der Daten wird auch angemerkt, dass die Spezifikation der Modelle nicht unbedingt als vollständig zu betrachten ist. In der Modellkonzeption konnten die nicht verfügbaren Kapitalkosten sowie die Vertriebskosten nicht miteinbezogen werden.

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
Yin R. (1999)	USA:University of Georgia, Athens	Bleached Softwood Kraft Pulp Mills (BSKP)	70 (Pacific Rim)
DEA model(s)	Inputs	Outputs	
DEA (CRS + VRS); regression analysis	Fibre, Energy, Labour, Materials and Chemicals	Total annual Production	

(6) Measuring the Efficiency of Public Forestry Organizations

Authors: Viitala E. J. and Hänninen H.

Source: Forest Science 1998 44(2): 298-307

Abstract:

The decreasing budgets of public forestry organizations have given rise to the present need to evaluate their efficiency and to find means to improve it. In this paper the efficiency of 19 state-funded, regional Forestry Boards is investigated using Data Envelopment Analysis (DEA). In addition, the prime determinants of efficiency are examined using Tobit models. The results indicate a substantial variation in efficiency across Forestry Boards with a potential for input saving in the range of 20%. It seems that, of the controllable factors, management style and support are associated with efficiency. It appears also that applying DEA with Tobit models provides a useful two-stage approach to assess and explain efficiency differences among public forestry organizations.

Keywords: Performance, evaluation, DEA, Tobit Model

Zusammenfassung:

Ähnlich den Ansätzen von Kao (1991 und 1992) haben sich die beiden finnischen Autoren zum Ziel gesetzt, finnische Staatsforstverwaltungen auf deren Effizienz hin zu prüfen.

Zur Feststellung der relevanten Einflussgrößen auf die Effizienz, haben die Autoren die Hypothese festgehalten, dass insbesondere das interne Betriebsklima, die Motivation und der Verantwortungsbereich, sowie das Ausbildungsniveau und die organisatorische Struktur wie auch finanzielle Anreize für effizientes Arbeiten und Realisieren von Projekten ausschlaggebend sind.

Der Ablauf der Studie erfolgt in einem zweistufigen Prozess. In einem ersten Schritt werden die Input- und Outputvariablen für eine DEA Studie festgelegt, über die die Performance jeder einzelnen Verwaltung abgeleitet wird. Im zweiten Schritt werden die erklärenden Variablen gefiltert, deren Einfluss auf die abgeleiteten Effizienzwerte via Tobit Modelle (Regressionsanalyse) beurteilt werden soll.

Zur Realisierung der Performanceermittlung mittels DEA sind die Autoren zu dem Schluss gekommen, dass die gesamten Aktivitäten einer Staatsforstverwaltung den Rahmen, um diskriminante Ergebnisse zu erhalten, übersteigen. Folgedessen erfolgte eine Gliederung in sechs Subaktivitäten (Planung und Überwachung von Forststraßenprojekten, Planung und Überwachung von Drainagenprojekten, Erstellung von Managementplänen, Weiterbildungsaufgaben, Exekution des Forstgesetzes, Administration, Förderungen und Innovationsprojekte). Jeder dieser sechs Teilaktivitäten wurde als separates DEA Modell gerechnet. Die Aggregation dieser Effizienzwerte zu einer Spitzenkennzahl erfolgte entsprechend den Anteilen der Teilaktivitäten an den Gesamtkosten, die als einzige Variable der Inputseite verwendet wird.

Die Robustheit bzw. Sensitivität der sechs Datensätze zur Performancebeurteilung wird durch das Weglassen von effizienten Einheiten getestet. Nachdem sich dadurch kaum Auswirkungen auf den verbleibenden Datensatz ergeben haben, kann von stabilen Modellvoraussetzungen ausgegangen werden.

Zur Ableitung des Einflusses der erklärenden Variablen wurde eine zweiphasige Principal Component Analysis angewandt. Auch wenn a priori ein Einfluss von den internen Faktoren (Organisationsklima, Job-Transparenz, Aufgabenstellungen und Zufriedenheit mit dem Verantwortungsbereich sowie die Unterstützung durch das Management) wie von Umweltfaktoren (das stehende Waldvermögen und die lokale/regionale Bedeutung der Forstwirtschaft) angenommen wurde, konnte über das Tobit-Kompositen Modell nur ein signifikanter Zusammenhang mit dem stehenden Vorrat nachgewiesen werden. Für die internen Einflussgrößen ließ sich lediglich ein schwacher Zusammenhang in der Unterstützung durch das Management feststellen.

Dass diese internen Einflussfaktoren aber auch tatsächlich eine Auswirkung auf die Performance haben sollten, basiert zumindest auf den Resultaten einer Fallstudie, in der mittels qualitativen Interviews die am besten und die am schlechtesten performenden Einheiten gezielt auf deren Unternehmenskultur hin analysiert wurden.

DEA erscheint den Autoren als ein unterstützendes Instrument, um die Performance vergleichbarer Organisationseinheiten zu beurteilen. Sie merken aber kritisch an, dass es infolge des deterministischen, nicht parametrischen Verfahrens nur schwer möglich ist, die Stabilität und die Sensitivität der Daten zu verifizieren.

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
Viitala E. J. and Hänninen H.	Finnish Forest Institute, Unioninkatu, Helsinki,	Public forestry Organizations	19 (Finland)
DEA model(s)	Inputs	Outputs	
DEA (CRS + VRS); scale efficiency, Tobit-Models: Principal- Component-Analysis, qualitative interviews,	M1 – M6: Total Costs	M1: Supervision (km), inspected and approved (km)	
		M2: Supervision (km), inspected and approved (km)	
		M3: Management planning (ha), management plans (number)	
		M4: face to face assistance (number), group extension meeting (numbers), Trainings to FB's personnel (days)	
		M5: forest sites inspected (numbers), tax-reliefs (numbers)	
		M6: forest improvement Projects (number), regeneration plans (number)	

(7) DEA: A NEW METHODOLOGY FOR EVALUATING THE PERFORMANCE OF FOREST PRODUCTS PRODUCERS

Author: Runsheng Yin

Affiliation:

The author is a Research Associate, Warnell School of Forest Resources, Univ. of Georgia, Athens, GA 30602. This paper was received for publication in April 1997. Reprint No. 8651. ©

Source: Forest Products Society 1998. Forest Prod. J. 48(1):29-34.

Abstract:

This research introduces a nonparametric approach, called data envelopment analysis (DEA), to productive efficiency evaluation in the forest products industry using mill-level data from the linerboard sector. The results show that the sector features constant returns to scale. Further, most of the mills perform well technically but not allocatively. This may have to do with the relative homogeneity of their technologies and the divergence of their resource allocation from market conditions. Therefore, firms should pay more attention to improving their allocative efficiency. We believe that the DEA-based efficiency analysis of forest products producers represents a great opportunity to enhance their production performance.

Zusammenfassung:

Nach einer allgemeinen Erläuterung des Bedarfs einer Performancebeurteilung von produzierenden Industrieunternehmen werden die zwei gängigen Methoden SFA (Stochastic Frontier Analysis) und DEA (Data Envelopment Analysis) genannt, die beide das Ziel verfolgen, eine „Efficiency Frontier“ als Referenz für jene Firmen, deren Performance ungünstiger verläuft, herzuleiten.

Der Methodenteil dokumentiert die allgemeine Einführung in DEA, wobei auf die Unterscheidung von KSE (konstante Skalenerträge) und VSE (variable Skalenerträge) eingegangen wird. Da für die physischen Kriterien entsprechende Wertansätze verfügbar waren, konnte neben der natural-technischen Effizienz auch eine kostentechnische

Effizienz abgeleitet werden, aus der wiederum die allokativen Effizienz resultiert, die das rationale Beschaffungsverhalten von Produktionsfaktoren am Markt signalisiert.

Der empirische Teil der Arbeit umfasst die Auseinandersetzung mit der Performancebeurteilung der Säge und Papierindustrie („Mills“) anhand der für relevant erachteten Inputs und Outputs.

Unter dem Verweis auf die einschränkenden Bedingungen von DEA, weist der Autor darauf hin, dass für die Studie nur variable Kosten und keine fixen Kosten und auch keine Investitionssummen verfügbar waren. Abgesehen von der unvollständigen Input-Outputdatenlage mussten aus Gründen der Homogenitätsanforderung auch eine Einschränkung der zu untersuchenden DMUs getroffen werden.

Infolgedessen hat diese empirische Anwendung nur explorativen Charakter, wobei in den Ergebnissen zumindest aber ein Performancetrend der Branche widerspiegelt wird. Aus technischer Sicht verhalten sich die Firmen nämlich in Summe sehr nah an der Best Practice, was auf eine ausgereifte Technologie schließen lässt. Ökonomisch oder kostentechnisch betrachtet, treten jedoch stärkere Abweichungen auf, die auf die lokale Marktsituation bzw. das falsche Marktverhalten zurückzuführen sind, was sich in der Folge auf die allokativen Effizienz durchschlägt.

Insgesamt trägt die methodenunterstützte Performancebeurteilung der Säge- und Papierindustrie (Paper and Pulp Industries) aber dazu bei, die Leistungsfähigkeit des Analyse – Tools DEA einmal mehr zu demonstrieren.

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
Yin R. (1998)	USA:University of Georgia, Athens	Industries of bleached linerboard	44 (North America)
DEA model(s)	Inputs	Outputs	
DEA (CRS + VRS); applying additive Efficiency models	Fibre, Fuel, Electric Power, Operating Labour, Salaried Supervision, Materials and Chemicals	Tons of bleached linerboard a year	

(8) Measuring the Efficiency of Managerial and Technical Performances in Forestry Activities by Means of Data Envelopment Analysis (DEA)

Author: Masami Shiba

Affiliation:

Mie University, Tsu, Japan; the author is an Associate Professor of Forest Operations and Systems, Faculty of Bioresources.

Source:

International Journal of Forest Engineering, Vol.8, No.1

http://www.lib.unb.ca/Texts/JFE/bin/get.cgi?directory=First_Issue/shiba/&filename=shiba.htmlJanuary 1997

Abstract:

The relation between the most productive scale size for particular input and output mixes and returns to scale for multiple-input multiple-output situations is explicitly developed. Data Envelopment Analysis (DEA) has been extensively applied in a range of empirical settings to identify relative inefficiencies, and provide targets for improvements. It

accomplishes this by developing peer groups for each unit being operated (Decision Making Unit: DMU).

This paper introduces the technique and focuses on some of the key issues that arise in applying DEA in practice. Some illustrations of the practical applications of these results to the estimation of most productive scale sizes and returns to scale for Forest Owner's Associations (FOAs) at the local level in Japan are also provided to emphasize the advantage of this method in examining specific segments of the efficient production surface.

Keywords: Data Envelopment Analysis (DEA), efficiency, target setting, performance, Forest Owners' Associations (FOAs)

Zusammenfassung:

Shiba versucht aufzuzeigen, dass das Auffinden des optimalen Skalenniveaus für den Produktionsprozess von übergeordneter Bedeutung ist. Im Ein-Input- und Ein-Outputfall entspricht dabei das optimale Skalenniveau der Grenzproduktivität, die über das Verhältnis Output-Preis zu Input-Kosten definiert ist.

Allerdings lassen sich multiple Inputs und Outputs nicht immer sinnvoll über Kosten und Preise zum Ein-Input- und Ein-Outputfall aggregieren, da es entweder nicht für alle Variablen Kosten bzw. Preise gibt, bzw. die verfügbaren Preise stark volatil sind.

Für kurzfristige Managementmaßnahmen bzw. betriebspolitische Entscheidungen kann die Minimierung der über Kosten gewichteten Inputs von Bedeutung sein. Für Entscheidungsgrundlagen, die allerdings längerfristige Zeiträume in Betracht ziehen, soll das rein technologische Verhältnis zwischen physischen Input- und Outputgrößen bestimmt werden. Daraus folgt, dass bezogen auf die Skalenverhältnisse einerseits zwischen dem optimalen produktionstechnischen, natural-technischen Skalenniveau („productive scale size“) und dem Skalenniveau infolge von unterstellten Kosten und Preisen („Economies of scale“) differenziert werden muss.

In einer kurzen Einführung geht Shiba auf das fraktionale Grundmodell von DEA ein und stellt auf der Grundlage der Autoren Charnes et al. (1978) das Ein-Input und Ein-Outputmodell sowie den Zwei-Input und Ein-Outputfall unter Anwendung einer Outputisoquante dar. Shiba geht dabei kurz auf die parametrischen und nicht parametrischen Möglichkeiten und deren Eigenschaften in der Generierung einer Efficiency Frontier ein.

Ausführlicher hingegen setzt sich Shiba mit der Generierung eines Datensatzes zur Performanceevaluierung mittels DEA auseinander. Dabei wird explizit aufgezeigt, dass die Funktion und Zielsetzung der zu untersuchenden Organisation und deren Subeinheiten in einer Pre-Study für den relativen Vergleich entscheidend sind. Denn die Optimierung der ökonomischen Ergebnisse muss gerade im forstwirtschaftlichen Bereich nicht immer oberste Priorität haben.

Im Zuge dieser Machbarkeitsstudie für die Implementierung von DEA stellt Shiba weiters fest, dass durch das systematische Vorgehen in der Definition eines Input-Outputsystems, das die gesamte Aktivität jeder Unit abbilden soll, ein besseres Verständnis für Controlling- und Entscheidungsprozesse bei den einzelnen Verantwortlichen der DMUs entsteht.

Zur Dokumentation der systematischen Vorgehensweise hat Shiba einen schematischen Ablaufprozess zur Durchführung einer DEA Studie entwickelt, der eine Grundlage zur Qualitätssicherung für eine seriös durchgeführte DEA Studie liefert.

In einer Fallstudie, für FOAs (Forest Owners' Associations) in Japan, hat Shiba für drei verschiedene Modellannahmen, die in der nachfolgenden Tabelle dokumentiert sind, DEA Studien durchgeführt. Obwohl das Paper sehr ausführlich die Selektion der einzelnen Variablen diskutiert, wird nicht explizit das unterstellte Effizienzmodell genannt.

Unabhängig davon, welches DEA Grundmodell zur Bestimmung der Effizienzwerte verwendet wurde, scheinen ohne den genauen Datensatz zu kennen, die Ergebnisse nicht plausibel zu sein. Denn trotz der großen Anzahl an Variablen und der geringen Anzahl an beobachteten Fällen schwanken die Effizienzwerte zwischen 0 und 100%, wobei ein Effizienzwert von 0% zwar möglich, aber für praktisch ausgerichtete DEA Modelle auszuschließen ist.

Shiba selbst hat eingeräumt, dass die Ergebnisse der drei Modelle ungewöhnlich stark voneinander differieren, was möglicherweise auf einen computertechnischen bzw. auf einen Spezifikationsfehler zurückgeführt werden muss. Insbesondere die Abweichungen der Modell 1 und 2 vom Modell 3 sind dabei offensichtlich.

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
Shiba M.	Associate Professor of Forest Operations and Systems, Faculty of Bioresources, Mie University Tsu, Japan	Forest Owners' Associations (average Values of 1991 – 1994)	28
DEA model(s)	Inputs	Outputs	
CRS, output-orientated Model,	- FOA Members (M: 1,2) - Staff (M: 1,2) - private Owners > 50 Ha (M: 1) - forestry workers regularly employed (M: 1) - Investment Fund (M: 1,2) - Jurisdictional forest area of FOA (M: 1,2,3) - Total asset (M: 1,2) - Total Cost (M: 1,3) - Number of Harvest Machine Holdings (M: 1,3) - Number of sawmills over 50 Kw(M: 1,3) - Timber storage capacity (M: 1,3) - Timber sale (M: 3) - Lumber Product (M: 3) - Reforestation area (M: 3) - Thinning area (M: 3) - Log Harvested (M: 3)	- Total Revenue (M: 1, 2, 3) - Total Profit (M: 2) - Total forestry employee in FAO (M: 3)	

(9) Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Forest Management

Authors: Chiang Kao, Pao-long Chang and S. N. Hwang

Affiliation:

Graduate School of Industrial Management, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, Republic of China and Institute of Management Science, National Chiao Tung University, 114, 4F, Section 1, Chung-Hsiao W. Road, Taipei, Taiwan, Republic of China

Source:

Journal of Environmental Management, Volume 38, Issue 1, May 1993, Pages 73-83

Abstract:

One major concern in environmental management is how to manage efficiently the scarce natural resources necessary to improve the standards of life. To this end, a tool is required to measure the relative efficiency of the management achievements. In this paper, an approach entitled data envelopment analysis (DEA), which is widely used in management science, is introduced to measure the efficiency of forest management. The detailed steps in application, some technical problems to be noticed and the models available for selection are described. In addition to measuring efficiency, the DEA approach can also be used for generating directions for making improvements. A real case of Taiwan forests is used as an example.

Keywords: Data Envelopment Analysis, efficiency, forest management, linear programming

Zusammenfassung:

In Anlehnung an die multifunktionalen Aufgaben eines Forstbezirkes bzw. Forstbetriebes verfolgt der Autor das Ziel anhand der Input- und Outputkenndaten von forstlichen Einheiten, die Effizienz des Managementsystems zu evaluieren. Als problematisch erweist sich dabei die Erfassung externer Effekte bzw. von Dienstleistungen und Serviceleistungen, denen nicht unmittelbar Zahlungsflüsse gegenüberstehen. Daneben steht man aber auch vor dem Problem, dass eine vergleichende Beurteilung einzelner Faktoren und Leistungen, die in unterschiedlichen Maßeinheiten erfasst sind, unmöglich ist.

Erst mit der relativen Effizienzanalyse DEA (Data Envelopment Analysis), die über einen linearen Programmierungsalgorithmus endogen die Gewichtung der Input- und Outputvariablen errechnet, kann eine akzeptable Evaluierung der einzelnen Einheiten auf Basis von multikriteriellen Produktionsfaktoren und Leistungen vorgenommen werden.

Es wird aber auch davor gewarnt, DEA ohne Einschränkung zu verwenden. Häufig werden nämlich allgemeine methodische Annahmen verletzt und technische Probleme ignoriert. Kao et al. hat aus diesem Grund sehr sorgfältig die Vorgehensweise und den methodischen Zugang zur Ermittlung seiner Resultate, wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, dokumentiert.

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
C. Kao, Pao-Long C. and Hwang S. N. (1993)	Graduate School of Industrial Management, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, and Institute of Management Science, National Chiao Tung University, Taipei, Taiwan	Forest Districts	17, Taiwan

DEA model(s)	Inputs	Outputs
Input-orientated proportional efficiency measure using a CRS and a VSE Technology, scale efficiency, (documentation of the primal and dual problem)	budget (\$ 1000), initial stocking (1000 m ³), labour (persons/unit)), area (1000 ha),	Timber (m ³), average stocking (1000 m ³), Recreation (visits) By-products (\$)

Kao et al. weist in seinem Paper darauf hin, dass die Anzahl der Variablen und die Anzahl der untersuchten Einheiten direkten Einfluss auf die abgeleitete Effizienz haben. Je mehr Variablen, desto weniger straff das Modell und desto höher die Effizienzwerte. Umgekehrt führt eine gesteigerte Anzahl an untersuchten Fällen zu einer höheren Diskriminanz und

damit zu straffen, wenn auch „geringeren“ Performancewerten. Für die Wahl der Variablen ist es aber von essentieller Wichtigkeit, dass die Input- und Outputvariablen eine positive Korrelation aufweisen. Sind, wie man annehmen könnte, zu viele Variablen vorhanden, schlägt der Autor vor, jene, die redundante Information enthalten, wegzulassen⁴⁴.

Neben der Dokumentation der Ergebnisse aus der Lösung des primalen und des dualen Problems, hat sich Kao gemeinsam mit Banker und Maindiratta (1986) mit den Unterschieden der DEA Funktion und der klassischen S-förmigen Produktionsfunktion auseinandergesetzt. Da die DEA Funktion voraussetzt, dass die Grenzproduktivität nicht zunimmt, konfliktieren die beiden Systeme in jenen Abschnitten, in denen die Grenzproduktivität der S-förmigen Produktionsfunktion steigt. Durch die abschnittsweise Bildung von log-linearen Modellen, die dem abschnittsweise linearen Modell der DEA Analyse sehr ähnlich sind, konnte dieses Problem, in den Griff bekommen und eine Vergleichbarkeit ermöglicht werden. Die Ergebnisse beider Modellvarianten unterscheiden sich nur dahingehend, dass das log-lineare Modell höhere Performancewerte ausweist als das klassische radiale DEA Modell.

(10) Reorganization of forest districts via efficiency measurement

Author: Chiang Kao, Yong Chi Yang

Affiliation:

Graduate School of Industrial Management, National Cheng Kung University, Taiwan, Taiwan, ROC Department of Forestry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC

Source:

European Journal of Operational Research, Volume 58, Issue 3, 11 May 1992, Pages 356-362

Abstract:

In this paper the data envelopment analysis (DEA) approach is applied to find the inefficient forest districts in Taiwan, ROC. The Taiwan Forestry Bureau proposes three alternatives for reorganizing the thirteen districts into eight districts. These three alternatives are appraised also by the DEA approach. The criterion is to make the new districts in an even status to be fair for the welfare of the local people. From the theoretical point of view, a better alternative for reorganization is suggested.

Keywords: Efficiency; Data Envelopment Analysis; forest management

Zusammenfassung:

DEA wird hier von Chiang und Yong verwendet, um für die taiwanesischen Forstabteilung zur Reorganisation der dreizehn Forstbezirke ein quantitatives Variantenstudium zu statuieren. So wie die bisherigen Forstbezirke konzipiert waren, unterscheiden sich diese hinsichtlich der Zielsetzungen, werden infolge des Größenunterschieds abweichende Erträge erzielt und differieren die Bestockungsgrade, die Budgetsummen sowie die Anzahl an Arbeitern und Angestellten.

⁴⁴ Diese Vorgehensweise wird von Scheel (2000) nur als Hilfestellung betrachtet, da die Auswahl der Kriterien eine subjektive Entscheidung ist. Die Wahl der Kriterien hat nur den Prinzipien zu folgen, dass weniger Input bei unverändertem Output besser und umgekehrt mehr Output bei gleichem Input sich günstiger auf die Performance auswirkt. Insbesondere gilt es aber für jede Einheit das Monotonieverhalten zu prüfen. Kein Input-Outputpaar darf bei gesteigertem Input weniger Output leisten und umgekehrt mehr Output bei weniger Input erzeugen (Scheel 2000, Gstach 2002).

Für die Reorganisation sollten die Einheiten nach ausgeglichen Input- Outputniveaus konzipiert werden. Das Management der taiwanesischen Forstabteilung hat für die Reorganisation eine Reduktion der Forstbezirke von dreizehn auf acht vorgeschlagen, wobei dafür drei Fusionierungsvarianten ausgearbeitet worden sind, deren Performanceentwicklung mittels DEA beurteilt werden soll.

Als Variablen für die DEA Studie wurden auf der Inputseite das Budget (\$/Ha), der ursprüngliche Vorrat (m^3/Ha), die Arbeitskräfte (0,0001/Ha) und die gesamte Forstbezirksfläche (1000 Ha) unterstellt sowie auf der Outputseite die erzeugten Hauptsortimente (0,01 m^3/Ha), der durchschnittliche Vorrat (m^3/Ha) und die Besucherzahl für Erholungszwecke (Besucheranzahl/Ha) verwendet.

Um ein diskriminantes Modell zu erhalten, wurden zusätzlich zu den 13 ursprünglichen Forstbezirken, vier ähnliche forstliche Verwaltungseinheiten hinzugenommen. Zu diesen nunmehr 17 Einheiten werden jeweils die acht neu kombinierten alternativen Forstbezirke als fiktive Planungseinheiten hinzugefügt. Infolge der aggregierten Effizienzergebnisse der 13 ursprünglichen Einheiten bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen und der Verwendung eines äquiproportionalen Effizienzmaßes, kam es zu einer weiteren Kombinationsalternative, die in Summe eine noch günstigere Performance als die drei bisher vorgeschlagenen Varianten erwarten lässt.

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
C. Kao and Y. C. Yang (1992)	Graduate School of Industrial Management, National Cheng Kung University, Tainan, and Department of Forestry, National Taiwan University, Taipei	Forest Districts	25, Taiwan

DEA model(s)	Inputs	Outputs
Input-orientated proportional efficiency measure using a CRS and a VSE Technology, scale efficiency	budget (\$ 1000), initial stocking (1000 m^3), labour (persons/unit)), area (1000 ha),	Main product (m^3), average stocking (1000 m^3), Recreation (visits)

(11) Measuring the Efficiency of Forest Management

Author: Chiang Kao, Yong Chi Yang

Affiliation:

Graduate School of Industrial Management, National Cheng Kung University, Taiwan, Taiwan, ROC Department of Forestry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC

Source: Forest Science 1991 Vol. 37 No.(5): pp 1239-1252

Abstract:

In managing forests, the relative efficiency of management accomplishments should be evaluated to obtain a guideline for future planning. However, to evaluate whether a multiple-use forest is efficiently managed is very difficult because many outputs do not have market values. In this paper a model based on the principle of Pareto optimality is introduced for measuring the efficiency of forest management. The model is of a linear fractional program which can be converted to a linear program. The aggregated efficiency of a management unit can be separated into technical and scale efficiency to enable the manager to identify the sources of inefficiency. From the dual formulation of the linear program, the inefficient inputs and outputs can also be identified together with the amounts by which they can be improved. As an illustration, the model is applied to

measuring the management efficiency of the 13 districts of the National forests of Taiwan, Republic of China. Surprisingly, the results perfectly explain a current proposal of the Taiwan Forestry Bureau. For. SCI. 37(5):1239-1252

Keywords: Linear programming, multiple use, production function

Zusammenfassung:

Ausgehend von den verschiedenen Aufgaben und Zielsetzungen in der Forstwirtschaft signalisiert Kao et al. den Bedarf für die 13 Forstbezirke in Taiwan, eine quantitative Methode zu implementieren, die eine objektive Beurteilung des multifunktionalen Managementprogramms erlaubt. Durch die Dokumentation der relativen Performance der definierten Einheiten, sollten dem Management Hinweise gegeben werden können, wie durch Steigerung der Effizienz der Output verbessert werden kann.

Zur Planung eines ganzheitlichen Ansatzes zur optimalen Allokation von forstlichen Flächen für diverse Aktivitäten und einer planmäßigen Holznutzung, unter Berücksichtigung der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen, bedarf es der Formulierung eines linearen Problems. Kao zeigt in seiner Publikation auf, dass mit diesem mathematischen Programmierungsansatz nicht nur die Beurteilung vergangener Periodenleistungen sondern auch die Beurteilung zukünftiger Planungsdaten evaluiert werden können.

Zur Beurteilung der 13 Forstbezirke von Taiwan wurde DEA, das auf der Effizienzbestimmung nach dem Pareto-Koopmans Konzept beruht, angewandt. Überraschenderweise stimmten die Resultate mit den Vermutungen des Managements der taiwanesischen Forstbehörde überein.

Nach einer grundlegenden Einführung zur Bestimmung der Produktivität und der Herleitung der Effizienz für den Ein-Input und Ein-Output sowie für den Zwei-Input und Ein-Outputfall mithilfe einer Outputisoquante, dokumentiert Kao ausgehend von dem grundlegenden fraktionalen Problem, die Herleitung des linearisierten Grundmodells der DEA. Es werden dabei für das primale Multiplikatormodell die Zusammenhänge zwischen konstanten und variablen Skalenerträgen mathematisch beschrieben. Zur Herleitung der Target Values für einzelne beobachtete DMUs formuliert Kao in Anlehnung an die Arbeiten von Charnes et al. (1978) und Banker et al. (1984) ausgehend vom primalen Multiplikatorproblem, das variable Skalenerträge unterstellt, ein duales Problem, das die Output- und Inputsacks (Schlupfvariablen) optimiert (Additives Modell).

Author (year)	Region	Decision Making Unit (DMU)	No. of DMUs
C. Kao and Y. C. Yang (1991)	Graduate School of Industrial Management, National Cheng Kung University, Tainan, and Department of Forestry, National Taiwan University, Taipei	Forest Districts (a 10-year average of the data from 1978 to 1987)	13, Taiwan

DEA model(s)	Inputs	Outputs
Input-orientated proportional efficiency measure using a CRS and a VSE Technology, scale efficiency	budget (\$ 1000), initial stocking (1000 m ³), labour (persons/unit), area (1000 ha),	Timber (m ³), average stocking (1000 m ³), Recreation (visits) By-products (\$)

Infolge der Erfahrung und der Resultate aus der empirischen DEA Studie für diese 13 Forstbezirke, die unter den in der Tabelle angegebenen Bedingungen durchgeführt wurde, lassen sich folgende Kernaussagen zusammenfassen:

- Mithilfe des dualen Effizienzwertes und der ausgewiesenen Input- und Outputslacks lassen sich für die einzelnen Variablen einer DMU plausible Sollwerte generieren.
- Um effizient zu sein, muss man nicht jeden definierten Output mit möglichst geringem Aufwand bereitstellen, sondern entscheidend ist es, sich gemäß seinen Potenzialen, der besten Produktionsfunktion anzupassen. DEA lässt es zu, dass auch Einheiten, die in manchen Aktivitätsbereichen nicht zu den Top-performern zählen, dennoch effizient sind, da diese eben in anderen Bereichen dominieren.
- Die Ineffizienz von DMUs führt Kao nicht ausschließlich auf die Ressourcenallokation zur Bereitstellung von Leistungsgütern, sondern auch auf statistisches Verrauschen zurück. Zur Eindämmung dieses unerwünschten Effekts wurden für dieses DEA Programm Durchschnittswerte aus mehreren Perioden (1978-1987) verwendet.
- DEA lässt sich sehr flexibel einsetzen. Einerseits sind verschiedene Auswertemöglichkeiten nach konstanten oder variablen Skalenerträgen möglich und andererseits können verschiedene alternative Modellansätze sehr rasch evaluiert werden, wodurch sich der beste Ansatz sehr einfach durch Trial and Error selektieren lässt.
- Voraussetzung für die Plausibilität des DEA Modells ist die vollständige und gleichartige Abbildung aller Aktivitäten für die beobachteten DMUs sowie die Validierung der unterstellten Variablen durch das verantwortliche Management jeder DMU bzw. seitens der taiwanesischen Forstbehörde.
- Die Diskriminanz des DEA Modells kann ausschließlich durch die Anzahl der beobachteten DMUs sowie der Anzahl der verwendeten Variablen beeinflusst werden.

5.4 Performancebeurteilung österreichischer Forstbetriebe

Die Bewirtschaftung der Wälder umfasst alle jene menschlichen Aktivitäten, welche zum Ziel haben, Nutzungen in Waldökosystemen durchzuführen sowie die vom Menschen angestrebten Güter bedarfsgerecht bereitzustellen (OESTEN & ROEDER 2001).

Obwohl die Gesellschaft dem Waldökosystem hohe Bedeutung beimisst, betrachtet sie die Waldfunktionen eher als freie Güter oder maximal als öffentliche Güter, denn als knappe Güter, deren Bereitstellung nach ökonomischen und damit effizienzgesteuerten Grundsätzen zu erfolgen hat. Unter dem Gesichtspunkt der funktionalen Naturraumnutzung wird in diesem Ansatz aus Sicht der Forstbetriebe die Produktionsfunktion des Waldes losgelöst von der sozioökonomischen Funktion und den ökosystemaren Funktionen des Waldökosystems auf die erwerbswirtschaftliche Funktion beschränkt. Denn auch wenn es sich bei den Waldfunktionen ebenfalls um knappe Güter handelt, existieren aufgrund von Verfügungsrechten und von externen Effekten, die Dritten zugute kommen, und den mit der Produkteinführung verbundenen Transaktionskosten in der Regel keine Märkte. Damit fehlen für den Forstbetrieb als produzierende Einheit die ökonomischen Anreize für die Bereitstellung derartiger Güter seine knappen Güter einzusetzen.

Die durch das Setzen von Maßnahmen erstellten Leistungen (Performance) im Forstbetrieb und die dafür aufgewandten Mittel sind aus ökonomischer Sicht knappe Güter, was in der Folge eine effiziente Ressourcenverwendung, im Sinne einer rationalen Ressourcenallokation und eines nachhaltigen Ressourceneinsatzes, nach sich ziehen muss.

Inwiefern den Betrieben, die Teil des forstlichen Testbetriebsnetzes „Großprivatwald“ sind, die nachhaltige Transformation von knappen Ressourcen in ertragsbringende Leistungsgüter in optimaler Weise gelingt, stellt die zentrale Fragestellung für diese DEA-Analyse dar und bildet den maßgeblich Rahmen für die Zielsetzung der Modellkonzeptionen.

5.4.1 Kritische Auseinandersetzung mit der Vergleichbarkeit von empirischen forstbetrieblichen Daten

Wo immer knappe Mittel zum Einsatz kommen, ist die Effizienz mit dem Maßstab der Input/Output-Relation ein zentrales Kriterium. Besonders in Zeiten einer schwierigen Wirtschaftslage und einer Verknappung der Haushaltsmittel besteht ein starker, ökonomischer Zwang zur Rationalisierung, im Sinne der Erhöhung der Effizienz und damit auch der Produktivität.

Mit der Ausweisung der operativen Geschäftstätigkeit von Forstbetrieben in der Finanzbuchhaltung bzw. der Eingaben-/ Ausgabenrechnung sowie in der Betriebsbuchhaltung, der Betriebsstatistik und der Planungsrechnung, wird die Basis gelegt, um die Wirtschaftlichkeit der Leistungserstellung anhand einer Betriebsanalyse oder eines überbetrieblichen Vergleiches zu beurteilen. Bekennt sich ein Forstbetrieb letztendlich zur konsequenten Ausweisung seiner Kennzahlen in Form eines strukturierten Berichts, ist damit der Grundstein für die Entwicklung eines betriebsinternen operativen Controllings gelegt worden.

Die Dokumentation der verursachungsgerecht zugewiesenen Kosten und die Ableitung der entsprechenden Rentabilitäts- und Produktivitätskennzahlen bilden die Grundlage für ein verantwortungsvolles Management. Gerade in Zeiten, in denen es die Marktsituation

sowohl von den Groß- als auch den Kleinprivatwaldbesitzern verlangt, immer exakter und damit „knapper“ zu kalkulieren, um als Preisnehmer unter den Rahmenbedingungen eines polypolistischen Marktes⁴⁵ bestehen zu können, rückt die Bedeutung der Betriebsbuchhaltung sowie des internen Controllings stärker in den Mittelpunkt.

Allgemein bekennt man sich zwar zu rationalem Handeln, doch real betrachtet werden die forstbetrieblichen Aktivitäten letztlich ganz wesentlich vom verfügungsrechtlichen Rahmen in den einzelnen Betrieben geprägt. Bekanntermaßen wird die Leistungserstellung im Betrieb durch die betrieblichen Zielsetzungen, den zielführenden Handlungsalternativen, der eigenen Handlungsberechtigung und der betrieblichen Realisierbarkeit maßgeblich beeinflusst. Aber auch unter vergleichbaren verfügungsrechtlichen Rahmenbedingungen ergeben sich in Abhängigkeit der unterschiedlichen Produktionsdauer und regionaler sowie örtlich abweichender Strukturen verschiedenartige betriebliche Handlungsoptionen (OESTEN & ROEDER 2001). Daraus leitet sich zwar für jeden Forstbetrieb die Notwendigkeit ab, seine im Betrieb bereitgestellte Leistung individuell zu beurteilen, doch im Grunde genommen kann die bereitgestellte Leistung nur über den Vergleich mit anderen Betrieben bzw. mit vorangegangenen Perioden objektiv beurteilt werden.

Die Wirtschaftseinheit Forstbetrieb kann sehr allgemein betrachtet, immer in seine funktionale Teilsysteme, „Wertesystem“ (Ziele, Werte, Normen), „Leistungssystem“ (Holzproduktion, Nebennutzungen, Schutz- und Erholungsleistungen und Leistungen im Bereich der Umweltbildung), „Managementsystem“ (Betriebsführung) sowie das „Informationssystem“ (Gewinnung, Verarbeitung, Speicherung und Übertragung von Informationen), differenziert werden (OESTEN & ROEDER 2001).

Bei allen Unterschiedlichkeiten infolge der lokal bedingten Gewichtung der Teilsysteme, ist es gerade deshalb erforderlich eine einheitliche Definition vergleichbarer Befundeinheiten für forstliche Bewirtschaftungseinheiten anzustreben. Unter der Einbindung von Umfeldvariablen und der Abstrahierung von einheitlichen Strukturen unterschiedlich produktiver Wirtschaftsregionen wird versucht, einheitliche Maßstäbe für alle zu vergleichenden Befundeinheiten (Betriebe) anzulegen.

Zugegebenermaßen erfordert die Ableitung homogener Strukturen in Abhängigkeit von der Komplexität der Branche ein hohes Aggregationsniveau, was in der Folge dazu führt, forstbetriebliche Besonderheiten im Detail nicht immer berücksichtigen zu können und im Anlassfall sogar eine Aufgliederung in homogene Cluster durchführen zu müssen.

5.4.2 Charakteristik der forstlichen Betriebsstrukturen in Österreich

Es besteht überhaupt kein Zweifel, zur Performancebestimmung der forstlichen Branche die Betriebseinheit als Befundeinheit (DMU) heranzuziehen. Trotz dieser offensichtlich sehr einfachen Konvention, liegen die Schwierigkeiten jedoch im Detail. Denn aufgrund der Charakteristik der forstlichen Betriebsstruktur lassen sich nicht alle in Österreich datenmäßig erfassten forstlichen Betriebseinheiten ohne weiteres „über einen Kamm scheren“.

45 http://www.unister.de/Unister/wissen/sf_lexikon/ausgabe_stichwort784_22.html: Der Anbieter im homogenen Polypol hat keinen großen Handlungsspielraum. Der Preis als Aktionsparameter scheidet aus, und auch die Aktionsparameter Produktinnovation und Produktdifferenzierung kommen im homogenen Polypol nicht in Frage, da bei dieser Marktform homogene, und somit gleichartige Produkte unterstellt werden. Die Werbung ist ebenfalls wenig wirkungsvoll aufgrund des homogenen Gutes und des Nichtbestehens von Präferenzen. Die Wettbewerbsaktivität besteht letztlich darin, eine möglichst gewinnmaximale Menge auszubringen und die Produktionskosten zu senken, um so den Gewinn zu maximieren, damit man als Anbieter am Markt bestehen bleiben kann.

In Österreich stocken auf 3,96 Mio. Hektar 1,1 Milliarden Kubikmeter Holz, was eine Waldausstattung von 47.2% der gesamten Landesfläche bedeutet. Davon entfallen laut Österreichischer Waldinventur 2000/02, 53,8% auf den Kleinprivatwald (< 200ha) und 31,3% auf die Betriebe, die sich zu 10,1% aus Betrieben zwischen 200 und 1000ha sowie zu 17,9% aus Betrieben > 1000ha und zu 3,3% aus Gebietskörperschaften zusammensetzen. Die Österreichischen Bundesforste AG vereinnahmt schlussendlich noch die verbleibenden 14,9% der bewaldeten Fläche Österreichs.

Auch wenn in Österreich ein Forstökonomisches Monitoring permanent und ausgezeichnet verifizierte und dokumentierte Daten die Eigentumskategorien Groß⁴⁶- (>500 ha) und Kleinprivatwald⁴⁷ (<200 ha) bereitstellt, lassen sich für diese unter ökonomischen Gesichtspunkten nur eingeschränkt Vergleiche anstellen (SEKOT 2003).

Abgesehen von den heterogenen Größenverhältnissen sind es einerseits umfeldbedingte Faktoren wie die Standortverhältnisse (Produktionsgebiet), der Schutzwaldanteil oder aber auch die die Struktur des stehenden Holzvorrates durch die sich diese beiden Eigentumskategorien unterscheiden. Andererseits, bedingt durch die abweichenden Zielsetzungen der Betriebsformen, kommt es zu Abweichungen infolge des hohen Anteils an aussetzenden Betrieben und der akzessorischen Rolle der Forstwirtschaft in den gemischten land- und forstwirtschaftlichen Betrieben. Durch die Dominanz der Familienarbeitskräfte und dem hohen Anteil an Eigenverbrauch bedingt dominieren kalkulatorische Ansätze die Periodenergebnisse dieser Kleinprivatwälder sowie der gemischten land- und forstwirtschaftlichen Betriebe. Abgesehen davon bewirkt die zunehmende Landflucht ein weiteres Auseinanderklaffen dieser beiden Eigentümerkategorien, wodurch ein vernünftiger Vergleich noch unrealistischer wird (vgl. 5.4.4.2 und 5.4.4.3). Denn wie aus der Studie „Wer sind Österreichs WaldeigentümerInnen“ hervorgeht, nimmt das Interesse der Eigentümer zur Bewirtschaftung ihrer Kleinprivatwaldflächen, bedingt durch die unterschiedlichen Ausbildungs- und Berufsmöglichkeiten sukzessive ab (vgl. HOGEL ET AL. 2003).

5.4.3 Datengrundlage – Forstliches Testbetriebsnetz für den Groß- und Kleinprivatwald

Die Datengrundlage forstlicher Betriebsaufzeichnungen geht auf das nach wie vor institutionalisierte „Forstliche Monitoring“, das seinerzeit von Prof. Dr. Dr. hc R. Frauendorfer 1967 in Österreich ins Leben gerufen wurde, zurück (SEKOT 2003). Basis des Berichts sind periodenbezogene und schematisiert erhobene Betriebsdaten von ausgewählten Testbetrieben. Ursprünglich hatte dieses „Forstliche Testbetriebsnetz“ ausschließlich die Betreuung des Großprivatwaldes (Betriebe > 500 Ha) zum Ziel. Das nunmehr seit beinahe 40 Jahren durchgeführte forstbetriebliche Monitoring stellt mit seinen methodisch einheitlich erfassten Daten eine unglaublich wertvolle Datenquelle repräsentativer Kennzahlen für den Betriebstypus Großwald dar (SEKOT 2002).

Die Dokumentation forstökonomischer Betriebsaufzeichnung für den Kleinprivatwald hingegen entstand aus einer spezifischen Erweiterung des „Grünen Berichts“³³. Denn dort weist die landwirtschaftliche Statistik keine separaten forstlichen Kosten aus und

46 Das Flächenlimit von 500ha für den Großprivatwald geht auf die Bestellungspflicht eines höheren Forstorgans (Forstgesetz, 1975) zurück.

47 Gemäß dem Auswahlrahmen zur landwirtschaftlichen Statistik wäre der Kleinwald unter 200 ha in Österreich grundsätzlich durch die ca. 2400 Testbetriebe des Grünen Berichts (BMLFUW) repräsentiert. Da aber die landwirtschaftliche Betriebsstatistik nur wenige forstliche Kennzahlen separat erfasst, werden zusätzlich ausgewählten 106 + 16 Betriebe separat in einem Testbetriebsnetz für den Kleinprivatwald periodisch dokumentiert (Sekot 2003).

differenziert die erzielten forstlichen Erträge nicht ausreichend, so dass für den forstlichen Betriebszweig von kombiniert land- und forstwirtschaftlichen Betrieben keine Deckungsbeiträge und auch kein Betriebserfolg ermittelt werden kann (SEKOT 2003). Seit den frühen siebziger Jahren werden rund 100 - 120 ausgewählte Kleinprivatwaldbetriebe unter forstökonomischen Gesichtspunkten periodisch analysiert und in einem Testbetriebsnetz für den Kleinprivatwald dokumentiert.

Nach einer Harmonisierung der Erhebungsrichtlinien 2000 (SEKOT ET AL. 2000, und SEKOT 2000d) mit jener des Großprivatwaldes wurde die Ergebnisdokumentation transparenter gestaltet und um zusätzliche Kennzahlen sowie um den Vergleich der Resultate des Vorjahres erweitert. Durch die zusätzliche Implementierung ausgewählter Kennzahlen des landwirtschaftlichen Hauptabschlusses besteht dadurch auch die datenseitige Voraussetzung für die Auseinandersetzung mit den Rahmenbedingungen und dem Beziehungsgefüge der Kleinwaldwirtschaft im kombiniert land- und forstwirtschaftlichen Betrieb (SEKOT 2003).

Die Kontinuität dieses forstlichen Monitoringsystems nimmt nicht nur aus forstökonomischer Sicht einen maßgeblichen Stellenwert ein, sondern der Forstbericht an sich, der als Kooperation zwischen dem BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), dem Verband der Land und Forstbetriebe Österreichs und der Universität für Bodenkultur entstanden ist, hat sich auch als forstpolitische Institution etabliert.

Mit der Einrichtung des Testbetriebsnetzes „Großwald“ erfolgte die Verfolgung gleich mehrerer Zielsetzungen: Neben dem bereits vorhin angesprochenen forstökonomischen und forstpolitischen Stellenwert, wird abgesehen vom wissenschaftlichen Interesse, auch das Ziel verfolgt, den knapp 100 beteiligten Betrieben - den Waldbesitzern und Betriebsleitern - die Tragweite von Kostenrechnungsinstrumentarien durch externe Erheber näher zu bringen (SEKOT 2004).

Die wissenschaftliche Bedeutung dieses Langzeitprojektes besteht darin, ständig an der Weiterentwicklung des Kennzahlensystems und der Aufbereitung der Kennzahlen zu arbeiten. Durch die konsequente Verfolgung des Zieles, das Zahlenkonvolut der Betriebe schematisiert und übersichtlich aufzubereiten, forderte eine entsprechende Datenbanklösung ein, die 1998 von Prof. W. Sekot implementiert wurde. Das Datenbankschema bietet nun die entsprechende Funktionalität, auf Betriebs- und überbetrieblicher Ebene, die relevanten Kenngrößen hiebssatz- und einschlagsbezogen für die Betriebssteuerung auszuwerten.

Mit einer weiteren Funktionalität der Datenbankanwendung werden den Teilnehmern Unterlagen für den Richtwertvergleich sowie Hitlisten betriebsspezifisch aufbereitet, die eine individuelle Auseinandersetzung mit dem Führungsinstrument „Betriebsvergleich“ anregen und unterstützen sollten. Darüber hinaus wird der direkte zwischenbetriebliche Vergleich im Rahmen von mittlerweile acht etablierten Betriebsvergleichsgruppen mit insgesamt 41 Teilnehmern durch entsprechende Datenaufbereitungen und Mittelwerte aus der Testbetriebs-Datenbank unterstützt (SEKOT 2000 und 2004). Diese übersichtliche Aufbereitung der wesentlichen betrieblichen und überbetrieblichen Kennzahlen kann und sollte die potenziellen Grundlagen zur kosten- und ertragsoptimalen Betriebssteuerung liefern.

5.4.4 Vergleichbarkeit der Testbetriebsdaten des Groß- und Kleinprivatwaldes

Diese Datengrundlage liefert die Basis für zwischen- und überbetriebliche Datenaufbereitungen. Als Voraussetzung für die Durchführung von Betriebsvergleichen ist allerdings ein hohes Maß an „Vergleichbarkeit“ erforderlich.

Gerade aber im Zusammenhang mit der ökonomischen Analyse der forstlichen Produktion, die von natürlichen aber auch formalrechtlichen Rahmenbedingungen abhängt, beeinflussen heterogene und unkontrollierbare Einflussgrößen das Unsicherheitsmaß unter dem man zu entscheiden hat, dermaßen, dass ein zwischenbetrieblicher Vergleich zu keinem eindeutig nachvollziehbaren Befund führen muss (KÖPSELL 1983).

5.4.4.1. Problematik der Nicht-Erfassung des stehenden Waldvermögens

Allein die Frage der Erfassung des stehenden Waldvermögens, des großen „Lagers Wald“, stellt eine ganz wesentliche Problematik in der Vergleichbarkeit nach betriebswirtschaftlichen Kriterien dar. Der Grund für das Fehlen dieser Daten liegt darin, dass es per Gesetz⁴⁸ für Forstbetriebe nicht erforderlich ist, das Vermögen der Waldbestände zu erfassen und zu bilanzieren. Dieses Faktum führt zu folgenden zwei wesentlichen Nachteilen:

- 1 Das stehende Holz der Waldbestände, das in einem Forstbetrieb zugleich Produktionsfaktor als auch Produkt darstellt, wird nicht erfasst. In der Folge ist die Höhe des im Forstbetrieb eingesetzten Kapitals nur unvollständig dokumentiert.
- 2 Der Periodenerfolg sagt aufgrund der fehlenden Ermittlung und Bilanzierung des Waldvermögens über die Effizienz der Leistungserstellung nichts aus, da weder der Aufbau (Output) noch der Abbau (Input) des stehenden Holzvorrats dokumentiert sind.

Diese beiden Informationsmängel – Ermittlung des stehenden Holzvorrates und des Periodenerfolgs – bilden für die Aussagekraft eines Betriebsvergleichs eine ganz wesentliche Einschränkung (BERGEN 1998). Die Problematik im forstlichen Bereich besteht insbesondere darin, dass sich die jährliche, marktwirksame Produktion nur in der Größenordnung von ca. 2 % des stehenden Holzvorrats bewegt, und die Holzvorratsänderungen im streng nachhaltigen Betrieb gleich Null sind. Die unumgänglichen Umbewertungen auch eines in seiner naturalen Höhe unveränderten Holzvorrats würden die ökonomischen Effekte der Bewirtschaftung überdecken. Für vereinfachte, forstökonomische Überlegungen kann die hiebsatzbezogene Kalkulation als Surrogat für eine explizite Waldvermögensrechnung herangezogen werden (Karisch 2003).

5.4.4.2. Heterogenität des Groß- und Kleinprivatwaldes

Abgesehen vom Waldvermögen, das von keinem der Betriebe, ob für den Groß- oder Kleinprivatwald, explizit ausgewiesen ist, gilt es aber im Zusammenhang mit einer Effizienzbeurteilung nach DEA das Augenmerk auf die strukturell bedingten Umfeldeigenschaften und auf die Messbarkeit der relevanten Einflussgrößen zu richten. Denn darin liegen die eigentlichen Ursachen, weshalb es nach Sekot (2003) zu keinem sinnvollen Vergleich zwischen Groß- und Kleinprivatwald kommen kann.

⁴⁸ Die Regelung der BAO (Bundes Abgabenordnung) trägt nur den objektiven Schwierigkeiten einer zuverlässigen Bestimmung des Waldvermögens Rechnung.

Diese beiden Eigentümerkategorien verfolgen von Grundauf unterschiedliche Strategien. Der Kleinprivatwald wird in der Regel als aussetzender Betrieb geführt, der bei Bedarf zur Einkommenssicherung oder zur Bereitstellung von Bauholz bzw. für die Finanzierung größerer Investitionen herangezogen wird. Der Großprivatwald auf der anderen Seite, ist zumeist als Dauerbetrieb eingerichtet, in dem Arbeiter wie Angestellte ein Arbeitsverhältnis haben und der von einem staatlich geprüften höheren Forstorgan (Förster oder Forstakademiker, Forstgesetz 1975) gewöhnlich nach ökonomischen Gesichtspunkten geführt wird.

Ein Vergleich mit dem Kleinprivatwald zur quantitativen Effizienzbeurteilung auf Basis des Periodenergebnisses lässt sich abgesehen von Flächen- und Strukturunterschieden auch unter Betrachtung des Einsatzes an Humanressourcen kaum argumentieren. Denn im Gegensatz zum Großprivatwald sind im Kleinprivatwald zu einem großen Teil Familienarbeitskräfte in den Produktionsprozess eingebunden. Deren zeitlicher Arbeitsaufwand wird im Rahmen der Betriebsabrechnung mit einem kalkulatorischen Arbeitseinkommen bewertet, das a priori nicht einem Faktorpreis entspricht (SEKOT 2003).

Mit den hier aufgezeigten Differenzen zwischen den Testbetriebsnetzen Groß- und Kleinprivatwald, wird zwar die Unmöglichkeit einer gemeinsamen Effizienzbeurteilung dieser beiden Eigentümerkategorien aufgezeigt, was aber dennoch auf keinen Fall bedeuten soll, dass nicht die Beobachtungen jeweils innerhalb der beiden Testbetriebsnetze evaluiert werden können.

5.4.4.3. Exkurs: Evaluierungskonzept - Kleinprivatwald

Beispielsweise wäre es für die Evaluierung der Kleinprivatwaldbetriebe möglich und auch eine interessante Herausforderung, die physischen Produktionsfaktoren und Leistungsgüter von Kleinprivatwäldern in ein naturales DEA Modell zu integrieren und den Erträgen aus Rund- Industrie- und Brennholz des Familieneinschlags die physischen Produktionsfaktoren, Stunden Familienarbeit, Stunden Traktoreinsatz etc. gegenüberzustellen.

In einer nachgelagerten statistischen Analyse (vgl. 4.3.1.3) könnte man dann analysieren, wie die abgeleitete Effizienz von der Höhe des Einschlags bzw. von der Nutzungsintensität auf der Fläche sowie dem forstlichen Ausbildungsgrad der Familienarbeitskräfte oder aber auch von der Verteilung der abgesetzten Sortimente abhängt.

Außerdem würde es Sinn machen auch der Frage nachzugehen, wie man den nicht unwesentlichen Anteil an Eigenbedarf in ein derartiges Modell einbinden könnte. Denn als Hypothese würde man annehmen, dass Kleinprivatwaldbetriebe, die ausschließlich für den Eigenbedarf produzieren, ineffizienter sind als jene, die Sortimente für den Markt bereitstellen oder sowohl für den Eigenbedarf als auch für den Markt produzieren. Denn üblicherweise muss man zur Abdeckung des Eigenbedarfs nicht an die Grenze des Hiebssatzes herangehen und verwendet für den Prozess mehr Zeit und nur die notwendigste technischen Ausstattung, im Vergleich zu einer kommerziellen Nutzung.

Hinzu kommt noch, dass bei gemischten land- und forstwirtschaftlichen Betrieben nur geringe Opportunitätskosten für jene in der Landwirtschaft nicht benötigten Rest-Arbeitskapazitäten bzw. bei sonstigen Kleinprivatwaldbesitzern ein fließender Übergang zur produktiver Freizeitbeschäftigung besteht, wodurch sich eine geringere Effizienzanforderung zur Bereitstellung des Eigenbedarfs begründet.

5.4.4. Ansätze zur Vergleichbarkeit heterogener Ausgangsdaten

Auch wenn hier die Problematik der Heterogenität und der unterschiedlichen Struktureigenschaften der Beobachtungen für die Effizienzbeurteilung forstlicher Betriebseinheiten aufgezeigt wurde, sollte das auf keinen Fall dazu veranlassen in eine Lethargie zu verfallen und es bei bisherigen Lippenbekenntnissen „effizient und gut, wenn nicht sogar spitze zu sein“, bewenden zu lassen. Denn erst durch einen quantitativen Analyseansatz zur Beurteilung ähnlich strukturierter Einheiten wird über die daraus abgeleitete Performance der Erfolg oder Misserfolg messbar.

Die Anforderungen für die Durchführung eines Vergleichs sind denkbar gering. Dazu müssen formal betrachtet nur die strukturellen Bedingungen der Technologiemenge (vgl. 3.3) und die Spezifikation der Befundeinheiten (vgl. 4.3) und der Beurteilungskriterien (vgl. 4.4) erfüllt sein. Die Einzige tatsächliche Einschränkung stellt die kardinale Messbarkeit (4.4.5) der Beurteilungskriterien dar (SCHEEL 2000).

Letztendlich ist festzuhalten, dass die Vergleichbarkeit nicht absolut, sondern immer nur kontextbezogen zu definieren ist. Als Determinante der Vergleichbarkeit sind somit jeweils jene betriebstypologischen Kriterien heranzuziehen, die in Bezug auf die Analyseziele ein hohes Informationspotenzial der Vergleichsaussage erwarten lassen (SEKOT 1998). Trotz der Unsicherheit die ein Betriebsvergleich beinhaltet, ist der Bedeutung der ausgewiesenen Extremum-Kennzahlen (Hitliste, Ranking) oder aggregierte Kennzahlen durchaus eine entsprechende Bedeutung zuzumessen. Als Datengrundlage liefert der BAB der Testbetriebserhebungen die quantitativen Grundlagen für die Entscheidungsfindung von anstehenden operativen Maßnahmen im Forstbetrieb.

Von vornherein sollte die Vergleichbarkeit aber nicht nur auf eine betriebstypologische Betrachtungsweise fokussiert werden. Insbesondere für spezifische Fragestellungen wie der Beurteilung von Effizienz von Betrieben führen zu der Überlegung, sich von der bisherigen Typologisierung nach Kriterien wie der Betriebsgröße und dem Produktionsgebiet zu lösen und produkt- bzw. marktbezogene Kriterien für den Vergleich von Betriebseinheiten in einem einigermaßen homogenen Umfeld heranzuziehen.

5.4.5 Verwendungsbedarf und Zielsetzung von DEA im Zusammenhang mit der Performancebeurteilung von Betrieben des Großprivatwaldes

Im Prinzip zielt die Beurteilung der Performance von Forstbetrieben darauf ab, die Anwendbarkeit von DEA auf forstbetriebliche Fragestellungen empirisch zu prüfen und dabei jene Betriebe auszuweisen, die die Best Practice markieren. Gerade in einem derartigen benchmarking⁴⁹ Prozess ist es notwendig, objektive Kriterien (Kennzahlen) für eine solche Evaluierung heranzuziehen. Es gilt folglich zu prüfen, inwieweit die Datenbasis des Forstberichts ausreichende Informationen liefert, um daraus ein praxisnahes DEA Modell zu generieren und gegebenenfalls entsprechende Vorschläge für zusätzlich zu erfassende Variablen festzuhalten.

In den bisherigen Auswertungen des Forstberichts wurden in anonymer Form für verschiedene forstlich relevante Kriterien Hitlisten und Gruppenmittelwerte⁵⁰ getrennt nach dem Produktionsgebiet ausgegeben, über die sich die Betriebe anhand der

49 <http://www.projektmanagement-glossar.de/glossar/gl-0015.html> Benchmarking ist die Durchführung einer wettbewerblichen Vergleichsanalyse. Normalerweise erfolgt dies mit Hilfe eines festzulegenden Kennzahlensystems, das die Vergleichskriterien und deren quantitative Bestimmung definiert.

50 Die ursprüngliche Datenaufbereitung enthielt nur den Richtwertvergleich (d.h. Gruppenmittelwerte). Erst nach und nach wurden zusätzlich auch Rankings und darauf aufbauende Benchmarks den Betrieben angeboten (Sekot 2004).

Performance von ausgewählten Einzelkriterien im Branchenumfeld orientieren können. Diese von Prof. W. Sekot entwickelte Form des kennzahlenbasierten Benchmarkings bezieht sich allerdings immer nur auf ein einzelnes Merkmal (Kennzahl). Da vielfach Extremwerte nicht immer im Sinne von Bestleistungen entstehen sondern in der Forstwirtschaft von den Folgen außergewöhnlicher oder vielmehr unerwarteter Verhältnissen charakterisiert sind, werden die Referenzwerte als Mittel der besten 25% (der obersten Quartile) definiert (SEKOT 2004)

Mit der Implementierung der DEA (Data Envelopment Analysis) Analyse wird nun eine Weiterentwicklung des bisherigen Best Practice Ansatzes angestrebt, die sich insbesondere in einer gesamtheitlichen Analyse von Verbesserungs- bzw. Rationalisierungspotenzialen manifestiert.

Durch eine entsprechende Auswahl jener Input- und Outputkriterien, die einen Forstbetrieb mit den momentan zur Verfügung stehenden Daten am vollständigsten charakterisieren, wird versucht über DEA einen ganzheitlichen Performancevergleich unabhängig von Betriebsgröße, Eigentumsform oder Produktionsgebiet umzusetzen. Auch wenn infolge der Unsicherheit der Datenqualität und der Unvollständigkeit der Datensätze noch Adaptionsbedarf besteht, soll dieser Ansatz aber insbesondere dazu dienen, genau diese Mängel aufzuzeigen.

Im Gegensatz zu den Kennzahlen bezogenen Hitlisten wird bei DEA aus bestehenden Best-Practice Einheiten über einen linearen Programmialgorithmus jene virtuelle Best-Practice Einheit (Referenzeinheit, vgl. Fußnote 13) konstruiert, die der radialen Projektion einer ineffizienten Einheit an die Effizienzgrenze entspricht. Damit wird es aber möglich, jenen Faktor über die Benchmarkeinheiten zu ermitteln um den alle Input- bzw. alle Outputmerkmale reduziert bzw. gesteigert werden müssten, um eine Performance von 100% zu erreichen.

Die wesentliche Weiterentwicklung durch die Implementierung von DEA wird in der quantitativen Analyse der verschiedenen Auswertungsvarianten gesehen. Durch die Gegenüberstellung des IST- Zustandes und den generierten Target Values (siehe, 3.8.2) soll es möglich gemacht werden, plausible Empfehlungen an ineffiziente Betriebe zu geben, um deren Performance an den Bereich von effizient operierenden Betrieben (Best Practice), mit ähnlichen Produktionsverhältnissen heranzuführen zu können.

Die maßgebliche Einschränkung für die Praxisreife bildet aber die Konzeptionierung des Modells an sich. Denn kein Modell kann alle Aktivitäten einer Einheit über metrisch erfassbare Kennzahlen ganzheitlich abbilden, wodurch sich die ausgewiesenen Target Values ausschließlich auf die Grundgesamtheit jener im Modell unterstellten Merkmale beziehen. Die Akzeptanz und die Aussagekraft eines Modells stehen und fallen mit der Wahl und der Verfügbarkeit der Auswahlkriterien.

Voraussetzung für die methodischen Annahmen sind die Überlegungen darüber, welche gezielte Aussage man mit einem entsprechenden Modell verfolgt. Mit DEA lassen sich, wie bereits dargestellt, Auswertungen differenziert nach unterschiedlichsten Gesichtspunkten aufbereiten. Entscheidend für die Qualität der Aussagekraft eines Modellergebnisses sind aber letztendlich immer die für die Fragestellung adäquat aufbereiteten Grunddaten.

In Anlehnung an die bisher zur Verfügung stehenden Hitlisten, die aktuell als Referenz für die Best Practice innerhalb des Testbetriebsnetzes verwendet werden, erfolgte die Konzeptionisierung der Modellvarianten für die DEA Analyse.

Mit der Implementierung von multiplen Inputs und Outputs in ein DEA Modell strebt man das Ziel an, die Performance der Betriebe ganzheitlich abzubilden und deren relativen Abstand zu vergleichbaren „Best Practice“ Einheiten zu dokumentieren. In der Folge werden vor allem für ineffiziente Betriebe Analysen angestellt, um diese Betriebe in den Bereich der effizienten Betriebe heranzuführen. Dazu bedarf es einer differenzierten Betrachtung einer ineffizienten Einheit hinsichtlich ihrer technischen, größenabhängigen und ökonomischen Performance. Über den aus den effizienten „Referenzeinheiten“ („Best Practice“ Einheiten) abgeleiteten Effizienzwert erfolgt die Generierung von SOLL-Größen (vgl. 3.8.2 Target Values), die maßgeblich zur Festsetzung von operativen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung beitragen sollen.

5.4.6 Definition von homogenen Befundeinheiten

Aus dieser Zielsetzung heraus, jene Forstbetriebe zu markieren, die auch die Referenzeinheiten („Best Practice“) für ineffiziente Betriebseinheiten darstellen, leitet sich ab, dass sich in den Modellkonzeptionen die homogene Befundeinheit (DMU), auf den Forstbetrieb bezieht.

Forstbetriebe per se, könnte man annehmen, könnten nicht unterschiedlicher sein. Die Problematik rund um die Vergleichbarkeit von Kennzahlen wurde bereits unter 5.4.4 abgehandelt. Die Diskussion über die Vergleichbarkeit und die Homogenität von Wirtschaftseinheiten ist in jedem anderen Fall in ähnlicher Form zu führen.

Wesentlich für die „Testbetriebseinheiten“ bleibt aber, dass es sich bei diesen um betriebliche Einheiten handelt, die in derselben Branche, über längere Zeit stabil und in etwa unter denselben ökonomischen Zielsetzungen operieren, nämlich gewinnorientiert den Holzproduktionsbetrieb und die Nebenbetriebe zu bewirtschaften (vgl. 4.3).

Selbstverständlich erfolgt dabei eine losgelöste Betrachtung der wirtschaftlichen Einheit von ihren individuellen Gegebenheiten. Würde man diese zur Gänze berücksichtigen wollen, könnte man keine homogenen Befundeinheiten bilden, sondern jede Einheit würde als Ausnahmefall dargestellt werden. Ein derartiges Vorgehen würde jede Einheit gegenüber Vergleichen mit anderen immunisieren und jegliche Formen der Diskussion bezüglich abweichender Ergebnisse wird und würde auf die abweichenden betrieblichen Rahmenbedingungen zurückgeführt werden.

Als Einschränkung für die Auswahl der forstbetrieblichen Wirtschaftseinheiten wurde die Annahme getroffen, dass das Untersuchungssample ausschließlich nur solche Betriebe beinhaltet, die unter Einbringung sowohl eigener Arbeitskräfte als auch unter dem Zukauf von Fremdarbeitsleistungen ihre Einheiten bewirtschaften. Dieser Betriebstypus stellt den bei Weitem größten Anteil in der Großwaldbewirtschaftung in Österreich dar und eignet sich aufgrund der großen Anzahl an Beobachtungen und der damit zu erwartenden Diskriminanz der Resultate besonders für eine DEA Analyse. Von den in Frage kommenden Betrieben wurden schließlich jene Betriebe berücksichtigt, die über die letzten fünf Jahre von 1997 – 2001 konstant in der Datenbank Großwald dokumentiert sind.

Solche Einheiten, die ausschließlich mit Fremdarbeitskräften arbeiten oder ihren gesamten Umsatz über den Verkauf am Stock lukrieren, fanden in dieser Untersuchung keine entsprechende Berücksichtigung. Dies hat seine Begründung in erster Linie methodologisch. Die Berücksichtigung einer Einheit, die zur Leistungserstellung von einem Produktionsfaktor 0 Einheiten benötigt, ist in jedem Fall am ressourceneffizientesten, auch wenn dadurch höhere Fremdleistungskosten bzw. im Fall

des Stockverkaufs keine Arbeitsleistung und dafür niedrigere Erlöse je Erntefestmeter entstehen. Diese beiden Formen der Bewirtschaftung wurden aufgrund dieser Zusammenhänge und aufgrund der geringen Anzahl von Fällen a priori nicht in das Sample aufgenommen.

5.4.7 Selektion der relevanten Input- und Outputmerkmale

Die Wahl der multiplen Input- und Outputvariablen ist unter der Prämisse zu treffen, alle Aktivitäten einer wirtschaftlichen Einheit ganzheitlich darzustellen. Das forstliche Testbetriebsnetz für den „Großwald“ bietet mit seinem Betriebsabrechnungsbogen (BAB) die entsprechende Datengrundlage.

Auch wenn der BAB sehr detailliert Kennzahlen ausweist, so ist der Modellbildner trotzdem an die Einhaltung der Rahmenbedingungen von DEA gebunden und muss darauf achten, die Kennzahlen zu entsprechenden Aggregaten zusammenzufassen, um ein möglichst diskriminantes Modell (vgl. 4.4.1) zu erhalten.

Die erhobenen Daten liegen nach dem BAB Konzept getrennt nach Kostenstellen (KST) und Kostenarten (KOA) sowie nach Ertragsartenkombinationen (EA) vor. Eine Übersicht über die Zusammensetzung der Codierungen und Bezeichnungen der KOA, KST und Ertragsarten (EA) sind dem Anhang 9.1 zu entnehmen. Für eine exakte Vorgehensweise bei der Modellbildung ist auf die strikte Trennung von Kostenarten und Kostenstellen zu achten. Eine Vermischung würde zu Redundanzen und zur Überrepräsentation mancher Kriterien führen.

Problematik des nicht dokumentierten stehenden Waldvermögens

Unabhängig davon, ob für die Festlegung der Inputfaktoren der kostenarten- oder kostenstellenbezogene Ansatz verwendet wird, ist man bei periodenbezogener Betrachtung mit dem Problem konfrontiert, dass der Periodenaufwand in einem Forstbetrieb nicht unbedingt mit den erzielten Holzerträgen korrelieren muss. Solange nämlich die Veränderungen am stehenden Waldvermögen nicht dokumentiert sind, können die Auswirkungen von Pflegeeingriffen auf die Entwicklung des Waldvermögens nicht abgebildet werden.

Bisher haben kurzfristige Betrachtungen jedenfalls Ergebnisse entgegen der langfristigen Vermögenswirkung geliefert. Die Unterlassung waldbaulicher Maßnahmen führte kurzfristig immer zur Steigerung des Periodenergebnisses und nicht, wie erwartet, zu einer Wertsteigerung des forstlichen Vermögens (Jöbstl 1998).

Die Diskussion rund um die Problematik der Auswirkungen von waldbaulichen Investitionen auf die betriebliche Wertschöpfung kann und muss auf die Veränderung des Waldvermögens ausgedehnt werden. Bedingt durch die Langfristigkeit der Produktion und die Entkoppelung der biologischen und technischen Produktion braucht aus buchhalterischer Sicht die Veränderung des Waldvermögens nicht erfasst zu werden, wodurch der Transformationsprozess der eingesetzten Produktionsfaktoren in entsprechende Outputs periodenbezogen nur unvollständig dokumentiert ist. Im Gegensatz zur Outputseite, die in Bezug auf waldbauliche Leistungen oder Leistungen der Verwaltung und der Anlageninstandhaltung nur lückenhaft oder gar nicht angeführt werden, liegt auf der Inputseite eine vollständige Dokumentation der Leistungsbereiche für die einzelnen Kostenstellen vor.

Auch wenn versucht wurde, diese fehlenden Elemente auf der Outputseite über das Surrogat „sonstige Erlöse“ indirekt zu erfassen, kann diese Lücke der unvollständigen

Outputleistungen nicht geschlossen werden. Neben der Dokumentation der Veränderung des Waldvermögens fehlen somit noch weitere nicht unwesentliche Elemente der Outputleistungen, zur vollständigen Dokumentation der forstbetrieblichen Aktivitäten.

In Anlehnung an die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung wäre es durchaus denkbar, die Veränderung des Waldvermögens näherungsweise über den jährlich geleisteten naturalen Zuwachs bzw. den Wertzuwachs (Output) und den entnommenen Erntemengen (Input) herzuleiten (SEKOT 2004). Aus der Datenquelle „Testbetriebsnetz Großprivatwald“ sind die Zuwachseleistungen der einzelnen Perioden aber nicht entsprechend dokumentiert, weshalb diese Herangehensweise nicht anwendbar war.

Um die Problematik der Waldvermögensänderung nicht ganz außen vor zu lassen, kann alternativ eine hiebsatzbezogene Bereinigung der dokumentierten Daten vorgenommen werden, um zumindest näherungsweise über den inversen Nutzungskoeffizienten, (Einschlag/Hiebsatz) den Auf- oder Abbau des Waldvermögens zu berücksichtigen.

Festlegung der Kostenarten als Inputfaktoren

Die hier ausgewiesenen Kriterien stellen eine Vorselektion jener relevanten Input- und Outputkriterien für die Modellbildung dar, die aus dem Pool der Daten des Testbetriebsnetzes gefiltert wurden. Auch wenn bereits in der Diskussion rund um die Problematik des Waldvermögens darauf hingewiesen wurden, dass weder die Kostenarten noch die Kostenstellen in unmittelbarem Zusammenhang mit den Holzerträgen stehen, werden für die Festlegung der Inputfaktoren ausschließlich Kosten verwendet.

Ausschlaggebend dafür ist, dass für die DEA Analyse sowohl eine wert- als auch mengenbezogene Auswertung erfolgen soll. Nachdem ein Großteil der Kostenarten sowohl wert- als auch mengenmäßig dokumentiert ist, fiel die Entscheidung zugunsten der Kostenarten aus.

Einschränkung für die zu selektierenden Modellvariablen

Obwohl das Set der Kostenarten umfangreich dokumentiert ist, muss dennoch auf die Diskriminanz des Modells, wie unter 4.4.1 dokumentiert, geachtet und in Summe nicht mehr als acht Input- und Outputkriterien für die Modellbildung gewählt werden⁵¹. Gegebenenfalls müssen manche Kriterien zu einem einzigen Merkmal aggregiert werden oder anstelle von Absolutgrößen Werte je Bezugsgröße gewählt werden, um die Zahl der Parameter gering zu halten.

Trennung in mengen- und wertbezogene Merkmale

Würde man beispielsweise ausschließlich nur Kriterien zulassen für die Marktpreise existieren, könnte man über den Marktpreis eine Gewichtung der Outputs und Inputs herbeiführen und so relativ einfach den Quotienten, Output/Input als Effizienzwert berechnen. Zur Beurteilung der relativen Performance der untersuchten Einheiten würde das nur dann Sinn machen, wenn davon ausgegangen werden kann, dass diese Marktpreise auf einem vollkommen freien Markt gebildet wurden und somit für alle Einheiten in gleicher Höhe wirksam werden.

Da man in der Forstwirtschaft aber davon ausgehen muss, dass die Preisbildung von der Region aber auch von den topografischen Verhältnissen bzw. von der Alterstruktur der Arbeiter und Angestellten abhängig ist, kann und darf eine faire Beurteilung der Effizienz

⁵¹ Es ist darauf zu achten, dass je mehr Variable man einsetzt, umso mehr Betriebe als effizient ausgewiesen werden. Umgekehrt nimmt die Straffheit des Modells mit zunehmender Anzahl von Entscheidungseinheiten zu. Im Durchschnitt sind zumindest 10 Mal so viele Entscheidungseinheiten wie Entscheidungskriterien erforderlich.

nicht ausschließlich nach monetären Gesichtspunkten erfolgen, sondern muss viel mehr auf die Basis der zugeführten Faktor- und der produzierten Leistungsmengen erfolgen.

Festlegung der multikriteriellen Merkmale

Aus den zur Verfügung stehenden Kostenarten wurden jene Merkmale für die DEA Studie selektiert, die einerseits den Größeneffekt der Einheit wiedergeben und andererseits die entscheidenden Kosten- und Ertragsarten zur Abbildung des Holzproduktionsbetriebs darstellen. Damit es aber zur vollständigen Abbildung des gesamten Holzproduktionsprozesses innerhalb einer Einheit kommt, sind die noch nicht berücksichtigten Kosten- und Ertragsarten unter den sonstigen Kosten und Erträgen zusammengefasst.

Verwendete Inputvariablen:

1) Fläche:

Die Produktionsfläche, (Ertragswaldfläche) bildet die Grundvoraussetzung für wirtschaftliche Tätigkeiten im Urproduktionssektor und stellt aber gleichzeitig auch einen wesentlich limitierenden Faktor dar. Denn der Urproduzent kann seinen mengenmäßigen Output zum größten Teil nur über Flächenexpansion steigern. Doch die Fläche an sich wird als eine fix vorgegebene und damit unkontrollierbare Größe betrachtet und als solche wird sie auch in dem hier festgelegten Modell berücksichtigt.

2) Reduzierte Angestellte:

Dabei handelt es sich um ein Äquivalent an Vollarbeitskräften für die im Forstbetrieb sowie den forstbetrieblich umgelegten Hilfsbetrieben (anteilig) tätigen Angestellten, wobei der Unternehmerlohn hier nicht mitberücksichtigt wird.

3) Leistungsstunden:

Für jeden Forstbetrieb sind die durch die eigenen Arbeiter im Holzproduktionsbetrieb geleisteten Stunden aufgelistet.

4) Fremdleistungskosten:

Da es nicht möglich ist, einen Stundennachweis für Fremdleistungseinsätze in der Holzbereitstellung zu erbringen, werden hier einfach die für die Produktion angefallenen Fremdleistungskosten angeführt.

Ausschlaggebend für die hier als eigene Kriterien ausgeschiedenen Kostenarten (Gehalts- Regie- & Fremdleistungskosten) war der hohe Anteil dieser Kostenarten an den Gesamtkosten der Forstbetriebe sowie der Umstand, dass diese Kostenarten sowohl wert- als auch mengenmäßig dokumentiert sind.

5) Sonstige Kosten:

Zur vollständigen kostenseitigen Abbildung des Modells werden unter sonstige Kosten alle jene Kosten aggregiert, die nur in geringem Umfang wirksam sind und die nicht in allen Betrieben in ähnlicher Struktur und Intensität auftreten. Es handelt sich dabei um die Zusammenfassung folgender Kostenarten: Steuern, sonstige Kosten, sonstige Fremdleistungskosten (Instandhaltung, Beratung, Miete und Pachte), Abschreibungen, Energie, Material und Unternehmerlohn.

Verwendete Outputvariablen:

- 1) Sägesortimente:
Darunter sind alle Laubsägerundholz- und Nadelsägerundholzsortimente zusammengefasst. Dieser Bereich, Sägerundholzbereitstellung, stellt den größten Anteil am Kerngeschäft der meisten Forstbetriebe dar.
- 2) Industrieholz und Brennholzsortimente:
Als so genannte Kuppelprodukte fallen in der Forstwirtschaft Industrieholz und Brennholzsortimente an, die aber in jüngster Zeit aufgrund neu entwickelter Verarbeitungstechnologien an Bedeutung gewinnen.
- 3) Sonstige Erträge:
Ähnlich wie bei den sonstigen Kosten werden auch hier auf der Ertragsseite sonstige Erträge zur vollständigen Erfassung der angefallenen Erlöse angeführt.
Grundsätzlich sind darunter Erlöse wie Nebennutzungen, Benützungsentgelte, Kostenersätze sowie Förderungen subsumiert.

Indizes zur Berücksichtigung von Umwelteinflüssen

- 1) Nachhaltigkeitsindex:
Um den Einfluss von forstwirtschaftlichen Maßnahmen auf das stehende Waldvermögen zu berücksichtigen, wurde in einem Modell versucht, über einen derartigen Index (Hiebsatz zu Einschlag) die „Nachhaltigkeit“ von forstlichen Eingriffen in die Effizienzbeurteilung mit einzubeziehen.

Berücksichtigung von unkontrollierbaren Variablen

- 1) Arrondierung
- 2) Seilgelände
- 3) Produktionsgebiet

Zur vollständigen Abbildung der Aktivitäten einer Betriebseinheit und zur Objektivierung des Performancevergleichs, sollten diese Größen mitberücksichtigt werden. Nachdem es sich dabei aber um nominal bzw. ordinal skalierte Größen handelt, fanden diese Kriterien für die Bestimmung eines aggregierten Effizienzwertes keine Berücksichtigung. Ob diese Kriterien allerdings einen signifikanten Einfluss auf den abgeleiteten Effizienzwert haben, muss über eine Varianzanalyse in einer zweiten Phase bestimmt werden.

Einbeziehung von unerwünschten Outputs

Würden durch die Bewirtschaftung von forstlichen Betriebseinheiten markante unerwünschte Outputs entstehen, die für die Beurteilung der relativen Effizienz zu anderen forstlichen Wirtschaftseinheiten maßgeblich und praktikabel quantifizierbar wären, könnten diese hier in Anlehnung an die Ausführungen unter 4.4.8 implementiert werden.

Ansätze zur Definition von unerwünschten Outputs liefern die Studien der ÖBf-AG zur SBSC (Sustainability Balanced Score Card) sowie die L2 Kriterien des Lissabon-Abkommens der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder. Darin werden unter anderem Sachfragen die durch erwerbswirtschaftliche Forstwirtschaft zu unerwünschten Outputleistungen führen, Ernteschäden, Schädlingsbefall, abiotische Schadereignisse, Arbeitsunfälle, Bodenverdichtung und die Verringerung der Biodiversität, thematisiert.

Ergänzungen zur Outputspezifikation

Bisher war der Fokus der Effizienzbetrachtung auf der Outputseite immer auf den erwerbswirtschaftlichen Aspekt der Holzproduktion gerichtet. Die Output-Aktivitäten eines Forstbetriebs zur Effizienzbeurteilung könnten aber auch nach den Aspekten der forstlichen Gesamtrechnung (FGR) erfolgen.

Monetäre Outputgröße:

Dieser Outputfaktor setzt sich aus einem allfälligem kalkuliertem Arbeitseinkommen und dem Gewinn zusammen, und ist um die Vermögensänderung, die durch das hiebsatzbezogene Ergebnis sowie gegebenenfalls auch durch die Verkehrswertentwicklung induziert wird, zu korrigieren.

Immaterielle Outputgröße:

In dieser komplexen, immateriellen Outputgröße sollten Aspekte wie die Jagdausübung sowie die Betreuung von Jagdgästen, die Vermietung von Immobilien, das Wohnen im Bereich des eigenen Grundbesitzes, der Erhalt von Tradition und Familienbesitz sowie von Familien-Prestige enthalten sein.

Es erscheint vorerst einmal unmöglich, für die hier angesprochenen Aspekte eine operationale Messanweisung zu konzipieren. Bestenfalls würden sich Surrogate, die noch zu entwickeln wären, eignen, um zumindest teilweise die hier genannten Punkte indirekt in einer DEA Analyse zu berücksichtigen.

5.4.7.1 Charakteristik der Input- Outputtransformation

Alleine die Festlegung der Entscheidungskriterien zur Herleitung des Effizienzwertes ist noch nicht ausreichend für eine vollständige Modellbildung. Es muss noch die Entscheidung getroffen werden, ob man in Abhängigkeit des produktionstechnischen Prozesses ein input-, output- oder unorientiertes Modell für die Auswertung wählt.

Im Falle der Forstwirtschaft spiegeln das inputorientierte bzw. das nicht orientierte Modell das Verhalten der wirtschaftlichen Akteure innerhalb der Branche am besten wider. Denn aufgrund der bereits erwähnten oligopsonartigen Marktverhältnisse sind die österreichischen Forstbetriebe zwar Preisnehmer jedoch nicht unbedingt dementsprechend rationale Mengenanpasser, was durch eine Studie zum inversen Marktverhalten von Großwaldbetrieben teilweise bestätigt wurde (SCHWARZBAUER ET AL. 1993). Abgesehen von diesem marktspezifischen Charakteristikum führen die eingeschränkten Möglichkeiten zum echten Wachstum (Steigerung des Verkehrswertes, biologische Produktion) ebenfalls dazu, die Optimierung des Faktoreinsatzes in den Blickpunkt der forstlichen Rationalisierung zu rücken.

Solange nämlich der Verkehrswert bzw. Liquidationswert, so wie im Branchenumfeld üblich, über dem Ertragswert liegt, erscheint die Fokussierung auf die Maximierung der Absatzseite aus betriebstechnischer Sicht als unbedeutend. Auch wenn eine Variation des Outputs grundsätzlich möglich wäre, so ist diese Variation des Outputs unter dem Aspekt der gegebenen Rahmenbedingungen zu betrachten. Einmal festgelegte Behandlungsprogramme für Bestände oder Teilflächen, die mit spezifischen Baumarten begründet wurden, die eine entsprechende Umtriebszeit bis zum Abtrieb benötigen, lassen sich nur unter finanziellen Abschlägen abändern oder neu gestalten.

Im Zusammenhang mit der Performance - Analyse mittels DEA bildet auch die Frage der Skalenabhängigkeit der Effizienz ein zentrales Thema. Zur Herleitung einer fundierten Antwort sind dazu die Auswertungen sowohl nach konstanten, variablen sowie nicht

steigenden und nicht fallenden Skalenniveaus erforderlich, um über deren logischen Zusammenhänge für jede zu beurteilende Einheit jenen Anteil an Ineffizienz zu ermitteln, der auf das Skalenniveau zurückzuführen ist (Cooper 2003).

Da in der Forstwirtschaft aufgrund der unterschiedlichen forstlichen Wuchsleistungen und der umweltbedingt abhängigen Bewirtschaftungsform auf gleichen Flächeneinheiten Produktivitätsunterschiede evident sind, erfolgen alle Auswertungen der Effizienzbestimmungen nach variablen Skalenniveaus⁵², so dass im relativen Performance - Vergleich die betreffenden Einheiten nur mit den „Best – Practice“ Einheiten ihrer Peer Group⁵³ verglichen wird. Auch wenn die unter variablen Skalenerträgen ausgewiesenen Effizienzwerte mit Ausnahme der skaleneffizienten Einheiten gegenüber konstanten Skalenerträgen eine bessere Performancebeurteilung erhalten, erscheint es aus betriebstechnischer Sicht nachvollziehbar, nur Einheiten mit ähnlichem Produktionsniveau zu vergleichen.

Produktionstechnische Effekte hingegen, die auf Betriebsebene zu degressiven oder auch progressiven Effekten führen, schlagen sich indirekt im Input- / Outputniveau nieder, weshalb man derartige Einflüsse in diesem Zusammenhang nicht gesondert behandeln muss, da deren Auswirkung bereits in der Ausweisung der Skaleneffekte Berücksichtigung findet.

5.4.7.2 Plausibilität, Richtigkeit und Stabilität des Datensets

Obwohl das Monitoringnetz Großprivatwald eine sehr umfangreiche und umfassende Datenstruktur aufweist, die auch regelmäßig über Kontrollabfragen auf ihre Richtigkeit und Plausibilität hin überprüft wird, treten auch hier vor allem über die Jahre gesehen manche Datenmängel und Datenfehler auf. Im Wesentlichen lassen sich diese Inkonsistenzen aber auf Änderungen und Weiterentwicklungen des Erhebungskonzepts zurückführen. Jene Daten, die ab 1998 optional zusätzlich erhoben werden, sind in früheren Erhebungsperioden nicht dokumentiert.

Da allerdings das nicht parametrische Verfahren (Gstach 2002)⁵⁴, das DEA zu Grunde liegt, den ganz wesentlichen Nachteil beinhaltet, nicht auf statistisches Verrauschen (statistical noise) systematisch eingehen zu können, ist die Überprüfung und Plausibilität des Datenmaterials eine Grundvoraussetzung für die Sinnhaftigkeit eines derartigen nicht parametrischen Analyseverfahrens. Um einen Performancevergleich von Betrieben abgesichert ausführen zu können, ist zur Vermeidung der Ergebnisbeeinflussung durch Datenausreißer die Bildung von Mittelwerten über eine gewisse Zeitspanne angemessen. Dadurch beugt man vor, dass einmalig auftretende Extremereignisse, die gerade bei Betrieben im Urproduktionsbereich immer wieder auftreten können, das Ergebnis und die daraus abgeleiteten Maßnahmen ganz wesentlich beeinflussen.

Für die Mittelwertbildung der monetären Kriterien sind die nominalen Werte der fünf beobachteten Jahre von 1997 bis 2001 herangezogen worden. Es wurde davon ausgegangen, dass sich die Wertveränderung der Kosten wie der Erträge um die

52 Die unter DEA dargestellten Skalenniveaus entsprechen nicht den Größen- bzw. Skaleneffekten aus der Mikroökonomie. Das Skalenniveau von DEA weist nur aus, ob der Quotient Output zu Input unabhängig von der Größe der Einheit größer, kleiner oder gleich eins ist.

53 http://matheboard.de/lexikon/Peer_Group_definition.htm: Peer Group bedeutet "Gruppe von Gleichaltrigen" oder "Gruppe von Gleichgestellten". Dieser Fachbegriff aus der [Soziologie](#) und [Pädagogik](#) geht zurück auf Charles H. Cooley (1864-1929), der das Konzept der Primärgruppen entwickelte.

54 DEA ist mathematisch nichts Anderes als angewandte lineare Programmierung und wird deshalb auch als nicht parametrisches Verfahren bezeichnet. In der Mikroökonomie werden hingegen funktionale Zusammenhänge zwischen Inputs und Outputs unterstellt (GSTACH 2002 S. 4)

Inflationsrate bewegen und sich die Ergebnisse damit real wie nominal nicht wesentlich unterscheiden. Auch wenn bekannt ist, dass den real wie nominal abnehmenden Holzerträgen über den Verlauf der Jahre stärker ansteigende Holzerntekosten gegenüberstehen, wird diese Entwicklungen der realen Holzerntekosten und Holzerträge über die Mittelwertbildung ausgeglichen, wodurch die Abweichungen zum Mittelwert der nominalen Größen in Grenzen gehalten werden kann.

Infolge der Mittelwertbildung jedes einzelnen Kriteriums über diesen fünfjährigen Betrachtungszeitraum gilt es akribisch darauf zu achten, ob die dokumentierten Daten der einzelnen Kriterien auch über die gesamten fünf Jahre vollständig und plausibel dokumentiert sind. Teilweise gab es Unvollständigkeiten im Preis- / Mengengerüst. Die Kriterien waren zwar wertmäßig erfasst, doch die mengenmäßige Dokumentation war teilweise unvollständig. Dies war darauf zurückzuführen, dass in den Erhebungsrichtlinien manche Mengenangaben nur optional zu erheben sind, da man davon ausgegangen ist, dass viele dieser Angaben nicht explizit im Betrieb zu eruieren seien.

Die fehlenden Mengenaufzeichnungen wurden durch Mittelwertbildungen des entsprechenden Kriteriums über alle untersuchten DMUs vervollständigt. Im Wesentlichen waren davon die Anzahl der Leistungsstunden und die Anzahl der reduzierten Angestellten betroffen. Es fanden sich Einheiten, die zwar Lohnkosten über die fünf Jahre ausweisen, aber in manchen Perioden keine Stundenaufzeichnungen dokumentiert hatten. Und ähnliches wie für die Leistungsstunden trifft auch auf die reduzierten Angestellten zu. Allerdings fehlten hier viel häufiger die quantitativen Angaben. Für die Modellbildung wurde es aber als sinnvoll erachtet, fehlende Werte über die durchschnittliche Anzahl an reduzierten Angestellten je Gehaltskosten zu ergänzen.

Auf der Ertragsseite waren kleinere Abänderungen nachzuführen, da Abweichungen zwischen dem ausgewiesenen Preis- Mengengerüst der einzelnen Sortimente und den tatsächlich abgesetzten Mengen und den daraus resultierenden Erträgen zu verzeichnen waren. Diese Differenz rührte aus der Lagerstandsänderung, dem Eigenverbrauch, dem Rohholzzukauf sowie den unausgeformten und den Sondersortimenten. Für die Zuordnung dieser in der Urdokumentation vorhandenen Differenzierung der Outputleistungen auf ein eingeschränktes Variablen-set mussten zur Modellbildung Aggregationen vorgenommen werden, durch die sich diese geringen Abweichungen begründen.

Zur Abstimmung des Modells mit den abgesetzten Mengen und den lukrierten Erlösen wurden die Differenzen über die Position Industrie- und Brennholz mengen und wertbezogen ausgeglichen. Dieser Ausgleich führte allerdings nur zu unwesentlichen Abänderungen, wurden aber zur Abbildung eines vollständigen Modells für sinnvoll erachtet.

5.4.8 Ergebnisdokumentation verschiedener Modellvarianten

Für die im Anschluss vorgestellten Performancevergleiche von Forstbetrieben sind aufgrund der vorangegangenen Überlegungen input- und nichtorientierte Modelle unterstellt worden, denen die unter 3.7 sowie 3.7.2 vorgestellten Effizienzmaße (A -, $D_{\min}$ - und $D_{\max}$ -Maß) zugrunde gelegt wurden. Allen verwendeten Effizienzmaßen wird dabei eine Technologie von variablen Skalenerträgen (vgl. 3.3.3) unterstellt.

Nachfolgend werden jene empirischen Modellapplikationen vorgestellt, die explorativ für jenes Grundsampl an forstbetrieblichen Testbetriebsdaten durchgeführt wurden, die über die letzten 5 Jahre (1997 -2001) hinweg durchgehend und annähernd vollständig in

der Datenbank des Testbetriebsnetzes dokumentiert waren. Unter der Zugrundelegung dieser Restriktion konnten aus der vorliegenden Datenbank letztendlich 77 Testbetriebe als DMUs (Befundeinheit) selektiert und deren Mittelwerte den multiplen Modellvariablen in dieses nicht parametrische Analyseverfahren einbezogen werden.

Die hier explorativ durchgeführten Modellvarianten sollen dazu beitragen empirisch aufzuzeigen, inwieweit es Sinn macht, die DEA Applikation, unter Zugrundelegung der vorhandenen Datenbasis für forstwirtschaftliche Fragestellungen anzuwenden. Das Verfahren der Modellbildung und der Modellfindung ist als ein iterativer Prozess zu sehen, der sich beginnend bei den nachfolgenden Modellvarianten, bis hin zum präferierten Modell „Flächennormierung und Hiebsatzbereinigung“ erstreckt.

Ziel ist es dabei, sich einem Modell zu nähern, dessen Plausibilität entweder aus der empirischen Erfahrung heraus akzeptierbar ist oder im umgekehrten Fall, aufgrund der gesammelten Erfahrungen aus zahlreichen gescheiterten Modellvariationen, die Ursachen und Gründe für das Scheitern in der forstlichen Praxis explizit darstellt.

5.4.8.1 Modell Testbetriebe – Absolutgrößen (AbsG)

Für diese erste Annäherung zur Modellfindung wurden alle Input- und Outputvariablen wie unter 5.4.7 beschrieben in ein natural-technisches Modell implementiert⁵⁵. Mit dieser Vorgehensweise wurde versucht, die Analysemöglichkeiten und die Ergebnisplausibilität der DEA Anwendung zu testen. Aus der Analyse der Ergebnisse heraus werden die Auffälligkeiten sowie die Abweichungen zu empirischen Erfahrungen entsprechend festgehalten. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend erfolgt das Setzen weiterer Entwicklungsschritte in Abstimmung mit den Erfahrungsdokumentationen aus der Literatur.

Angewandte DEA Analyseverfahren

Für jede der 77 Forstbetriebe (DMUs) umfassende Stichprobe (Restriktionen für die Auswahl, 5.4.8) wurden hier die Absolutwerte von jeder der acht beschriebenen Input- und Outputvariablen (vgl. 5.4.7) für eine natural-technische DEA Analyse herangezogen.

Gemäß den Ausführungen unter 5.4.7.1 erfolgte die Anwendung eines input- und eines nicht orientierten DEA Modells, die, wie unter 3.7.1 dokumentiert, konzipiert werden.

Die Lösungsfindung wird dabei über das Umhüllendenproblem mit acht plus eins Restriktionen (8 Input- Outputmerkmale plus der Einschränkung, dass unter Verwendung variabler Skalenerträge die $\sum_{s=1}^S \lambda_s = 1$ sein müssen) sowie 77 Kontrollvariablen (77 DMUs) erfolgen. Für jede ineffiziente DMU werden über diesen Ansatz die entsprechenden Lambda-Werte, die angeben zu welchen Anteilen die einzelnen Best-Practice Einheiten zur Konstruktion der virtuellen Referenzeinheit an der Umhüllenden beitragen, abgeleitet. Damit werden aber auch gleichzeitig alle jene Best-Practice Einheiten mit positiven Lambda-Werten als Benchmarkeinheiten für jede einzelne ineffiziente Einheit ausgewiesen, über die letztendlich auch die Zielwerte zur Annäherung an die Effizienzgrenze ermittelt werden.

Die zusätzliche Anwendung eines nicht orientierten Modells in Anlehnung an die Ausführungen von Scheel (2000), erscheint eine Bezugnahme sowohl auf die Input- als auch auf die Outputseite aus praktischer Sicht und auch aus der Sicht des dritten

⁵⁵ Da die Eingangsdaten für das Modell Absolutgrößen vertrauliche Betriebsdaten enthalten, wurde diese nicht explizit im Anhang angeführt

ökonomischen Prinzips dem Optimalprinzip (vgl. 2.4), als durchaus interessant und gerechtfertigt.

Für die beiden Grundmodelle erfolgten Auswertungen nach den drei unterschiedlichen Effizienzmaßen A-Maß, $D_{\min}$ - und $D_{\max}$ Maß (vgl. 3.7 sowie 3.7.2). Die Anwendung unterschiedlicher Maße reflektiert auf verschiedene Sichtweisen der Interpretationsmöglichkeiten. Mit dem A-Maß erfolgt eine äquiproportionale Verbesserung über alle Kriterien hinweg. Da eine derartige undifferenzierte Vorgehensweise für das Aufzeigen von Verbesserungspotenzialen für sich nicht schlüssig ist, werden auch noch das $D_{\max}$ - und das $D_{\min}$ -Maß (vgl. 3.7.2.1 und 3.7.2.2) angewandt. Mit diesen beiden Effizienzmaßen wird auf das minimale und das maximale Verbesserungspotenzial jedes einzelnen Kriteriums eingegangen.

Da wie unter 5.4.7.1 empirisch angenommen, die forstliche Produktion auf gleichen Flächeneinheiten unterschiedlich ist, werden die Skalenniveaus (vgl. 3.3.3) der einzelnen Untersuchungseinheiten und deren Einfluss auf deren Effizienzgrad sowohl nach konstanten sowie nach variablen Skalenerträgen dargestellt.

Für die Ableitung der Target Values (Zielwerte, vgl. 3.8.2) für die drei ausgewiesenen Effizienzmaße (A-Maß, $D_{\min}$ – Maß und $D_{\max}$ – Maß) wurden die von EMS⁵⁶ (vgl. 5.2) ausgewiesenen Slacks (vgl. 3.6.2) in die Berechnung von Verbesserungspotenzialen miteinbezogen. Die Zielwerte als solches stellen Vorgabewerte bzw. Sollwerte für ineffiziente Einheiten dar, um sich der „Best Practice“ Einheit ihrer Peer Group anzunähern (vgl. 3.8.1).

Dokumentation der aufbereiteten Ergebnisse

Nachfolgend sind die Resultate sowohl für die inputorientierte als auch die nicht orientierte Modellvariante tabellarisch für die drei Effizienzmaße (A-Maß, $D_{\min}$ - und $D_{\max}$ Maß) aufbereitet. Innerhalb der Tabelle 13 sind für die unterstellten Modellvariablen die entsprechenden mittleren Zielwerte (Targets: $\bar{x}$) und die dazugehörenden Standardabweichungen (s_x) bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen (VSE) ausgewiesen.

Zur Darstellung der durchschnittlichen Skaleneffizienz bzw. jener Einheiten deren Output zu Input Quotient größer bzw. kleiner als 1 ist, werden in separaten Tabellen ausgewiesen, die die durchschnittlichen Effizienzwerte für konstante (KSE) sowie variable Skalenerträge (VSE) und die daraus abgeleitete Skaleneffizienz (SE) enthalten ($VSE \times SE = KSE$).

Inputorientiertes Modell – Absolutgrößen (TE VRS RAD IN)

Darstellung der Target Values (Ziel- bzw. Sollwerte) unter der Anwendung von inputorientierten DEA Modellen und variablen Skalenerträgen für drei Effizienzmaße:

⁵⁶ <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems>

		I1 Fläche (IN)	I2 Ange- stellte	I3 Regie- std.	I4 Fremd- lst. K.	I5 sonst. Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
A- Maß	$\bar{x}$	0,0%	-10,4%	-11,2%	-8,8%	-9,2%	0,0%	3,5%	23,8%	92,4%	46
	s_x	0,0%	15,1%	16,7%	13,3%	14,3%	0,0%	11,5%	59,2%	11,6%	31
$D_{\max}$ - Maß	$\bar{x}$	0,0%	-13,5%	-16,8%	-6,8%	10,1%	0,0%	3,4%	23,5%	93,3%	46
	s_x	0,0%	20,7%	22,5%	13,5%	16,9%	0,0%	11,2%	61,2%	8,7%	31
$D_{\min}$ - Maß	$\bar{x}$	0,0%	-2,8%	-0,6%	-2,5%	-6,5%	0,0%	4,4%	23,0%	98,4%	46
	s_x	0,0%	10,1%	4,8%	12,6%	13,6%	0,0%	13,7%	56,7%	2,4%	31

Tabelle 13: Darstellung der durchschnittlichen Target Values für drei inputorientierte Effizienzmaße unter Zugrundlegung von variablen Skalenerträgen.

Aus den hier dargestellten durchschnittlichen Zielwerten, die aus den Target Values der einzelnen Betriebseinheiten abgeleitet wurden, lässt sich überblicksmäßig ein Eindruck darüber gewinnen, in welchem Effizienzbereich (Σ Eff.) sich die Einheiten im Schnitt bewegen und wie viele von den Beobachtungen effizient bzw. nicht effizient (Anz. eff. n. eff.) sind. Daraus lässt sich bei Inputorientierung des Modells für jede inputseitige Modellvariable das Ausmaß des Rationalisierungspotenzials für jede untersuchte forstbetriebliche Einheit herleiten.

Das nicht kontrollierbare Kriterium „Fläche“ lässt sich nicht verändern und wird hier mit einem Veränderungspotenzial von 0% ausgewiesen. Für die restlichen kontrollierbaren Kostenfaktoren resultierten für die unterstellten Effizienzmaße (A-Maß, $D_{\min}$ und $D_{\max}$ -Maß) die in der Tabelle 13 ausgewiesenen Rationalisierungspotenziale der Produktionsfaktoren und die Verbesserungsmöglichkeiten auf der Outputseite infolge von Schattenpreisen, die gleich null waren (vgl. 3.6.2). Interessant an der Interpretation dieses Ergebnisses ist, dass die hier ausgewiesenen Kenndaten sich aufgrund von tatsächlich erhobenen empirischen Datensamples ergeben und nicht statistisch geschätzt sind. Das bedeutet, dass dieses hier durchschnittlich für die Inputvariablen ausgewiesene Verbesserungspotenzial tatsächlich erreichbar sein sollte.

Auch wenn es sich bei dieser Darstellung um ein inputorientiertes Modell handelt, kann es trotzdem sein, dass auch auf der Outputseite Veränderungsvorschläge erfolgen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn eine der Outputvariablen einen Slack (vgl. 3.6.2) zugewiesen bekommen hat, um dessen Ausmaß der entsprechende Output in der Folge zu erhöhen ist.

Aus dem Ergebnis lässt sich ganz klar erkennen, dass alle Betriebe bemüht sind, das Sägeholzaufkommen zu optimieren, wohingegen aber für das Industrieholz noch durchaus Verbesserungspotenziale ausgemacht werden können. Besonders markant fällt in dieser Darstellung das relative Verbesserungspotenzial der sonstigen Erträge auf, deren Bedeutung aber aus der Sicht der Umsatzleistung nicht allzu stark ins Gewicht fällt. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Elemente (Nebennutzungen, Benutzungsentgelte und Kostenersätze), die allerdings betriebsbedingt stark unterschiedlich ausgeprägt sein können, weshalb sich auch für diese Modellvariable das relative Verbesserungspotenzial zum Teil stark unterscheidet.

Hätte man hingegen eine einzelne DMU herausgegriffen, würde das Modell für alle Inputvariablen nach dem A-Maß die Verbesserungswerte weitestgehend nach dem äquiproportionalen Prinzip vorschlagen, sofern kein Slack (vgl. 3.6.2) für eine der Variablen festgestellt wurde, um den der proportionale Verbesserungswert der Inputvariablen noch zu reduzieren wäre. Bezogen auf die Durchschnittsergebnisse

jedoch, weichen die in der Tabelle 13 unter dem A-Maß ausgewiesenen Verbesserungswerte vom proportionalen Zusammenhang einmal aufgrund des Einflusses der Slacks und einmal aufgrund der Mittelwertbildung über alle individuellen Ergebnisse ab.

Im Gegensatz zum A-Maß würden hingegen die beiden durchschnittlichen Effizienzmaße $D_{\min}$ und $D_{\max}$ für jede Modellvariable, jeder DMU individuelle Zielwerte zurückgeben, was aus praktischer Sicht ja auch als die sinnvollere Modellvariante erscheint. (Die Dokumentation von konkreten Target Values für einzelne Betriebseinheiten, werden bei dem präferierten Modell, „Flächennormierung und Hiebsatzbereinigung“, explizit ausgeführt.)

Welcher Target Value allerdings zurückgegeben wird, hängt wesentlich von dem unterstellten Effizienzmaß und den Skaleneffekten ab. Werden konstante Skalenerträge angenommen, werden die Effizienzwerte der untersuchten DMU schlechter dargestellt, als wenn variable Skalenerträge verwendet werden. Die Abweichung zwischen den beiden resultiert aus dem Quotienten KSE zu VSE.

Sind die beiden unter KSE und VSE ausgewiesenen Effizienzwerte ident, hat der Skaleneffekt keinen Einfluss auf die Produktionseinheit. Umgekehrt hängen ist zu prüfen, ob die Abweichung auf zunehmende oder auf abnehmende Skalenerträge zurückzuführen ist. Über die Analyse des Skaleneffekts lässt sich ableiten, ob ein über- oder unterproportional hoher Ressourcenaufwand zur Herstellung einer weiteren Outputseinheit erforderlich ist.

Faktum bleibt allerdings, dass unabhängig von der Richtung der Abweichung des Skaleneffekts, jede Einheit bestrebt sein muss, das Niveau konstanter Skalenerträge anzustreben, da nur in diesem geometrischen Bereich das optimale Output zu Input Verhältnis erreicht werden kann.

Herleitung der Skaleneffizienz (SE) für das äquiproportionale Effizienzmaß bei Unterstellung eines inputorientierten Modells

	TE (VSE) variable Skalenerträge		KSE konstante Skalenerträge		SE Skaleneffizienz	
	$\bar{x}$	S_x	$\bar{x}$	S_x	$\bar{x}$	S_x
Inputorientiertes Modell für das A-Maß	92,4%	11,6%	86,8%	14,2%	93,9%	9,0%

Tabelle 14: Herleitung der Skaleneffizienz über das Verhältnis von KSE zu VSE ($86,8\% / 92,4\% = 93,9\%$)

Wie bereits in unter (vgl. 3.3.3) ausgeführt, erfolgte die Ermittlung der Skalenerträge über die beiden Modellansätze NDRS - Non Decreasing Return of Scale - (alle Betriebe, deren NDRS Effizienzmaß größer ist, als jenes von KSE, weisen einen Output zu Input Quotienten größer eins auf) und NIRS - Non Increasing Return of Scale (alle Betriebe, deren NIRS – Non Increasing Return of Scale - Effizienzmaß größer ist als jenes von KSE, weisen einen Output zu Input Quotienten kleiner eins auf). Bei Unterstellung dieser Annahme ließen sich für die 77 Betriebe folgende Zusammenhänge ableiten.

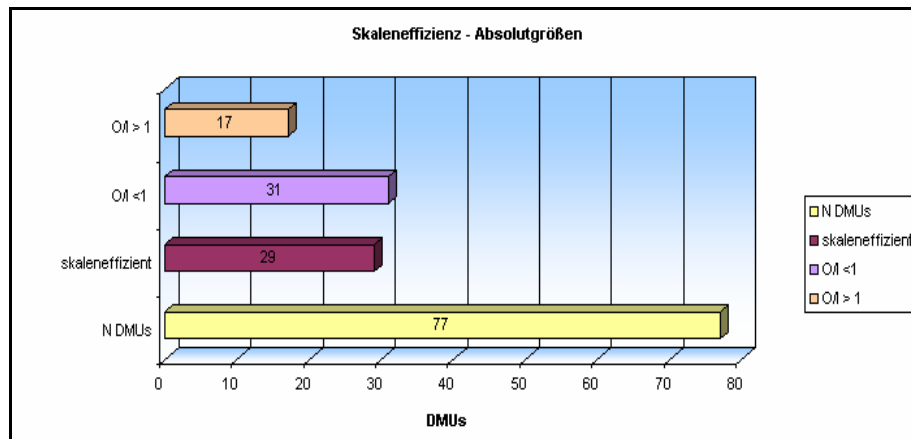


Abb. 15: Darstellung der Skaleneffizienz für die 77 untersuchten Forstbetriebe (Inputorientierung)

Durch diese differenzierte Betrachtungsweise bekommt man die Information geliefert, ob eine Wirtschaftseinheit im inputorientierten Fall ihren Ressourcenaufwand erhöhen oder reduzieren soll, um das angestrebte Ziel von konstanten Skalenerträgen und damit die optimale Output- zu Inputkonstellation zu erreichen.

Im Branchenschnitt lässt sich die durchschnittliche Ineffizienz der Betriebe von 13,2% (100%-86,8%) in Summe auf eine 6,1%ige (100%-93,9%) Ineffizienz infolge des Skaleneffekts (SE) und auf eine 7,1%ige (13,2%-6,1%) technische Ineffizienz in Folge eines ungünstigen mengenmäßigen Ressourceneinsatzes zurückführen.

Zur Reduzierung der Ineffizienz aufgrund des Skaleneffekts müssten Einheiten, deren Produktionsniveau $O/I > 1$ ist, mehr Produktionsfaktoren zur Ausweitung der Outputleistung einsetzen, da die Grenzerträge überproportional zu den eingesetzten Produktionsfaktoren ansteigen. Umgekehrt kann jene Gruppe deren Produktionsniveau $O/I < 1$ ist nur dann in den skaleneffizienten Bereich kommen, wenn die Outputleistung reduziert wird und dadurch überproportional mehr an Produktionsfaktoren eingespart werden kann.

Auch wenn die Beurteilung des Skaleneffekts auf einer ganzheitlichen Betrachtung der produzierten Güter und deren gesamten Ressourcenaufwand basiert, wurde mittels One-Way Anova - Analyse getestet, ob ein Zusammenhang des Skaleneffekts mit der Betriebsgröße besteht.

ONEWAY ANOVA

Betriebsgröße	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	8,6E+07	2	42872417	6,419	,003
Innerhalb der Gruppen	4,9E+08	73	6678586,5		
Gesamt	5,7E+08	75			

Tabelle 15: One-Way Anova zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Betriebsgröße und der Skaleneffekte

Ausgehend von dem signifikanten Ergebnis der F-Statistik aus der One-Way Anova ist davon auszugehen, dass ein Zusammenhang zwischen den Betriebsgrößen und den drei Skaleneffekten, skaleneffizient, nicht zunehmende und nicht abnehmende Skalenerträge besteht.

Wie sich diese Abhängigkeiten und Zusammenhänge zwischen den drei Gruppen darstellen, wird im nachfolgenden Post Hoc Tests demonstriert:

Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable: Betriebsgröße

	SE_Absolut G. IN	SE_Absolut G. IN	Mittlere Differenz (I-J)	Standardf ehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
						Untergrenze	Obergrenze
Tukey-HSD	1	2	-2065,427*	673,7650	,008	-3677,366	-453,488
		3	234,463	794,5936	,953	-1666,551	2135,476
	2	1	2065,427*	673,7650	,008	453,488	3677,366
		3	2299,890*	779,9335	,012	433,949	4165,830
	3	1	-234,463	794,5936	,953	-2135,476	1666,551
		2	-2299,890*	779,9335	,012	-4165,830	-433,949
Scheffé-Prozedur	1	2	-2065,427*	673,7650	,012	-3749,058	-381,796
		3	234,463	794,5936	,957	-1751,100	2220,026
	2	1	2065,427*	673,7650	,012	381,796	3749,058
		3	2299,890*	779,9335	,016	350,960	4248,819
	3	1	-234,463	794,5936	,957	-2220,026	1751,100
		2	-2299,890*	779,9335	,016	-4248,819	-350,960
Bonferroni	1	2	-2065,427*	673,7650	,009	-3716,419	-414,435
		3	234,463	794,5936	1,000	-1712,608	2181,533
	2	1	2065,427*	673,7650	,009	414,435	3716,419
		3	2299,890*	779,9335	,013	388,742	4211,037
	3	1	-234,463	794,5936	1,000	-2181,533	1712,608
		2	-2299,890*	779,9335	,013	-4211,037	-388,742

*. Die mittlere Differenz ist auf der Stufe .05 signifikant.

Tabelle 16: Ergebnisse von drei ausgewählten Post Hoc Tests zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Betriebsgrößen und den über DEA ermittelten Skaleneffekten

Unabhängig davon, welcher Post Hoc Test gewählt wird, können folgende zwei Zusammenhänge abgeleitet werden:

- Einmal besteht eine signifikante Abgrenzung zwischen den skaleneffizienten Einheiten und jenen Einheiten, die nicht zunehmende Skalenerträge ausweisen.
- Die zweite signifikante Gruppenabgrenzung kann zwischen jenen Einheiten, die nicht zunehmende Skalenerträge ausweisen, zu jenen, die nicht abnehmende Skalenerträge aufweisen, gezogen werden.

Eine signifikante Abgrenzung der skaleneffizienten Einheiten und der Gruppe jener Einheiten mit nicht abnehmenden Skalenerträgen konnte mit dieser Stichprobe nicht nachgewiesen werden.

In einem zweiten Analyseschritt wurde aufgrund der durch die One-Way Anova ausgewiesenen Gruppenabgrenzung der Frage nachgegangen, welche Betriebsflächen in den einzelnen ausgewiesenen Gruppen dominieren.

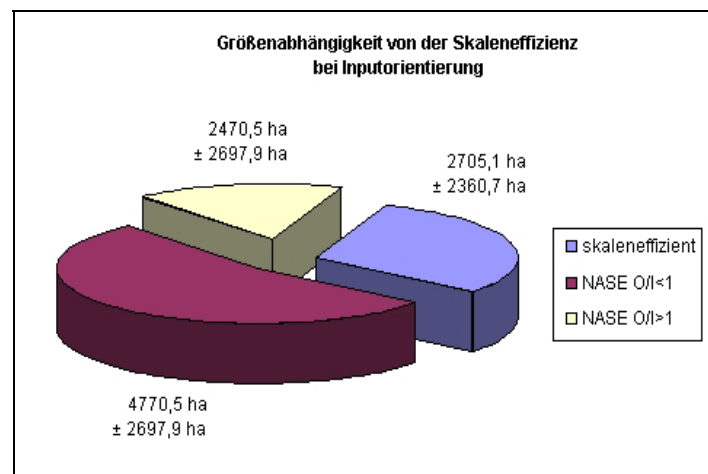


Abb. 16: Die durchschnittlichen Betriebsgrößen und deren Standardabweichung für die drei ausgewiesenen Gruppen von Skaleneffekten bei Unterstellung eines inputorientierten Modells.

Aus Abb. 16 kann entnommen werden, dass vor allem flächenmäßig kleinere bzw. mittlere „Großprivatwaldbetriebe“ hier als skaleffizient ausgewiesen sind. In der Gruppe der Einheiten mit abnehmenden Skalenerträgen dominieren die flächenmäßig größeren „Großbetriebe“, was darauf schließen lässt, dass mit zunehmender Größe der mengenmäßige Verbrauch an Produktionsfaktoren, gemessen an der Menge der bereitgestellten Gütern, zu hoch ausfällt. Werden hingegen jene Einheiten gefiltert, die nicht abnehmende Skalenerträge ausweisen, kann hier von einer Dominanz der kleineren „Großbetriebe“ ausgegangen werden. Daraus lässt sich die Tendenz unterstellen, dass durch zusätzlichen Ressourcenaufwand ein überproportionaler Anstieg der produzierten Güter bis zum Erreichen des skaleffizienten Produktionsniveaus möglich ist.

Nicht orientiertes Modell – Absolutgrößen (TE VRS RAD NO)

Nach demselben Schema wie das „Inputorientierte Modell – Absolutgröße“ wird das „Nicht orientierte Modell – Absolutgröße“ aufbereitet. Auch wenn es sich bei den hier dargestellten Ergebnissen um Durchschnittswerte handelt, so lassen sich die hier ausgeführten Interpretationspunkte 1:1 für die einzelnen Befundeinheiten anwenden, aus denen sich die hier dokumentierten Durchschnittswerte ableiten.

Darstellung der Target Values (Ziel- bzw. Sollwerte) unter der Anwendung von nicht orientierten DEA Modellen und variablen Skalenerträgen für drei Effizienzmaße:

		I1 Fläche (IN)	I2 Ange- stellte	I3 Regie- std.	I4 Fremd- lst. K.	I5 sonst. Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
A- Maß	$\bar{x}$	0,0%	-7,1%	-7,7%	-5,9%	-6,2%	3,9%	7,8%	29,6%	96,1%	46
	s_x	11,8%	13,0%	10,2%	11,1%	6,3%	15,2%	67,4%	11,8%	6,3%	31
$D_{\max}$ - Maß	$\bar{x}$	0,0%	-8,1%	-9,3%	-3,9%	-6,1%	0,3%	13,8%	77,4%	---	27
	s_x	0,0%	16,4%	16,9%	9,9%	12,5%	2,0%	31,8%	146,6%	---	50
$D_{\min}$ - Maß	$\bar{x}$	0,0%	0,0%	0,0%	-0,8%	-4,3%	3,3%	0,8%	0,0%	---	46
	s_x	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	11,3%	9,2%	4,7%	0,0%	---	31

Tabelle 17: Darstellung unterschiedlicher nicht orientierter technischer Effizienzmaße und die daraus für die Entscheidungskriterien abgeleiteten Verbesserungspotenziale

Der Vorteil in der Anwendung nicht orientierter Modelle ist in der praxisnahen Adaptierung des Modells zu sehen. Nicht orientierte Modelle beziehen sowohl output- als auch inputrelevante Kriterien in das Optimierungsverfahren ein und stellen damit die praktische Umsetzung des dritten ökonomischen Prinzips, des Optimalprinzips (vgl. 2.4), dar. Im Ergebnis wirkt sich diese Form der Modellapplikation auf die Verteilung der festgestellten Ineffizienz sowohl auf die Input- als auch auf die Outputvariablen aus. Für die einzelnen Inputvariablen bedeutet dies eine Relativierung des ursprünglich im inputorientierten Fall angenommenen Reduktionsanteils zur Erreichung des „Best-Practice“ Niveaus auf Kosten der Erhöhung der Outputs.

Gegenüber dem inputorientierten Modell kann für die nicht orientierten $D_{\max}$ und $D_{\min}$ Effizienzmaße nicht immer ein aggregierter Effizienzwert zwischen 0 und 100% ausgegeben werden. Der Grund hierfür liegt in der Konzipierung dieser Effizienzmaße, die darauf abzielen möglichst realitätsnahe „Target Values“ für die einzelnen Modellvariablen zu generieren. Der aggregierte Effizienzwert für jede Einheit setzt sich allerdings nur aus den gemittelten „Target Values“ aller Kriterien einer Einheit zusammen. Daher kann sich dieser Wert zwar, so wie bei dem äquiproportionalen Effizienzmaß (A-Maß) auch,

zwischen 0 und 100% bewegen, kann aber durchaus auch Werte annehmen, die um ein Vielfaches davon abweichen.

Faktum bleibt daher, dass sich der aus dem Mittelwert der Target Values für die einzelnen Modellvariablen hergeleitete Effizienzwert nicht als relatives Beurteilungskriterium eignet. Ziel der nicht orientierten $D_{\max}$ bzw. $D_{\min}$ Modelle ist es für die Modellvariablen individuelle und damit plausible Zielwerte für die Modellvariablen auszuweisen (vgl. Target Values 3.8.2).

Herleitung der Skaleneffizienz (SE), für das äquiproportionale Effizienzmaß, bei Unterstellung eines nicht orientierten Modells unter Verwendung von variablen Skalenerträgen.

nicht orient. Modell	TE (VSE) variable Skalenerträge		KSE konstante Skalenerträge		SE Skaleneffizienz	
	$\bar{x}$	SX	$\bar{x}$	SX	$\bar{x}$	SX
A-Maß	96,1%	6,3%	92,8%	8,3%	96,5%	4,8%

Tabelle 18: Herleitung der durchschnittlichen Skaleneffizienz über das Verhältnis von KSE zu VSE.

Durch eine differenzierte Betrachtung der ausgewiesenen durchschnittlichen Ineffizienz von 7,2% (KSE), die sich zu 3,5% aus dem Skaleneffekt erklären und zu 3,7% auf das Rationalisierungspotenzial der physischen und monetären Inputvariablen zurückführen lässt, werden gezielt Hinweise erzeugt, um die Performance einer wirtschaftlichen Einheit gezielt in Richtung konstanter Skalenerträge zu dirigieren.

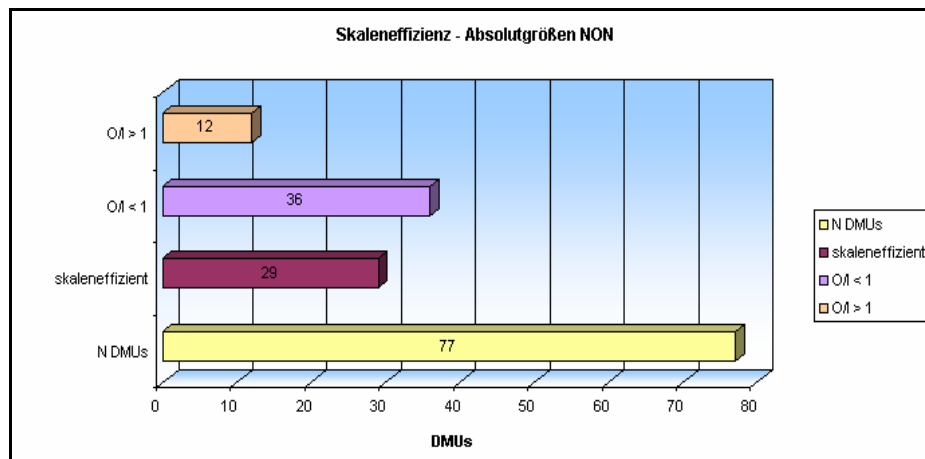


Abb. 17: Darstellung der Skaleneffizienz für die 77 untersuchten Forstbetriebe unter der Anwendung eines nicht orientierten Modells

Auch wenn es bei der Analyse der Skaleneffekte des nicht orientierten Modells zu einer Verschiebung der Einheiten mit nicht abnehmenden Skalenerträgen in die Gruppe der nicht zunehmenden Skalenerträge gegeben hat, so verursacht dies keine Abweichung von der grundsätzlichen Aussage aus dem inputorientierten Modell.

Die Post Hoc Tests der One-Way Anova (vgl. 9.2) für das nicht orientierte Modell lieferte ähnliche Resultate wie die Post Hoc Test für das inputorientierten Modell. Es wurde dabei ebenfalls bestätigt, dass sich die skaleffizienten Einheiten von den Einheiten mit abnehmenden Skalenerträgen signifikant unterscheiden, nicht aber von jenen mit zunehmenden Skalenerträgen. Werden hingegen die nicht abnehmenden mit den nicht

zunehmenden Skalenerträgen verglichen, unterscheiden sich diese wiederum signifikant voneinander und es lassen sich wieder folgende zwei Kernaussagen ableiten:

- Jene Einheiten die nicht abnehmende Skalenerträge ausweisen werden von den „kleineren Großbetrieben“ dominiert.
- Jene Betriebseinheiten deren Skalenerträge nicht zunehmend sind, werden von der Gruppe mit den größeren Ertragswaldflächen geprägt.

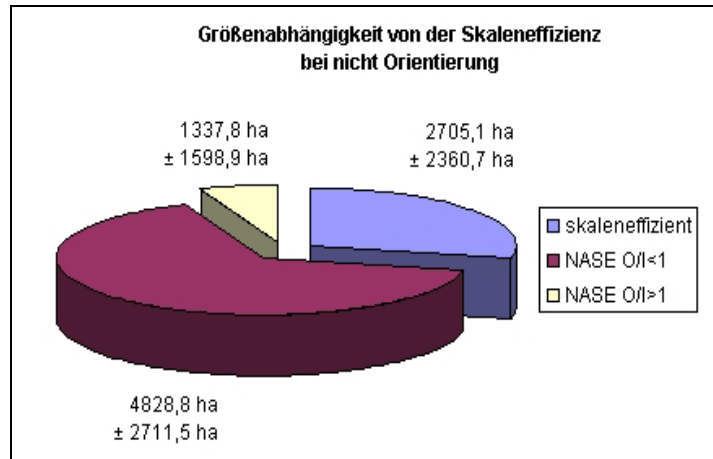


Abb. 18: Die durchschnittlichen Betriebsgrößen und deren Standardabweichung für die drei ausgewiesenen Gruppen von Skaleneffekten bei Unterstellung eines nicht orientierten Modells.

Univariate Varianzanalyse

Ob und welche Zusammenhänge der Effizienzwerte des inputorientierten natural-technischen DEA Modells (TE VRS RAD IN) mit den ordinal skalierten Größen Produktionsgebiet, Anteil Seilgelände und Arrondierung bestehen, soll mittels univariater Varianzanalyse und nachgelagerter Post-Hoc Tests geprüft werden.

Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	5048,868 ^a	31	162,867	1,382	,160
Konstanter Term	296195,095	1	296195,09	2513,119	,000
PROD_GEB	560,271	5	112,054	,951	,458
ARRONDIE	126,985	2	63,493	,539	,587
ANTEIL_S	1079,703	3	359,901	3,054	,038
PROD_GEB * ARRONDIE	503,262	8	62,908	,534	,825
PROD_GEB * ANTEIL_S	283,449	4	70,862	,601	,664
ARRONDIE * ANTEIL_S	541,210	5	108,242	,918	,478
PROD_GEB * ARRONDIE * ANTEIL_S	383,968	2	191,984	1,629	,208
Fehler	5185,821	44	117,860		
Gesamt	657562,287	76			
Korrigierte Gesamtvariation	10234,689	75			

a. R-Quadrat = ,493 (korrigiertes R-Quadrat = ,136)

Tabelle 19: Ergebnis der univariaten Varianzanalyse zur Beurteilung der Einflussnahme des Produktionsgebietes, des Anteils an Seilgelände sowie der Arrondierung auf den ausgewiesenen Effizienzwert.

Anhand von Tabelle 19 lässt sich feststellen, dass bei Unterstellung einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=5\%$ insbesondere die Arrondierung mit einem Signifikanzniveau von 0,587 und das Produktionsgebiet mit 0,458 keinen signifikanten Einfluss auf die natural-technische Performance der Einheiten ausübt.

Einzig beim Anteil Seilgelände weist die Varianzanalyse im Gesamtergebnis mit einem Signifikanzniveau von 0,038 einen markanten Einfluss auf die Performance der DMUs aus. Im Detail sind die Einflüsse der einzelnen Sub-Gruppen auf den als abhängige Größe unterstellten Effizienzwert im Anhang unter 9.3 ausgewiesen.

Abgesehen von diesem hier festgestellten Zusammenhang lässt sich aber vermuten, dass es in der Regel schwierig sein wird, für die ausgewiesenen Effizienzwerte, die in Abhängigkeit von wenigen Benchmarkeinheiten jener Peer-Group, der auch sie selbst angehören, abgeleitet werden, einen statistischen Zusammenhang mit den drei erklärenden Einflussvariablen über die Grundgesamtheit aller DMUs nachzuweisen.

Kosteneffizienz (KED VRS RAD IN)

Die Herleitung der Kosteneffizienz in Anlehnung an die Definition aus dem Kapitel 3.8.4 gestaltet sich insofern problematisch, als die monetäre Bewertung der gewählten Modellvariablen nicht immer ganz einfach ist. In der Praxis stehen diese Größen oft nicht mit der erforderlichen Objektivität zur Verfügung oder fehlen, wie im Fall der Verkehrs- bzw. Ertragswerte für die Betriebsfläche überhaupt zur Gänze.

In einem solchen Fall ist es schwierig bis unmöglich eine Kosteneffizienz zu ermitteln. Um sich einem realistischen Wert für die betreffenden Forstbetriebsflächen zu nähern, wurde der forstliche Einheitswert als sinnvolle Alternative erachtet, auch wenn die Ermittlung und Festsetzung des forstlichen Einheitswertes nach steuerlichen Gesichtspunkten erfolgt. Da aber der forstliche Einheitswert für jede Einheit ohnedies nur als unkontrollierbare Variable eingeht, wurde zur Demonstration des Zusammenhangs zwischen dem natural-technischem Modell und dem ökonomischen Modell (Kosteneffizienz) dieser Wertansatz verwendet.

Zur Ermittlung der Kosteneffizienz in Anlehnung an das Konzept von Coelli (1998) und zur Ableitung einer allokativen Effizienz (3.8.4) muss aber methodologisch beachtet werden, dass jene Variablen auf der Inputseite, die mit physischen Größen in das technische Modell eingegangen sind, mit einem durchschnittlichen monetären Wert bewertet werden. Dazu wurden aus der Testbetriebsdatenbank die individuellen Kosten für den Einheitswert, die reduzierten Angestellten und die Regiekosten entnommen und für die 77 Beobachtungen gemittelt. Die daraus abgeleiteten durchschnittlichen Kostensätze (EH: 228,32€/ha, red. Ang.: 54.719,50€/red.Ang, Regie Std.: 18,92 €/Std.) wurden für die monetäre Bewertung der physischen Inputvariablen nach Durchschnittssätzen herangezogen. Die bewerteten Inputvariablen zuzüglich der bereits als monetäre Größen vorliegenden Fremdleistungs- und sonstigen Kosten liefern den aggregierten Gesamtkostenwert, dem auf der Outputseite die nicht veränderten Outputvariablen aus dem natural-technisch Modell gegenüberstehen.

Als methodische Alternative könnte man bei unsicherer oder nicht vorhandener Datenlage das Wertesystem nach Scheel (2000) zur Anwendung bringen. Dazu ist aber die Entwicklung eines entsprechenden Regelwerks erforderlich, das für die einzelnen Modellvariablen eine Reihung ihrer Wertigkeit („relative Nutzwerte“) im Verhältnis zu den

anderen Größen vorzunehmen hat⁵⁷, wodurch man allerdings Gefahr läuft, a priori eine subjektive Werthaltung in die Erstellung des Regelwerkes zu implementieren.

		I1 Fläche (IN)	I2 Ange- stellte	I3 Regie- std.	I4 Fremd- lst. K.	I5 sonst. Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
TE	$\bar{x}$	0,0%	-10,4%	-11,2%	-8,8%	9,2%	0,0%	3,5%	23,8%	92,4%	46
A- Maß	s_x	0,0%	15,1%	16,7%	13,3%	14,3%	0,0%	11,5%	59,2%	11,6%	31

		I1 Fläche	I2 gesamt Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
KEd	$\bar{x}$	0,0%	-18,7%	0,1%	10,2%	54,3%	81,3%	21
A- Maß	s_x	±0,00	16,1%	0,6%	24,0%	154,6%	16,1%	56
AE	$\bar{x}$						87,9%	21
A- Maß	s_x						11,3%	56

Tabelle 20: Zusammenhang des inputorientierten äquiproportionalen A-Maß mit der über Durchschnittssätze ermittelten Kosteneffizienz

Werden die die drei äquiproportionalen inputorientierten Modelle TE, KEd und AE gegenübergestellt, differieren die durchschnittlichen Gesamtergebnisse eher deutlich. Die Ursachen für diese Abweichung des natural-technischen (TE VRS RAD IN, 92,39%) vom durchschnittlichen kostentechnischen (KEd VRS RAD IN 81,34%) Modell liegen einerseits in der Reduktion der Variablen von 8 auf 5 aufgrund der Bewertung der physischen Inputvariablen mit Durchschnittskostensätzen.

Über diesen Ansatz lassen sich Rückschlüsse auf eine günstige oder ungünstige Allokation von Produktionsfaktoren zur Herstellung der entsprechenden Produktionsgüter bei Unterstellung Durchschnittlicher Kostensätzen ziehen. Der Anteil der Ineffizienz in Folge einer ungünstigen Ressourcenallokation lässt sich über das Verhältnis KEd zu TE (87,94%) ableiten.

Damit trifft für die hier gemittelten Werte zu, dass sich die über die ausgewiesenen Best-Practice Einheiten abgeleitete Gesamtabweichung von 18,66% (100%-81,34%) zu 12,06% (100%-87,94%) auf eine ungünstige Ressourcenbeschaffung und zu 6,60% (7,61% × 87,94%) auf den nicht optimalen technischen Transformationsprozess von Inputfaktoren in Leistungsgüter aufteilt. (Die Abweichungen des mengenmäßigen Faktoreinsatzes von 0,09% sind auf die Mittelwertbildung über alle Beobachtungen zurückzuführen)

Bezogen auf den Durchschnittsfall über alle 77 Einheiten lässt sich damit ableiten, dass der mengenmäßige Einsatz von reduzierten Mitarbeitern und den Regiestunden sowie den monetären Aufwendungen für Fremdleistungen und sonstigen Kosten nur zu 6,60% ineffizient war. Umgekehrt wurden aber für die Beschaffung dieser Produktionsfaktoren um 12,06% zu viel an monetärem Mitteleinsatz für den Transformationsprozess verwendet, was letztendlich zur Gesamtabweichung von 81,34% geführt hat.

⁵⁷ Unter Berufung auf die Autoren Halme et al 1999 und Thanassoulis und Allen 1998 verweist Scheel darauf, dass sich alternativ zur Verwendung von Preisen auch ein Wertinformationssystem durch indirekte Angaben besonders präferierter Units in Effizienzanalysen einbeziehen lassen.

Denn auch wenn eine DMU aus natural-technischer Sicht effizient operiert, so muss diese Einheit nicht unbedingt auch kosteneffizient sein. Im umgekehrten Fall, wenn eine Einheit als kosteneffizient ausgewiesen wurde, so operiert sie in jedem Fall auch aus technischer Sicht effizient. Infolge dieses Axioms konnten von den 46 natural-technisch effizienten Beobachtungen aus kostentechnischer Sicht nur noch 21 DMUs (Betriebe) als top-performende Beobachtungen festgestellt werden.

Für die Generierung einer objektiven und seriösen Aussage bezüglich der ökonomischen Beurteilung der Kosten oder Ertragseffizienz ist im jeweiligen Anwendungsfall immer auch das Ergebnis für die tatsächlich in den einzelnen Wirtschaftseinheiten dokumentierten Werte darzustellen.

		I1 Fläche (IN)	I2 gesamt. Kosten	O1 Säge- Sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
KE-d A-Maß	$\bar{x}$	0,0%	-18,7%	0,1%	10,2%	54,3%	81,3%	21
	s_x	16,1%	0,6%	24,0%	154,6%	16,1%	16,1%	56
KE tat A-Maß	$\bar{x}$	0,0%	-31,1%	0,0%	0,4%	3,0%	82,6%	22
	s_x	28,1%	0,0%	3,2%	9,2%	28,1%	13,8%	55

Tabelle 21: Kosteneffizienz nach den tatsächlich dokumentierten Werten für ein inputorientiertes äquiproportionales (A-Maß)Modell

Gegenüber dem ermittelten Ergebnis der Kosteneffizienz nach den durchschnittlichen Kostensätzen (KE-d-A-Maß) quer über die untersuchten Einheiten, fällt das Ergebnis bei Implementierung der tatsächlich angefallenen Kosten (KE tat A-Maß) geringfügig besser aus. Das bedeutet wiederum, dass das alloкатive Verhalten mancher Betriebe besser war, als das im Verfahren mit Durchschnittssätzen ermittelt wurde. Dass dem so ist, könnte auf die branchenbedingte Dominanz von lokalen Märkten und die Abhängigkeit der Kosten von betrieblichen Rahmenbedingungen zurückzuführen sein.

Bezogen auf die Target Values der Modellvariablen wird, zur Erreichung des tatsächlich kosteneffizienten Bereichs ausschließlich die Reduktion der Gesamtkosten um 31,06% vorgeschlagen ohne gleichzeitig, wie bei der Unterstellung von durchschnittlichen Kostensätzen, auch eine Erhöhung der Outputerträge einzufordern.

Diskussion

In diesem ersten Schritt, sich einem praxisnahen Modell zu nähern, wurde versucht sämtliche Analysemöglichkeiten, die im Zusammenhang mit DEA, dem Lösungsalgorithmus EMS und den hier verfügbaren Daten möglich sind, auszuschöpfen und entsprechend zu kommentieren.

Zur Erreichung plausibler Aussagen bedarf es allerdings noch zusätzlicher bzw. einer Adaptierung bestehender Modellvariablen, um Modellergebnisse unter Einbeziehung realitätsnaher Rahmenbedingungen zu generieren, die für die betreffenden Entscheidungsträger als Management-Tool entscheidungsunterstützend einsetzbar sind.

Der Schwerpunkt der Verbesserungsmaßnahmen muss sich dabei auf das Informationsdefizit bezüglich des gesamten, stehenden Waldvermögens konzentrieren. Die Tatsache, dass ein Betrieb, der wenig Wert auf die nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource Holz legt, in einer solchen Analyse plötzlich als besonders effizient dargestellt

wird, nur weil er stärker als andere in die bestehende Substanz eingreift, ist im Sinne der Nachhaltigkeit nicht akzeptabel und stellt einen evidenten Mangel des Modells dar.

Dieser Kritikpunkt gibt wesentlich Anlass dafür, eine Modellmodifikation vorzunehmen, die entsprechende Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigt. In diesem Zusammenhang wurde daran gedacht, die Differenz zwischen Hiebsatz und Einschlag als unerwünschten Output auf der Inputseite zu implementieren bzw. in einer weiteren Überlegung den Quotienten Hiebsatz zu Einschlag als unerwünschten Output auf der Outputseite zu installieren. Als dritte und weitest reichende Variante wurde die Hiebsatzbereinigung jener Variablen, die unmittelbar mit der Holzproduktion in Verbindung stehen, ins Auge gefasst.

In diesem Zusammenhang erscheinen aber die Überlegungen, Weisergrößen zur strukturierten Durchführung von Abweichungsanalysen zu institutionalisieren um im Sinne eines forstlichen Controlling die Veränderung des Waldvermögens exakter zu erfassen und um dadurch eine Verbesserung in der Abbildung des Periodenerfolgs zu erzielen, wie von den Autoren Jöbstl (1998) und später von Karisch (2003) vorgeschlagen, illusionistisch. Denn diesen wissenschaftlichen Idealvorstellungen stehen die Datenlücken aus den Realfällen gegenüber. Und auch für die Zukunft ist es nicht zu erwarten, dass aus betriebsinterner und betriebspolitischer Sicht die Notwendigkeit entstehen wird, mit zusätzlichem technischem und personellem Aufwand dieses Informationsdefizit auszuräumen.

Aus Sicht des ersten Modells hat sich die hohe Zahl an Variablen als einschränkend erwiesen, infolgedessen die Ergebnisse nicht besonders diskriminant ausfielen. Da mehr als 50% der Einheiten als effizient beurteilt wurden, muss für die Weiterentwicklung der Modelle darauf geachtet werden, weniger Variablen oder mehr Beobachtungen zu integrieren. Aus diesem Grund heraus wird in den folgenden Modellen über die Normierung der Variablen auf ein Hektar zumindest die unkontrollierbare Variable der Ertragswaldfläche als separate Variable ausgespart, um dadurch diskriminanzere Ergebnisse zu erhalten und trotzdem den Grundsatz der Vollständigkeit des Modells aufrecht zu erhalten.

Abgesehen von der Variablenzusammensetzung des Modells und der vollständigen Abbildung der wirtschaftlichen Einheiten gilt es hier auch die abgeleiteten Zusammenhänge zwischen natural-technischer und ökonomischer Effizienz im Sinne einer ökonomischen Beurteilung (vgl. 3.8.4) näher zu hinterfragen. Denn die Herleitung der Kosteneffizienz über die Hilfsgröße der Durchschnittswerte über alle Einheiten, um einen freien Markt vorzutäuschen, auf dem jede Einheit des Produktionsfaktors zum selben Preis beschaffen werden kann, ist fernab realer Verhältnisse. Denn die tatsächlichen Kosten für die Arbeitnehmer differieren in Abhängigkeit von deren Ausbildungsgrad, deren Qualifikation und Dienstalter maßgeblich. Hinzu kommen noch die Differenzen infolge von unterschiedlichen Entlohnungsschemata, sowie die Einflüsse aus unterschiedlichen lokalen und regionalen Marktsituationen im ländlichen Raum, von denen die Forstwirtschaft maßgeblich abhängig ist. Hinsichtlich dieser zahlreichen variierenden Einflussparameter stellt sich die Frage, ob die differenzierte Aussage hinsichtlich natural-technischer und kostentechnischer Aspekte nach einer derartigen „Bereinigung“ noch als maßgeblich betrachtet werden kann.

Für die forstwirtschaftliche Branche muss man die Abweichung zwischen der Kosteneffizienz nach Durchschnittskostensätzen und jener nach tatsächlichen Kostensätzen auf die lokalen Marktunterschiede und die umweltbedingten

Rahmenbedingungen, (Anteil Seilgelände, Produktionsgebiet sowie die Arrondierung) sowie auf die Differenzen aus dem Personalaufwand zurückführen.

Einen weiteren strittigen Punkt stellt die Empfehlung dar, die festgestellte Effizienz in Anlehnung an die über eine virtuell gebildete Referenzeinheit ermittelten Target Values verbessern zu können. DEA unterstellt, wie andere Analysemodelle auch, eine statische ex post Vorgehensweise. Es ist daher durchaus möglich, dass trotz des Erreichens der vorgegebenen Verbesserungsmaße, in einer folgenden Analyse wieder nicht die Effizienzgrenze erreicht werden konnte, da sich auch die „Best-Practice“ Einheiten innerhalb der Peer-Group, und damit auch die Geometrie der Umhüllenden (Envelopment) verändert haben.

Nichts desto Trotz geben die Target Values (vgl. 3.8.2), wie später dargestellt werden wird, für jede untersuchte Einheit eine ziemlich genaue Richtlinien vor, für welche Produktionsfaktoren bzw. Leistungsträger in welcher Größenordnung unter Zugrundelegung verschiedener Analyse Kriterien, welche Verbesserungs- bzw. Reduktionspotenziale bestehen.

5.4.8.2 Modell: Flächennormierung & Verminderungsfaktor sowie Flächennormierung & Nachhaltigkeitsindikator

Wesentlicher Anlass für die Konzipierung dieser beiden Modellvarianten war die Berücksichtigung von Nachhaltsüberlegungen. Gerade wenn eine Einheit, so wie im vorherigen Modell, bei einem Nutzungskoeffizienten (Einschlag zu Hiebsatz) von 2,28 als 100% effizient ausgewiesen wird, ist die Plausibilität des Modellkonzepts zu hinterfragen und durch eine entsprechende Modifikation zu adaptieren.

Verminderungsfaktor (VF)

Durch die Implementierung eines Verminderungsfaktors sowie alternativ dazu eines Nachhaltigkeitsindikators wurde versucht, auf diesen in der Forstwirtschaft so wichtigen Aspekt in einem Modell zu reflektieren.

Das Hinzufügen weiterer Modellvariablen bei sich nicht ändernder Anzahl von Fällen hätte natürlich zu einer weiteren Verschlechterung der Diskriminanz des Modells geführt. Um zumindest dieselbe Anzahl von Variablen, wie im ursprünglichen Modell zu erreichen, erfolgte eine Normierung aller Input-, wie Outputkriterien auf den Hektar. Dadurch wurde erreicht, dass die nicht kontrollierbare Variable „Ertragswaldfläche wegfällt, und in der Folge durch das Hinzufügen des Verminderungsfaktors (VI) bzw. des Nachhaltigkeitsindex (NI) zumindest dasselbe Diskriminanzniveau wie im ursprünglichen Modell erzielt wird.

In der Modellvariante „Verminderungsfaktor“ wird dieser Faktor, der aus der Differenz Einschlag – Hiebsatz resultiert, als ein unerwünschter Output⁵⁸ (SCHEEL 2000) behandelt. Diese Überlegung zieht nach sich, dass eine Zunahme der Differenz im Modell als nachteilig beurteilt wird. Für die Modellbildung kann ein solcher unerwünschter Output 1:1 wie eine Inputvariable behandelt werden, was sich in der Optimierungsüberlegung dahingehend auswirkt, dass eine geringe Abweichung vom Hiebsatz und damit einem geringen Verminderungsfaktor günstiger und im Sinne der Branche „nachhaltiger“ auswirkt.

58 Wenn die zu untersuchenden Einheiten alle unter denselben unerwünschten Variablen operieren brauchen diese nicht als Inputs oder Outputs berücksichtigt werden. Nehmen die unkontrollierbaren Variablen für verschiedene DMUs unterschiedliche Werte an, dann sind sie für eine objektive Effizienzbeurteilung in jedem Fall zu berücksichtigen (Gstach 2002)

Allerdings - und darin liegt das Hauptproblem dieses Faktors - kann das Problem auftreten, dass Fälle existieren, wo Betriebe nicht an die Nachhaltigkeitsgrenzen herangehen und damit stehendes Holzvermögen aufbauen, wodurch hier der unterstellte Verminderungsfaktor einen Wert kleiner Null annimmt.

DEA kann allerdings mit negativen Werten nicht umgehen. Hier stellt sich die Frage ob es eine Auswirkung hat, die betroffene Modellvariable für alle Einheiten selbstverständlich gleichermaßen um die größte ausgewiesene negative Differenz zu erhöhen, um ausschließlich Werte größer oder gleich Null zu erhalten.

Eine derartige Invarianz gegenüber beliebigen additiven Veränderungen der Inputs und Outputs wird als Translationsinvarianz bezeichnet (vgl. SCHEEL 2000 bzw. GSTACH 2002). Eine derartige Vorgehensweise ist nur dann für äquiproportionale Effizienzmaße zulässig, wenn entweder bei inputorientierten Modellen unter der Annahme von VSE auf der Outputseite eine derartige additive Veränderung vorgenommen wird oder umgekehrt bei outputorientierten Modellen unter VSE auf der Inputseite eine derartige Veränderung stattfindet (vgl. 4.4.8). Alternativ dazu könnte man dann nur noch additive Modelle⁵⁹ wählen, für die dann wiederum einschränkende formale Rahmenbedingungen zu berücksichtigen sind.

An eine Implementierung des unerwünschten Outputs auf der Inputseite eines inputorientierten Modells kann daher aufgrund des methodischen Problems der Translationsinvarianz nicht gedacht werden. In der Folge macht es nur Sinn, den Verminderungsfaktor jeder DMU um einen gleichen additiven Wert zu erhöhen, so dass alle Werte positiv werden und anschließend den Kehrwert dieser positiven Werte auf der Outputseite zu verwenden. Für den konkreten Anwendungsfall wurde die Differenz aus Einschlag minus Hiebsatz jeder Beobachtung um 0,82fm erhöht, um der Anforderung alle Verminderungsfaktoren in einen positiven Wertebereich zu transformieren, gerecht zu werden.

Diese Vorgehensweise ist hinsichtlich der Variableninvarianz und hinsichtlich der Handhabung von unerwünschten Outputs methodisch sauber. Es gilt einzig nur darauf zu achten, dass die hohe prozentuelle Verbesserungspotenziale für den Verminderungsfaktor aufgrund der inversen Konzipierung dieser Outputvariable entstehen, was allerdings nach der Rücktransformation, real betrachtet, einer asymptotischen Annäherung an Null entspricht. Der einzige Weg, diese unhandlichen prozentuellen Verbesserungspotenziale zu umgehen, bestünde in der Ausweisung der relativen Veränderung, zu den bereits rücktransformierten absoluten Zielwerten, was wiederum zu durchaus plausiblen prozentuellen Veränderungswerten führen würde.

Nachhaltigkeitsindikator (NI)

Auch wenn das vorhin vorgestellte Modell „Flächennormierung & Verminderungsfaktor“ methodisch realisierbar ist, so erscheint der Prozess, der zur Adaptierung des Verminderungsfaktors erforderlich war, eher unpraktikabel zu sein. Außerdem erweckt diese Vorgehensweise, alle Einheiten um einen bestimmten fixen Faktor zu erhöhen oder zu erniedrigen den Anschein von einer gewissen Beliebigkeit.

⁵⁹ Mögliche Verbesserungen können bei additiven Modellen absolut und nicht nur relativ ausgedrückt werden. Es werden nicht wie bei den äquiproportionalen Modelle die Multiplikatoren der Inputs bzw. der Outputs bzw. im Dualen Ansatz die Gewichtungsfaktoren λ und der Effizienzwert θ bzw. Φ optimiert sondern die Schlupfvariablen im Sinne der Erweiterung des Komplementaritätssatzes auf die Schlupfvariablen.

Der Hauptkritikpunkt am additiven Effizienzmaß liegt in seiner Abhängigkeit von den Maßeinheiten. Es verletzt die lineare Invarianz (vgl. 4.1.4). Durch den Ansatz Range Adjusted Measure (RAM vgl. Cooper et al. 1999 und Pastor 1994) kann man diesem Mangel begegnen.

Als Weiterentwicklung des Modells „Flächennormierung & Verminderungsfaktor“ wurde hier der Indikator (Hiebsatz/Einschlag) als Nachhaltigkeitsweiser anstelle des bisherigen Verminderungsfaktors auf der Outputseite implementiert. Dieser Nachhaltigkeitsindikator hat den, Vorteil, dass die originären Daten nicht um irgendeinen konstanten Faktor wie im Modell „Flächennormierung & Verminderungsfaktor“ verändert werden müssen.

Auch wenn dieser Indikator den Anschein erweckt nachvollziehbar und objektiv zu sein, so bringt die Einbindung von Indikatoren im Zusammenhang mit der Beurteilung der relativen Performance entscheidende Nachteile mit sich. Denn bei der Bildung des Quotienten Hiebsatz zu Einschlag, zur Bildung eines einheitslosen Indikators, ist diese Indikatorvariabel unabhängig von irgendwelchen Bezugsgrößen und unterliegt damit nicht mehr dem geforderten strengen Monotonieverhalten (vgl. 3.3.1). Somit wird in der Folge jede Einheit, die ein beliebiges Vielfaches einer kleinen Einheit mit demselben Indikator aufweist, einen um ein vielfaches schlechteren Effizienzwert erhalten als eben diese kleine Einheit, was gegen die Monotonieforderung (vgl. 4.4.6) des DEA Ansatzes verstößt.

Ergebnisdokumentation und Diskussion der beiden Modelle Flächennormierung & Verminderungsfaktor (VF) und Flächennormierung & Nachhaltigkeitsindikator (NI)

In der nachfolgenden Tabelle 22 sind die inputorientierten Ergebnisse für vier ausgewählte Forstbetriebe (DMUs), jeweils für die Modelle Absolutgrößen (AbsG), Verminderungsfaktor (VF) und Nachhaltigkeitsindikator (NI) dargestellt. Zur Ermittlung der relativen Performance wurden variable Skalenerträge unterstellt. Weiters sind die Werte für die beiden Indizes Verminderungsfaktor (VF) und Nachhaltigkeitsindikator (NI) sowie die Flächengröße der Betriebe ausgewiesen.

DMUs	Eff- Modell Abs-G	Eff- Modell VF	Eff- Modell NI	VF fm/ha ES-HS	NI (HS/ES)
51	74,6%	82,2%	70,4%	0,065	0,988
59	100,0%	100,0%	100,0%	1,680	0,636
45	83,9%	70,1%	70,1%	0,170	0,955
52	91,2%	68,2%	83,7%	0,260	0,960

Tabelle 22: Ergebnisdokumentation der inputorientierten Modelle (A-Maß) bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen (VSE) für vier ausgewählte DMUs

Das auf Hektarbasis normierte Modell „Absolutgrößen“, bei dem in zwei Modellvarianten die Indikatoren „Verminderungsfaktor“ sowie „Nachhaltigkeitsindikator“ implementiert wurden, konnten nicht wie erwartet, eine Trendwende der ausgewiesenen Effizienzwerte in Richtung Nachhaltigkeit erreichen. Trotz dieser beiden Indizes wurden DMUs, die maßgeblich höhere Einschläge als ausgewiesene Hiebsätze aufwiesen, weiterhin als besonders effizient dargestellt, wie am Beispiel der Einheit „59“, die im Durchschnitt über die letzten 5 Jahre 57% mehr als den Hiebsatz einschlägt, deutlich wird.

Anhand der anderen drei Einheiten soll veranschaulicht werden, dass es trotz der Implementierung dieser Indizes (VF und NI) nicht zu wesentlichen Veränderung in den ausgewiesenen Effizienzwerten gekommen ist. Ja sogar ganz im Gegenteil, wurden in vielen Fällen sogar schlechtere Effizienzwerte abgeleitet obwohl der Nachhaltigkeitsindikator für diese Einheit nahe bei eins gelegen hat.

Da diese Modellergebnisse nicht der von der Forstwirtschaft propagierten nachhaltigen Wirtschaftsform und auch nicht den Modellerwartungen entsprechen, sind diese beiden Modelle als Modellprototypen in einem iterativen Prozess zu sehen.

Die hier implementierten Nachhaltigkeitskriterien müssen aufgrund der bereits angesprochenen Problematik der Translationsinvarianz und wegen des Verstoßes gegen das Monotonieverhalten in Frage gestellt werden.

Für die folgende Modellkonzeption gilt es die bisherigen Variablen so zu adaptieren, dass dadurch entsprechende Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigt werden können, ohne die Modellprämissen zu verletzen. Damit sollen vor allem jene Betriebe als „Best Practice“ Einheiten ausgewiesen werden, die einerseits effizient operieren und andererseits den Hiebsatz als Nachhaltigkeitsweiser einhalten. Durch eine derartige Konzeption soll unterbunden werden, dass Einheiten als Best-Practice dargestellt werden, die besonders massiv in den stehenden Vorrat eingreifen.

Für die folgenden Überlegungen hinsichtlich der Weiterentwicklung der Modelle unter Einbeziehung einer nachhaltigen Bewirtschaftungsform, spielt vor allem die Hiebsatzbereinigung jener Variablen, die unmittelbar im Zusammenhang mit dem Holzproduktionsbetrieb stehen, eine zentrale Rolle. Von dieser Modifikation wird erwartet, dass damit eine wesentlich stärkere Einflussnahme auf den nachhaltigen Eingriff in das Waldvermögen, vor allem gegenüber den beiden bisher vorgestellten Modellvarianten, möglich sein wird.

5.4.8.3 Modell: Flächennormierung & Hiebsatzbereinigung

Dieses Modellkonzept führt erstmals zur Reduktion der acht im ursprünglichen Modell „Absolutgrößen“, angewandten Modellvariablen auf nunmehr sieben, wodurch ein strafferer (diskriminanter) Modell erzielt wird. Aufgrund des Scheiterns der Modelle mit den beiden Nachhaltigkeitsindikatoren, wurde von der Implementierung von Indikatoren abgesehen, was aufgrund der beibehaltenen Flächennormierung zur entsprechenden Reduktion um eine Modellvariable geführt hat.

Um die Nachhaltigkeitsüberlegungen weiterhin im Modell aufrecht zu erhalten, erfolgte für jene Variablen, die unmittelbar mit dem Holzproduktionsbetrieb in Zusammenhang stehen, eine Hiebsatzbereinigung um den Quotienten Hiebsatz (HS)/Einschlag(ES). Trotz der bekannten Mängel in der Ermittlung des dezennalen Hiebsatzes, wird an der für das Testbetriebsnetz Großprivatwald etablierten hiebsatzbezogenen Ergebnisbereinigung der Betriebsabrechnungsbögen (BABs) als Weiser für die Veränderung des Waldvermögens festgehalten.

Durch die Reduktion um diesen Quotienten sollen ansatzweise die Auswirkungen von betriebswirtschaftlichen Maßnahmen auf die Veränderung des Waldvermögens mitberücksichtigt, und damit ganz wesentlich Einfluss auf die nachhaltige Bewirtschaftung der Betriebe genommen werden. Mit diesem Verfahren, sich dem Veränderungsausmaß des Waldvermögens über einen allgemeinen Massenhiebsatz zu nähern, bezieht sich aber nur auf die mengenmäßige Veränderung des Waldvermögens. Die wertbezogene Veränderung, die von den ausgeformten Sortimenten und der Holzqualität sowie von der Baumart abhängt, wird dabei noch nicht Rechnung getragen.

Die Problematik hinsichtlich der systematischen Erfassung der Veränderung des Waldvermögens erstreckt sich aber von Anbeginn der forstlichen Betriebswirtschaftslehre herauf bis heute und stellt nach wie vor ein nahezu ungelöstes Problem dar.

Die letzten wissenschaftlichen Arbeiten zu dieser Thematik sind von Karisch (2003) abgefasst worden. Die Ausführungen von Karisch basieren auf den Überlegungen zur verbesserten Erfolgsrechnung nach Jöbstl (1987). Die Überlegungen gehen auf die Bereinigung des ausgewiesenen Jahreserfolgs um einen detaillierten Hiebsatz und die getätigten Waldbaumaßnahmen zurück. Mit dem detailliert ausgewiesenen dezentralen Nachhaltigkeitshiebsatz, in Verbindung mit der Fortschreibung von Forsteinrichtungsdaten und der Einbeziehung mittelfristigen waldbaulichen Maßnahmen (waldbaulicher Hiebsatz) kommt ein pragmatisches Näherungsverfahren zur Anwendung, das über diesen indirekten Weg die Veränderungen des Waldvermögens dokumentieren könnte.

Tatsache bleibt aber, dass die Erfolgszahlen im forstlichen Testbetriebsnetz für den Großprivatwald unvollständig sind. Das Jonglieren mit dem Waldvermögen ermöglicht somit den agierenden Wirtschaftsführern die gezielte „Manipulation“ der Betriebsergebnisse sowohl in Richtung Steigerung des Ergebnisses durch wert- und mengenmäßige Übernutzung, bei gleichzeitiger Unterlassung von Pflegemaßnahmen, als auch in Richtung Ausweisung eines schlechten Ergebnisses aus steuerlichen Überlegungen heraus, bei gleichzeitigem Aufbau von stehendem Waldvermögen.

Durch die Bereinigung der Kosten und Leistungsrechnung um den Nachhaltshiebsatz, wird größenordnungsmäßig die einschlagsbedingte Vermögensänderung dokumentiert. Optimalerweise müsste man die einschlagsbezogene Vermögensänderung aber verursachungsgemäß dem entsprechenden Kostenträger zuweisen. Da aber im Testbetriebsnetz für den Großprivatwald kein umfassendes Wert-, Mengengerüst existiert, das standardisiert Einschlag und Hiebsatz nach Holzarten, Sortimenten, Qualitäten und Bringungslagen differenziert, ist man auf dieses generalistische Verfahren angewiesen, die gesamte einschlagsbedingte Vermögensänderung über einen allgemeinen Massenhiebsatz herzuleiten.

Relativierend kommt noch hinzu, dass die ausgewiesenen Hiebsätze nach unterschiedlichsten Verfahren bestimmt werden, was zu einer weiteren Unsicherheitskomponente in der Modellbildung führt. Üblicherweise entsteht diese dezentrale Planungskennziffer durch die Anwendung verschiedenster Hiebsatzweiser. Demzufolge unterliegt diese Größe einer Schwankungsbreite von geschätzten 8% - 12% und schlägt bei DEA in der Folge auch in dieser Größenordnung im Ergebnis durch, da DEA einen derartigen systematischen Fehler nicht ausgleichen kann (BOGETOFT 2003).

Modellbeschreibung

Gerade weil Missspezifikationen und zufällige Fehler in einem DEA Modell im vollen Ausmaß durchschlagen (SCHEEL 2000, STEINMANN 2002), ist es von Bedeutung, aus einer guten Datenbasis ähnlich gelagerter Fälle heraus, eine gewissenhafte Selektion der Beurteilungskriterien vorzunehmen. Da in den 77 zuvor analysierten Einheiten allerdings eine Einheit weder Arbeiter noch Angestellte aufweist sondern ausschließlich alle Arbeiten im Betrieb an Dritte auslagert, stellt diese Einheit einen Art „atypische Beobachtung“ dar. Demzufolge müsste man für ein inputorientiertes Modell ableiten, dass jeder Betrieb erst dann effizient sein kann, wenn er keine Arbeiter und Angestellten mehr hat. Nachdem dies für alle anderen Einheiten nicht zutrifft, wurde diese extreme Beobachtung nicht als Referenz-DMU berücksichtigt.

Auch wenn durch die Reduzierung der DMUs um eine Einheit die Straffheit des Modells beeinträchtigt wird, gleicht sich das wiederum durch die Reduktion der Zahl der Variablen

des ursprünglichen Modells „Absolutgrößen“ um die Variable „Fläche“ aufgrund der Flächennormierung aus.

Korrelation der Input und Outputvariablen

Da es von Bedeutung ist, den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Inputs und Outputs nicht nur empirisch anzunehmen sondern auch statistisch nachzuweisen, wird hier für das hiebsatzbezogene Modell der Korrelationszusammenhang der Input- und Outputmerkmale dokumentiert. Aus der Literatur ist bekannt, dass zumindest ein positiver Zusammenhang zwischen den zu untersuchenden Inputs und Outputs bestehen muss (KAO, 1992), da ansonsten die Grundannahmen der Monotonie und der Konvexität (vgl. 3.3) verletzt wären. Aus der nachfolgenden Darstellung können die Abhängigkeiten der einzelnen Kriterien untereinander entnommen werden.

Hält man sich an Vorgaben von Kao (1992) und Dyson et al. (2001), wäre es von Vorteil, wenn innerhalb der Input- und Outputvariablen keine signifikanten Zusammenhänge bestünden. Damit würde nämlich ausgedrückt, dass die gewählten Variablen keine redundanten Informationen enthalten. Dyson et al. (2001) merkt aber in seinen „Pitfalls und Protocols“ (Spezifikationsfallen und Vermeidungsmaßnahmen) an, dass nicht ohne weiteres korrelierende Größen aus dem Output oder Inputbereich weggelassen werden dürfen, wenn sie mit anderen Größen innerhalb der In- oder Outputs korrelieren, da sich die ausgewiesenen Effizienzwerte entscheidend ändern können, auch wenn diese Variablen redundante Informationen enthalten sollten. In jedem Fall ist aber ein positiver Zusammenhang der Input- und Outputvariablen erforderlich, damit es zu keinen elementaren Verletzungen der Grundannahmen (vgl. Struktureigenschaften der Technologie 3.3) von DEA kommt.

	Lst Std	red Ang	Flst.-K.	sonst. K.	SSort	IH_BH	sonst. E.
Lst. Std	1	0,367**	-0,136	0,621**	0,424**	0,239*	0,218
red Ang		1	-0,008	0,427**	0,455**	0,077	0,186
Flst.-K.			1	0,275*	0,418**	0,281*	0,019
sonst. K.				1	0,653**	0,229*	0,245*
SSort					1	0,143	0,033
IH_BH						1	0,228*
sonst. E.							1

Tabelle 23: Korrelation der natural-technischen Input und Outputvariablen des hiebsatzbereinigten Modells

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse spiegeln weitestgehend die empirisch zu erwartenden Zusammenhänge wider. Auffällig ist nur, dass es straffe Zusammenhänge zwischen den sonstigen Kosten und den Leistungsstunden, den reduzierten Angestellten und den Fremdleistungskosten gibt. Dies war aber in der Form zu erwarten, da in diesem Kriterium verschiedenste Kostenarten akkumuliert sind, die für sich aber keine wesentlichen Kostentreiber für den Forstbetrieb beinhalten. Offensichtlich sind in den sonstigen Kosten Aufwendungen akkumuliert, die direkt mit allen drei Kategorien in Zusammenhang stehen.

Zu diskutieren ist in jedem Fall auch noch die negative Korrelation der Fremdleistungskosten mit den Leistungsstunden und den reduzierten Angestellten. Auch

wenn Kao 1992 in seiner Publikation dafür eintritt jene Variablen die einen negativen Input- Outputzusammenhang aufweisen, wegzulassen, bedeutet dies allerdings nicht, dass diese Forderung auch innerhalb von Inputs oder Outputs anzuwenden ist. Denn die in der Analyse aufgetretene negative Korrelation der beiden Inputvariablen, hätte bei einer Zusammenführung bzw. beim Weglassen der beiden Größen zu einem Informationsverlust geführt.

Eine Zusammenführung wäre aufgrund der aktuellen Datenaufzeichnung ohnedies nur über den monetären Ansatz möglich gewesen, worunter der natural-technische Charakter der Analyse leiden würde. Bei einer Zusammenführung von Eigen- und Fremdleistung würde man sich jedoch eine weitere Variable ersparen, was zu diskriminanteren Ergebnisse führen würde. Außerdem wäre unter einer solchen Konstellation zu überlegen, jenen Betrieb, der weder Angestellte noch Arbeiter sondern ausschließlich Fremdleistung zu Leistungserstellung verwendet, wieder im Datensample zu berücksichtigen.

Dennoch ist aber festzuhalten, dass die getrennte Analyse von Fremd- und Eigenleistung und das Ausweisen von Rationalisierungspotenzialen für beide Größen aus forstlicher Sicht als essentiell wichtig erscheint, weshalb für die Auswertung an der Differenzierung zwischen Eigen- und Fremdleistung festgehalten wurde.

Dokumentation der Ergebnisse des Modells Flächennormierung & Hiebsatzbezug

Für eine umfassende Beurteilung des Status Quo werden verschiedenste Effizienzmaße herangezogen, um einerseits die Objektivität zu wahren und dem Grundsatz nachzukommen, alle DMUs in „ihrem besten Licht“ darzustellen.

Damit wird aber auch das Ziel deklariert, für jede Einheit einen aggregierten Effizienzwert in Prozent und die entsprechenden Target Values für jede Variable anzugeben. Diese Werte werden je nach gewähltem Effizienzmaß voneinander abweichen. Unabhängig davon aber, ob das A-Maß, das Dmin oder das Dmax Maß gewählt wurde, führt die Umsetzung der vorgeschlagenen Targets in jedem Fall zu einer Verbesserung der Performance.

Worauf letztendlich die Abweichung der ökonomischen Effizienz (straffester Effizienzfall) zurückzuführen ist, lässt sich nur mit einer Aufgliederung der kostentechnischen Effizienz (KE) in eine natural-technische (TE) und eine alllokative Effizienz (AE) ermitteln. Daraus leitet sich der Zusammenhang ab, zu welchen Anteilen die Ineffizienz auf eine suboptimale mengenmäßige bez. auf eine suboptimale wertmäßige Ressourcenallokation zurückzuführen ist.

Die Auswertung an sich erfolgte wie schon für das Modell „Absolutgröße“ in einer orientierten und einer nicht orientierten Form. Der Grund für die Doppelgleisigkeit der Auswertung liegt darin zu testen, wie sich die Effizienzmaße unterscheiden und ob es wesentliche Abweichungen zwischen den Target Values der beiden Varianten gibt, die sich einmal auf das Minimierungsprinzip und einmal auf das Optimalprinzip beziehen.

Im Unterschied zum Modell „Absolutgrößen“ werden hier anhand von ausgewählten einzelnen DMUs die verschiedenen Ergebnisse diskutiert, so dass daraus vor allem das Ausmaß der Aussagen für die individuellen Einheiten und die Abweichung zum Ergebnis aus dem Modell „Absolutgrößen“ erkennbar werden.

Inputorientierte und nicht orientierte Modelle der Modellvariante „Flächennormierung & Hiebsatzbereinigung“

Die durchschnittlichen relativen Abweichungen und deren Standardabweichungen von der Effizienzgrenze sind in Tabelle 24 für das input orientierte (IN) und in Tabelle 25 für das nicht orientierten (NO) natural-technischen (TE) DEA Modell unter Berücksichtigung der Hiebsatzbereinigung. Die Darstellung der Resultate für diese beiden Modelle erfolgt nach drei Effizienzmaßen, wobei für jedes Modell variable Skalenenerträge unterstellt wurden.

Die allgemeine Ergebnistabelle weist für die einzelnen Modellvariablen die durchschnittlichen Target Values und deren Standardabweichungen aus, die aus der Grundgesamtheit aller 76 Einheiten ermittelt wurden.

input. - orientiert. VSE		I1 Regie- std.	I2 Ange- stellte	I3 Fremd- lst. K.	I4 sonst. Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
A- Maß	$\bar{x}$	-11,6%	-9,9%	-9,1%	-9,2%	0,0%	3,9%	36,4%	91,8%	38
	s_x	14,8%	13,1%	12,1%	13,3%	0,0%	10,9%	140,8%	11,4%	38
D _{max} - Maß	$\bar{x}$	-24,3%	-11,7%	-3,0%	-11,8%	0,0%	4,8%	39,1%	92,7%	23
	s_x	28,9%	17,4%	7,6%	18,0%	0,0%	13,4%	163,1%	8,8%	53
D _{min} - Maß	$\bar{x}$	0,0%	-1,2%	-5,5%	-6,5%	0,0%	3,6%	34,9%	98,1%	37
	s_x	0,0%	6,1%	13,3%	13,8%	0,0%	11,2%	144,1%	2,5%	39

Tabelle 24: inputorientierte natural-technische Effizienzmaße (VSE)

Mit den Target Values in dieser Darstellung kann zumindest allgemein das Ausmaß der Rationalisierungspotenziale für dieses untersuchte Sample nach den drei zugrunde gelegten Varianten und nach dem inputorientierten (Minimierungsprinzip) und dem nicht orientierten (Optimalprinzip) Verfahren ausgemacht werden.

Auch wenn sich nach der Modellvorstellung des inputorientierten Modells die Verbesserungspotenziale auf die verwendeten Inputfaktoren konzentrieren sollen, kommt es dennoch vor, dass im Modellergebnis auch Slacks oder Schlupfvariablen (vgl. 3.6.2) auf der Outputseite ausgewiesen werden. Durch die Berücksichtigung der Slacks in der Generierung der Target Values für den zu erhöhenden Output wird vermieden, dass dieses Produktionsgut nicht als ein quasi freies Gut interpretiert wird, das am Markt keinen Erlös erzielen kann. Diese Maßnahmen beschränken sich nur auf einige wenige Einheiten des untersuchten Samples und betreffen ausschließlich den Industrieholzbereich und insbesondere die sonstigen Erlöse, da für diese beiden Outputgrößen je nach Betriebspolitik und betrieblichen Möglichkeiten eine große Schwankungsbreite zwischen den Betrieben evident ist.

Die aufgezeigten Reduktionspotenziale auf der Inputseite spiegeln in etwa den Möglichkeitsrahmen für Rationalisierungsmaßnahmen wider. Ausgehend von den Ergebnissen des Äquiproportionalmaßes (A-Maß) ist festzuhalten, dass im breiten Durchschnitt Einsparungspotenziale bei Angestellten, Arbeitern, Fremdleistungen und sonstige Kosten im Ausmaß von etwa 10% möglich sein sollten. Individueller betrachtet ergeben sich allerdings nach dem Dmax Verfahren eine schwerpunktmäßige Verlagerung der Rationalisierungspotenziale in Richtung Angestellte (24,31%) und erst in der Folge

fallen die Arbeiter sowie die sonstigen Kosten mit rund 10% an Einsparungspotenzial ins Gewicht. Die Fremdleistungskosten als solche bieten laut D_{max} Verfahren demnach nur noch ein Reduktionspotenzial von knapp 3%.

Die Ergebnisse des nicht orientierten Modells weichen nur dadurch vom inputorientierten Modell ab, als hier versucht wird, die Verbesserungspotenziale der einzelnen Einheiten sowohl auf die Input- als auch auf die Outputseite zu verlagern. Ganzheitlich betrachtet weisen alle drei Effizienzmaße annähernd genau dieselbe Anzahl an effizienten und nicht effizienten Einheiten aus, lediglich im durchschnittlich ausgewiesenen Effizienzwert aller Einheiten sind für das A- und D_{max}- Maß geringfügige Differenzen zu verzeichnen.

nicht orientiert VSE		I1 Regie- std.	I2 Ange- stellte	I3 Fremd- lst. K.	I4 sonst. Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
A- Maß	$\bar{x}$	-8,9%	-6,9%	-6,0%	-6,0%	4,8%	7,3%	39,8%	95,2%	38
	s_x	12,4%	10,5%	8,8%	10,0%	7,2%	11,8%	142,0%	7,2%	38
D _{max} - Maß	$\bar{x}$	-12,2%	-7,5%	-3,4%	-6,2%	1,1%	13,7%	116,4%	77,1%	22
	s_x	19,2%	14,3%	8,6%	13,6%	3,7%	36,6%	274,5%	41,5%	54
D _{min} - Maß	$\bar{x}$	0,0%	-0,5%	-3,2%	-4,6%	1,8%	1,3%	0,0%	98,4%	37
	s_x	0,0%	4,8%	11,0%	12,8%	5,3%	5,3%	0,0%	2,3%	39

Tabelle 25: nicht orientierte natural-technische Effizienzmaße (VSE)

Aus praktischer Sicht lassen sich über das nicht orientierte Modell mehr detaillierte Aussagen bezogen auf die implementierten Modellvariablen ableiten. Dies führt auch dazu, dass die ausgewiesenen Reduktionspotenziale auf der Inputseite verglichen mit den Vorschlägen aus dem inputorientierten Modell weniger massiv ausfallen, da ja im Gegenzug auch mit der entsprechenden Erhöhung der Outputvariablen kalkuliert wird.

Skaleneffizienz

Wie bereits unter 5.4.8.1 ausführlich dargestellt, ist die ausgewiesene Ineffizienz aber nicht nur auf die technische Transformation der Inputfaktoren in Produktionsgüter zurückzuführen, sondern sie hängt gerade bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen auch vom Skalenniveau der untersuchten Einheiten ab.

Skaleneffizienz inputorientiert VSE	TE (VSE) variable Skalenerträge		KSE konstante Skalenerträge		SE Skaleneffizienz	
	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x
A-Maß	91,77%	±11,42%	89,29%	±12,50%	97,18%	±4,35%

Tabelle 26: durchschnittliche Skaleneffizienz für das hiebsatzbereinigte, inputorientierte Modell (VSE)

Skaleneffizienz nicht orientiert VSE	TE (VSE) variable Skalenerträge		KSE konstante Skalenerträge		SE Skaleneffizienz	
	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$	s_x
A-Maß	95,19%	±7,20%	93,85%	±7,62%	98,57%	±2,40%

Tabelle 27: durchschnittliche Skaleneffizienz für das hiebsatzbereinigte, nicht orientierte Modell (VSE)

Die hier dokumentierte Ergebniszusammenstellung für das natural-technische Modell demonstriert sowohl für das inputorientierte als auch das nicht orientierte Modell über den Quotienten KSE zu VSE den Anteil der Ineffizienz infolge des Skaleneffekts (vgl. 3.3.3). Von der durchschnittlichen Gesamtabweichung unter konstanten Skalenerträgen (KSE) von 10,71% (6,15%) erklären sich 2,82% (1,43%) ausschließlich durch den Skaleneffekt. Als reines Rationalisierungspotenzial ergibt sich damit für das inputorientierte Modell ein durchschnittliches Einsparungspotenzial von Produktionsfaktoren im Ausmaß von 7,89%, wohingegen im nicht orientierten Fall das Einsparungspotenzial nur bei 4,72% liegt, da ja im Gegenzug von einer Erhöhung der Outputleistung im selben Ausmaß ausgegangen wird. Dividiert man die technische Abweichung des Modells konstanter Skalenerträge (KSE) von 7,89% (4,72%) durch den Wert der ausgewiesenen Skaleneffizienz, resultiert daraus die entsprechende Abweichung aus dem VSE Modell. (Die geringfügigen Abweichungen in der Darstellung der durchschnittlichen Ergebnisse sind auf die Mittelwertrechnung zurückzuführen).

Der Skaleneffekt von 2,82% (1,43%) ist sowohl auf Einheiten, die unter nicht zunehmenden als auch auf solche, die unter nicht abnehmenden Skalenerträgen operieren, zurückzuführen. Im Detail kann die Anzahl der Betriebe, die unter zunehmenden ($O/I > 1$), abnehmenden ($O/I < 1$) oder konstanten Skalenerträgen agieren, der nachfolgenden Grafik entnommen werden.

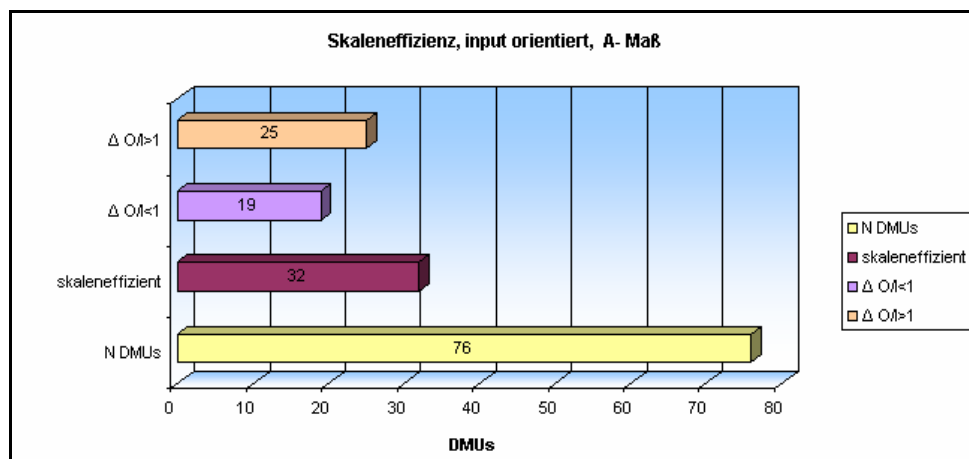


Abb. 19: Verteilung der 76 DMUs auf abnehmende und zunehmende sowie konstante Skalenerträge bei Unterstellung des hiebsatzbereinigten, inputorientierten Modells

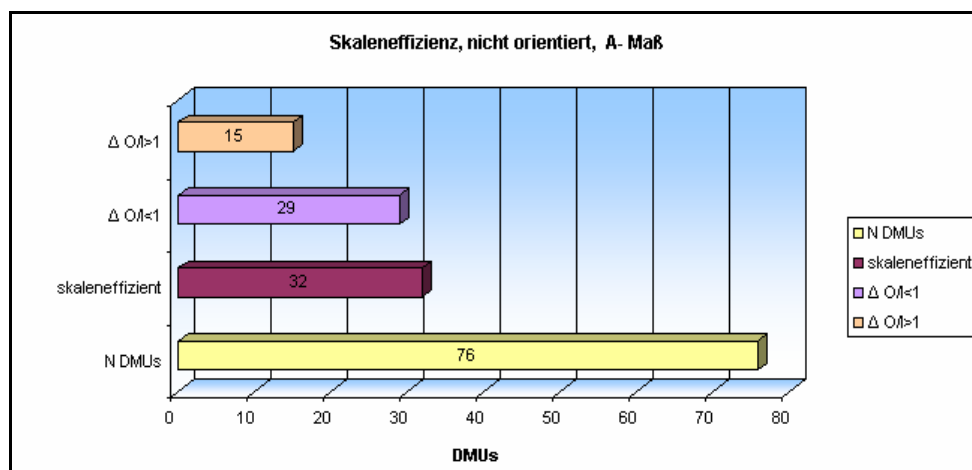


Abb. 20: Verteilung der 76 DMUs auf abnehmende und zunehmende sowie konstante Skalenerträge bei Unterstellung des hiebsatzbereinigten, nicht orientierten Modells

Wie im Modell „Absolutgrößen“ wurde auch hier für das inputorientierte Modell geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen den ausgewiesenen Skaleneffekten und der Betriebsgröße besteht.

ONEWAY ANOVA

Betriebsgröße					
	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	1,3E+07	2	6628404,2	,864	,426
Innerhalb der Gruppen	5,6E+08	73	7671573,1		
Gesamt	5,7E+08	75			

Tabelle 28: One-Way Anova zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Betriebsgröße und der Skaleneffekte

Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable: Betriebsgröße

		Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall		
(I) SE FN&HS	(J) SE FN&HS				Untergrenze	Obergrenze	
Tukey-HSD	1	2	-1031,315	802,1868	,408	-2950,495	887,865
		3	-569,655	739,3237	,722	-2338,439	1199,130
	2	1	1031,315	802,1868	,408	-887,865	2950,495
		3	461,661	842,9887	,848	-1555,135	2478,456
	3	1	569,655	739,3237	,722	-1199,130	2338,439
		2	-461,661	842,9887	,848	-2478,456	1555,135
Scheffé-Prozedur	1	2	-1031,315	802,1868	,442	-3035,852	973,222
		3	-569,655	739,3237	,744	-2417,107	1277,798
	2	1	1031,315	802,1868	,442	-973,222	3035,852
		3	461,661	842,9887	,861	-1644,834	2568,155
	3	1	569,655	739,3237	,744	-1277,798	2417,107
		2	-461,661	842,9887	,861	-2568,155	1644,834
Bonferroni	1	2	-1031,315	802,1868	,608	-2996,992	934,362
		3	-569,655	739,3237	1,000	-2381,292	1241,983
	2	1	1031,315	802,1868	,608	-934,362	2996,992
		3	461,661	842,9887	1,000	-1603,997	2527,318
	3	1	569,655	739,3237	1,000	-1241,983	2381,292
		2	-461,661	842,9887	1,000	-2527,318	1603,997

Tabelle 29: Post Hoc Tests: Dokumentation der Zusammenhänge zwischen der Betriebsgröße und dem Skaleneffekt für das inputorientierte und hiebsatzbereinigte Modell unter VSE.

Allerdings konnte, wie aus der Tabelle 29 zu entnehmen ist, für die inputorientierte Modellvariante nicht der statistische Zusammenhang zwischen der Betriebsgröße und den Gruppen der skaleneffizienten Einheiten (1) sowie den Einheiten mit abnehmenden (2) und zunehmenden (3) Skalenerträgen mittels One-Way Anova erbracht werden. Die Nullhypothese, dass ein solcher Zusammenhang nicht existiert, konnte damit nicht abgelehnt werden.

In einem ganz anderen Licht präsentiert sich hingegen die Gegenüberstellung des Skaleneffekts mit der Flächenproduktivität (HS/Ha; vgl. Tabelle 31). Dabei kommt es zu signifikanten Zusammenhängen zumindest zwischen den skaleneffizienten Beobachtungen (1) und der Gruppe der abnehmenden Skalenerträge (2) sowie zwischen der Gruppe der abnehmenden (2) und jener der zunehmenden Skalenerträge (3). Kein signifikanter Zusammenhang besteht hingegen zwischen den skaleneffizienten Beobachtungen (1) und der Gruppe der zunehmenden Skalenerträge (3). Aber auch hier ist das Signifikanzniveau sehr nahe am Schwellenwert. Nachdem es sich bei der Gruppe der nicht zunehmenden Skalenerträge um die Gruppe mit den wenigsten Beobachtungen

handelt, ist davon auszugehen, dass bei Erhöhung der Beobachtungen auch für diese Gruppe ein signifikanter Zusammenhang abgeleitet werden könnte.

ONEWAY ANOVA

Prod. HS/ha					
	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	35,666	2	17,833	9,551	,000
Innerhalb der Gruppen	136,300	73	1,867		
Gesamt	171,965	75			

Tabelle 30: One-Way Anova zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Flächenproduktivität und der Skaleneffekte

Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable: Prod. HS/ha

			Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
			(I) SE FN&HS	(J) SE FN&HS		Untergrenze	Obergrenze
Tukey-HSD	1	2	-,991*	,3957	,038	-1,938	-,044
		3	,826	,3647	,067	-,047	1,699
	2	1	,991*	,3957	,038	,044	1,938
		3	1,817*	,4159	,000	,822	2,812
	3	1	-,826	,3647	,067	-1,699	,047
		2	-1,817*	,4159	,000	-2,812	-,822
Scheffé-Prozedur	1	2	-,991*	,3957	,049	-1,980	-,002
		3	,826	,3647	,084	-,085	1,737
	2	1	,991*	,3957	,049	,002	1,980
		3	1,817*	,4159	,000	,778	2,856
	3	1	-,826	,3647	,084	-1,737	,085
		2	-1,817*	,4159	,000	-2,856	-,778
Bonferroni	1	2	-,991*	,3957	,044	-1,961	-,021
		3	,826	,3647	,080	-,068	1,720
	2	1	,991*	,3957	,044	,021	1,961
		3	1,817*	,4159	,000	,798	2,836
	3	1	-,826	,3647	,080	-1,720	,068
		2	-1,817*	,4159	,000	-2,836	-,798

*. Die mittlere Differenz ist auf der Stufe .05 signifikant.

Tabelle 31: Post Hoc Tests: Dokumentation der Zusammenhänge zwischen der Flächenproduktivität (HS/Ha) und dem Skaleneffekt für das inputorientierte natural-technische und hiebsatzbereinigte Modell unter VSE.

Mit der Beurteilung der Skaleneffekte in Bezug auf die Betriebsgröße (vgl. Tabelle 29) und die Flächenproduktivität (vgl. Tabelle 31) wird vor allem verdeutlicht, dass der für die einzelnen Beobachtungen explizit ausgewiesene Skaleneffekt nicht unbedingt bzw. ausschließlich von der „Größe der Ertragswaldfläche“ oder der „Flächenproduktivität“ abhängt, sondern vom ganzheitlichen Input- Outputmix als solchem (KAO 1993).

Im Vergleich zu dem inputorientierten Modell wandern zehn von den vormals 25 Einheiten, die im inputorientierten Modell (vgl. Abb. 19) unter nicht abnehmenden Skalenerträgen operiert haben, im nicht orientierten Modell (vgl. Abb. 20) in das Segment der nicht zunehmenden Skalenerträgen ab. Diese Verschiebung dürfte dabei aber einzig auf die Konstruktion der unterstellten Effizienzmaße zurückzuführen sein.

Letztendlich gilt es aber für die auf ein Hektar normierten Daten festzustellen, dass das Ausmaß des Skaleneinflusses möglicherweise in Folge der Normierung verglichen mit dem Modell „Absolutgröße“ weniger differenziert ausfällt. In der Datennormierung dürfte auch der Grund liegen, warum der Nachweis der Abhängigkeit der Betriebsgrößen vom Skaleneffekt, wie im Modell „Absolutgröße“, nicht erbracht werden konnte.

Regressionsanalyse

Um zu analysieren, weshalb die One-Way Anova keinen Zusammenhang zwischen den festgestellten Skaleneffekten und der Flächenproduktivität und der Betriebsgröße ableiten konnte, werden diese beiden Merkmale zur Erklärung des Zusammenhangs der über ein radiales inputorientiertes Effizienzmaß abgeleiteten natural-technischen Effizienzwerte (TE VRS RAD IN) in eine Regressionsanalyse implementiert. Nachdem zuvor die One-Way Anova (vgl. Tabelle 29 und Tabelle 31) keinen Einfluss der Skaleneffekte der DEA auf diese beiden Merkmale feststellen konnte, ist zu vermuten, dass die Regressionsanalyse ebenfalls keinen signifikanten Einfluss der Betriebsgröße bzw. der Flächenproduktivität auf die ausgewiesenen DEA Effizienzwerte nachweisen kann.

Koeffizienten ^a					
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta	
1	(Konstante)	84,488	4,790		,000
	Prod. HS/ha	1,363	,863	,181	,118

a. Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN

Tabelle 32: Regressiver Zusammenhang zwischen den DEA Effizienzwerten und der Flächenproduktivität

Koeffizienten ^a					
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta	
1	(Konstante)	91,232	2,134		,000
	Betriebsgröße	1,551E-04	,000	,038	,747

a. Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN

Tabelle 33: Regressiver Zusammenhang zwischen den DEA Effizienzwerten und der Betriebsgröße

Aus der Regressionsanalyse geht nun tatsächlich hervor, dass weder die Betriebsgröße noch die Flächenproduktivität einen Einfluss auf die Effizienz der untersuchten Einheiten hat. Aufgrund des niedrigen Signifikanzniveaus der Flächenproduktivität gegenüber den untersuchten Effizienzwerten, darf jedoch auf eine gewisse Abhängigkeit geschlossen werden. Eine derartige Tendenz zeichnete sich ja auch bereits in der One-Way Anova durch die signifikanten Zusammenhänge zwischen den einzelnen Klassen der Skaleneffekte ab. Statistisch betrachtet konnte dieser Zusammenhang allerdings nicht bei Unterstellung einer 5%igen Irrtumswahrscheinlichkeit bestätigt werden.

Eigentlich wäre zu erwarten, dass die Flächenproduktivität, deren Einflussparameter indirekt im Modell bereits enthalten sind, ein erklärendes Merkmal für die abgeleiteten Effizienzwerte darstellen könnte. Allerdings dürfte die Ursache für dieses gegenteilige Ergebnis in der Konzeption der DEA Effizienzmaße an sich liegen, die nur segmentweise über den Bezug auf einige wenige Benchmarkeinheiten (Peer Group) abgeleitet werden. Damit scheint sich kein ausreichend signifikanter Zusammenhang zu der über die Flächenproduktivität abgeleiteten Ausgleichsfunktion zu ergeben.

Univariate Varianzanalyse

Mit der Varianzanalyse wird in einer zweiten Stufe die Hypothese geprüft, ob die drei ordinal bzw. nominal definierten Größen, Arrondierung, Anteil Seilgelände und Produktionsgebiet, einen signifikanten Einfluss auf die natural-technische Performance der untersuchten Einheiten haben oder nicht.

Tests der Zwischensubjekteffekte

Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	3630,528 ^a	31	117,114	,837	,695
Konstanter Term	292692,038	1	292692,04	2091,503	,000
PROD_GEB	852,272	5	170,454	1,218	,317
ARRONDIE	59,658	2	29,829	,213	,809
ANTEIL_S	157,691	3	52,564	,376	,771
PROD_GEB * ARRONDIE	816,735	8	102,092	,730	,665
PROD_GEB * ANTEIL_S	780,555	4	195,139	1,394	,252
ARRONDIE * ANTEIL_S	1007,188	5	201,438	1,439	,229
PROD_GEB * ARRONDIE * ANTEIL_S	9,287	2	4,644	,033	,967
Fehler	6157,508	44	139,943		
Gesamt	649895,461	76			
Korrigierte Gesamtvariation	9788,036	75			

a. R-Quadrat = ,371 (korrigiertes R-Quadrat = -,072)

Tabelle 34: Varianzanalyse zur Prüfung der Abhängigkeiten der Effizienzwerte von der Arrondierung, dem Anteil Seilgelände und dem Produktionsgebiet

So wie auch schon im Modell „Absolutgröße“ konnte auch hier aufgrund der Resultate der Tabelle 34 die Nullhypothese, dass zwischen den ordinal skalierten unabhängigen Größen, Produktionsgebiet, Arrondierung und Anteil Seilgelände und den ausgewiesenen Effizienzwerten eines inputorientierten Modells mit variablen Skalenerträgen kein Einfluss besteht, nicht abgelehnt werden. Im Anhang unter 9.5 sind die Detaillergebnisse der Abhängigkeiten der einzelnen Gruppen innerhalb der unabhängigen Merkmale angeführt.

Auch wenn es zu erwarten wäre, dass diese drei Merkmale Einfluss auf die Performance haben sollten, konnte das in der Varianzanalyse nicht bestätigt werden. Die Ursache dafür liegt auch hier in der Konzeption des DEA Effizienzmaßes. Indem der Effizienzwert nur durch die Benchmarkeinheiten jener Peer Group (vgl. 3.8.1 Dominanzbereich bzw. Peer-Group), in der sich die Beurteilungseinheit aufgrund ihrer Input- Outputkonstellation befindet, hergeleitet wird, scheint es für die Statistik, die alle Einheiten als Grundgesamtheit simultan betrachtet, unmöglich zu sein, einen signifikanten Zusammenhang zu den ausgewiesenen Effizienzwerten und den Gruppenmerkmalen der drei unabhängigen Variablen nachzuweisen.

Nachdem aber kein Einfluss durch diese drei Größen sowie durch die Regressionsanalysen nachgewiesen werden konnte, könnte nun umgekehrt argumentiert werden, dass die für die DEA verwendeten Merkmale unter VSE tatsächlich jede DMU unter „ihrem besten Licht“ darstellen können, da keine Einflussnahme durch andere Variablen, die nicht im Modell integriert waren, festgestellt werden konnte.

Kosteneffizienz

Neben dem physischen Faktoreinsatz und dessen Reduktionspotenzialen ist es natürlich auch für das hiebsatzbereinigte Modell von Bedeutung, die wertmäßige Abweichung im Sinne der Kosteneffizienz zu dokumentieren und nicht nur die Rationalisierungspotenziale der eingesetzten Produktionsfaktoren aus technischer Sicht sondern auch unter monetären Aspekten aufzuzeigen.

Wie bereits erwähnt, wird in den klassischen DEA Modellen der Zusammenhang zwischen Kosteneffizienz und natural-technischer Effizienz linearisiert dargestellt. Die Abweichung des natural-technischen Maßes vom kostentechnischen Maß wird über das allokativen Effizienzmaß ausgedrückt, das den ungünstigen monetären Aufwand für die verwendeten Inputfaktoren ausweist. Der lineare Zusammenhang von Kosteneffizienz (KE) = allokativer Effizienz (AE) × natural-technischer Effizienz (TE) kann nur dann hergestellt werden, wenn für die Bewertung der physischen Inputfaktoren, monetäre Durchschnittssätze verwendet werden (vgl. 3.8.4).

Im Regelfall sind die Kosten gerade für die forstliche Branche keinesfalls als gleich zu betrachten. Aufgrund von regional dominierten Märkten, unterschiedlichen betrieblichen Rahmenbedingungen und abweichenden Gehalts- und Lohnkosten je nach Altersstruktur der Mitarbeiter, kommt es unweigerlich zu differenzierten Kostensätzen.

Die nachfolgende Auswertung basiert auf dem klassischen DEA Ansatz nach Coelli (1998) unter der Annahme erfolgt, dass alle Einheiten ihre Inputfaktoren zu denselben Kostensätzen am Markt beschaffen müssen.

input-orientiert VSE		I1 Regie-std.	I2 Angestellte	I3 Fremd-Ist. K.	I4 sonst. Kosten	O1 Säge-sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
TE	$\bar{x}$	-11,6%	-9,9%	-9,1%	-9,2%	0,0%	3,9%	36,4%	91,8%	38
A-Maß	s_x	14,8%	13,1%	12,1%	13,3%	0,0%	10,9%	140,8%	11,4%	38
					I1 gesamt. Kosten	O1 Säge-sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
KE-d	$\bar{x}$				-17,7%	0,0%	1,9%	270,3%	82,7%	12
A-Maß	s_x				13,3%	0,0%	10,0%	385,1%	13,4%	64
AE d-	$\bar{x}$								90,0%	12
Maß	s_x								8,2%	64

Tabelle 35: Kosteneffizienz für das hiebsatzbereinigte inputorientierte Modell

Von den ehemals 38 natural-technisch effizient operierenden Einheiten verhalten sich nur 12 Einheiten allokativ und damit kostentechnisch am günstigsten und bilden damit die „Best-Practice“ Einheiten für die mengen- und wertmäßige Performancebeurteilung aller anderen untersuchten Einheiten.

Als Kernaussage der Tabelle 35 bleibt stehen, dass im Durchschnitt für die hier untersuchten Einheiten ein Kosteneinsparungspotenzial von 17,3% am Hektar unter hiebsatzbereinigten Bedingungen und bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen besteht.

Zergliedert man die gesamte kostentechnische Abweichung von 17,3% in einen natural-technischen Teil und einen allokativen Teil, so ist festzustellen, dass der allokativer Anteil

von 10,0% gegenüber dem natural-technischen Anteil von $(8,2\% \times 90,0\%)$ 7,4% leicht überwiegt. (Die geringen Differenzen zur gesamten Abweichung von 17,3% ist in der Mittelwertrechnung begründet).

Nachdem für die Ermittlung der Kosteneffizienz nach dem klassischen DEA Ansatz durchschnittliche Kostensätze verwendet werden, erfolgt in Tabelle 36 zur Objektivierung der Ergebnisse der Kosteneffizienz die Gegenüberstellung der Resultate aus dem klassischen DEA Ansatz und jenem Ansatz, der tatsächliche Kosten je DMU unterstellt.

		I1 ges. Kosten	O1 Säge- Sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge	Σ Eff.	Anz. eff. n. eff.
KE-av	$\bar{x}$	-17,7%	0,0%	1,9%	270,3%	82,7%	12
A-Maß	s_x	13,3%	0,0%	10,0%	385,1%	13,4%	64
KE tat	$\bar{x}$	16,7%	0,0%	0,2%	155,0%	83,3%	13
A-Maß	s_x	12,2%	0,0%	0,9%	236,1%	12,2%	63

Tabelle 36: Ergebnisse der Kosteneffizienz einmal nach durchschnittlichen Kostensätzen und einmal nach den tatsächlichen Kostenaufwendungen

Am generellen Ergebnis nach Bildung der Mittelwerte lassen sich keine gravierenden Veränderungen feststellen. Auch wenn zur Herleitung der allokativen Effizienz (AE) die kostentechnische Ineffizienz unter Anwendung von Durchschnittskostensätze abgeleitet wurde, wird dennoch dasselbe durchschnittliche Ausmaß an kostentechnischer Ineffizienz auch unter Verwendung der tatsächlichen Kostensätze widerspiegelt.

Wie aber nachfolgend gezeigt wird, kann diese differenzierte Betrachtung auf der Ebene der einzelnen DMUs aber sehr wohl eine Auswirkung haben, insbesondere dann, wenn eine DMU zu günstigen Konditionen Inputfaktoren beschaffen kann.

5.4.8.4 Darstellung der Ergebnisse für drei ausgewählte DMUs basierend auf dem inputorientierten Modellkonzept

Wie bereits angedeutet drängt sich nach der umfangreichen Darstellung von Mittelwerten und deren Standardabweichung die Frage nach Einzelergebnissen auf. In Anlehnung an die Arbeiten von Kao (1989, 1992, 1993 und 2000) sowie von Bogetoft und Strange (2003), die sich mit der Reorganisation von Forstbezirken in Taiwan und Forstbüros in Dänemark beschäftigt haben, ergaben sich die Anforderungen an die Analyse von individuellen DMUs.

Bezogen auf einzelne DMUs interessieren insbesondere die nachfolgenden Punkte:

- Prinzipiell liegt es auf der Hand eine Antwort darauf zu bekommen, wie groß die Kluft zur Effizienzgrenze ist und welche Maßnahmen zu ergreifen sind, um sich der Umhüllenden anzunähern.
- Des Weiteren stellt sich bei Vorhandensein von Zeitreihen die Frage, ob es gegenüber den Vergleichsperioden eine positive oder negative Veränderung gegeben hat.
- Und falls Zeitreihendaten verfügbar sind, ist zur Verifizierung der Target Values aus der DEA Analyse zu prüfen, ob diese auch mit den tatsächlich umgesetzten Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der betrieblichen Performance geführt haben, übereinstimmen.

Da sich die hier vorliegenden Daten auf einen Zeitraum von 1997 bis 2001 beziehen, werden nicht nur die 76 gemittelten Einheiten, sondern selbstverständlich auch die

periodenbezogenen Daten für jede DMU zur Modellbildung verwendet, was zu einer Verfünffachung (380 DMUs) der verwendeten DMUs und damit zu einer höheren Diskriminanz führt.

Die Ergebnisse werden in Anlehnung an die bisherigen Überlegungen nach dem inputorientierten Modellverfahren ausgewertet und nach den drei Effizienzmaßen aufbereiten. Für jede Einheit werden je nach unterstelltem Effizienzmaß die entsprechenden Target Values abgeleitet und tabellarisch dargestellt.

In separaten Auswertungen erfolgt die differenzierte Analyse der individuellen Performance von drei selektierten Einheiten nach dem natural-technischen und dem ökonomischen (Kosteneffizienz) Analysekonzept (vgl. Tabelle 37 - Tabelle 42). Die drei rein exemplarisch herausgegriffenen DMUs wurden so gewählt, dass deren erzielte Performance in etwa den gesamten Performancebereich, der sich bis auf einen Ausreißer im Bereich zwischen 50 und 100% bewegt, gleichmäßig abdeckt.

Jede tabellarische Darstellung (vgl. Tabelle 37 - Tabelle 42) enthält für jede Beobachtung die individuellen Ergebnisse, die einmal je Periode und einmal für die über die Periode gemittelten Werte hergeleitet wurden. Nachdem für diese beiden Modellansätze die Anzahl der Beobachtungen um das fünffache variiert haben, unterscheiden sich demzufolge auch die ausgewiesenen Performancewerte. Erwartungsgemäß fällt die grau hinterlegte Performance der gemittelten Variablenwerte (d), die sich auf eine Grundgesamtheit von 76 Beobachtungen beziehen, naturgemäß höher aus als bei Verwendung jedes Periodenergebnisses jeder Beobachtung als unabhängige DMU, was zu einer Grundgesamtheit von 380 DMUs geführt hat.

Prinzipiell würde zwar auch die Auswertung nach dem nicht orientierten Modell zur Verfügung stehen. Allerdings werden zur Demonstration der Analysemöglichkeiten von Zeitreihendaten ausschließlich die Ergebnisse verschiedener inputorientierter Modelle dargestellt, da die Analyseverfahren unabhängig vom unterstellten Effizienzmaß und von der Orientierung der Modelle angewandt werden können.

Natural-technisches und Inputorientiertes Modell unter Verwendung des A-Maß (VSE)

In den Tabelle 37 - Tabelle 42 sind unter P die untersuchten Perioden (P) angeführt und unter (d) die Mittelwerte der abgeleiteten Ergebnisse dokumentiert. In Anlehnung an ein Paper von Kao (2000), das die relative Veränderung (V-Eff) der Performance („Malmquist-Index⁶⁰“) einzelner Einheiten aufeinander folgender Untersuchungsperioden dokumentiert, werden auch hier die Performancewerte und deren Veränderung sowie die Target Values für die Kriterien der einzelnen Beobachtungen für die einzelnen Perioden der Untersuchungseinheiten (DMUs) ausgewiesen.

Unter (R) ist das Rankingergebnis für jede der 76 DMUs jeder Periode (380 DMUs) sowie für die grau hinterlegten 76 gemittelten Periodenergebnisse (d) dargestellt. Selbstverständlich führt ein Ansteigen der Performance gleichzeitig zu einem niedrigeren Ranking. Je niedriger die Platzierung im Ranking, desto näher liegt die untersuchte Einheit an der Effizienzgrenze der DEA Analyse.

60 Der Malmquist Index zeigt die Entwicklung der Effizienz im Zeitablauf an, unter Berücksichtigung der Veränderung der Technologie.

D M U	Target – Values TE (VSE)										
	P	Eff- W	V-Eff.	R	I1 Regie- std.	I2 Ange- stellte	I3 Fremd- Ist. K.	I4 sonst. Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge
FB - 11	1997	65,46%		345	-39,05%	-34,54%	-34,54%	-34,54%	0,00%	0,00%	75,73%
	1998	67,46%	3,06%	338	-39,33%	-32,54%	-32,54%	-32,54%	0,00%	0,00%	81,33%
	1999	70,20%	4,06%	315	-37,65%	-29,80%	-29,80%	-29,80%	0,00%	0,00%	138,13%
	2000	75,82%	8,01%	281	-40,22%	-24,18%	-24,18%	-24,18%	0,00%	0,00%	161,69%
	2001	73,67%	-2,83%	297	-31,89%	-26,33%	-26,33%	-26,33%	0,00%	0,00%	27,79%
	d	79,23%		66	-33,75%	-20,77%	-20,77%	-20,77%	0,00%	0,00%	26,83%
FB - 31	1997	83,95%		206	-16,55%	-36,53%	-16,05%	-16,05%	0,00%	69,34%	540,21%
	1998	93,86%	11,80%	120	-21,78%	-22,74%	-6,14%	-6,14%	0,00%	107,20%	194,42%
	1999	87,87%	-6,38%	179	-12,13%	-21,20%	-12,13%	-12,13%	0,00%	101,47%	194,32%
	2000	79,73%	-9,26%	240	-21,03%	-23,38%	-20,27%	-20,27%	0,00%	55,64%	71,39%
	2001	100,00%	25,42%	1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	d	100,00%		1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FB - 51	1997	61,38%		356	-38,62%	-38,62%	-38,62%	-38,62%	0,00%	0,00%	0,00%
	1998	79,71%	29,88%	241	-42,10%	-20,29%	-20,29%	-20,29%	0,00%	0,00%	15,32%
	1999	81,43%	2,15%	225	-31,89%	-18,57%	-18,57%	-18,57%	0,00%	0,00%	0,00%
	2000	76,30%	-6,30%	275	-23,70%	-23,70%	-23,70%	-23,70%	0,00%	0,00%	0,00%
	2001	86,37%	13,20%	188	-24,49%	-13,63%	-13,63%	-13,63%	0,00%	0,00%	0,00%
	d	85,01%		56	-36,89%	-14,99%	-14,99%	-14,99%	0,00%	0,00%	104,00%

Tabelle 37: periodenbezogene Verbesserungspotenziale für drei DMUs nach dem inputorientierten äquiproportionalen Effizienzmaß (A-Maß) mit natural-technischen Kriterien

Und je näher eine Einheit an der Effizienzgrenze liegt, desto geringer ist der Target Value, der den radialen Abstand zur Effizienzgrenze definiert, um selbst Best Practice Einheit an der Umhüllenden zu werden. Bezogen auf das inputorientierte, radiale Effizienzmaß, sollten sich hier für die verwendeten Inputvariablen exakt die gleichen Verbesserungswerte unter Beibehaltung der ursprünglichen Outputwerte ergeben. Nach durchlaufen des Algorithmus entstehen aber so genannte Slacks oder Schlupfvariablen (vgl. 3.6.2), die zu einer höheren Reduktion als vom eigentlichen radialen Verbesserungsmaß vorgeschlagen führen und die teilweise die simultane Erhöhung mancher Outputvariablen fordern.

Supereffizienz

Im Gegensatz zur klassischen Benchmarkanalyse, die durch identische Gewichtung der jeweiligen Attribute eine einzige Produktstrategie als die optimale konstatiert, werden unter DEA alle Einheiten (DMUs) nur mit strukturell exakt gleichen virtuellen Referenzprodukten an der „Efficiency-Frontier“ verglichen. Die Umhüllende der DEA bildet dabei den äußeren Rand des Produktraumes.

In der Folge können mehrere Strategien gleichwertig nebeneinander effizient sein, da vorweg keine Vorgaben hinsichtlich der relativen Bedeutung der einzelnen Produktattribute gemacht werden. Um nun auch für die als effizient ausgewiesenen Einheiten ein individuelles Ranking bzw. individuelle Verbesserungswerte zu ermitteln, wird das Modell der Supereffizienz (vgl. 3.8.3) nach Andersen (1993) angewandt, mit

dem sich sowohl die Abstände der ineffizienten als auch jene der effizienten Einheiten von der Effizienzgrenze messen lassen.

Zur Demonstration der Veränderungen innerhalb einer als „Best-Practice“ Einheit deklarierten DMU und zur Erzielung differenzierter Informationen von Best-Practice Einheiten erfolgt die Applikation der Supereffizienz.

D M U	P	Eff- Wert	periodische Veränderung - Eff. Wert	Ranking	Eff- Wert	periodische Veränderung - Eff. Wert	Ranking
FB - 10	1997	100,00%		1	big		1
	1998	100,00%	0,00%	1	332,29%	----	17
	1999	100,00%	0,00%	1	108,56%	-67,33%	48
	2000	100,00%	0,00%	1	103,32%	-4,82%	65
	2001	100,00%	0,00%	1	100,94%	-2,30%	73
	d						

Tabelle 38: Anwendung der Supereffizienz für eine als „Best-Practice“ Einheit ausgewiesene DMU unter Verwendung einer VSE Technologie

In der Periode 1997 wurde der Effizienzwert „big“ ausgewiesen. Dieser „Platzhalter“ hat seine Begründung darin, dass in der Periode laut Aufzeichnungen keine Arbeitsstunden durch eigene Arbeiter zur Leistungserstellung eingesetzt wurden. Eine derartige Maßnahme würde bedeuten, dass auch ohne den Einsatz von Eigenleistung die Leistungserstellung im Betrieb erbracht werden kann, indem eine vollständige Substitution durch Fremdleistung erfolgt. Durch den Nullwert eines Produktionsfaktors wird nach DEA unterstellt, dass dieser Inputfaktor ökonomisch betrachtet zu „aufwändig“ und durch das „günstigere“ Substitut Fremdleistung zu ersetzen ist. Da für diese Variable aber das maximal mögliche Rationalisierungspotenzial bereits ausgeschöpft wurde und keine andere Einheit eine ähnliche Konstellation aufweist, wird hier als Effizienzwert „big“ ausgewiesen, was soviel wie einer unendlich großen Effizienz entspricht.

Mit der Unterstellung der VSE Technologie werden variierende Produktionsmöglichkeitsräume durch die dort ausgewiesenen „Best-Practice“ Einheiten definiert, die aber nicht zwingend das Substituieren der Eigenleistung auf null einfordern, um effizient zu werden.

Natural-technisches und inputorientiertes Modell unter Verwendung des $D_{\max}$ -Maßes (VSE)

Im Gegensatz zum radialen Effizienzmaß (A-Maß), das äquiproportionale Verbesserungswerte für alle Inputfaktoren gleichzeitig vorschlägt, weist das maximale durchschnittliche Effizienzmaß für die Modellvariablen individuelle Sollwerte aus.

D M U	Target – Values TE (VSE)										
	P	Eff- W	V-Eff.	R	I1 Regie- std.	I2 Ange- stellte	I3 Fremd- Ist. K.	I4 sonst. Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge
FB - 11	1997	78,26%		318	-77,27%	-32,66%	-5,98%	-36,23%	0,00%	0,00%	119,56%
	1998	79,33%	1,36%	299	-36,10%	-45,56%	-37,37%	-25,66%	0,00%	0,00%	119,81%
	1999	80,56%	1,56%	282	-34,55%	-44,55%	-30,45%	-26,50%	0,00%	0,00%	192,40%
	2000	82,32%	2,18%	256	-34,21%	-44,85%	-30,73%	-13,96%	0,00%	0,00%	263,01%
	2001	82,85%	0,64%	247	-25,60%	-44,36%	-31,16%	-18,96%	0,00%	0,00%	69,77%
	d	84,41%		62	-66,00%	-9,57%	0,00%	-33,54%	0,00%	0,00%	65,34%
FB - 31	1997	85,62%		207	-21,60%	-57,09%	0,00%	-21,98%	0,00%	28,73%	662,22%
	1998	90,52%	5,72%	151	-36,01%	-24,88%	0,00%	-5,50%	0,00%	118,58%	235,53%
	1999	90,34%	-0,19%	152	-29,48%	-16,69%	-10,50%	-10,92%	0,00%	127,81%	219,55%
	2000	86,30%	-4,48%	199	-21,73%	-42,86%	0,00%	-31,31%	0,00%	30,94%	84,31%
	2001	100,00%	15,87%	1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	d	100,00%		1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FB - 51	1997	72,61%		361	-94,16%	-45,11%	-34,09%	-18,35%	0,00%	0,00%	71,04%
	1998	81,60%	12,38%	268	-55,45%	-66,15%	-7,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	1999	82,57%	1,19%	253	-58,17%	-59,42%	0,00%	-4,40%	0,00%	0,00%	0,00%
	2000	81,07%	-1,82%	278	-53,96%	-62,40%	-2,11%	-14,07%	0,00%	0,00%	0,00%
	2001	86,65%	6,88%	196	-47,25%	-46,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	d	84,95%		59	-45,30%	-55,93%	-4,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Tabelle 39: Anwendung des inputorientierten $D_{\max}$ Maßes zur Herleitung individueller Target Values für die natural-technischen Kriterien

Aus praktischer Sicht erscheinen die hier dargestellten Sollwerte adäquater, da eine proportionale Reduzierung aller Inputfaktoren um exakt denselben Wert in der Praxis nicht sinnvoll realisierbar erscheint. Durch die differenzierte Darstellung der Target Values bei Verwendung des $D_{\max}$ bzw. $D_{\min}$ Maßes, kann klar signalisiert werden, bei welchen Variablen besonders anzusetzen ist. Daraus lässt sich für die Planung von Rationalisierungsmaßnahmen eine klare Prioritätenliste ableiten.

Kosteneffizienz: inputorientiertes Modell unter Verwendung des A-Maßes (VSE)

Abgesehen von den Maßnahmen, die zur Verbesserung der Leistungserstellung durch die Reduktion von physischen Inputfaktoren beitragen sollen, gilt es auch den wertmäßigen Aufwand für die eingesetzten Inputfaktoren zu analysieren. Unter der Einbeziehung von durchschnittlichen Kostensätzen ist die kostentechnische Performance der einzelnen Einheiten zu evaluieren.

Dabei kann es durchaus plausibel sein, dass Einheiten, die unter dem natural-technischen Modell noch als effizient deklariert wurden, unter diesem Betrachtungsaspekt ineffizient operieren. Der umgekehrte Fall, dass eine vormals natural-technisch ineffiziente Einheit unter kostentechnischer Betrachtung effizient ist, wird durch den Ansatz durchschnittlicher Kostensätze unterbunden. Nur bei Zulassen individueller Kostensätze könnte es zu Verbesserungen der natural-technischen Performance kommen.

Zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen der natural-technischen und der kostentechnischen Performance eignen sich diese individuellen Kostensätze nicht, da

geometrisch betrachtet, mit diesen individuellen Kostensätzen keine Isokostengerade bzw. Isokostenebene, die die Umhüllende tangieren sollen, gebildet werden können.

D M U	Target – Values TE (VSE)							
	P	Eff- W	V-Eff.	R	I1 Gesamt- Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge
FB - 11	1997	59,50%		333	-40,50%	0,00%	0,00%	37,54%
	1998	61,43%	3,24%	313	-38,57%	0,00%	0,00%	12,33%
	1999	63,48%	3,34%	301	-36,52%	0,00%	0,00%	46,75%
	2000	65,66%	3,43%	278	-34,34%	0,00%	0,00%	84,43%
	2001	67,78%	3,23%	259	-32,22%	0,00%	0,00%	0,00%
	d	69,12%		64	-30,88%	0,00%	0,00%	97,42%
FB - 31	1997	67,18%		264	-32,82%	0,00%	0,00%	470,56%
	1998	71,57%	6,53%	209	-28,43%	0,00%	0,00%	155,96%
	1999	72,51%	1,31%	201	-27,49%	0,00%	0,00%	137,27%
	2000	67,80%	-6,50%	258	-32,20%	0,00%	0,00%	20,65%
	2001	72,46%	6,87%	202	-27,54%	0,00%	0,00%	57,02%
	d	78,26%		46	-21,74%	0,00%	4,55%	684,52%
FB - 51	1997	55,45%		357	-44,55%	0,00%	0,00%	28,47%
	1998	64,21%	15,80%	295	-35,79%	0,00%	0,00%	30,33%
	1999	69,16%	7,71%	238	-30,84%	0,00%	0,00%	67,67%
	2000	67,84%	-1,91%	256	-32,16%	0,00%	0,00%	30,88%
	2001	73,59%	8,48%	189	-26,41%	0,00%	0,00%	26,67%
	d	73,31%		60	-26,69%	0,00%	0,00%	210,59%

Tabelle 40: durchschnittliche kostentechnische Performance eines inputorientierten Modells bei Unterstellung des A-Maßes unter Verwendung einer VSE Technologie

Die Aggregation der mit durchschnittlichen Kostensätzen bewerteten Inputfaktoren führt zu einer Reduktion der Modellvariablen, was in der Folge dazu führen muss, dass keine der Einheiten eine bessere Performance als im natural-technischen Modell erzielen kann. Unter den günstigsten Umständen, nämlich wenn eine Einheit sowohl natural-technisch als auch unter kostentechnischen Gesichtspunkten effizient operiert, bleibt die Effizienz dieselbe. Daraus folgt, dass die ökonomische bzw. kostentechnische Effizienzbetrachtung die strengste Form der Performancebeurteilung bildet und oftmals auch als Gesamteffizienz bezeichnet wird.

D M U	Target – Values TE (VSE)							
	P	Eff- W	V-Eff.	R	I1 Gesamt- Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge
FB - 11	1997	58,79%		349	-41,21%	0,00%	0,00%	42,01%
	1998	58,82%	0,04%	347	-41,18%	0,00%	0,00%	14,77%
	1999	59,34%	0,89%	341	-40,66%	0,00%	0,00%	48,85%
	2000	60,20%	1,44%	337	-39,80%	0,00%	0,00%	87,10%
	2001	62,56%	3,92%	316	-37,44%	0,00%	0,00%	0,00%
	d	65,55%		71	-34,45%	0,00%	0,00%	97,42%
FB - 31	1997	69,58%		232	-30,42%	0,00%	0,00%	324,60%
	1998	69,53%	-0,07%	234	-30,47%	0,00%	0,00%	83,97%
	1999	70,46%	1,33%	223	-29,54%	0,00%	0,00%	79,58%
	2000	64,94%	-7,83%	286	-35,06%	0,00%	0,00%	14,24%
	2001	67,36%	3,73%	262	-32,64%	0,00%	0,00%	40,41%
	d	76,35%		54	-23,65%	0,00%	0,74%	757,78%
FB - 51	1997	56,53%		360	-43,47%	0,00%	0,00%	51,80%
	1998	61,75%	9,23%	323	-38,25%	0,00%	0,00%	47,31%
	1999	66,57%	7,81%	271	-33,43%	0,00%	0,00%	93,64%
	2000	63,07%	-5,26%	309	-36,93%	0,00%	0,00%	42,02%
	2001	68,88%	9,21%	248	-31,12%	0,00%	0,00%	46,32%
	d	71,46%		65	-28,54%	0,00%	0,00%	210,59%

Tabelle 41: tatsächliche kostentechnische Performance eines inputorientierten Modells bei Unterstellung des A-Maßes unter Verwendung einer VSE Technologie

Bei Auswertung mit den tatsächlich erzielten Kostensätzen weisen die drei hier dargestellten Einheiten eine leichte Verschlechterung gegenüber den Ergebnissen bei Unterstellung von durchschnittlichen Kostensätzen auf. Daraus lässt sich schließen, dass wohl auch DMUs existieren, die zu günstigeren Konditionen ihre Produktionsfaktoren beschaffen, als jene hier untersuchten DMUs, die anscheinend nicht einmal zu durchschnittlichen Kostensätzen ihre Inputfaktoren beschaffen konnten.

Darstellung des Zusammenhangs zwischen der natural-technischen, der kostentechnischen und der allokativen Performance:

Mit der Einbeziehung der durchschnittlichen Kostensätze als Preis- bzw. Kosteninformation lässt sich der Zusammenhang zwischen der kostentechnischen Effizienz bzw. ökonomischen Effizienz und der natural-technischen Effizienz über die allokoative Effizienz herstellen. Aus geometrischer Sicht leitet sich die kostentechnische Effizienz (KE) aus dem relativen, radialen Abstand zur tangierenden Isokostengerade bzw. Isokostenebene im mehrdimensionalen Fall (vgl. 3.8.4) ab.

Mit der allokativen Effizienz wird ein Maß eingeführt, über das die Abweichung zur Gesamteffizienz aus der wertmäßigen Betrachtung heraus beurteilt werden kann. Genau darin liegt auch die Stärke dieses Zusammenhangs. Jeder Einheit wird damit die exakte Information darüber zur Verfügung gestellt, zu welchen Anteilen sich ihre natural-technische und ihre kostentechnische Abweichung im Verhältnis zur Gesamtabweichung von der Umhüllenden zusammensetzen.

DMU	P	Eff TE	R TE	Eff AE	R AE	Eff KE	R KE
11	1997	65,46%	345	90,90%	182	59,50%	333
	1998	67,46%	338	91,06%	178	61,43%	313
	1999	70,20%	315	90,43%	188	63,48%	301
	2000	75,82%	281	86,60%	242	65,66%	278
	2001	73,67%	297	92,00%	162	67,78%	259
	d	79,23%	66	87,24%	56	69,12%	64
31	1997	83,95%	206	80,02%	321	67,18%	264
	1998	93,86%	120	76,25%	345	71,57%	209
	1999	87,87%	179	82,52%	290	72,51%	201
	2000	79,73%	240	85,03%	257	67,80%	258
	2001	100,00%	1	72,46%	361	72,46%	202
	d	100,00%	1	78,26%	66	78,26%	46
51	1997	61,38%	356	90,35%	190	55,45%	357
	1998	79,71%	241	80,55%	317	64,21%	295
	1999	81,43%	225	84,94%	260	69,16%	238
	2000	76,30%	275	88,92%	213	67,84%	256
	2001	86,37%	188	85,21%	255	73,59%	189
	d	85,01%	56	86,23%	58	73,31%	60

Tabelle 42: Gegenüberstellung des natural-technischen, des allokativen und des kostentechnischen Effizienzmaßes für ein inputorientiertes DEA Modell unter Verwendung des A-Maßes und von VSE

Die Einheit FB-31 hat von der Periode 2000 auf 2001 die physischen Inputfaktoren soweit rationalisiert, dass diese Einheit sogar zu einer „Best-Practice“ Einheit avanciert ist. Umgekehrt jedoch, haben die Rationalisierungsmaßnahmen nicht zu dem erwarteten kostentechnischen Resultat geführt. Denn aus Sicht der kostentechnischen Betrachtung müssen noch Einsparungspotenziale von 27,54% realisiert werden, um unter diesem monetären Gesichtspunkt die Effizienzgrenze zu erreichen.

Dieser kostentechnische Effizienzwert von 72,46% entspricht damit gleichzeitig der „Allokativen Effizienz“, da aus technischer Sicht ja keine Verbesserungspotenziale mehr realisierbar sind. Das Ausmaß des kostentechnischen Rationalisierungspotenzials lässt sich damit ausschließlich auf die Beschaffungspolitik zurückführen. Auch wenn dadurch im natural-technischen Modell eine 100%ige Performance erzielt werden konnte, führte die Rationalisierungsmaßnahme der Inputfaktoren bei Zugrundelegung durchschnittlicher Kostensätze letztendlich zu einer monetär ungünstigeren Allokation der Produktionsfaktoren.

Verifizierung der ausgewiesenen Target Values der Perioden 2000 und 2001

Bisher leiteten sich die empfohlenen SOLL-Werte immer von jener virtuellen Referenzeinheit ab, die unter demselben Output- Inputverhältnis der tatsächlichen DMU an der Effizienzgrenze zu liegen käme. Ob und wie diese Target Values mit den von einer betrieblichen Einheit tatsächlich gesetzten Maßnahmen korrelieren, die zu einer Verbesserung der Performance beigetragen haben, erfolgt in einer Gegenüberstellung der tatsächlich von einer ausgewählten DMU umgesetzten Maßnahmen mit jenen, die DEA als Zielgrößen (Targets) bei Anwendung verschiedener Effizienzmaße vorgeschlagen hätte.

Aus praktischer Sicht ergeben sich Verbesserungen der Performance aber nicht ausschließlich, indem man Rationalisierungsmaßnahmen bei den Produktionsfaktoren setzt, sondern im Gegenzug auch auf der Outputseite Verbesserung im wert- und mengenmäßigen Absatz erzielt. In der Folge werden für diesen Vergleich nicht ausschließlich die Ergebnisse der inputorientierten Modelle verwendet, sondern auch jene

der nicht orientierten, die sowohl Veränderungen auf der Input- als auch auf der Outputseite zulassen, um sich der Effizienzgrenze bzw. der Performance der „Best-Practice“ Einheiten zu nähern.

Die nachfolgende Tabelle 43 beinhaltet im ersten Teil die Rohdaten der beobachteten DMU FB-31. Basis für die Analyse stellen die prozentuellen Veränderungen der Produktionsfaktoren und der Leistungsgüter zwischen den Perioden 2000 und 2001 dar, die sowohl nach den natural-technischen als auch kostentechnischen Größen dokumentiert sind.

Im zweiten Teil erfolgt die Gegenüberstellung zu den natural-technischen und den kostentechnischen Verbesserungsvorschlägen von DEA. In beiden Fällen kam die VSE Technologie zur Anwendung, wobei jedes Mal sowohl für den inputorientierten als auch für den nicht orientierten Fall das A- und das $D_{\max}$ - Maß angewandt werden.

DMU	Performance (empirische Daten)	je Ha Stunden HS {I}	je Ha red Ang. HS {I}	je Ha Fremdl.k. HS {I}	je Ha sonst. Kost HS {I}	fm Sort/Ha HS {O}	fm IndH BH/Ha HS {O}	Sonst. Ertrag je Ha in € {O}	
FB – 31	Technisch 2000	4,069	0,00231	45,8593	97,944	4,6616	1,0434	9,346	
	Technisch 2001	4,092	0,00231	33,7603	89,979	4,7153	0,9896	7,489	
	Δ technisch 00/01	+0,56%	0,00%	-26,38%	-8,13%	+1,15%	-5,15%	-19,88%	
	Performance (empirische Daten)				je Ha gesamt Kost. HS {I}	fm Sort/Ha HS {O}	fm IndH BH/Ha HS {O}	Sonst. Ertrag je Ha in € {O}	
	Tat. Kosteneffizienz 2000				336,556	4,6616	1,0434	9,346	
	Tat. Kosteneffizienz 2001				325,831	4,7153	0,9896	7,489	
	Δ ökonomisch 00/01				-3,19%	1,15%	-5.16%	-19,87	
FB – 31	DEA- Analyse		Target – Values TE 2000						
	Eff. Analysen VSE – In Technologie	Ranking 00/01	I1 Regie -std.	I2 Ange- stellte	I3 Fremd- lst. K.	I4 sonst. Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge
	TE RAD IN	240/001	-21,03%	-23,38%	-20,27%	-20,27%	0,00%	55,64%	71,39%
	TE D _{max} IN	199/001	-21,73%	-42,86%	0,00%	-31,31%	0,00%	30,94%	84,31%
	TE D _{min} IN	207/001	0,00%	0,00%	-26,07%	0,00%	0,00%	1,09%	0,00%
	TE RAD NO	283/001	-19,82%	-14,92%	-13,36%	-13,36%	13,36%	67,10%	94,43%
	TE D _{max} NO	---	0,00%	-18,23%	-0,00%	-14,65%	0,00%	69,33%	303,09%
	TE D _{min} NO	---	0,00%	0,00%	-26,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
			Target – Values KE 2000						
	Eff. Analysen VSE – In Technologie	Ranking 00/01				I1 gesamt Kosten	O1 Säge- sort.	O2 Indh. Sort	O3 sonst. Erträge
	KE _{tat} RAD IN	286/262				-35,06%	0,00%	0,00%	14,24%
	KE _{tat} D _{max} & D _{min} IN	285/261				-35,06%	0,00%	0,00%	14,24%
	KE _{tat} RAD NO	281/256				-20,60%	20,60%	20,60%	67,40%
	KE _{tat} D _{max} NO	---				0,00%	0,00%	0,00%	592,94%
KE _{tat} D _{min} NO	---				-35,88%	0,00%	0,00%	0,00%	

Tabelle 43: Gegenüberstellung der tatsächlich von DMU FB-31 gesetzten Maßnahmen zu jenen von DEA sowohl inputorientiert als auch nicht orientiert vorgeschlagenen Target Values unter Anwendung der VSE Technologie und dem A- und $D_{\max}$ Maß.

Aus den Resultaten von Tabelle 37 und Tabelle 39 geht hervor, dass sich der FB-31 in seiner Performance von 2000 auf 2001 um 25% bei Unterstellung des A-Maß bzw. um 15% bei Anwendung des $D_{\max}$ -Maßes bei Inputorientierung und VRS verbessert und jeweils den Sprung an die Effizienzgrenze geschafft hat. Analysiert man die betrieblichen Vorgänge (vgl. Tabelle 43), wird offensichtlich, warum es zu dieser Entwicklung gekommen ist.

Dadurch, dass der Betrieb nicht im Sinne von DEA proportionale Rationalisierungsmaßnahmen an den Produktionsfaktoren gesetzt hat, sondern, wie in der Praxis üblich, dort Maßnahmen gesetzt hat, die betriebspolitisch am ehesten umzusetzen sind, blieben einige Parameter unverändert und andere unterliegen wiederum starken relativen Veränderungen. Daraus folgt, wie in Tabelle 43 dargestellt, dass die ursprüngliche Peer-Group von 2000 vor allem infolge der Reduktion der Fremdleistungskosten um 26% möglicherweise verlassen wird, und die Beobachtung 2001 aufgrund des geänderten Produktionsniveaus in eine andere Peer-Group fällt, wo sie gleichzeitig eine Best-Practice und Benchmark-Einheit markiert (vgl. Abb. 21).

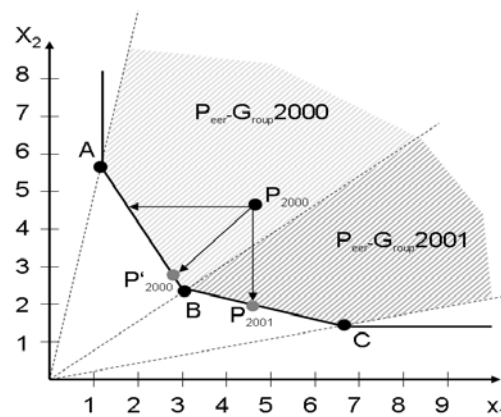


Abb. 21: Zuordnung zweier aufeinander folgenden Perioden derselben Beobachtung auf zwei verschiedene Peer-Groups

Bei Betrachtung der gesamten Veränderung der Kostenstruktur erkennt man aber, dass diese Maßnahme gemeinsam mit den anderen Veränderungen der Parametern nur zu einer Reduktion der Gesamtkosten um etwas mehr als 3% geführt hat (vgl. Tabelle 43). Folgedessen konnte bei der tatsächlichen kostentechnischen Betrachtung nicht dieser enorme Verbesserungssprung an die Effizienzgrenze, wie im natural-technischen Modell vollzogen werden (vgl. Tabelle 41). Sondern aus kostentechnischer Sicht wird ersichtlich, dass die Einheit 2001 weiterhin nur eine Performance um ~67% ausweist, wodurch immer noch Einsparungspotenziale von ~33% evident sind, auch wenn diese Einheit durch die beträchtliche relative Reduktion der Fremdleistungskosten zu einer topp performenden natural-technischen Einheit avanciert ist.

Diese Darstellung des FB-31 in Tabelle 43, in der die Veränderung der Performance jeder Beobachtung von der Periode 2000 auf die Periode 2001 unter realen Bedingungen als auch unter Anwendung der drei input- und nicht orientierten DEA Effizienzmaße, A-Maß, $D_{\max}$ -Maß und $D_{\min}$ -Maß dokumentiert sind, soll demonstrieren, wie die tatsächlich gesetzten Rationalisierungsmaßnahmen mit den von den DEA Effizienzmaßen vorgeschlagenen Zielwerten übereinstimmen. Dabei wird offensichtlich, dass sowohl das A-Maß als auch das $D_{\max}$ -Maß wesentlich andere Zielwerte innerhalb des Verbesserungsraumes vorgeschlagen hätten als der Forstbetrieb FB-31 tatsächlich vollzogen hat.

Erst unter Betrachtung des $D_{\min}$ -Maßes wird offensichtlich, warum FB-31 zu einer Best-Practice Einheit geworden ist. Denn diese Modellvariante, die das minimalste Veränderungsausmaß eines der Analyse Kriterien bei Fixierung der restlichen Merkmale zur Erreichung der Effizienzgrenze eruiert (vgl. 3.7.2.2), hätte genau dieselbe Maßnahme, die letztendlich auch vom Betrieb vollzogen wurden, vorgeschlagen.

Damit muss eingeräumt werden, dass für die DEA Analyse neben dem proportionalen oder maximalen Veränderungspotenzial aller veränderbaren Variablen auch das $D_{\min}$ Maß für die Analyse relevant ist, auch wenn bei Anwendung dieses Maßes nicht nachvollzogen werden kann, ob die projizierte Einheit an der Effizienzgrenze pareto-koopmans- oder nur schwach effizient ist (vgl. 3.4).

Wie sich allerdings die Umsetzung des $D_{\min}$ -Maßes auf die kostentechnische Performance auswirkt, muss gesondert überprüft werden. Aus der Analyse der DMU FB-31 in der Tabelle 43 geht zwar hervor, dass eine Verbesserung der kostentechnischen Performance gegenüber der Periode 2000 erzielt werden konnte. Dennoch ist aber trotz der Reduktion des Gesamtkostenaufwands um die Einsparungen der Fremdleistung noch ein Anteil an kostentechnischer Ineffizienz im Ausmaß von ~35% verblieben.

Zur Realisierung weiterer Rationalisierungsmaßnahmen in der Forstbranche sind die Anstrengungen ausschließlich auf die Inputseite zu richten. Um dort aber tatsächlich individuelle Zielwerte für die einzelnen Inputfaktoren ableiten zu können, empfiehlt es sich die vorgeschlagenen Zielwerte aus den inputorientierten durchschnittlichen maximalen oder minimalen Effizienzmaßen abzuwägen und über diese beiden Maße die Zielwerte abzuleiten.

Umgelegt auf den FB-31, Tabelle 43, fordert dort das $D_{\max}$ -Maß beim natural-technischen Modell für die Periode 2001 die Reduktion des Stammpersonals sowie eine Reduktion der sonstigen Kosten ein. Keine Maßnahmen hingegen werden für die Fremdleistungen festgestellt, was ein Hinweis darauf sein dürfte, dass zur Ermittlung des durchschnittlich maximalen Veränderungsmaßes die übrigen Produktionsfaktoren innerhalb des Dominanzbereichs einem wesentlich größeren relativen Verbesserungspotenzial unterliegen als die Fremdleistungskosten. Das liefert den Hinweis darauf, dass die vorliegende Beobachtung sehr nahe an einer angrenzenden Peer-Group liegt.

Umgekehrt ist das aber ausschlaggebend dafür, dass es durch die Reduktion der Fremdleistung, wie vom $D_{\min}$ -Maß vorgeschlagen, zur Bildung einer Best-Practice Einheit kommen konnte.

Welche Zielwerte für die einzelnen Merkmale letztendlich angestrebt werden, sollten im Wesentlichen vom kostentechnischen Einsparungsziel abhängig gemacht werden.

Interessanterweise werden aber auch auf der Outputseite Steigerungen des Industrieholzabsatzes und der sonstigen Erträge gefordert. Das erklärt sich daraus, dass eine Referenzeinheit aus derselben Peer-Group bei gleicher Ausstattung mit Produktionsfaktoren mehr an Industrieholz und sonstigen Erträgen bereitstellen kann.

Die Divergenzen zwischen dem tatsächlich gesetzten Veränderungsmaßnahmen und den von DEA vorgeschlagenen Maßnahmen sind im natural-technischen Modell also insbesondere auf die verschiedenen Variationsmöglichkeiten, innerhalb des Dominanzbereichs an die Effizienzgrenze zu stoßen, zurückzuführen. Unter dem kostentechnischen Aspekt lässt sich allerdings erkennen, dass die gesetzten Maßnahmen unter der Betrachtung der Gesamtkosten noch nicht zu dem angestrebten Ziel, eine Best-Practice Einheit an der Effizienzgrenze zu markieren, gereicht haben. Zur

Kostenreduktion werden wohl auch Eingriffe in den momentanen Personalstand und die sonstigen Kosten, wie beim $D_{\max}$ -Maß vorgeschlagen, erforderlich sein.

5.4.9 Zusammenfassung und Diskussion zur Performancebeurteilung österreichischer Forstbetriebe mittels DEA

Basierend auf den Daten des Testbetriebsnetzes für den Großprivatwald konnte mithilfe der Datenbankapplikation sehr benutzerfreundlich der Zugang zu verschiedensten Kennzahlen eröffnet werden. Dadurch eignete sich dieses Medium optimal für die Konzipierung verschiedener DEA Modellvariationen.

Befundeinheit

Als Befundeinheit wurden dabei nur jene betrieblichen Einheiten herangezogen, die über fünf Perioden von 1997 bis 2001 konsistent in der Datenbank vertreten waren. Über die Bildung von Durchschnittswerten dieser fünf Perioden wurde das Ziel angestrebt Datenausreißer auf ein Minimum zu reduzieren. Aufgrund dieser Modellprämisse konnte auf 80% (76 DMUs) der dokumentierten Betriebseinheiten zurückgegriffen werden. Trotz der vorbildlich gewarteten und aktualisierten Datenbank waren einige Kennzahlen, die nur optional zu erheben sind, teilweise nicht konsistent verfügbar. Dadurch konnte es der Fall sein, wenn zu den wertmäßigen Informationen optional mengenmäßige Pendants erhoben wurden, dass diese dann entweder überhaupt fehlten oder nur teilweise in allen Perioden verfügbar waren. Damit sind aber Konsistenzprobleme verknüpft, die zum Teil mit größerem Aufwand ausgeglichen werden mussten.

Auch wenn hier grundsätzlich die Entscheidung getroffen wird, die Betriebseinheit als die Befundeinheit für die DEA Analyse heranzuziehen, ist in der Festlegung der Beurteilungseinheit ganz klar darauf zu achten, homogene Befundeinheiten zu definieren. Elemente wie die Betriebsformen, die Rechtsformen, Arrondierungsverhältnisse, Produktionsgebiete sowie waldbauliche Struktureigenschaften und unterschiedliche Technologien der Bewirtschaftung sollten für die Selektion der DMUs Gewicht haben. Das führte letztendlich zumindest dazu, die Großprivatwaldbetriebe von den Kleinprivatwaldbetrieben zu trennen.

Es lässt sich jedoch nicht umsetzen, alle hier genannten Umfeldvariablen in eine DEA Analyse zu integrieren. Es würde daher weiterführend Sinn machen, die Abhängigkeit der über DEA ausgewiesenen Effizienzwerte von diesen nicht integrierten Umfeldvariablen zu testen. Coelli (1998) aber auch Steinmann (2002) präferieren für den Nachweis der statistischen Abhängigkeit des Effizienzwerts von verschiedenen Umfeldvariablen den Two-Stage Ansatz (vgl. 4.3.1.3).

Dieser Two Stage Ansatz wird als der praktikabelste Ansatz zur Beurteilung der Zusammenhänge mit Umfeldvariablen erachtet. Der Vorteil liegt bei diesem Ansatz insbesondere darin, dass die unabhängigen Umfeldvariablen nicht zwingend kardinal skaliert sein müssen. Da aber bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen die Effizienzgrenze nur abschnittsweise linear verläuft, können bei statistischen Analysen häufig keine signifikanten Ergebniszusammenhänge abgeleitet werden. Es ist daher häufig zu erwarten, dass die Nullhypothese einer Regressions- oder Varianzanalyse, die keinen Zusammenhang zu den unabhängigen Variablen unterstellt, in vielen Fällen nicht abgelehnt werden kann, da kein signifikanter Zusammenhang mit der abhängigen Variable besteht.

Beurteilungskriterien

Dem Testbetriebsnetz kann eine Bandbreite an verfügbaren Kriterien entnommen werden, die zur Beurteilung der Performance des Input- Outputprozesses geeignet wären.

Aus dieser Datenbasis heraus lassen sich die Produktionsfaktoren (Fläche, Angestellte, Regiestunden, Fremdleistungen und sonstige Kosten) eines Betriebes relativ einfach ableiten und sind daher für die Modellkonzipierung wenig problematisch. Da es allerdings möglich wäre, mit diesen Produktionsfaktoren unterschiedliche Leistungsgüter in einem Forstbetrieb bereitzustellen, muss klar definiert sein, was denn eigentlich unter den betriebspolitischen Zielsetzungen als Outputleistung gesehen wird.

In den demonstrierten Modellbeispielen wurde grundsätzlich ein Schwerpunkt auf den ökonomischen Ertrag aus der Holzproduktion (Sägesortimente, Industrieholz und sonstige Erträge) als wichtigste betriebliche Outputaktivität gelegt, was sicherlich für einen Großteil der Fälle zutreffend sein wird. Allerdings kann es unter der Einbeziehung der betriebspolitischen Zielsetzungen einer multifunktionalen Forstwirtschaft zu einer Diversifizierung der Outputleistung kommen. Dann werden neben den Ertragsaspekten des Holzverkaufs auch externe Effekte, wie der Schutz vor Naturgefahren, insbesondere vor Hochwasser, Muren, Lawinen und Steinschlag, sowie der Erhalt der Trinkwassergüte und der Wald als CO₂ Speicher als Outputgüter ebenfalls von Bedeutung sein. Abgesehen von diesen externen Effekten werden aber auch Leistungen für den Produktionsprozess bereitgestellt, die sich nicht als monetärer Wert in derselben oder auch den darauf folgenden Perioden in der Betriebsbuchhaltung niederschlagen (vgl. 4.4.4).

- waldbauliche Maßnahmen je Flächeneinheit
- die von den Angestellten geleisteten Outputs (Es gilt hier der Frage nachzugehen, ob es möglich ist, auch bei reduziertem Angestelltenstab trotzdem die bisher wahrgenommen Agenden zu erfüllen?)
- Anlageninstandhaltung: erfolgt in der Regel sehr unregelmäßig; einmal viel und einmal weniger oder in manchen Fällen gar nicht. Diesen Aufwendungen stehen natürlich auch versteckte Outputs gegenüber

Diesen drei Aspekten ist gemeinsam, dass mit dem verbundenen Aufwand nicht unbedingt ein Ertrag innerhalb derselben Periode wirksam wird und daher auch jene Einheit, die in der betreffenden Periode keine Maßnahmen setzt, effizienter dargestellt wird. Wird der Mittelrückfluss erst mehrere Perioden später schlagend, kann durch die Bildung von Mittelwerten über mehrere Perioden ein solcher Effekt zum Teil abgefedert werden. Alternativ dazu müsste man ansonsten auf simulierte Daten zurückgreifen bzw. die entsprechenden Outputs explizit über geeignete Indikatoren abbilden, um periodenbezogen, eine richtige Datengrundlage inklusive der gesetzten bzw. unterlassenen Maßnahmen zu erhalten (vgl. 5.6.3).

Obwohl sich bereits die Berücksichtigung der Investitionsaufwände und der externe Effekte als Problem für die Integration in ein forstbetriebliches DEA Modell erwiesen hat, kommt mit der nicht dokumentierten Veränderung des Waldvermögens noch ein weiteres nicht ausreichend dokumentiertes Outputelement hinzu.

Denn wie in bisherigen Ansätzen auch, fehlen trotz der guten Dokumentation von Kennzahlen im forstlichen Testbetriebsnetz ebenfalls die Möglichkeiten, die Veränderung des Waldvermögens je betrieblicher Einheit herzuleiten.

Um dennoch diesen wesentlichen Aspekt im Modellkonzept zu berücksichtigen, kann implizit über den hiebsatzbezogenen Aspekt auf die Veränderung des Waldvermögens reflektiert werden (vgl. 5.4.8.3). Allerdings kann mithilfe des hier unterstellten allgemeinen Massenhiebsatzes nur auf die Nachhaltigkeit der entnommenen Vorratsmenge reflektiert werden, nicht aber auf die Wertnachhaltigkeit. Denn auch wenn der allgemeine Massenhiebssatz eingehalten wird besteht in der Wertzusammensetzung ein relativ großer Handlungsspielraum, insbesondere was Holzarten und Qualitäten anlangt.

Dieser wertbezogene Aspekt bildet einen Bestandteil des im ESVG⁶¹ ausgewiesenen forstlichen Outputs. Dabei wird die wertbezogene Veränderung des stehenden Vorrats über den erzielten wertbezogenen Output definiert, der durch den erzielten Wertzuwachs und an dem genutzten und verwerteten Holz festgemacht wird. Davon ist noch jener Wert des genutzten Holzes, das am stehenden Bestand zu bewerten ist und damit im Sinne von DEA eine Inputgröße markiert, abzuziehen.

Kurz zusammengefasst resultiert die forstliche, wertbezogene und erwerbswirtschaftliche Produktionsleistung aus:

- dem erzielter Wertzuwachs
- zuzüglich dem genutzten und verwerteten Holz,
- bereinigt um den Wert des genutzten Holzes, bewertet am stehenden Bestand

Für eine ganzheitliche Betrachtungsweise der produktionswirtschaftlichen Aktivitäten einer forstbetrieblichen Einheit ist diese Zweigliederung des Outputs in den Wertzuwachsteil und den genutzten und verwendeten Teil des Holzvorrates unerlässlich.

Bei Nichtberücksichtigung der Veränderung des Waldvermögens und ausschließlicher Beurteilung der periodenbezogenen Betriebsdaten könnte man nicht klar erkennen, ob ein Betrieb das Nachhaltigkeitsniveau explizit wert- und mengenmäßig einhält, überschreitet oder unterschreitet. Daher soll hier ganz klar dokumentiert werden, dass mit den angenommenen Modellvarianten in gar keinem Fall ein Signal zur Unterlassung dieser aufgelisteten Maßnahmen gesetzt werden soll. Diese „versteckten Outputs“, die sich durch externe Effekte und Investitionen in das Wald- und Anlagenvermögen manifestieren und nicht in der Betriebsbuchhaltung dokumentiert sind, lassen sich allerdings in einem periodenbezogenen Vergleich nicht immer explizit eruieren, sondern im einfachsten Fall nur näherungsweise über die Hiebsatzbereinigung herleiten.

Modellkonzeption

Die breite Datenbasis des Testbetriebsnetzes Großprivatwald hat zahlreiche Varianten der Modellbildung zugelassen, was auch zu intensiven Diskussionen in der Kriterienauswahl geführt hat. Im Endeffekt resultierten daraus zwei Varianten, die auch sinnvolle und nachvollziehbare Performance - Resultate geliefert haben.

Einmal handelt es sich dabei um ein Modell, das Absolutwerte verwendet und das Flächenausmaß als nicht kontrollierbare Größe mitführt. Daneben verwenden beide Modelle, sowohl das Modell „Absolutgrößen“ (vgl. 5.4.8.1) als auch das Modell „Flächennormierung & Hiebsatzbereinigung“ (vgl. 5.4.8.3), dieselben Kriterien sowohl als Inputvariablen (Angestellte, Regiestunden, Fremdleistung und sonstige Kosten) als auch als Outputvariablen (Sägesortimente, Industrieholz und sonstige Erträge). Die Variablen, Fläche, Angestellte, Regiestunden, Sägesortimente und Industrieholz, sind dabei als

61 ESVG (Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnung)

natural-technische Größen erfasst. Alle übrigen gehen mit monetären Werten in das technische Modell ein.

In der Modellkonzeption „Absolutgrößen“ ist aber noch nicht der Nachhaltigkeitsaspekt bzw. die Veränderung für das stehende Waldvermögen berücksichtigt. Weitere Modellkonzeptionen haben versucht, diesen Aspekt über Varianten in eine DEA Analyse zu integrieren und mit der Normierung der Kriterien auf einen Hektar, die Variable Fläche des Modellkonzepts einzusparen.

Der Ansatz, einmal die Differenz aus Einschlag minus Hiebsatz als Verminderungsfaktor in ein Modell zu implementieren, wird dadurch eingeschränkt, dass nicht alle Beobachtungen höhere Einschläge als Hiebsätze auswiesen. Dadurch war die Addition eines konstanten Faktors (Translation) erforderlich, um zur Einhaltung der Nichtnegativitätsbedingung für alle Kriterien positive Werte zu erhalten. Infolge der Translationen wird die Palette der Analysemöglichkeiten nach DEA aber massiv eingeschränkt (vgl. Eigenschaften von DEA Effizienzmaßen 4.2).

In einem weiteren alternativen Versuch dazu wurde nicht die Differenz zwischen Einschlag und Hiebsatz verwendet sondern die Relation zwischen Hiebsatz und Einschlag als Outputvariable definiert.

Methodisch kommt man dabei mit den bei Dyson (2001) bereits angesprochenen Problematik der Indexierung in Konflikt, die eine Verschiebung der Performance bei gleichen Indikatorwerten nach sich ziehen könnte (vgl. 4.4.6).

Beide flächennormierte Varianten stellten aber aufgrund der geschilderten methodischen Einschränkungen aber auch wegen der schwachen Auswirkung der Nachhaltigkeitskriterien im Ergebnis nur Zwischenschritte in der Modellkonzeption einer Performancebeurteilung unter Nachhaltigkeitsaspekten dar.

Am Ende führte die Hiebsatzbereinigung der auf einen Hektar normierten Kriterien zu einem akzeptablen und realistischen Modellkonzept, das die Betriebe unter Berücksichtigung ihrer Eingriffsstärke in das stehende Waldvermögen abbilden konnte. Aus Sicht der Wirkungsrichtung der Ergebnisse vor allem unter Einbeziehung des Nachhaltigkeitsaspekts, war dieses Modell richtunggebend und wird auch als das zu präferierende Modell gesehen, das unter Einbindung der Datenbasis aus dem Testbetriebsnetz (TBN) Großprivatwald möglich war.

Ein Kritikpunkt allerdings, der aufgrund der Datenlage aber nicht beeinflussbar ist, muss hier offen angesprochen werden. Die Kennzahl „Hiebsatz“ wird nicht nach einem standardisierten Verfahren aus empirischen Größen abgeleitet, weshalb sie Verzerrungen unterliegen kann. Die Hiebsatzbereinigung ist daher mit einem gewissen Unsicherheitsfaktor behaftet, der sich durchaus auf die ausgewiesenen Performancewerte der beobachteten forstbetrieblichen Einheiten auswirken kann.

Alternativ könnte man ähnlich wie im Kleinprivatwald aus der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) standardisiert festgelegte Regionalhiebsätze ableiten. Dies würde den Vorteil mit sich bringen, dass zumindest regionenweise dasselbe Hiebsatzpotenzial je Hektar unterstellt wird und die Hiebsätze damit keinen subjektiven Präferenzen unterliegen. Diese Variante birgt allerdings den Nachteil, dass man mit einem regional spezifizierter Hiebsatz den betrieblichen Gegebenheiten vielfach nicht gerecht werden kann.

Ergebnisdokumentation

Mit dem DEA Ansatz wird eine gesamtheitliche Blickrichtung vermittelt: Ein Weg, weg von dem einzelnen Kennzahlenvergleich im Sinne von Hitlisten, hin zu einem ganzheitlichen Ansatz, der Aussagen bezogen auf die Gesamtperformance aber auch für einzelne Kennzahlen zulässt, der zwischen orientierten und nicht orientierten Ansätzen (vgl. 3.7.1.3) differenziert und der den Eingriff in das stehende Waldvermögen näherungsweise inkludieren kann, wurde beschritten.

- *Effizienzwerte, Effizienzranking*

Je nach Wahl des Effizienzmaßes und der Orientierung des Modells werden die relativen Effizienzwerte divergieren. Aber für jede dieser Auswertungen kann ein Ranking entsprechend den Effizienzwerten und der unterstellten Effizienzindikation (vgl. 3.8.2) erfolgen. In den ausgewiesenen Effizienzwerten sind aber noch nicht die Slacks bzw. Schlupfvariablen (vgl. 3.6.2) berücksichtigt. Daher gehen auch schwach effiziente Beobachtungen (vgl. Abb. 4) hier noch mit einem Effizienzwert von 100% bzw. 0%, je nach Effizienzindikation, in das Effizienzranking ein, obwohl derartige Beobachtungen gegenüber einer tatsächlich effizienten Einheit zumindest von einem Produktionsfaktor mehr verbrauchen oder umgekehrt von einem Outputgut weniger bereitstellen.

- *Technische und Kosten - Effizienz*

Der Nachweis, ob die verwendeten Produktionsfaktoren nicht nur aus produktionstechnischer sondern auch aus kostentechnischer Sicht „geschickt“ eingesetzt sind, kann über die Allokative Effizienz (AE) erbracht werden. Diese kann nicht direkt ermittelt werden, sondern lässt sich nur über die Kosteneffizienz (KE), die auf durchschnittlichen Kostensätzen basiert, und der natural-technischen Effizienz (TE) über den Zusammenhang $KE = TE \times AE$ herleiten (vgl. 3.8.4).

Die klassische DEA Vorgehensweise, die allokativen Effizienz über durchschnittliche Kostensätze herzuleiten, ist mit Informationsabschlägen und Ergebnisverzerrungen verbunden.

Mit der durchschnittlichen Bewertung der physischen Inputs für die Kosteneffizienz werden nämlich die unterschiedlichen Leistungspotenziale und technischen Vorteile der Produktionsfaktoren sowie die Preis- und Kostendifferenzen regionaler Marktverhältnisse nicht mehr im Modell berücksichtigt. Dadurch kann es selbstverständlich sein, dass in dieser Darstellung die eine oder andere Einheit in ihrer kostentechnischen Performance als über- bzw. unterbewertet ausgewiesen wird.

Aus diesem Grund ist es nachvollziehbar, warum es in der Bestimmung der Kosteneffizienz bzw. der Ertragseffizienz, unter Verwendung der tatsächlich für die Beobachtung ausgewiesenen Kosten und Preise, sein kann, dass ein Betrieb in seiner ökonomischen Performance aufgrund des verwendeten Technisierungsgrades und der vereinbarten Bedingungen am lokalen bzw. regionalen Markt einen höheren Effizienzwert erzielt als in der rein technischen Beurteilung, was dann auch eine allokativen Effizienz (AE) größer eins zur Folge haben würde.

Ein derartiger Fall wäre für den linearen Zusammenhang, den die klassische DEA Analyse unterstellt, nicht zulässig (vgl. 3.8.4). Daher sind derartige Studien unabhängig von dem natural-technischen Modell separat zu erstellen und zu interpretieren bzw. als eigenständige Modelle zu behandeln.

- *Zielwerte (Target – Values)*

Neben den ausgewiesenen Effizienzwerten und den darauf aufbauenden Rankings, die einen direkten Vergleich mit den anderen Beobachtungen transparent ermöglichen, liefern aber vor allem die abgeleiteten Zielwerte die zentrale Information, in welchen Bereichen nun wirklich die Defizite liegen, und welche relative Veränderung vorzunehmen ist, um sich zu verbessern bzw. um ebenfalls Teil der Effizienzgrenze und damit Best-Practice Einheit zu werden.

Die Gültigkeit dieser Zielwerte bleibt allerdings nur bestehen, so lange sich nicht die Beobachtungen an der Effizienzgrenze aufgrund von technologischen Veränderungen oder sonstiger Maßnahmen verändern. Denn DEA ist nur eine statische Analyse, die ausschließlich auf eine Momentaufnahme reflektiert. Daher ist es auch empfehlenswert, Durchschnittswerte über mehrere Perioden zu verwenden, um Extremwerte „abfedern“ zu können.

Die Praktikabilität der Zielwerte hängt einerseits davon ab, ob orientierte oder nicht orientierte Maße unterstellt werden. Bei orientierten Anwendungen fallen die abgeleiteten relativen Zielwerte höher aus, da sie sich entweder nur auf die Input- oder nur auf die Outputseite beziehen, wohingegen bei nicht orientierte Anwendungen die Ineffizienz auf beide Seiten aufgeteilt wird.

Andererseits besteht aber auch eine Abhängigkeit der relativen Zielwerte vom unterstellten Effizienzmaß. Wird ein A-Maß verwendet, dokumentieren die Zielwerte nur ein für alle Kriterien gleichermaßen proportionales Verbesserungspotenzial. Die D-Maße hingegen ermöglichen es, für jedes Kriterium ein individuelles Verbesserungspotenzial bereitzustellen.

Das Verbesserungspotenzial an sich hängt vom Dominanzraum⁶² bzw. Verbesserungsraum ab, der von den Best-Practice-Einheiten der Peer-Group aufgespannt wird. Die Peer-Group inkludiert nur Einheiten, die aufgrund ihres Input- Outputniveaus innerhalb des Dominanzbereichs der Best-Practice Einheiten positioniert sind.

Gegenüber den abgeleiteten Effizienzwerten sind in den Target Values die Slacks integriert. In der Folge kann daher zwischen tatsächlich und nur schwach effizienten Einheiten unterschieden werden.

- *relative Veränderung der Performance über die untersuchten Perioden – „Malmquist Index“.*

Mit der Selektion jener Befundeinheiten aus der Testbetriebsnetz-Datenbank, die dort über fünf Perioden zwischen 1997 und 2001 dokumentiert waren, wurde in erster Linie beabsichtigt, Datendefizite bzw. Datenausreißer über die Bildung von Durchschnittswerten auszugleichen. Andererseits ergibt sich dadurch auch die Möglichkeit jede Beobachtung, jeder Periode als DMU zu verwenden, so dass jede forstbetriebliche Einheit mit fünf Perioden im Untersuchungssample enthalten ist. Damit lässt sich für jede Beobachtung eine Analyse der relativen Veränderung über die Perioden nachweisen, wodurch ein transparenter Überblick über die Performanceentwicklung über die Perioden gegeben werden kann.

62 Jedes virtuelle Input- / Outputniveau innerhalb der definierten Technologiemenge, das eine günstigere Performance als die empirische Beobachtung aufweist, ist Teil des Dominanzbereichs. Jeder Punkt des Dominanzbereichs der auch auf der Effizienzgrenze liegt, kann dabei als Best-Practice oder Benchmark-Einheit für die empirische Beobachtung fungieren.

Mit der Analyse der einzelnen Perioden wird der direkte Vergleich zwischen den von DEA vorgeschlagenen Zielwerten und den von der Beobachtung gesetzten Maßnahmen ermöglicht. Aus diesem direkten Vergleich des ex ante Vorschlags und der Beurteilung der Maßnahmen ex post (vgl. 5.4.8.4), kann die Rationalität der empirisch gesetzten Maßnahme analysiert aber auch die Plausibilität des DEA Vorschlages differenziert nach den unterstellten Effizienzmaßen und der unterstellten Modellorientierung (input- oder outputorientiert) diskutiert werden.

Diskussion

Grundsätzlich wurde in dem Modell „Flächennormierung und Hiebsatzbereinigung“ der Versuch unternommen, die branchenspezifischen Besonderheiten der Forstwirtschaft in einem Modell zu integrieren. Gegenüber anderen industriellen Produktionseinheiten differiert aber die forstliche Produktion insofern, als dass der Ertrag aus dem Produkt, bzw. die dafür erforderlichen Produktionskosten nicht nur innerhalb einer Periode anfallen, sondern über viele Perioden voneinander getrennt sind. Die Langfristigkeit der Produktion und der Umstand, dass der Produktionsfaktor, stehender Vorrat, auch gleichzeitig Produkt ist und dass sich dessen Veränderung nicht praktikabel dokumentieren lässt, stellen die markantesten Herausforderungen für einen objektiven und unmittelbaren Vergleich mit anderen forstlichen Betriebseinheiten dar.

Abgesehen von diesen beiden Elementen, sind es aber auch strukturell bedingte Größen, wie die Arrondierung, das Produktionsgebiet, die Betriebsfläche die Qualität der Mitarbeiter und der Technologisierungsgrad, die einen derartigen Vergleich forstbetrieblicher Einheiten untereinander relativieren.

Unabhängig von dem Quantifizierungsproblem dieser strukturell bedingten Kriterien, gilt es in einer multifunktionalen Forstwirtschaft vor allem auch noch die divergierenden Zielsetzungen der Eigentümer, die neben der ökonomischen Zielsetzung durchaus ganz andere Ziele mit der Bewirtschaftung des Forstbetriebs verfolgen können, zu berücksichtigen.

Die Beurteilung der multifunktionalen Outputleistungen der Forstwirtschaft lässt sich aber dennoch in Modellansätze integrieren.

Werden nämlich die rein natural-technischen Elemente, die der produzierende Forstbetrieb an Produktionsfaktoren verbraucht und an Leistungsgüter bereitstellt für eine DEA Analyse herangezogen, können aus diesen multifunktionalen Aktivitäten eines Forstbetriebes, sofern diese kardinal skaliert sind, wohl am einfachsten relative Effizienzwerte nach dem natural-technischen Effizienzmodell (TE) hergeleitet werden.

Jedoch unter einem betriebswirtschaftlichen Bewertungsansatz⁶³ als auch nach der volkswirtschaftlichen Wertschöpfungsrechnung⁶⁴ wird offensichtlich, dass sich nicht alle der multifunktionalen Leistungskategorien, die ein Forstbetrieb bereitstellt auch monetär bewerten lassen. Erst der wohlfahrtsökonomische Ansatz⁶⁵ betrachtet die Multifunktionalität wieder unter einem breiteren Gesichtspunkt und zeigt auf, dass die unterschiedlichen Werthaltungen und Normen von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Bezieht man sowohl die strukturell bedingten als auch die zielorientierten Aspekte mit ein, wird offenkundig, wie knifflig sich die Selektion der geeigneten Beurteilungskriterien für einen holistischen Modellansatz gestalten, mit denen die relative Performance

63 Der betriebswirtschaftlich relevante Output definiert sich über den induzierten Mittelrückfluss an den Betrieb

64 Der volkswirtschaftliche Output resultiert aus der induzierten Wertschöpfung

65 Der Wohlfahrtseffekt setzt sich aus der induzierten Wertschöpfung sowie den externen Effekten zusammen.

verschiedener forstlicher Betriebseinheiten auf hochaggrierter Ebene objektiv dargestellt werden soll.

Trotz des gut dokumentierten Datenmaterials des Testbetriebsnetzes Großwald repräsentieren die Modellvarianten nur die Abstrahierung von realen Gegebenheiten. Das Erkenntnispotenzial aus der DEA Studie unter diesen Gesichtspunkten, muss dennoch relativiert betrachtet werden, auch wenn die gesamten Analysemöglichkeiten, die DEA bietet, ausgeschöpft wurden.

Denn die abgeleiteten Effizienz- und Zielwerte (Target Values) zeichnen demnach größenordnungsmäßig nur die Trends für zukünftige Perioden vor, die aber in jedem Fall noch mit dem betrieblichen Leitbild und den betrieblichen Zielsetzungen abzustimmen sind. DEA für sich muss man ganz klar als Ergänzung zu bestehenden betrieblichen Controlling- und Kostenrechnungsinstrumenten sehen, die zur Entscheidungsunterstützung herangezogen werden.

Man darf sich eben von einer quantitativen Analyse, die unter einem holistischen Ansatz einen hochaggrierten Effizienzwert ableitet und damit die Sollgrößen für die unterstellten Kriterien festlegt, kein unumstößliches Ergebnis erwarten. Der DEA Ansatz liefert mit seinen relativen Effizienz- und Zielwerten nur entsprechende Trendaussagen, die die beurteilten DMUs motivieren sollen, den vorgezeichneten Trend aufzugreifen und daraus, entsprechend den betriebspolitischen Zielsetzungen, Maßnahmenpakete zur Steigerung der ökonomischen Performance abzuleiten.

5.5 Performancevergleich der Laub- Nadelmischbestände im Lehrforst Ofenbach

Die Auseinandersetzung mit DEA (Data Envelopment Analysis) auf betrieblicher Ebene hat gezeigt, dass die Handhabung multifunktionaler Zielsetzungen und die periodischen Abweichungen der Produktionskosten von den entsprechenden ertragsrelevanten Outputleistungen Schwierigkeiten in der Modellbildung verursachen können. Weiters ist zu beachten, dass für die betriebliche Modellbildung zusätzlich auf standörtliche wie organisationstechnische Rahmenbedingungen einzugehen wäre, um homogene Befundeinheiten zur Verfügung zu haben.

Für die Fortsetzung der explorativen Auseinandersetzung mit verschiedenen forstlichen Anwendungsbereichen werden hier nun beispielhaft Konzepte vorgestellt, die auf Ebene innerbetrieblicher, räumlicher Produktionseinheiten die Anwendungsmöglichkeiten der DEA Effizienzanalyse demonstrieren sollen.

Durch die Reduzierung auf einzelne Bewirtschaftungseinheiten, wie die Teilfläche, die in jedem größeren Forstbetrieb datenmäßig dokumentiert sind und von denen mit Sicherheit auch eine entsprechend große Anzahl an Vergleichsbeobachtungen anzutreffen ist, hat man sich eine gute Eignung für eine DEA Studie erwartet. Auch wenn man von einer entsprechend großen Anzahl an Beobachtungen ausgehen kann, muss man aber dennoch davon ausgehen, dass man mit den Operatsdaten nicht das Auslangen finden wird.

Eine Erweiterung sowohl um monetäre als auch natural-technische Kriterien wird wohl notwendig sein, um sich ein Konzept zur Effizienzbeurteilung zurechtlegen zu können. Betriebsaufzeichnungen, wie die laufenden Kosten und ein expliziter kalkulatorischer Zinsfuß für den Bestandesabtriebswert bzw. den geleisteten Wertzuwachs sowie die Erfassung des Holzertrags der aktuellen Periode, müssten dabei als monetäre Größen mitgeführt werden. Auf der natural-technischen Seite müsste das Modell um Kriterien, wie dem stehenden Vorrat, der Vorratzzunahme und der Nutzungsmenge sowie der eingebrachten Arbeitsleistung und Maschinenstunden ergänzt werden.

Grundsätzlich ist bei der Konzipierung eines Modells zur Performancebestimmung von forstbetrieblichen Teilflächen davon auszugehen, dass es zu periodenbedingten Schwankungen kommt. Daher sollten die verwendeten Parameter zumindest über einen bestimmten Bemessungszeitraum gemittelt werden. Dabei würde sich der zehnjährige Turnus für die Erstellung des Operats anbieten.

Für die Beurteilung der Performance forstlicher Bestände wurde ausschließlich von ökonomisch ausgerichteten forstlichen Bewirtschaftungseinheiten ausgegangen. Dementsprechend wurden nur Bestände aus der Betriebsklasse Wirtschaftswald als Vergleichsbeobachtungen (DMUs) herangezogen.

5.5.1 Zielsetzungen für den Performancevergleich der Laub- Nadelmischbestände im Lehrforst Ofenbach

Mittels DEA sollte die Performance der Laub- Nadelmischbestände des Lehrforsts Ofenbach bestimmt werden. Ziel ist es, die aus den unterstellten aussagekräftigen Variablen abgeleiteten Effizienzwerte in einem GIS (Geografisches-Informations-System) zu visualisieren. Aus der daraus erzeugten thematischen Karte wird es dann möglich sein, rasch einen Überblick über die Performance der einzelnen Bestände vermittelt zu bekommen. Aus den dafür abgeleiteten Performancewerten sollen in der Folge die Operatsdaten der GIS Datenbank neben dem Performancewert um ein Ranking für alle DMUs und um die für jedes Kriterium abgeleiteten Sollwerte (Target Values vgl. 3.8.2)

erweitert werden. Damit bekommt der Anwender den Grad der Ineffizienz direkt ausgewiesen, was zumindest zu einer Ursachenforschung anregen soll. Denn für eine zielorientierte Reaktion zur Annäherung an die Best-Practice müssen Maßnahmenpakete zur Realisierung der vorgegebenen Target Values festgelegt werden.

Zur Bestimmung der Performancewerte wird es notwendig sein, die relevanten Variablen aus den verfügbaren Operatsdaten über statistische Analysen und empirische Annahmen zu filtern. Die daraus gebildeten Modellvarianten für unterschiedliche multikriterielle Variablen, für die verschiedene Effizienzmaße zu unterstellen sind, gilt es gegeneinander abzuwägen und auf Plausibilität zu prüfen.

Andererseits wird aber angestrebt, die im Zuge der Modellbildung aufgetretenen Datendefizite in den Operatsdaten offen zu legen, um die ein „entscheidungsvorbereitender Analyseansatz“ zur objektiven Bestandesbeurteilung noch zu ergänzen wären.

Unter Anwendung des Analysekonzepts der DEA werden die relevanten multikriteriellen Merkmale, die jede Bestandeseinheit (DMU) ganzheitlich beschreiben sollten, gegeneinander verglichen. Für jene Bestandeseinheiten mit ähnlichen Produktionsniveaus (Peer-Group) werden dabei aus den Best-Practice Einheiten dieser Gruppen zielorientierte und realistische Vorgaben zur Annäherung an die Effizienzgrenze für ineffiziente Bestandeseinheiten abgeleitet (vgl. Best-Practice 3.8.1 und Target Values 3.8.2).

Trotz der Vorgabe aus dieser „Black Box“, liegt es ausschließlich am Entscheidungsträger, Konzepte zu entwickeln, um diese vom System vorgegebenen Richtwerte auch zu erreichen. Denn DEA stellt keinesfalls einen Ersatz für den Experten vor Ort dar, sondern liefert ausschließlich Zahlengrößen, die die Entscheidung des Experten unterstützen sollten und diesen aber gleichzeitig auch kontrollierbar machen. DEA stellt damit ein ergänzendes Instrument dar, das bereits implementierte Steuerungssysteme, aber auch Informationen traditioneller Kennzahlensysteme aufgreift und zweckadäquat verdichtet. Obwohl die Analysemethode DEA im eigentlichen Sinne als eine ex post Analyse agiert, generiert die DEA Analyse aber gleichzeitig Sollwerte, die einen ex ante Charakter haben, und durchaus als entscheidungsunterstützende (Decision support) Größen betrachtet werden können.

5.5.2 Definition der Befundeinheiten und deren Datengrundlage

Die Befundeinheit als solche ist mit der Bestandeseinheit (synonym für die Teilfläche der räumlichen Einteilung in der Forsteinrichtung) als kleinste abgrenzbare Bewirtschaftungseinheit eines Forstbetriebes und fixer Bestandteil der räumlichen Einteilung in jeder Forsteinrichtung klar festgelegt und auch grafisch in forstlichen Karten visualisiert. Die Bestandesgröße sowie die Bestandesgrenzen sind temporär betrachtet einigermaßen stabil. Doch in Folge der Bestandesentwicklung bzw. von Nutzungen kann es im Laufe der Zeit zu räumlichen Veränderungen der Bestände (Teilflächen) innerhalb einer Unterabteilung durch die Untergliederung oder Zusammenlegung von Bestandes- bzw. Teilflächen kommen.

Die Revision der Forsteinrichtungen erfolgt üblicherweise in zehn jährigen Turni. Dabei werden die Bestände entweder taxiert oder die biometrischen Daten über Stichprobenraster erfasst und in Manualen bzw. Operaten dokumentiert, die letztendlich als Grundlage für die DEA-Studie herangezogen werden. Die biometrischen Daten umfassen Bestandesparameter, die das Wuchsverhalten und die Vorratsmengen, die Baumartenverteilung und das Alter des Bestandes sowie die Bonität jeder Baumart

(DGZ 100)⁶⁶ beinhalten. Für jeden Bestand sind darin außerdem die Zielsetzungen für die weitere Bestandesentwicklung und die dafür zu setzenden Maßnahmen verankert.

Aus den ursprünglich 438 Teilflächen des Lehrforsts, die mit forstlichem Bewuchs bestockt sind, wurden 241 Mischbestände für die DEA Analyse herausgegriffen. Die Homogenitätskriterien wurden trotz der Einschränkung auf Mischbestände sehr offen gehalten. Es kam zu keiner Einschränkung auf einen spezifischen Altersrahmen oder auf typischen Mischformen sowie Mischverhältnisse. Mischbestände weisen aber, je nach Baumartenzusammensetzung in Abhängigkeit der physiologischen Ansprüche im Bestandesgefüge ein abweichendes Alter auf. Damit werden aber die aggregierten Massenangaben und Altersangaben sowie deren Mischverhältnisse je Teilfläche im Modell von den naturalen Verhältnissen differieren.

Indem die Homogenitätskriterien allerdings nicht näher eingeschränkt sind, ergeben sich dadurch Möglichkeiten, die abgeleiteten Ergebnisse genau unter diesem Gesichtspunkt zu kritisieren. Es wäre daher empfehlenswert gewesen, Jungbestände ohne Vorrat oder nur mit Überhältervorrat sowie verjüngte oder teilgenutzte Altbestände im Hinblick auf zu spezifizierende Homogenitätsbedingungen vom Datenset auszugrenzen.

Zur Visualisierung standen Geodaten der ÖBf-AG in Vektorform als auch Rasterdaten in Form von Orthofotos des Lehrforsts zur Verfügung, die als Basis für die Visualisierung der Ergebnisse im ArcView herangezogen werden konnten.

5.5.3 Kritische Auseinandersetzung mit den selektierten Beurteilungskriterien

Als Basis für die Beurteilung der relativen Performance von Beständen mittels DEA sind die entsprechenden Beurteilungskriterien für die Modellbildung zu definieren, die die Voraussetzung für die Ableitung der Performancewerte der Beobachtungen (DMUs bzw. Bestände) bilden.

Zur Umsetzung einer objektiven Performancebeurteilung, sind die unter Kapitel 4 vorgegebenen Rahmenbedingungen für die Festlegung der Beurteilungskriterien und die Modellbildung einzuhalten. Nur so lässt sich eine vergleichende Beurteilung durchführen, die jede Einheit nach der „Best Case Philosophie“ darstellt.

Die verwendeten Beurteilungskriterien für die Modellbildung zur Ableitung eines Effizienzwertes nach der DEA Methode wurden aus den Operatsdaten 2000 des Lehrforsts selektiert. Vorweg ist bereits anzudeuten, dass ein Forsteinrichtungsmanual, auch wenn es auf zehn Jahre ausgelegt ist, immer nur den aktuellen Zustand zum Zeitpunkt der Erhebung widerspiegelt. Es wäre also empfehlenswert die Werte des aktuellen Operats mit jenen des vorangegangenen zu mitteln, um die Durchschnittsverhältnisse zwischen den Erhebungsperioden abbilden zu können.

Für die Modellbildung, im Sinne einer explorativen Demonstration, wurden von den Operatsdaten 2000 die nachfolgenden Input- und Outputvariablen selektiert:

⁶⁶ Die Bonität bzw. der DGZ 100 repräsentiert den durchschnittlichen Gesamtwuchs. Erzielt ein ein Hektar großer Bestand, der 100 Jahre alt ist, eine durchschnittliche Gesamtwuchsleistung von 1000 Vorratsfestmeter, entspricht das einer Bonität bzw. einem durchschnittlichen Gesamtwuchs (DGZ) von 10 VfmD/Jahr.

Inputvariablen

1. Fläche:

Die Fläche ist als quantitative Größe für die einheitliche Beurteilung von Beständen unabkömmlich. Da sie aber als gegeben angenommen werden muss und sie mittelfristig nicht geändert werden kann, wird die Fläche in Hektar als „unkontrollierbare Inputvariable“ geführt.

2. Bonität:

Die Bonität (DGZ 100 in VfmD/à) jeder in der Teilfläche vorhandenen Baumart wurde über deren Massenanteil gewichtet. Diese gewichtete Größe, soll im Modell weitestgehend die natürlichen Rahmenbedingungen, von denen das Bestandeswachstum wesentlich abhängig ist, widerspiegeln. Da diese natürlichen Gegebenheiten nicht beeinflussbar sind, wird die Bonität als eine „unkontrollierbare Variable“ ausgewiesen, auch wenn sich die Bonität aufgrund des Wuchsverhaltens über das Alter geringfügig ändern kann.

3. Bestockungsgrad:

Der Bestockungsgrad wurde für die Erstellung dieses Operats nur gutachtlich angesprochen. Da nahezu alle Bestockungsgrade, die das Verhältnis der aktuellen Kreisgrundfläche zu einer Soll-Kreisgrundfläche abbilden, gemäß den Taxationsrichtlinien mit 1 gedeckelt sind und nur okular angesprochen werden, kann dieser Parameter nur optional als dimensionslose Inputgröße herangezogen werden. Unter diesen Umständen erscheint die Erweiterung des Modells um diesen Parameter nicht als sinnvolle zusätzliche Spezifikation. Erst wenn der Bestockungsgrad über eine einfache Winkelzählprobe exakt bestimmt wird, könnte der hier evidente Mangel behoben werden.

4. Alter:

Das Bestandesalter und damit die Produktionsdauer spielt für die Beurteilung der Bestandesleistung immer eine wesentliche Rolle. Nachteilig wirkt sich allerdings aus, dass sich Mischbestände häufig auch aus zwei Generationen bzw. Schichten zusammensetzen können. Je nachdem ob der Altholzanteil oder der Jungwuchsanteil auf der Teilfläche dominiert, wurde das Alter der dominierenden Gruppe verwendet. Das Alter findet im Modell als „veränderlicher“ Inputparameter Eingang.

Für die Inputseite ist zu bemängeln, dass neben den biometrischen Daten, auf die durch die Verantwortlichen nur indirekt Einfluss genommen werden kann, der Einsatz von Humanressourcen oder monetären Mittel auf der Teilfläche mangels Datenaufzeichnungen nicht berücksichtigt werden kann. Es bestehen auf Bestandesebene keine Aufzeichnungen über durchgeführte Arbeiten oder die aufgewandten Geldmittel. Ausschlaggebend dafür ist, dass kein Betrieb die Philosophie eines Betriebsinformationssystems verfolgt und ein Controllingsystem aufbaut, das nicht nur Aussagen über Kosten und Leistungen zu den üblichen Kostenträgern, Festmeter und Hektar auf gesamtbetrieblicher Ebene generiert, sondern diese Größen auch auf die räumlichen Bewirtschaftungseinheiten bezieht.

Obwohl die räumliche Einteilung die Bewirtschaftungseinheiten sehr klar definiert ist, bildet die räumliche Einteilung aber nicht die Basis für die betriebliche Kostenrechnung. Keiner der Großwaldbetriebe hat ein Nachweissystem, das Stundenaufzeichnungen bzw.

den Materialverbrauch etc. sowie den finanziellen Aufwand auf die räumliche Bewirtschaftungseinheit, den Bestand bzw. die Teilfläche, bezieht.

Unter dem Aspekt der natural-technischen Betrachtung stellt das Datendefizit der klassischen Produktionsfaktoren auf der Inputseite aber nicht die einzig Unvollständigkeit der Datenmatrix dar. In einem natural-technischen Modell würden durchaus auch abiotische Faktoren, wie die lokale Niederschlagsmenge oder die lokale Jahresdurchschnittstemperatur sowie die Sonneneinstrahlung von Relevanz sein. Daneben wären dann aber auch aufgrund seiner politischen Brisanz der CO₂ Fluss bzw. andere physiologische Stoffflüsse zu integrieren, die Einfluss auf die Bestandesentwicklung nehmen können. Die „Vollständigkeit“ eines Modells ließe sich auch auf solche Aspekte, sofern sie datenmäßig verfügbar und quantifizierbar wären, ausdehnen.

Outputvariablen

5. Massenleistung Laubholz

6. Massenleistung Nadelholz:

Die zum Zeitpunkt der Erfassung erzielte Massenleistung stellt die konkret erfassbare Outputleistung eines Bestandes dar. Obwohl hier der Anteil des bereits ausgeschiedenen Bestandes, der geleistete Zuwachs und die Ausfälle durch die Mortalität keine Berücksichtigung findet, werden eben diese beiden Parameter als die veränderlichen Outputvariablen herangezogen. Entsprechend sind die nach Laub- und Nadelholzanteilen getrennten Massenangaben mit einem relativ hohen Grad an Unsicherheit behaftet.

Im Zusammenhang mit dem entnommen Bestandesvorrat verhält es sich ähnlich wie mit dem nicht auf die Teilfläche bezogenen Aufwand. Solange es sich um stehenden Vorrat handelt, ist der Bezug zur räumlichen Einheit gegeben. Sobald aber eine Nutzung stattfindet, wird diese losgelöst von der räumlichen Einheit verbucht und lässt sich dann nur mit der gesamten forstbetrieblichen Wirtschaftseinheit in Bezug setzen. Nachdem in den Betrieben die Zuordnung des entnommen Holzvorrates auf die räumliche Einheit nicht standardmäßig praktiziert wird, erfolgt auch für die entnommenen Holzmengen einer Teilfläche keine Zuordnungen der Sortimente nach Masse, Baumarten, Qualität und Parität oder zumindest nach den erzielten Durchschnittspreisen.

Die Loslösung vom Bezug zur räumlichen Bewirtschaftungseinheit, nachdem stehender Vorrat von der Teilfläche entnommen wird, begründet sich durch die bestandesübergreifenden Maßnahmen, die aufgrund von topografischen Verhältnissen durchgeführt werden. Damit wäre nämlich eine Zuordnung des entnommenen Vorrats nur noch gutachtlich möglich, weshalb generell davon Abstand genommen wird.

Grundsätzlich erscheint aber eine prozentuelle Aufteilung der Nutzungsmenge auf die betroffenen Teilflächen durch das Revierpersonal aber durchaus umsetzbar. Über diesen gutachtlichen Schlüssel könnte dann gleichzeitig eine proportionale Zuteilung der Sortimentsverteilung sowie der erzielten Durchschnittserlöse erfolgen, nachdem das Werksabmaß für die entsprechende Lieferung eingelangt ist.

5.5.4 Modellansätze:

Auch wenn bereits aufgrund der Datenlage klar geworden ist, dass diese für eine ausführliche DEA Analyse noch zu mangelhaft ist, wurden trotzdem zu Demonstrationszwecken und um den Weiterentwicklungsprozess dieser Modellkonzeption

zur Effizienzbeurteilung von Beständen voranzutreiben, die beiden orientierten Modellverfahren (input- und outputorientiert) nach natural-technischen Gesichtspunkten gegeneinander abgewogen.

Im Fall der Beurteilung von Beständen würden beide Ansätze Sinn machen. Einerseits wäre eine Beurteilung basierend auf den aktuellen Bestandesvorräten aufgrund der eingesetzten Produktionsfaktoren als inputorientiertes Modell möglich und andererseits könnte man die Bestände auch aufgrund der bereits verbrauchten Produktionsfaktoren zur Bereitstellung der Massenleistung als outputorientiertes Modell beurteilen.

Wie bereits erwähnt (vgl. 3.7.1.1), würden sich unter konstanten Skalenerträgen die Ergebnisse um nichts unterscheiden, aber unter Anwendung variabler Skalenerträge differieren die Resultate bei input- oder outputorientierter Betrachtung, infolge der abnehmenden Grenzerträgen, bei Unterstellung einer konvexen Datenhülle, die alle Beobachtungen so eng als möglich umschließt (vgl. 3.3.3).

Inputorientiertes Modell:

Für das inputorientierte Modell wurden die nachfolgenden Variablen unterstellt:

INPUTFAKTOREN				OUTPUTFAKTOREN	
Fläche	Bonität	Bestockungs- grad	Alter	Masse NH	Masse LH

Tabelle 44: Beurteilungskriterien für das inputorientierte Modell zur Beurteilung von Laub- Nadelmischwälder

Unabhängig von der Vollständigkeit der Variablen, stellt sich im inputorientierten Fall die Frage: Zu welchem früheren Alter und bei welchem Bestockungsgrad, hätte man dieselbe Outputleistung bei unveränderter Fläche erzielen können, um selbst eine Best-Practice Einheit zu werden?

Wäre hier beispielsweise auch noch die Information entweder über das eingesetzte Kapital oder die verbrauchte Arbeitszeit zur Verfügung, könnte man Aussagen über mögliche Rationalisierungsmaßnahmen treffen.

Für den vorliegenden Datensatz konnte man sich aber ohnedies nur überlegen, ab welchem Alter und bei welchem Bestockungsgrad hätte man denn eigentlich schon dieselbe Masse, wie sie jetzt besteht, verglichen mit den Best-Practice Einheiten der Peer-Group, erzielen können.

Outputorientiertes Modell:

Aus praktischer Sicht erscheint die Frage nach der optimalen Massenleitung bei bestehenden Produktionsfaktoren als interessanter.

INPUTFAKTOREN			OUTPUTFAKTOREN	
Fläche	Bonität	Alter	Masse NH	Masse LH

Tabelle 45: Beurteilungskriterien für das outputorientierte Modell zur Beurteilung von Laub- Nadelmischwälder

Für diese Optimierungsaufgabe wird für einen konkreten Bestand nach der optimalen Holzproduktionsmenge, getrennt nach Nadel- und Laubholz, unter der Restriktion, dass alle Inputgrößen konstant gehalten werden, gesucht. Die Auseinandersetzung mit dieser Fragestellung erscheint gegenüber dem inputorientierten Ansatz relevanter zu sein. Denn damit kann für einen zu beurteilenden Bestand noch entschieden werden, ob es Sinn macht den Bestand weiter wachsen zu lassen oder gleich zu nutzen.

Auch hier ist man wiederum mit demselben Informationsdefizit wie im inputorientierten Fall konfrontiert. Unabhängig von den Qualitätszuständen der Bestände gibt es keine Information darüber, welche Bestände gerade gepflegt, durchforstet oder gelichtet wurden.

Ebenfalls unbekannt ist, welche physischen Entnahmen zu welchem Aufwand und zu welchem Ertrag stattgefunden haben. Aber auch wenn die physischen Mengen und die monetären Werte dafür bekannt wären, müssten entsprechende Annahmen zur Berücksichtigung der Langfristigkeit der Kapitalbindung getroffen werden, um einen einheitlichen Zeitbezug für eine Objektive Beurteilung zu haben.

Trotz der angeführten Informations- und Datendefizite wurde zu Demonstrationszwecken und zur Weiterentwicklung des Bestandesmodells das praxisrelevantere outputorientierte Modell gerechnet und analysiert.

Ergebnisse des Outputorientierten Modells:

Die Effizienzwerte des outputorientierten Modells bewegen sich im Bereich zwischen 100% und 1500%. Auf den ersten Blick verwirren die Werte etwas. Die Effizienzindikation (vgl. 3.8.2) unterstellt für outputorientierte Modelle, dass effiziente Einheiten als 100% effizient ausgewiesen werden und für ineffiziente Einheiten Werte größer 100% vergeben werden, da diese Einheiten ja aufgrund der verfügbaren Produktionsfaktoren ihren Output steigern müssten, um sich an die Effizienzgrenze anzunähern. Dass für dieses outputorientierte Modell, Werte zwischen 100% und ∞ ausgewiesen werden müssen, geht aus der Konzipierung des Umhüllendenproblems hervor (vgl. 3.7.1.2). Denn mit der dualen Zielfunktion $\max_{\Phi, \lambda} \Phi$ werden die

Outputleistungen einer bestimmten Einheit k um den Faktor Φ_k bei unveränderten Inputfaktoren erhöht ($\geq 100\%$), um an der Effizienzgrenze jene virtuelle Best-Practice Einheit zu erreichen, die durch Gewichtung von tatsächlich beobachteten Best-Practice Einheiten mit dem Faktor $\lambda_{k,s}$ generiert wird und die der radialen Verlängerung des beobachteten Produktionsniveaus von k an die Effizienzgrenze entspricht.

Um folglich Effizienzwerte zwischen 0 und 100% zu erhalten, müsste man den Reziprokwert der outputorientierten Effizienzwerte nehmen. Zur Ableitung der Verbesserungspotenziale werden aber die originalen Werte verwendet. Durch das Abziehen von 100% erhält man das relative Verbesserungspotenzial nach dem radialen outputorientierten Modellansatz.

Eine Differenzierung zwischen schwach und tatsächlich effizienten Einheiten (vgl. Abb. 4 und 4.2.2) infolge des Auftretens von Slacks (vgl. 3.6.2) ist bei den abgeleiteten Effizienzwerten aber noch nicht berücksichtigt. Dies würde erst im Zuge der Konstruktion der Zielwerte erfolgen, die aber für dieses unvollständige Modell vorerst noch nicht abgeleitet wurden.

Die empirischen Resultate der Effizienzwerte, die für die Mischbestände des Lehrforsts aufgrund der Angaben im Operat abgeleitet wurden, sind unter (vgl. Tabelle 46) in Gruppen dargestellt worden. Es fällt dabei unmittelbar die breite Streuung der Effizienzwerte auf. Da die Bestandesdaten alle vom selben Produktionsgebiet und der gleichen lokalen Region entnommen sind, würde man diese Differenzierung nicht erwarten. Folgedessen müsste aufgrund eines solchen Ergebnisses die Datengrundlage (Operat) auf Datenmängel und Datenfehler bzw. auf unvollständige Dateninformation überprüft werden.

Mögliche Ursachen dafür sind in den folgenden Punkten zusammengefasst:

- Keine Angaben über den ausgeschiedenen Bestand
- Keine exakten Angaben des Bestockungsgrades
- Keine massenbezogene Differenzierung der Mischungsanteile auf der Fläche
- Keine Angaben zur Altersstruktur für die Mischungsanteile
- Keine Angaben über aufgewendete Humanressourcen
- Keine Angaben über eingesetzte finanzielle Mittel

Besonders die fehlenden oder mangelhaften Angaben zum bereits entnommenen Vorrat und zum gemessenen Bestockungsgrad sowie das Fehlen von Mischungsanteile und Angaben zur Altersverteilung dürften maßgeblich für die Streuung der Resultate verantwortlich sein.

Damit wird aber auch gleichzeitig eine weitere Stärke von DEA evident. Denn es ist auf einen Blick möglich zu erkennen, ob die Resultate plausibel sind und mit welchen Informationsdefizit diese Abweichung zu begründen ist, bzw. für welche Beobachtungen gegebenenfalls Datenkontrollen durchzuführen sind.

Wenn nämlich auf einer Teilfläche, die 2,8 Hektar groß ist, und für die eine Bonität von 6,8 und ein Alter von 70 Jahren ausgewiesen wurden, nur noch 102 VfmD (Vorratsfestmeter Derbholz) vorhanden sind, sind diese Angaben entsprechend zu hinterfragen und zu prüfen und gegebenenfalls ist diese DMU aus der Analyse auszuschließen. Denn es ist höchst unplausibel, dass eine Einheit ihre Outputleistung um das 13fache, gemessen an den Benchmarkeinheiten, erhöhen müsste, um die Effizienzgrenze zu erreichen.

Diese besonders ineffizienten Einheiten haben aber auf die DEA keine Auswirkung. Es verändert sich dadurch weder der Produktionsmöglichkeitsraum noch die Produktionsmöglichkeitsgrenze. Hätte eine Beobachtung ins andere Extrem ausgeschlagen, so dass durch einen Datenfehler eine „super-effiziente“ Beobachtung konstruiert worden wäre, würde dies aufgrund der Verschiebung der Effizienzgrenze zu extremen Verzerrungen der Effizienzwerte führen.

5.5.5 Darstellung der Ergebnisse und Dokumentation in einem GIS

Handelt es sich um DMUs, die einen räumlichen Bezug, wie in diesem Fall, alle Laub - Nadelmischbestände des Lehrforstes, aufweisen, macht es durchaus Sinn, die Ergebnisse in einem Geoinformationssystem zu visualisieren.

Durch den räumlichen Bezug und die Strukturierung der Effizienzwerte in verschiedene Kategorien, wird eine thematische Karte bereitgestellt, die das ökonomische Leistungspotenzial der Bestände reflektiert.

Resultate der Effizienzbeurteilung der Laub - Nadelmischbestände		Skaleneffizienz	
100%	25	12	Skaleneffizient
101%-150%	121	3	zu groß
151%-200%	56	226	zu klein
201%-250%	20		
251%-300%	13		
301%-500%	5		
500%-1500%	1		

Tabelle 46: Resultate der Effizienzbeurteilung von Laub- Nadelmischbeständen unter Verwendung eines outputorientierten, äquiproportionalen Modells bei Unterstellung einer VSE Technologie

Unter Verwendung des Software-Pakets ArcView wurden die Datensätze Teilflächen 2000, Operat 2000 und die Effizienzbewertung von Mischwaldbeständen zusammengeführt und dargestellt.

Durch den räumlichen Bezug, und die Hinterlegung jeder Bestandesfläche mit den Operatsdaten, den geometrischen Informationen und den Resultaten aus der Effizienzbeurteilung, können die Resultate der Effizienzanalyse auch über eine thematische Visualisierung in einem GIS unmittelbar dargestellt werden. Durch diese zusätzliche Erweiterung des Informationssets können Entscheidungsprozesse unter multikriteriellen Aspekten zielorientierter erfolgen und es lassen sich dadurch mögliche Fehlentscheidungen infolge von unvollständiger Information leichter vermieden.

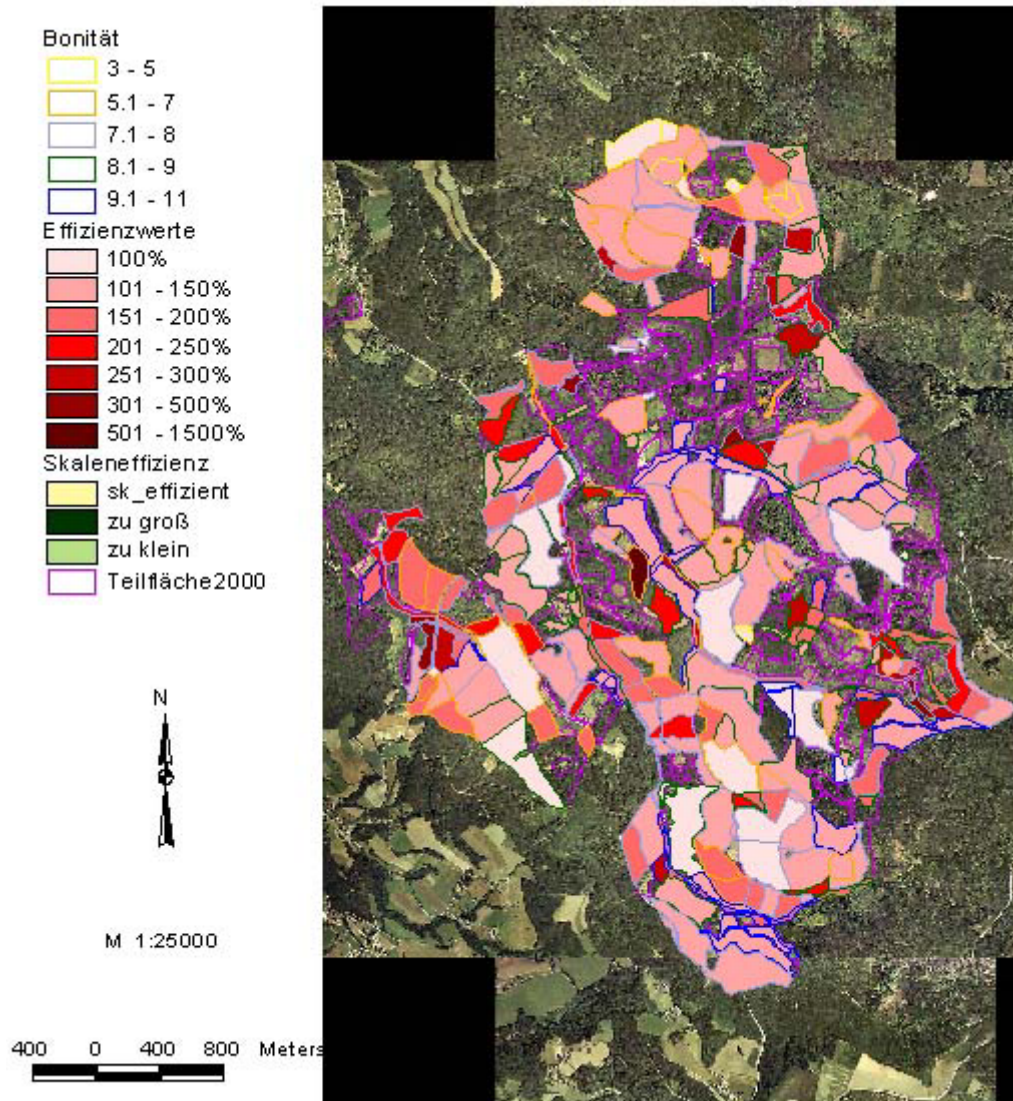


Abb. 22.: Darstellung der Output-Effizienzwerte aller Laub - Nadelmischwaldbestände des Lehrforstes Offenbach bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen

5.5.6 Diskussion der Ergebnisse:

Die Tabelle 47 dokumentiert jene Benchmarkeinheiten, deren Performance im Vergleich zu allen anderen Untersuchungseinheiten durch den LP Berechnungsalgorithmus als die Best-Practice identifiziert wurde

Je nachdem nach welchem Kriterium diese best performingen Bestände gegliedert werden, kann festgestellt werden, dass es, verteilt über den gesamten Wertebereich aller

Merkmale, immer wieder Kombination von Produktionsfaktoren gibt, die zu Best-Practice Beobachtungen führen.

Und es sind genau jene hier ausgewiesenen Bestände, die anteilig als Benchmark- bzw. Referenzeinheiten für die Bildung der virtuellen Projektionseinheiten ineffizienter Beobachtungen an der Umhüllenden herangezogen werden (vgl. 3.7.1.2 und 3.8.1). Diese Einheiten signalisieren damit aber gleichzeitig auch, dass nicht nur eine einzige Kennzahl für die Performance ausschlaggebend ist, sondern das Zusammenspiel aller unterstellter Input- und Outputmerkmale.

DMU	Eff. %	Benchmark	Fläche	Bonität	Alter	Masse LH	Masse NH
20b4	100,00%	92	4774	7,6	20	1	9
37e2	100,00%	19	10059	6,0	35	11	24
27g	100,00%	25	139190	7,3	35	246	1591
36f5	100,00%	89	2602	7,3	35	7	29
12c3	100,00%	22	2705	8,8	40	3	66
7a3	100,00%	31	2517	7,5	45	21	44
35b1	100,00%	11	116009	6,0	60	1767	1211
24b4	100,00%	51	643	8,7	70	2	40
37b2	100,00%	46	11340	3,9	70	16	218
25b1	100,00%	5	77932	6,6	80	2296	872
32c1	100,00%	36	84685	7,3	85	3063	493
32d1	100,00%	19	38250	8,9	85	1319	801
12b	100,00%	4	99571	7,8	90	2101	2608
17e	100,00%	34	7504	4,3	90	104	93
26a1	100,00%	36	108227	8,7	90	1361	4284
15b2	100,00%	81	43159	7,9	100	1511	927
20b2	100,00%	10	10013	10,3	100	50	671
21b1	100,00%	50	57733	7,4	100	2358	408
21b2	100,00%	101	31120	10,6	100	140	1963
36a1	100,00%	83	94719	9,0	100	858	4589
17b	100,00%	4	105539	7,2	110	3532	511
37a	100,00%	3	59026	3,0	135	646	365
37f1	100,00%	47	5677	4,2	135	167	22
5b1	100,00%	8	3599	7,2	135	36	169
5e	100,00%	21	4651	7,2	135	223	33

Tabelle 47: Die Bestandesmerkmale der Benchmarkbestände zwischen 20 und 135 Jahren, sowie die Anzahl, wie oft diese Einheiten als Benchmarks zur Generierung von virtuellen Best Practice Einheiten verwendet wurden.

DEA liefert damit für die beobachteten Bestandeseinheiten Richtwerte an erzielbarer Massenleistung, die auf einem bestimmten Standort (Bonität) und bei einem bestimmten Alter erreicht werden kann. Die von den Benchmarkseinheiten ausgewiesenen Massenleistungen sind natürlich nicht unabhängig vom Pflegezustand, von dem letztendlich auch die Wertleistung abhängen wird.

Der Benchmarkvergleich wäre somit auf die Effizienz der Bewirtschaftungsmaßnahme und die daraus resultierende Wertleistung auszurichten. Dazu wären aber entweder Simulationsdaten über eine Umtriebszeit oder zumindest die Operatsdaten über zwei oder mehrere Dezennien erforderlich, um die Veränderung der Massen- und Wertleistung innerhalb dieser Zeiträume dokumentiert zu haben und Beurteilung durchführen zu können (vgl. die Weiterentwicklungsaspekte des Ansatzes unter 5.5.8).

Nachdem der Zuwachs der Bestandeseinheiten nicht linear verläuft sondern sich mit zunehmendem Alter verflacht, wird für die DEA Analyse ebenfalls eine VSE Technologie für die Konstruktion der linearisierten Segmente der konvexen Hülle unterstellt.

Skaleneffizienz:

Konstante Skalenerträge		Variable Skalenerträge		Skaleneffizienz	
57,87%	± 0,238	71,01%	± 0,188	79,83%	± 0,201

Tabelle 48: Skaleneffizienz der Laub – Nadel Mischwaldbestände des Lehrforstes Ofenbach

Aufgrund der gebildeten Durchschnittswerte über alle Beobachtungen resultiert eine durchschnittliche Gesamtabweichung von der Effizienzhülle bei Unterstellung von konstanten Skalenerträgen in der Höhe von 42,13%. Diese splitten sich wiederum in eine technische Abweichung in der Höhe von 28,99% und eine Abweichung infolge des Skaleneffekts von 20,17%. Die geringfügige Abweichung zur Ermittlung der Skaleneffizienz über das Verhältnis, KSE zu VSE, ist auf die Mittelwertbildung zurückzuführen. Dass es hier zu diesen eher stark ausgeprägten Abweichungen kommt, dürfte wiederum, wie angedeutet, auf das Datendefizit im Zusammenhang mit dem entnommenen Vorrat zurückzuführen sein.

Auffällig im Ergebnis ist, dass 94% oder 226 der Bestände als „zu klein“ ausgewiesen werden. Dies bedeutet aber keinesfalls, dass die Bestandesfläche zu klein wäre, sondern vielmehr, dass diese Bestände auf der ihnen zur Verfügung stehenden Fläche und der dort ausgewiesenen Bonität zuzüglich des unterstellten Alters mehr Masse als nur den linearen Massenanstieg aufbauen. Das bestätigt zumindest, dass die konvexe Hülle den natürlichen Wuchsverlauf nachahmt.

5.5.7 Problematik des vorhandenen Datendefizits und der Langfristigkeit der forstlichen Produktion

Jedes DEA Modell ist nur so gut wie die Qualität der bereitgestellten und verwendeten Daten. In diesem Anwendungsfall fehlen ganz konkret Angaben zum Einsatz von Human- und Kapitalressourcen auf Bestandesebene. Daneben gibt es aber auch keine Angaben wie viel Vorrat im Zuge von Pflegeeingriffen oder Kalamitätsnutzungen bereits entnommen wurden.

Aber sogar dann, wenn diese Daten in irgendeiner Form verfügbar wären, muss noch das branchenspezifische Problem der langfristigen Produktionsdauer gelöst werden. Setzt man sich mit der Effizienzbeurteilung von Beständen detaillierter auseinander, kommt man um die Ansätze der klassischen Waldbewertung nicht herum. Als monetäre Inputgröße könnte man sich an der Konzeption des Bestandeskostenwertes orientieren, dem dann auf der Outputseite der Ansatz für die Ermittlung des Bestandeserwartungswerts gegenüberstehen müsste.

Die Problematik in diesem Ansatz liegt in der Wahl des Zinsfußes. Denn es macht für diese Anwendung nur Sinn, einen Zinsfuß gutachtlich festzulegen und nicht einen internen, variablen Zinsfuß zu unterstellen. Aufgrund der Langfristigkeit könnte der Zinsfuß aber so stark ins Gewicht fallen, dass auch dieser Ansatz in Frage zu stellen ist. Daher sollte man, wenn das möglich ist, anstelle der monetären Größen auf physische Größen ausweichen.

Die Gefahr einer Effizienzbeurteilung neben der Problematik des Datendefizits liegt aber auch in der statischen Beurteilung von Operatsdaten, die nur eine Momentaufnahme widerspiegeln. Vor allem stellt sich die Frage, ob auch bei Vorhandensein einer einigermaßen geeigneten Datenbasis zur Beurteilung der Performance aus den herleitbaren Zielwerten praxisrelevante Maßnahmen abgeleitet werden können. Denn die über die Effizienzwerte hergeleiteten Sollgrößen haben nämlich für den untersuchten

Bestand kaum noch eine Bedeutung, da es sich in diesem Fall um eine ex-post Beurteilung handelt. Die Aussagen könnten nur das Pflegeprogramm von gleichartig strukturierten Beständen, gleichen Alters und gleicher Bonität übertragen. Keine Empfehlung lässt sich hingegen für zukünftige Zielgrößen ableiten, anhand derer man das Bestandesbehandlungskonzept der beobachteten Bestandeseinheit adaptieren könnte.

Anhand der hier geführten Diskussion soll aber dargelegt werden, wie schwierig es ist, die Inputs und Outputs für ein DEA Modell vollständig zu spezifizieren auch wenn man auf den ersten Blick gedacht hätte, dass die Generierung von Input- und Outputvariablen in wenigen Stunden erfolgt sein sollte. Die Schwierigkeit liegt insbesondere darin, neben den bereits verfügbaren Variablen auch die Bedeutung fehlender Variablen einschätzen zu können.

Neben der Variablenspezifikation müssen zumindest Bemühungen angestrengt werden, die Langfristigkeit der forstlichen Produktion über simulierte Daten abzubilden und aus den Simulationsdaten ein aussagekräftiges DEA Modell zu generieren. Erst dann bestünde die Möglichkeit individuelle Zielgrößen für die simulierten Bestandeseinheiten abzuleiten, auf die das waldbauliche Programm abzustimmen wäre.

5.5.8 Weiterentwicklungsaspekte dieses Ansatzes

Wenn die Überlegungen der Performancebeurteilung auf der räumlichen Bewirtschaftungseinheit sinnvoll weiterverfolgt werden sollen, braucht es eine Überführung der statischen Effizienzbeurteilung vom Ist-Zustand, wie er im Operat verankert ist, hin zu einer dynamischen Betrachtung über Simulationsdaten oder mehrere statischer Ist-Zustände aus vorangegangenen Operatserhebungen. Durch die Einbeziehung des zeitlichen Effekts und die Vorausschau auf den Zeitpunkt des Abtriebs unter Zugrundelegung ökonomischer Kriterien, sollte eine Approximation an reale Gegebenheiten möglich sein.

Mit der Simulation der Bestandesparameter werden die Basisdaten auf denen aufbauend ein Vergleich über eine Umtriebszeit erfolgen kann bereitgestellt. Ein wertbasierter Performancevergleich lässt sich damit aber noch nicht durchführen. Erst wenn der zeitliche wie monetäre Arbeitsaufwand für die in der Simulation unterstellten Maßnahmen über vergleichbare Arbeitseinsätze mit berücksichtigt und der zu erwartende Holzvorrat zum Zeitpunkt des Abtriebs nach der Sortimentstafel zergliedert wird, stünden Informationen für jene Größen zur Verfügung, die für ein entscheidungsuntersützendes und wertorientiertes Modell von Bedeutung wären.

Das auf den Operatsdaten von 2000 basierende Bestandesmodell hingegen hat neben dem ausgeschiedenen Bestandesvorrat auch den Bestockungsgrad, sowie den verwendeten arbeitstechnischen wie monetären Ressourceneinsatz nicht berücksichtigt.

Auch wenn für diese statische Beurteilung der Bestände das Alter berücksichtigt wurde, konnte aber dennoch nach einer Performanceanalyse mit DEA keine Aussage über zukünftige Maßnahmen gemacht werden. Die Aussagen beziehen sich nämlich ausschließlich auf die Ausgangsparameter der Beobachtung. Die Verbesserungsvorschläge und Zielwerte beziehen sich demnach ausschließlich auf einen Bestand mit einem bestimmten Alter, einer bestimmten Bonität und einem bestimmten Vorrat je Flächeneinheit.

Die erzielte Aussage stellt nur fest, was ein Bestand unter den gegebenen Bestandesparametern an Holzvorrat erreichen hätte können. Die Entscheidungen sind

aber bereits in der Vergangenheit passiert und können nicht mehr rückgängig gemacht werden. Zukünftige Aussagen über die ableitbaren Sollgrößen (Target Values) lassen sich daraus aber nicht erzielen. Außer man bezieht die gewonnene Erkenntnis auf vergleichbare Bestände, die in ihrer Entwicklung noch nicht so weit fortgeschritten sind und setzt dort Maßnahmen, die nach dem von DEA vorgezeichneten Trend ausgerichtet sind.

Von einer ausschließlich statischen Performancebeurteilung der aktuellen Bestandesparameter wurde aufgrund dieser Erkenntnis Abstand genommen. Um zumindest aber näherungsweise dieses evidente Informationsdefizit (ausgeschiedener Bestand, dynamische Wertentwicklung, Wertzuwachs etc.) einer statischen Betrachtung auszugleichen, sollte man für zukünftige Überlegungen zumindest die Veränderungen zwischen zwei Forsteinrichtungs-Planungsperioden P_0 und P_{10} als Beurteilungsbasis für die Effizienz der Bewirtschaftungsmaßnahmen heranziehen. Der Betrachtungszeitraum über eine Dekade würde aber auch die Frage nach dem zu wählenden Zinsfuß im wertbasierten Ansatz im Vergleich zur Betrachtung einer ganzen Umtriebszeit entscheidend entschärfen.

Dennoch verbleibt aber auch unter dieser Annahme die Problematik der Beeinflussung des Erwartungswertes am Ende des Produktionszyklus. Aus Gründen der Homogenität müsste in der Folge zwischen Beständen, in denen während dieser Dekade Maßnahmen stattgefunden haben und solchen die für diesen Zeitraum der natürlichen Automation überlassen wurden, zu unterscheiden sein. Denn mit dem setzen von Maßnahmen, die zur Erreichung des festgelegten Bestandeszustands am Ende der Laufzeit erforderlich sind, kann sich innerhalb einer Dekade sowohl der stehende Vorrat als auch dessen Wert gegenüber der vergangenen Erhebung verschlechtert haben.

Man wird sich damit sowohl mit der massen- und wertbezogenen Beurteilung des stehenden und des ausgeschiedenen Bestandes auseinanderzusetzen haben, die unter anderem im Hinblick auf die Erzielung eines zu erwartenden Abtriebsbestandes die entsprechenden Pflegeeingriffe bzw. die Opportunitätskosten für das Unterlassen der Pflege ebenfalls mit einbeziehen.

Gerade unter dem Aspekt der Extensivierung der Bewirtschaftung durch Unterlassung von waldbaulichen Maßnahmen erscheint eine Gegenüberstellung zu behandelten Beständen mit vergleichbaren natürlichen Voraussetzungen unter dem Aspekt der Massen- und Wertleistung interessant. Dabei ist die Diskussion darauf zu lenken, ob der Vergleich bei gleichen Umtriebszeiten oder im Sinne des wertbasierten Ansatzes bei unterstellten Zieldurchmessern durchgeführt werden soll.

Aus forstökonomischer Sicht bedarf es dazu Überlegungen in Richtung Festlegung von Hiebsreifekriterien, die von den Vergleichsflächen zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreicht werden können. Unter Einbeziehung des ökonomischen Vorteils einer früheren Liquidierung des Kapitals und einer frühzeitigeren Bestandesbegründung, könnte die DEA Analyse den Ansatz des Weiserprozents⁶⁷ in die vergleichende Effizienzanalyse mit einbeziehen.

67 Das Weiserprozent entspricht der Grenzverzinsung des eingesetzten Kapitals, des Bodenwerts, des Bestandeswerts und des Verwaltungskostenkapitals. Der dabei unterstellte kalkulatorische Zinsfuß hängt im Wesentlichen von der Risikopräferenz des Eigentümers oder des Investors ab. Solange die interne Grenzverzinsung des eingesetzten Kapitals den präferierten kalkulatorischen Zinsfuß übersteigt, ist der Wertzuwachs des Bestandes höher als der erwartete kalkulatorische Zinsfuß. Kippt dieses Verhältnis zu Gunsten des unterstellten kalkulatorischen Zinsfußes, ist der Bestand zu liquidieren.

Bei derartigen Überlegungen entfernt man sich aber immer weiter von einer Beurteilung von zwei oder mehreren statischen Forsteinrichtungs-Planungsdaten. Denn auch zur Beurteilung der Bewirtschaftungsmaßnahmen zwischen den Planungsperioden kommt man nicht um die Referenzierung auf einen Erwartungswert herum, von dem letztendlich auch die zu setzenden Maßnahmen abhängig sind.

Für eine objektive und ganzheitliche Betrachtung wird es in der Folge für sinnvoll erachtet, diesen Ansatz in Richtung eines dynamischen, wertbasierten Bestandesbehandlungskonzept mit simulierten Bestandesdaten über eine ganze Umtriebszeit weiter zu entwickeln, um daraus anzustrebende Sollwerte für eine gesamte Umtriebszeit ableiten zu können, zu deren Umsetzung ein entsprechendes waldbauliches Behandlungskonzept zu konzipieren wäre.

5.6 Evaluierung von Bestandesbehandlungskonzepten

Für die Konzipierung eines ökonomisch orientierten Bestandesbehandlungskonzepts sind in Abhängigkeit der natürlich gegebenen Rahmenbedingungen und des unterstellten waldbaulichen Programms explorativ Verfahren zu entwickeln, um die Vorteilhaftigkeit von Modellvarianten abzubilden.

Aus ökonomischer Sicht sind produktionstechnisch die Produktionsdauer (Umtriebszeit), das Produktionsrisiko, die zu erwartende Holzmasse sowie die zu erwartenden Sortimentanteile ins Kalkül zu ziehen. Diese Größen hängen zum Teil von den standörtlichen Bedingungen ab, können aber durchaus von gezielt durchgeführten Vornutzungen mit beeinflusst werden. Mit solchen gezielt durchgeführten Maßnahmen werden eine Verkürzung der Produktionsdauer und eine günstigere Verteilung der Sortimente auf die Wertträger im Bestand angestrebt, was durchaus mit einem geringeren Massenaufkommen verbunden sein kann. Mit dem setzen von Vornutzungsmaßnahmen kommt auch den erzielten Vorerträgen eine Bedeutung zu. Der bei weitem größte Benefit der Vornutzungsmaßnahme schlägt sich allerdings in der Zeitpräferenz nieder. Denn je früher genutzt wird, umso früher lässt sich wieder ein neuer Bestand begründen.

Nach Sekot (2004) könnte durch die Anwendung eines adaptierten Kapitalwertansatzes vereinfacht, die ökonomischen Auswirkungen von Vornutzungsmaßnahmen ermittelt werden.

$$KW = DB_t + \left[\frac{A'_{u'}}{1,0p^{(u'-t)}} - \frac{A_u}{1,0p^{(u-t)}} \right]$$

KW Kapitalwert

DBt Deckungsbeitrag der Vornutzung im aktuellen Bestandesalter t

A'u' erntekostenfreier Abtriebsertrag zum reduzierten Umtriebsalter u'

1,0p Zinsfaktor in der alten forstlichen Schreibweise für 1+p; p = Zinsfuß in % / 100

u' durch Vornutzungsmaßnahme mögliche, verkürzte Produktionsdauer

Au erntekostenfreier Abtriebsertrag zum Umtriebsalter u

U erforderliche Produktionsdauer bei Bestandesentwicklung ohne Pflegeeingriff

Sekot 2004 gibt an, dass bei Abtrieb im Alter u' gegenüber dem Alter u ein geringerer Massenanstieg, jedoch ein günstigeres Sortimentsergebnis zu erwarten sei. Wird für u' und u dieselbe Produktionsdauer bei unterschiedlichen Behandlungskonzepten unterstellt, ist für den gepflegten Bestand nach u' mit einem deutlich besseren Sortimentergebnis und niedrigeren Holzerntekosten zu rechnen.

Auch wenn mit einem solchen ökonomischen Ansatz der Grundstein für Entscheidungskonzepte gelegt wird, bleiben hier Überlegungen, die Risiko- bzw. Nachhaltigkeitsaspekte abbilden könnten außen vor. Sekot (2004) hält auch fest, dass dieser Kapitalwertansatz um Vornutzungsmaßnahmen und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Schadereignissen erweitert werden könnte bzw. sollte.

Gegenüber der DEA-Analyse wird im Kapitalwertansatz nicht auf die Resultate anderer vergleichbaren Beständen referenziert, sondern auf die Zeit- und Risikopräferenz, ausgedrückt durch den Kalkulationszinsfuß, von Eigentümern oder Investoren. Damit steht im Grunde genommen dem Modell der Grenzverzinsung des eingesetzten Kapitals

der alternative Modellansatz der Best-Practice von Vergleichsbeständen nach DEA gegenüber.

Ausgehend vom ökonomischen Kapitalwertansatz und den daran anknüpfenden Überlegungen erfolgten Anstrengungen, ein multiples Input-Output Modell (DEA) zu konzipieren, das die Effizienz für einen gesamten Produktionszyklus sowohl von gepflegten als auch ungepflegten Beständen nach natural-technischen Aspekten und unter Einbeziehung eines Risikoindikators sowie von ökonomischen Überlegungen beurteilen sollte.

Die Anregung das Modellkonzept auf eine ganze Umtriebszeit auszudehnen lieferte eine Produktivitätsstudie zur Ermittlung von Leistungsdaten von verschiedenen Harvestertypen im Durchforstungseinsatz (STAMPFER 2001). Basierend auf den Resultaten von Arbeitszeitstudien für diese Harvestereinsätze wurde für die einzelnen Harvestertypen die Produktivität anhand des Erntevolumens je produktiver Systemstunde (PSH_{15}) abgeleitet und dokumentiert. Unabhängig von der technischen Leistungsfähigkeit der Geräte wird dabei einheitlich dokumentiert, dass die Produktivität des Durchforstungsprozesses je Systemstunde von der Höhe des Entnahmeprozents und dem durchschnittlichen Baumvolumen der entnommenen Individuen sowie der Hangneigung abhängig ist.

Umgelegt auf die hier zugrunde gelegte Forschungsfrage der tatsächlichen Performance eines Bestandes, hat eine produktive oder weniger produktive technische Vornutzungsmaßnahme im Rahmen eines dynamischen Produktionsprozesses aber noch keine Auswirkung auf eine besonders hohe oder weniger hohe Gesamtperformance. Ganz im Gegenteil sollte im Sinne einer gesamtheitlichen Bestandesperformance die Durchführung einer Vornutzungsmaßnahme dann als besonders effizient eingestuft werden, wenn diese im Sinne der Bestandeszielsetzung mit hoher Produktivität durchgeführt werden konnte.

Obwohl die Leistungsbeurteilung verschiedener Harvestertypen anhand singulärer Durchforstungseingriffe innerhalb der Produktionskette eine gänzlich verschiedene Fragestellung verfolgt hat, lieferte diese Studie dennoch den Anstoß für die initialen Überlegungen, die Produktivität einer Teilfläche über einen gesamten Produktionszyklus zu beurteilen. Denn erst durch die Einbeziehung der gesamten Maßnahmenkette zur Erreichung eines bestimmten Bestandesziels am Ende der Umtriebszeit ermöglicht einen objektiven mengen- und wertbezogenen Performancevergleich mit anderen Teilflächen.

5.6.1 Problemerkörterung und Modellkonzept zur Performancebeurteilung von Bestandesbehandlungskonzepten

In der Einleitung sind bereits die beiden grundsätzlichen strategischen Ausrichtungen von Bestandesbehandlungskonzepten indirekt angedeutet worden. Dabei steht einer extensiven Bewirtschaftungsvariante, die Pflege- und Waldbaukosten vermeidet, ein investitionsorientierter Bewirtschaftungsansatz gegenüber, der durch Pflegemaßnahmen versucht, die Wertleistung durch qualitativ hochwertigere Sortimente und durch die Senkung der Umtriebszeit zu steigern.

In den unterstellten Modellvarianten werden je unterstelltem homogen Bestand zwei vereinfachte synthetische Datensätze generiert. Dabei wird einmal unterstellt, dass während des gesamten Produktionszyklus jeglicher Eingriff unterlassen wird und in der Vergleichsvariante ausschließlich der tatsächlich durchgeführte Pflegeeingriff als

Maßnahme Berücksichtigung findet. Dabei wird für beide Varianten die Berücksichtigung der mortalitätsbedingten Ausfälle unterstellt.

Für jeden der untersuchten Bestände soll damit die Vorteilhaftigkeit gegenüber den unterstellten Varianten verifiziert werden. Die Wahl der entsprechenden Strategie wird sich vermutlich ganz wesentlich nach den standörtlichen Gegebenheiten und dem jeweiligen Risikozustand der Bestände richten. Je nachdem auf welche Strategie man sich aber letztendlich festlegt, wird das eine entscheidende Auswirkung auf die Holzmasse, die Sortimentsverteilung und die Umtriebszeit sowie daran direkt anknüpfend auf die Holzerlöse und Holzerntekosten haben.

Wird die extensiv orientierte Nullvariante (kein Pflegeeingriff) verfolgt, muss mit einem entsprechend höherem Bestandesrisiko gerechnet werden. Je nachdem welches Weiskriterium zur Bestimmung der Umtriebszeit festgelegt wird und in welchem Ausgangszustand sich der Bestand befunden hat, wird daraus eine entsprechende Auswirkung auf die Produktionsdauer resultieren.

Bei Unterstellung des wertorientierten Ansatzes, der zumindest einen Pflegeeingriff unterstellt, gilt es anzumerken, dass sich nur dann Vorteile gegenüber der Nullvariante (kein Pflegeeingriff) ergeben werden, wenn mit dem Pflegeeingriff kein negativer Deckungsbeitrag in Kauf genommen werden muss und der Eingriff in der Folge zu einer Verkürzung der Umtriebszeit führt.

Neben den rein quantitativen Ansätzen zur Beurteilung der Performance der Holzproduktion eines Bestandes sollten im Zusammenhang mit einem multikriteriellen Beurteilungsansatz zumindest aber auch jene zurzeit noch nicht quantitativ verfügbaren Bestandeselemente, wie die Kohlenstoffspeicherung, die Interzeptionsleistung sowie die Wohlfahrts- und Schutzleistung angesprochen werden, die ebenfalls für die Evaluierung der Bestandesperformance im Sinne von positiven externen Effekten von Bedeutung sein könnten.

Auch wenn diese quantitativen Informationen für die Einbindung derartiger Kriterien in ein multikriterielles Input- Outputmodell generell nicht verfügbar sind, würde es abgesehen davon dennoch dem Entscheidungsträger obliegen, ob die Integration externer Effekte zur Erfüllung seines Informationsbedarfs von Relevanz ist.

Für die explorative Auseinandersetzung der unterstellten Modellvarianten wird der Fokus aber ausschließlich auf eine Gegenüberstellung des mengen- und wertbasierten Vorratsaufbaus der beiden unterstellten Bewirtschaftungsvarianten gelegt.

5.6.2 Ableitung der Forschungsfrage

Ausgehend von einer Arbeitszeitstudie zur Ermittlung der Produktivität von verschiedenen Raupenharvestertypen in der voll mechanisierten Durchforstung, konnte ein Datensatz mit umfangreichen Bestandesdaten bearbeitet werden. Die 2001 am Institut für Forsttechnik an der Universität für Bodenkultur durchgeführte Studie liegt als FPP Broschüre auf (STAMPFER 2001).

Als Bezugselement für die Arbeitszeitstudie erfolgte eine Einteilung der aufgezeigten Seiltrassen in annähernd homogene Streifensegmente. Für diese Streifensegmente erfolgte eine Vollaufnahme vor dem Ernteeingriff. In Abhängigkeit des geernteten Volumens konnte die Eingriffsstärke und der verbliebene stehende Holzvorrat zurückgerechnet werden. Gekoppelt mit den erhobenen Zeitspannen für die einzelnen Arbeitsschritte erfolgt die Berechnung des gefällten und ausgeformten Holzvolumens je

Zeiteinheit (PSH₁₅ = produktive Systemstunde bis Unterbrechung von 15 Minuten). Ausgehend von den Resultaten für den Bearbeitungsprozess „Baumfällen“ und den Fortbewegungsprozess je Harvestertyp werden über separate Regressionsanalysen Formeln zur näherungsweisen Ermittlung dieser beiden Prozesse abgeleitet, die wiederum zu einer einzigen Produktivitätsformel aggregiert werden (STAMPFER 2001).

$$\text{prod}_{\text{raupe}} = \frac{60}{k \times \text{effiz}_{\text{fortb}} + \text{effiz}_{\text{bearb}}}$$

prod_{raupe} Systemproduktivität Raupenharvester (m³/PSH₁₅)

effiz_{fortb} Systemeffizienz Fortbewegung (min/m³)

effiz_{bearb} Systemeffizienz Bearbeitung (min/m³)

k Umrechnungsfaktor von Zeitbedarf PSH₀ auf PSH₁₅ (max. 15 min Unterbrechung)

In der Literatur existiert eine Vielzahl an Definitionen von Effizienz (vgl. 2.2), trotzdem gilt es dennoch festzuhalten, dass unter Effizienz ein minimaler Faktoreinsatz zur Erreichung eines definierten Nutzens zu subsumieren ist und daher nicht im Zusammenhang mit dem Kehrwert der Produktivität steht.

Auch wenn es dadurch per Definition zu Abweichungen der hier verwendeten Begrifflichkeiten gekommen ist, bildet die hier ausgewiesene aggregierte Formel eine durchaus nachvollziehbare Grundlage zur Ermittlung der Produktivität von Raupenharvestergeräten.

Für die Vergleichbarkeit der Leistungsdaten nach diesem Formelansatz ist anzumerken, dass zur Ableitung der Produktivitäten heterogene Bestandesformationen zur Datenerhebung herangezogen wurden. Zur Ermittlung der Produktivität versus Effizienz eines technischen Systems wären bei der gegebenen Zahl an Fällen zur Ableitung einer aussagekräftigen, statistischen Vergleichsanalyse standardisierte Durchforstungseingriffe erforderlich, die bei gleicher Entnahmestärke in ähnlich strukturierten Ausgangsbeständen zu vergleichbaren Endnutzungsmassen führen. Denn nur bei Unterstellung einer gleichartigen Charakteristik der Ausgangsbestände, der gleichen Entnahmestärke und in der Folge der gleichen Endnutzungsmasse, würde die Frage, welcher der eingesetzten Harvestertypen effizienter ist, direkt beantwortbar sein.

Kommen die Geräte allerdings bei unterschiedlichen Bedingungen und unterschiedlichen Zielsetzungen zum Einsatz, müssten allenfalls entsprechend viele Wiederholungen unter diesen differierenden Bedingungen mit den zu vergleichenden Geräten durchgeführt werden. Erst dann ließe sich mittels eines statistisches Analyseverfahren (Clusteranalyse) ein entsprechender Rückschluss ableiten, für welche standortsbedingten Rahmenbedingungen, welche technische Variante (Harvestertypus) am effizientesten einsetzbar wäre, auch wenn das nicht mehr ganz der ursprünglichen Forschungsfrage der Arbeitszeitstudie zur Ermittlung der Leistungsdaten von verschiedenen Harvestertypen entspricht.

Da beim vorliegenden Datenmaterial die ursprünglichen Bestände per se und erst recht nach dem Pflegeeingriff stark variieren, und keine ausreichend große Stichprobenanzahl zur Clusteranalyse vorgelegen hat, wurde die Forschungsfrage neuerlich abgewandelt:

Es sollte nun über das Performance-Measurement Verfahren DEA, verifiziert werden, welche Strategie zur Erzielung einer mengen- oder wertbasierten Performance zu

verfolgen ist, wenn dabei die Performance einmalig gepflegte Bestände ihren unbehandelten synthetischen Pendants (Nullvariante) gegenübergestellt werden.

5.6.3 Datengrundlage - Bestandesbehandlungskonzept

Von dem verfügbaren Datenmaterial wurden jene Gassen gewählt, die in jüngeren und schwächeren Beständen erhoben wurden. Im Wesentlichen kamen für diese Durchforstungseinsätze zwei kleinere Harvestertypen, MHT Robin und Neuson 11002 HV, zum Einsatz. Da beide Typen von ihrer Dimensionierung und Leistung nicht allzu unterschiedlich sind, gab es keine Bedenken, die von den jeweiligen Harvestertypen bearbeiteten homogenen Streifenabschnitte in ein gemeinsames Modell zu implementieren.

Ein günstiger Zufall für die Adaptierung der hier zugrunde liegenden Daten für die DEA Modellbildung war die Einteilung der Gassen in homogene Streifen, die zur Ermittlung der Fortbewegungseffizienz in Abhängigkeit der Geländeneigung gebildet worden sind. Diese homogenen Streifen werden im DEA Modell 1:1 als Befundeeinheiten (DMUs) übernommen. Mit dieser Einteilung wird gewährleistet, dass eine ausreichend große Zahl an Einheiten bzw. Vergleichsfällen zur Verfügung steht, die nach klar nachvollziehbaren Kriterien definiert sind. Die Bestandesdaten dieser Streifen, die je nach Geländeneigung zwischen 350 und 400 m² groß und zwischen 35 und 70 Jahre alt waren, stehen aufgrund der durchgeführten Vollaufnahme sehr detailliert zur Verfügung.

Auch wenn diese Streifen real nicht ein eigenes Bestandesgefüge darstellen, wurde jeder Streifen wie eine Stichprobe eines separaten virtuellen Bestandes behandelt und auf einen Hektar normiert.

In der Darlegung der Forschungsfrage erfolgte bereits der Hinweis, dass sehr intensiv überlegt wurde, welcher zusätzliche Informationsgehalt aus diesem Datensatz mit einer DEA Analyse generiert werden könnte. Die Idee, die relative Performance dieser Bestände bezogen auf eine gesamte Umtriebszeit zu beurteilen, erschien als eine adäquate Herausforderung für eine DEA Anwendung. Die zusätzliche Überlegung, dass es keinen besonderen Mehraufwand bedeutet, die Bestandesdaten einmal mit und einmal ohne Pflegeeingriff zu simulieren, mündete schließlich in die endgültige Forschungsfrage, die einmal gepflegten Bestände und die unbehandelten Bestände über eine gesamte Umtriebszeit zu vergleichen.

Simulation mittels MOSES 3.0

Zur Simulation selbst wurden die vorhandenen Daten nach dem Konzept des Einzelbaumsimulators MOSES 3.0 (HASENAUER 1994) als ASCII-File⁶⁸ aufbereitet. Nachdem ursprünglich für jeden Baum nur die Baumart und der Brusthöhendurchmesser erhoben wurde und nur von manchen Stämmen die Höhe bestimmt worden war, wurde die Höhe der einzelnen Stämme nachträglich durch das Einhängen in eine lokal abgeleitete Einheitshöhenkurve ermittelt.

Für die Simulation der Ausgangsbestände an sich wären grundsätzlich noch die Polarkoordinaten der einzelnen Bäume sowie Angaben zu deren Kronenansätzen erforderlich gewesen. Diese Angaben allerdings konnten allerdings nicht dem Datensatz der Arbeitszeitstudie entnommen werden.

⁶⁸ Die Aufbereitung des ASCII-Files erfolgte in Anlehnung an das Benutzerhandbuch für den Wachstumssimulator MOSES 3.0 (STEINMETZ 2003)

Diese beiden nicht verfügbaren Variablen, konnten allerdings vom Institut für Waldwachstumsforschung an der Universität für Bodenkultur, das die Simulation durchgeführt hat, nachträglich generiert werden. Mit einem am Institut entwickelten Programm wurden die Polarkoordinaten über normalverteilte Zufallszahlen hergeleitet, wohingegen die Kronenansätze in Abhängigkeit der Bonitäts- und Altersangaben über einen Regressionsansatz geschätzt wurden.

Die Simulation war so angelegt, dass das Wachstum jedes Baums von jedem Streifen in fünf Jahresintervallen für die nächsten 100 Jahre geschätzt werden sollte. Nachdem die 116 noch nicht durchforsteten Bestände in Summe 5234 Bäume umfassten, resultierten daraus nach der Simulation sehr umfangreiche Datensätze. Alleine der Datensatz für die einmalig durchforsteten Bestände umfasste nach den simulierten 20 Fünfjahresintervallen 46.182 Einzelbaumdaten, obwohl dabei die während der Durchforstung entnommenen bzw. durch Mortalität ausgeschiedenen Individuen nicht mehr berücksichtigt sind. Noch umfangreicher fiel dann allerdings die Simulation der unbehandelten Originalbestände aus. Nachdem dabei Individuen ausschließlich durch Mortalität ausgeschieden sind, belief sich nach der Simulation der 20 Fünfjahresintervalle die Anzahl der Einzelbaumdaten auf 76.049.

Mit den in Fünfjahresintervallen simulierten Ausgangsbeständen steht nun ein detaillierter, wenn auch synthetischer Datensatz für deren Bestandesentwicklung der nächsten 100 Jahre nach zwei Varianten zur Verfügung. Idealtypisch wurde somit in den beiden Varianten angenommen, dass nach einem einzigen bzw. keinem Eingriff bis zur flächenhaften Nutzung der homogenen Teilflächen (Streifen) bei Erreichen des Abtriebkriteriums keine weiteren Eingriffe getätigt werden.

Zur Festlegung des Abtriebszeitalters jeder der 116 Teilflächen, musste eine einheitliche Weisergröße festgelegt werden, über die aus den natural-technischen Informationen der ex ante orientierten Bestandesparameter der Abtriebszeitpunkt über R-Skripts⁶⁹ gefiltert werden kann.

5.6.4 Naturale Outputgrößen

Für die Festlegung einer Konvention zur Bestimmung des Abtriebszeitpunkts kommen im Prinzip zwei Ansätze für die Definierung einer einheitlichen Weisergröße als Abbruchskriterium in Frage, die auch beide in einem Modell umgesetzt wurden. Einmal wird die Kulmination des Altersdurchschnittszuwachses verwendet und als zweite Variante wurde eine sehr praxisnahe Lösung, nämlich das Erreichen eines Zieldurchmessers unter Einbeziehung der Standortsgüte (Bonität) angewandt.

69 The R Project for Statistical Computing (Quelle: <http://www.r-project.org/>): Es handelt sich dabei um ein seit 1997 frei zugängliches Software-Paket, das vom Statistics Department of the University of Auckland entwickelt wurde. Entgegen konventioneller Statistik-Pakete handelt es sich hier um eine Integration vielfältiger Software Anwendungen. R ist eine Abwandlung des Statistik Pakets von S, wobei aber Programmcodes, die in S geschrieben wurden auch unter R laufen, da beide Systeme kompatibel sind. Das als offenes und erweiterbares System konzipierte Paket ermöglicht facettenreiche statistische Anwendungen, linearer und nicht linearer Modelle sowie klassischer statistischer Tests und Zeitreihen Analysen wie auch die Klassifikation und Clusterung von Datensätzen. Das offene System lässt außerdem eine Manipulation von Datensätzen zu und bietet verschiedenste Optionen zur grafischen Darstellung der abgeleiteten Resultate.

Verglichen mit konventionellen Statistikpaketen, ist die Benutzerfreundlichkeit nicht wie bei SPSS oder SAS gegeben. Dafür lässt R aber ein weitaus umfangreicheres Anwendungsspektrum zu. Für die Analysearbeit an sich bedarf es aber der Grundkenntnisse des zu verwendenden R-Codes. Jegliche Anwendungen und Datenmanipulationen können nicht wie bei Windowsanwendungen über Icons gestartet werden, denen die Ausführungscodes hinterlegt sind, sondern in R müssen diese Codes in Form von R-Skripts erarbeitet werden. Skripts sind zwar aufwendiger, lassen dafür aber eine individuellere Manipulation bzw. Analyse der Daten zu.

Um sich diesen Lösungsschritten nähern zu können, war es erforderlich, neben den bereits bekannten Einzelbaumdaten BHD und Höhe auch die entsprechenden Volumina für die Simulationsperioden jedes Einzelbaums über die Formzahlfunktion nach Pollanschütz (1974, 1976) herzuleiten.

Formzahlfunktion für die Fichte (*picea abies*):

$$f_{\text{SMR}} = 0,4682 - 0,01392 \ln^2 \text{BHD} - 28,213 \frac{1}{H} + 0,3747 \frac{1}{\text{BHD}} - 0,2887 \frac{1}{\text{BHD}^2} + 28,27 \frac{1}{\text{BHD} \times H}$$

Formzahlfunktion für die Buche (*fagus sylvatica*):

$$f_{\text{SMR}} = 0,6863 - 0,03715 \ln^2 \text{BHD} - 31,067 \frac{1}{H} - 0,3863 \frac{1}{\text{BHD}} + 0,2195 \frac{1}{\text{BHD}^2} + 49,61 \frac{1}{\text{BHD} \times H} - 22,372 \frac{1}{\text{BHD}^2 \times H}$$

Erst mit dieser Information konnten die mittleren Volumina der Simulationsperioden je Bestand über R-Skripts abgeleitet werden. Diese abgeleiteten durchschnittlichen Vorräte je Simulationsperiode bilden die Basis zur Ableitung des entsprechenden ADZs (durchschnittliche Zuwachsleistung bis zu einer bestimmten Altersperiode t). Die Festlegung der Umtriebszeit leitet sich folglich nach dem Kulminationszeitpunkt des ADZs ab. Diese Variante zur Bestimmung der Umtriebszeit würde vor allem auf die Massenleistung nicht jedoch auf die Wertleistung der Bestände abzielen.

Um auf das praxisrelevantere Konzept der Wertleistung einzugehen, wurde in der endgültigen Modellvariante die Umtriebszeit über einen Zieldurchmesser hergeleitet. Dazu musste für jede Teilfläche der höchste erzielte durchschnittliche Bestandesdurchmesser aus den Simulationsperioden selektiert werden. Je Bonitätsklasse wurden die als maximal ausgewiesenen Bestandesdurchmesser je Teilfläche gemittelt und als Referenzwert für den Zieldurchmesser der Bonitätsklasse verwendet. In Abhängigkeit dieses je Bonitätsstufe (Ertragsklasse) definierten Zieldurchmessers ist dann jene Alterstufe der Simulationsperiode als Umtriebszeit zu definieren, in der der Zieldurchmesser gerade überstiegen wurde.

Bonität	<8	8-12	12-14	>14
Kritische BHDs	30	38	44	40 ⁷⁰

Tabelle 49: Die kritischen mittleren BHDs, die zur Festlegung des Abtriebskriteriums angesetzt wurden

Wird der festgelegte Zieldurchmesser, nicht oder zu früh erreicht, erfolgt für diese Bestände die Bestimmung der Umtriebszeit gutachtlich, aber ebenfalls unter Berücksichtigung der Bonität. Falls bei der Ableitung der Umtriebszeit manche Bestände vor einem Alter von 75 oder erst nach einem Alter von 135 Jahren die Umtriebskriterien erreichen würden, erhalten diese Bestände, je nachdem ob sie nach oben oder unten abweichen, diese Schranken als Abtriebszeitpunkt, an dem die gesamten Teilfläche flächenhaft genutzt wird.

Ist die Umtriebszeit erst einmal gegeben, lässt sich über ein R-Skript das bis zu dieser Umtriebszeit aufgelaufene durchschnittliche Baumvolumen am Ort ermitteln. Nachdem es sich bei DEA um ein ganzheitliches Input- Outputmodell handelt, ist das in der Durchforstung entnommene Derbholz (Vornutzungsmenge Derbholz DV) dem erwarteten stehenden Vorrat der gepflegten Bestände (VfmD_U) noch hinzuzufügen (DV_VfmD_U {O}).

⁷⁰ Aufgrund der hohen Stammzahlen in diesen äußerst wüchsigen Beständen wurden für die einzelnen Simulationsperioden jeweils nur verhältnismäßig geringe Durchmesser ausgewiesen, weshalb der daraus abgeleitete mittlere kritische Durchmesser geringer ausfällt als jener der Bonitätsstufe davor.

Damit diese Größen aber nicht nur mengenmäßig vorliegen, erfolgte nach Abzug eines konstanten Ernteverlusts (20%) von den ermittelten Derbholzvolumina die Aufteilung nach Sortimenten mithilfe der jeweiligen Bestandessortentafeln. Die daraus abgeleiteten Sortimentsanteile werden zur Ermittlung eines Bruttoabtriebswerts mit adäquaten Holzpreisen (REDAKTION DES HOLZKURIERS 2004), die für dieses Modell unabhängig vom Zeitpunkt des Massenanfalls als real (kaufkraftbereinigt) konstant angenommen werden, bewertet. Zur Abbildung des Zeithorizonts der Produktionsdauer wurde explizit ein kalkulatorischer Zinsfuß unterstellt, mit dem die in Zukunft zu erwartenden Erträge auf den Zeitpunkt der Vollerhebung der Teilflächen (Bestände) diskontiert werden.

Neben der einflussreichsten Outputgröße, dem zu erwartenden Derbholzvolumen inklusive dem Derbholzvolumen aus der Durchforstung ($DV_VfmD_U \{O\}$), muss im Modell auch der Effekt unterschiedlich früh erreichter Abtriebskriterien abgebildet werden. In der Forstökonomie werden zeitliche Unterschiede von alternativen Produktionsprogrammen durch den Ansatz der Bodenbruttorente berücksichtigt. Zu diesem Zweck wird eine kalkulatorische Größe ($kalk_E \{O\}$) eingeführt, die den Barwert der kumulierten Bodenbruttorente zum Ausdruck bringt. Für jede DMU werden für den Zeitraum zwischen individueller Endnutzung und dem allgemeinen Produktionshorizont⁷¹ die jährlichen Zinsen des Boden- und Verwaltungskostenkapitals mit einem kalkulatorischen Zinsfuß von 1,5% als Rente berechnet, deren Nachwert zum gemeinsamen Endzeitpunkt aller Varianten bestimmt und schließlich über den gesamten Prognosezeitraum diskontiert, um so den Barwert dieser Größe zu erhalten. Mit diesem kalkulatorischen Ertrag werden mithin die bestandes- und variantenweise unterschiedlichen Produktionszeiträume ausgeglichen, wobei die Verzinsung des investierten Kapitals den ökonomischen Vorteil, der mit einer früher einsetzenden Produktion des Nachfolgebestandes verbunden ist, bemisst. Durch die Bezugnahme auf den maximalen Produktionshorizont aller Varianten kann damit ein einheitlicher Bezugszeitraum (90 Jahre) gewährleistet werden, obwohl die ursprünglichen Ausgangsbestände zum Zeitpunkt der Aufnahme unterschiedlich alt⁷² gewesen sind.

5.6.5 Naturale Inputgrößen

Wurden die zum Abtriebszeitpunkt zu erwartenden physischen Derbholzvolumina je Teilfläche (DMU) über synthetisch generierte Bestandesdaten hergeleitet, müssen die zur Bereitstellung zu unterstellenden Aufwände, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, über entsprechende Konventionen festgelegt werden.

Generell sind davon insbesondere die Wertansätze für jene Größen betroffen, die erst in Zukunft anfallen werden. Besondere Auswirkung hat das auf die zukünftig zu erwartenden Erntekosten. Ganz allgemein werden für derartige Bewertungsansätze die heutigen nominalen Kostensätze als konstant unterstellt. Damit aber der Zeitpunkt, zu dem die entsprechenden Mittel geflossen sind, entsprechend abgebildet wird, wurde in der Modellkalkulation zur Prolongation und zur Diskontierung der entsprechenden Werte auf einen einheitlichen Ausgangszeitpunkt ein kalkulatorischer Zinsfuß von 1,5% unterstellt, um die Zeitpräferenz entsprechend zum Ausdruck zu bringen.

71 Jener Bestand mit dem längsten Produktionshorizont ab der Vollerhebung zur Erreichung des Abtriebskriteriums gibt den einheitlichen Prognosehorizont vor, der sich in diesem Modell auf 90 Jahre beläuft.

72 Durch die Festlegung auf einen einheitlichen Prognosezeitpunkt werden tendenziell jene Bestände, die bei der Vollerhebung bereits ein höheres Alter aufwiesen überbewertet, da diese früher das Abtriebskriterium erfüllen und damit einen kürzeren Diskontierungszeitraum aufweisen und außerdem einen längeren Prolongationszeitraum für das im Boden und durch die Verwaltung gebundene Kapital in Anspruch nehmen können.

Nachdem auf der Outputseite der Ressourcenaufwand keinen Niederschlag gefunden hat, werden diese nun auf der Inputseite entsprechend abgebildet.

Der physische Ressourcenaufwand zur Bereitstellung der Holzerntemenge wird an dem dafür verwendeten Zeitaufwand festgemacht. Aus der Arbeitszeitstudie lässt sich der Zeitaufwand (Std_DF) für die Durchforstung je Streifen ableiten. Dabei war zu entscheiden, ob der gesamte Arbeitsaufwand oder aber auch Verteilzeiten, die länger als 15 Minuten andauert haben, miteinbezogen werden. Unter der Prämisse, Modelle zu konzipieren, die Praxisverhältnisse widerspiegeln sollen, wurde der gesamte Zeitbedarf unter Berücksichtigung aller Verteil- und Warte- sowie Reparaturzeiten einbezogen.

Aufwändiger und mit einem weitaus höheren Unsicherheitsfaktor behaftet, gestaltet sich die Ableitung des Zeitbedarfs für die Durchführung der Endnutzung. Über a priori angenommene Holzerntekosten und ein unterstelltes hochmechanisierte Ernteverfahren wird die erforderliche Erntezeit (Std_EN) für das vollständige Abernten (EfmD) der Teilflächen (homogene Streifen) standardisiert hergeleitet. Die Holzerntekosten werden in Abhängigkeit des bis zur Umtriebszeit durchschnittlich erreichten BHDs (vgl. Tabelle 53) angesetzt.

Die über die ermittelten Erntefestmeter (80% der Vorratsfestmeter) und die unterstellten Erntekosten abgeleiteten Holzerntekosten je Hektar werden zur Ermittlung des Stundenaufwands durch den Stundensatz eines hochmechanisierten Arbeitsverfahrens dividiert. Die Leistungsdaten und Kosten des unterstellten Arbeitsverfahrens sind der Forstmaschinendatenbank von Pröll (2001) entnommen. Als Basissatz je Stunde für die Endnutzung werden 179 €/Std (Königstiger und Valmet-Forwarder 8601 inkl. zwei Fahrer) und für die Vornutzung 121 €/Std (MHT 8002 HV und Timberjack-Forwarder 1010 D inkl. zwei Fahrer) bei einer Auslastung der Geräte von 1500 Betriebsstunden pro Jahr angesetzt.

Für diesen monetären Ansatz zur Herleitung der Erntezeit (Std_DF&EN {I}) wurden die Kostensätze für die Holzernte als real konstant unterstellt. Angesichts der langen Prognosezeiträume wären prinzipiell neben einer differenzierten Veränderung der Wertverhältnisse auch Produktivitätsentwicklungen zu thematisieren. Angesichts der hohen Unsicherheit und des exemplarischen Charakters der Studie wird aber vereinfacht die steady-state Hypothese angewandt.

Auch wenn die Erntezeit für die Endnutzung je DMU über die zu erwartenden Erntekosten für die Endnutzungsmenge dividiert durch standardisierte Maschinenkosten (Pröll 2001) hergeleitet wurde, so schafft insbesondere die Verwendung differenzierter Holzerntekosten in Abhängigkeit des zur Umtriebszeit erreichten BHDs eine Rückkehr zu realitätsnahen Modellvoraussetzungen.

Das bisherige Inputkriterium, Erntezeit (Std_DF&EN {I}) bzw. die unterstellten Erntekosten spiegeln somit den Erntekostenanteil des in der Waldbewertung unterstellten erntekostenfreien Abtriebswertes wider. In Anlehnung an diesen bewertungstechnischen Ansatz erfolgte eine Erweiterung der Aufwandsseite (Inputseite) um das Derbholzvolumen der Ausgangsbestände (VfmD_DF {I}) sowie der nicht kontrollierbaren Hangneigung (Neigung {IN} und dem H/D (H/D_U {I}) Wert als Risikoindikator.

Dyson et al. (2001) fordern eine vollständige Abbildung der Aktivitäten der gewählten Befundeinheiten ein. Würde man für die bis zum Abtriebszeitpunkt noch durchzuführenden Maßnahmen ausschließlich die Erntekosten den Holzerträgen und den kalkulatorischen Erträgen für die Verkürzung des Produktionshorizonts gegenüberstellen, würde man zumindest jenen Aufwand, der zur Erzielung des Ausgangszustandes der

Originalbestände getätigt wurde, inklusive des Wertzuwachses dieser Bestände, außen vor lassen. Folgedessen ist auch der Wert bzw. der stehende Vorrat der ursprünglichen Bestände explizit im Modell zu integrieren.

Zur Erfassung des Vorrats der Ausgangsbestände ($V_{fmd_DF} \{I\}$) erfolgte wiederum die Ermittlung aller Höhen über die Einheitshöhenkurve und die Ableitung der einzelnen Volumina über die Formzahlfunktion nach Pollanschütz (1974, 1976). Nachdem der stehende Vorrat mit der Bonität dieser Bestände eng korreliert, wurde davon abgesehen die Bonität als redundante Informationsgröße und nicht kontrollierbare Inputvariable in ein Modell zu integrieren. Mittels R-Skripts werden die einzelnen Baumvolumina jedes Streifens aufsummiert und in der Folge auf einen Hektar normiert. Nach Aufgliederung der Derbholzvolumina in die einzelnen Sortimentskategorien, unter Berücksichtigung des Ernteverlusts (20%), erfolgte eine Bewertung des stehenden Ausgangsbestandes mit real konstant gehaltenen Holzpreisen (REDAKTION DES HOLZKURIERS 2004).

Die Implementierung der Hangneigung geht auf die Arbeitszeitstudie zur Ermittlung der Leistungsdaten verschiedener Harvestertypen zurück (STAMPFER 2001). Dort wird die Hangneigung als das Kriterium propagiert, das neben den durchschnittlichen Baumvolumina das entscheidende Einflusselement hinsichtlich der Effizienz der Holzernte darstellt. DEA macht es im Vergleich zu statistischen Methoden möglich, eine nicht beeinflussbare Umweltvariable als eine nicht kontrollierbare Größe ins Modell einzubeziehen (vgl. 4.4.9). Zu beachten sind dabei die über die Korrelationsanalyse abgeleiteten Zusammenhänge unter 5.6.8, die bei zunehmender Hangneigung sowohl abnehmende H/D Werte, als auch abnehmende Bestandesvorräte der Ausgangsbestände sowie auch eine Abnahme der zu erwartenden Erntevolumina⁷³ unterstellen. Damit hängt aber auch zusammen, dass der zeitliche Aufwand ebenfalls mit dem Ansteigen der Neigungsverhältnisse abnimmt. Nachdem aber die Hangneigung (Neigung $\{IN\}$) als unkontrollierbare Größe auf der Inputseite in das DEA Modell eingeht, wird der Berücksichtigung eines umweltrelevanten Faktors mehr an Bedeutung beigemessen als den inversen Korrelationszusammenhängen mit anderen Merkmalen.

Neben der Neigung als umweltrelevante Größe erfolgt auch noch die Integration des H/D Wertes zum Zeitpunkt des Abtriebs ($H/D_U \{I\}$) als Weiser für das Bestandesrisiko. Obwohl es sich bei dieser Größe eigentlich um eine Outputvariable handeln sollte, wird sie dennoch auf der Inputseite geführt. Denn wenn der H/D Wert auch eine Outputleistung darstellt, so nimmt dennoch das Bestandesrisiko mit zunehmenden H/D Wert zu und vice versa. Folgedessen wird dieser „unerwünschte Output“ wie eine Inputvariable im Modell behandelt.

5.6.6 Die unterstellten Modellansätze zur Evaluierung von Bestandesbehandlungskonzepten

Das Konzept zur Beurteilung von Bestandesbehandlungskonzepten ist danach ausgerichtet, die Performance für die einmalig gepflegte und die gänzlich ungepflegte Simulationsvariante je Teilfläche abzuleiten und daraus die Zielwerte für zukünftige Maßnahmen zu generieren. Maßnahmen lassen sich aber nur inputseitig vollziehen, weshalb für die Modellkonzepte inputorientierte Modellvarianten (vgl. 3.7.1) präferiert werden, die zu Vergleichszwecken um die nicht orientierte Modellvariante (vgl. 3.7.1.3)

⁷³ Allgemein könnte man bei Bezugsflächen, die auf eine Ebene projiziert wurden, davon ausgehen, dass bei Zunahme der Neigung die Erntevolumina je Hektar auf einer projizierten Fläche bei gleicher Bonität zunehmen. Nachdem die Korrelationsanalyse (vgl. 5.6.8) keine Differenzierung nach Bonitätsstufen zur Beurteilung des Zusammenhang zwischen der Gesamtwuchsleistung und der Hangneigung unterstellt sind, liegt darin die Ursache für den negativen Zusammenhang zwischen der Hangneigung und der Gesamtwuchsleistung.

ergänzt werden. Für alle Modellvarianten werden in der Analyse variable Skalenerträge unterstellt.

Das natural-technischen Modell (TE_M & TE_E)

Im natural-technischen Modell werden den Outputgrößen die einzelnen Produktionsfaktoren gegenübergestellt. Dabei setzt sich die Outputseite aus dem tatsächlich während einer Umtriebszeit genutzten Vorrat je Hektar in VfmD (TE_M) oder aus der Summe des je Umtriebszeit und Hektar lukrierten Ertrags (TE_E) sowie dem unterstellten kalkulatorischen Ertrag (kalk_E {O}) für das vorzeitige Erreichen des Abtriebskriteriums zusammen.

Demgegenüber werden als physische Produktionsfaktoren im Sinne des Grundparadigmas, dass die Reduktion von Inputfaktoren bei gleich bleibenden Outputverhältnissen zu einer Performancesteigerung führt, die Neigungsverhältnisse als nicht kontrollierbare Inputvariable (vgl. 5.6.8), die gesamte Zeit für die Holzernte in Stunden, die Derbholzvolumina der Ausgangsbestände sowie der H/D-Wert als unerwünschte Outputvariabel (vgl. 5.6.8) implementiert.

Das natural-technische Modell						
TE_M	Neigung	HD_U	Std DF&EN	VfmD_DF	VfmD_U	Kalk_E
	{IN}	{I}	{I}	{I}	{O}	{O}
TE_E	Neigung	HD_U	Std DF&EN	VfmD_DF	Ertrag_U	Kalk_E
	{IN}	{I}	{I}	{I}	{O}	{O}

Tabelle 50: Übersicht zu den im natural-technischen Modell zur Beurteilung des Bestandesbehandlungs-konzepts verwendeten Variablen

Das durchschnittliche kostentechnische Modell (KEd_M & KEd_E)

Die Dokumentation der Kosteneffizienz der Behandlungsmaßnahmen von Beständen erfolgt anhand der Demonstration des Zusammenhangs zwischen dem inputorientierten natural-technischen und dem kostentechnischen Modell. Zur Ableitung des kostentechnischen Modells ist allerdings die Bewertung der natural-technischen Inputvariablen mit durchschnittlichen Kostensätzen erforderlich. In der Folge werden die monetarisierten Inputvariablen zu einer einzigen Kostengröße aggregiert und im kostentechnischen Ansatz den physischen Outputs, die dabei unverändert bleiben, gegenübergestellt (KEd_M). Die Inputvariablen Neigung und H/D_U werden ohne monetäre Bewertung im Modell als umfeldbedingte Variablen integriert.

Anstelle der Erntevolumina (KEd_M) könnten aber auch den mit durchschnittlichen Kostensätzen aggregierten Gesamtkosten die individuell ermittelten Brutto-Erlöse gegenübergestellt werden (KEd_E), um im Ergebnis eine Differenzierung nach der Mengen- und Wertentwicklung zu erzielen.

Das durchschnittliche kostentechnische Modell					
KEd_M	Neigung	H/D_U	aggregierte durchschnittliche Gesamtkostengröße {I}:	VfmD_U	Kalk_E
	{IN}	{I}		{O}	{O}
KEd_E	Neigung	H/D_U	Die zur Aggregation unterstellten durchschnittlichen Kostensätze repräsentieren den für jede Variable aus allen Beobachtungen abgeleiteten Mittelwert.	Ertrag_U	Kalk_E
	{IN}	{I}		{O}	{O}

Tabelle 51: Übersicht zu den im durchschnittlichen-kostentechnischen Modell zur Beurteilung des Bestandesbehandlungskonzepts verwendeten Variablen

Das tatsächliche kostentechnische Modell (KEtat_M & KEtat_E)

Im Gegensatz zum klassischen Ansatz zur Ermittlung der allokativen Effizienz über die kostentechnische Effizienz, für die durchschnittliche Kostensätze zur Bewertung der physischen Inputvariablen angesetzt wurden, werden im tatsächlichen kostentechnischen Effizienzmodell zur Bewertung der physischen Inputgrößen anstelle der durchschnittlichen Kostensätze individuelle unterstellt, wodurch allerdings der lineare Zusammenhang zwischen dem natural-technischen Modell und dem tatsächlichen kostentechnischen Modell nicht mehr hergestellt werden kann (vgl. 3.8.4). Dadurch ist eine Analyse des allokativen Zusammenhangs zwischen dem natural-technischen (TE_M) und dem tatsächlich kostentechnischen Modell (KEtat_M) nicht mehr durchführbar.

In der Folge kann ein solches Modell nur als unabhängiger alternativer Ansatz betrachtet und dem mit durchschnittlichen Kostengrößen konzipierten kostentechnischen Modell gegenübergestellt werden. Dabei kann auch für das tatsächliche kostentechnische Modell (KEtat) ebenfalls eine Differenzierung des Outputs nach den erzielten Erntevolumina (KEtat_M) und den dafür lukrierten Wertleistungen (KEtat_E) vorgenommen werden.

Das tatsächliche kostentechnische Modell					
KEtat_M	Neigung {IN}	H/D_U {I}	aggregierte tatsächliche Gesamtkostengröße {I}:	VfmD_U {O}	Kalk_E {O}
			Die individuellen Kostensätze jeder Variable werden zur Aggregation der Gesamtkosten berücksichtigt		
KEtat_E	Neigung {IN}	H/D_U {I}		Ertrag_U {O}	Kalk_E {O}

Tabelle 52: Übersicht zu den im tatsächlichen kostentechnischen Modell zur Beurteilung des Bestandesbehandlungskonzepts verwendeten Variablen

5.6.7 Ökonomische Ansätze zur Bewertung der naturalen Größen

Im Modell wurde der Ausgangsvorrat des jeweiligen Bestandes als Input definiert. Zur Bewertung dieser Durchforstungsbestände käme als klassischer Ansatz der Bestandesbewertung grundsätzlich der Bestandesertragswert in Betracht. Dessen Formel lautet nach Sagl (1995):

$$HE_m = \frac{A_u + \sum D_x^{(u-x)} - (B + V) \times (q^{u-m} - 1)}{q^{u-m}}$$

A_u Abtriebswert

D_x Durchforstung zum Zeitpunkt x

B Bodenverkehrswert (Bodenkapital)

V Verwaltungskostenkapital; ermittelt über eine ewige Rente aus den durchschnittlichen Verwaltungskosten je Ha und Jahr

q $1 + p/100$

p Frei zu wählender Zinsfuß in %, der sich im forstlichen Bereich üblicherweise zwischen 1 und 3% bewegt

Der Wert des Bestandes wird dementsprechend von den diskontierten, erntekostenfreien Erlösen der im weiteren Bestandesleben vorgesehenen Durchforstungen, vom

diskontierten, erntekostenfreien Abtriebsertrag sowie von den Zinsen auf das Boden- und Verwaltungskostenkapital bestimmt.

Durch die Bezugnahme auf die in Zukunft zu erwartenden Outputgrößen erscheint dieser Ansatz für die Bewertung des Inputs im Rahmen des DEA-Modells allerdings nicht geeignet. Dieses sieht ja vor, Inputs und Outputs explizit einander gegenüberzustellen. In der Folge werden die Ausgangsvorräte im Modell zu erntekostenfreien Abtriebswerten angesetzt. Dieser Zerschlagungswert („stumpage value“) geht somit von einer fiktiven Nutzung des gesamten Bestandes aus. Da sich in allen Fällen positive Abtriebswerte ergeben, ist auch die Modellprämisse von DEA, nur mit positiven Werten zu operieren, gewährleistet. Sollten sich in einer anderen Anwendung auch negative Deckungsbeiträge ergeben, könnte durch Verwendung des Alterswertfaktorenverfahrens ein durchwegs positives Vorzeichen der Bestandeswerte sichergestellt werden.

Outputseitig werden die Bruttoerlöse der Vornutzungsmaßnahme sowie die diskontierten Brutto-Abtriebserträge angesetzt.

Dokumentation der Bewertungsansätze der naturalen Inputvariablen für das durchschnittliche und das tatsächliche kostentechnische Modell

Zur Bewertung der über die Holzerntekosten (5.6.5) ermittelten Stunden und jener für die Durchforstung aufgewandten Stunden je Hektar wird ein über die behandelten als auch unbehandelten Bestände gewichteter durchschnittlicher Stundensatz von 72,12 €/Std unterstellt. Nachdem aber für Vornutzungs- und Endnutzungsmaßnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, verschiedene technische Systeme mit differierenden Kostensätzen, die auf den Zeitpunkt der Vollerhebung der Bestände zu diskontieren sind, unterstellt wurden, sollte zukünftig der Stundenaufwand für die Vor- und Endnutzung als separate Variable im Modell integriert werden.

Zur Herleitung realitätsnaher Holzerntekosten als Basis für die Ermittlung des physischen Stundenaufwands in der Endnutzung und zur Ableitung eines durchschnittlichen Stundensatzes wurden die Erntekosten in Abhängigkeit der zum Abtriebszeitpunkt je Bestand durchschnittlich erzielten Bruthöhendurchmesser in Tabelle 53 dargestellt:

BHD [cm]	<20	20	25	30	35	40	45	>50
€/EfmD	23.50	23.50	22.42	21.33	20.25	19.17	18.08	17.00

Tabelle 53: Erntekosten je EfmD in Abhängigkeit von den erreichten BHDs zum Zeitpunkt des Umtriebs

Für den Durchforstungsaufwand hingegen werden die tatsächlichen Kosten aus der Arbeitszeitstudie (STAMPFER 2001) herangezogen.

Auch wenn die hier unterstellten Werte nicht aus publizierten Datenbeständen entnommen wurden, so sind die hier dokumentierten Erntekosten mit realistischen Größenordnungen aus dem „Testbetriebsnetz Großprivatwald“ abgestimmt.

Abänderungen und Anpassungen dieser Annahmen würden sich dann allerdings auf das Ergebnis durchschlagen. Ob letztendlich der Wert als solcher gerechtfertigt ist oder nicht, spielt für diese explorative Anwendung vorerst noch nicht die entscheidende Rolle. Vordergründig ist in dieser ersten Näherung, dass die relative Performance der untersuchten Bestände unter Verwendung dieser realitätsangepassten Größen hergeleitet wird und nur geringfügig durch die Wahl „richtigerer“ Kostensätze beeinflusst wird.

Neben der Bewertung der Leistungsstunden müssen auf der Inputseite auch noch die Bestandeswerte der originalen Ausgangsbestände für die Ermittlung der Kosteneffizienz, so wie bereits unter den physischen Inputs beschrieben (vgl. 5.6.5), bestimmt werden.

Dazu werden mittels R-Skriptabfragen die Erntevolumina unter Berücksichtigung eines 20%igen Ernteverlusts ermittelt, die in der Folge nach der jeweiligen Sortimentsverteilung aufgegliedert und zu aktuellen Sortimentspreisen⁷⁴ (Tabelle 54) bewertet werden.

€/EfmD	Kapp	sNH	1b	2a	2b	3a	3b	4+
Fichte	3,00	31,36	35,76	56,90	56,90	62,50	62,50	62,50
Buche	4,00	35,00	57,46	57,46	74,85	74,85	74,85	74,85

Tabelle 54: Holzpreise je EfmD getrennt nach Kappholz (Kapp) und sonstiges Nadelholz (sNH) sowie nach den üblichen Stärkeklassen von 1b bis 4+ unter Einbeziehung eines 20%igen Abschlags je Sortiment für Qualitätsabwertungen.

Indem die daraus ermittelten, tatsächlichen Brutto-Bestandeswerte der Ausgangsbestände durch deren Erntevolumen dividiert werden, erhält man die durchschnittlichen Sortimentspreise je Teilfläche (DMU). Aus den über alle Beobachtungen gemittelten durchschnittlichen Sortimentspreise, abzüglich der als konstant unterstellten Erntekosten von 23,50 €/EfmD (vgl. Tabelle 53) für die einheitlich angenommene Durchmesser-kategorie <20 Zentimeter, leitet sich ein einheitliche Deckungsbeitrag von 17,23 € je Festmeter ab, der zur Ermittlung der erntekostenfreien Bestandesbewertung der Ausgangsbestände verwendet wird.

Diese Vorgehensweise zur Ermittlung der Deckungsbeiträge hätte unter Umständen auch zu negativen Werten führen können, falls aufgrund der Sortimentszusammensetzung je Bestand ein geringerer Durchschnittserlös als 23,50 €/EfmD erzielt worden wäre. Dieser Fall ist nicht eingetreten, was weitere Maßnahmen zur Transformation von negativen Werten in positive⁷⁵ nicht erforderlich gemacht hat.

Die nicht kontrollierbare Variable Hangneigung wird nicht mit einem monetären Wertansatz methodisch erfasst, sondern fungiert wie im natural-technischen Modell als restriktives Element zur Mitberücksichtigung umweltrelevanter Einflüsse.

Genau dieselbe Annahme wurde auch für die unerwünschte Outputgröße H/D-Wert getroffen, die ebenfalls als Inputvariable definiert wird, um als Indikator für das Bestandesrisiko zu fungieren. Dieser Risikoindikator wird in allen Modellen mitgeführt ohne dafür aber einen separaten Wertansatz zu unterstellen.

Mit den getroffenen Konventionen, die Wertgrößen als real konstant anzunehmen, war es möglich, die Inputvariablen des natural-technischen Modells zu einer aggregierten monetären Kostengröße umzuwandeln, ohne die Problematik der Werteentwicklung der heutigen nominalen Größen zu sehr in den Mittelpunkt zu rücken.

Durch diese Annahme soll aber nicht der Eindruck entstehen, dass die Wertentwicklung zu vernachlässigen wäre. Denn genau der umgekehrte Sachverhalt ist der Fall. Für langfristig in die Zukunft orientierte Prognosen müsste man für die Preis- und Kostenentwicklung differenzierte Szenarien entwickeln, die sich mit der Wertentwicklung infolge von technologischen und wirtschaftlichen Veränderungen sowie mit der Einflussnahme von der Veränderung der politischen Landschaft auseinandersetzen. Unter dem Aspekt dieses hohen Maßes an Unsicherheit für die Wertentwicklung während derartig langer Produktionszeiträume, wird vereinfacht angenommen, dass die Wertentwicklung dem Kaufpreisverlust (Inflation) entspricht und damit konstant bleibt.

⁷⁴ Die angegebenen Preise gehen auf die im Holzkurier im April 2004 (REDAKTION DES HOLZKURIERS 2004) veröffentlichten Holzpreise zurück. In den tatsächlich unterstellten Preisen je Stärkekategorie ist eine Qualitätsabweichung von 20% unterstellt, was zu entsprechenden Preisabschlägen geführt hat.

⁷⁵ Da DEA mit negativen Variablen nicht operieren kann, wäre eine derartige Transformation erforderlich

Als branchenspezifisches Paradoxon sei hier aber beispielhaft erwähnt, dass die historische Entwicklung der Holzerträge real betrachtet rückläufig ist, und sich im Gegensatz dazu aber die Gesamtkosten real erhöhen.

Damit soll signalisiert werden, dass sich die festgelegten Konventionen einer Extrapolation auf derartige, über Jahrzehnte andauernde Entwicklungen ebenso gut oder schlecht pragmatisch begründen lassen, wie jede andere Szenarioannahme auch, weshalb vereinfacht diese steady-state Hypothese der konstanten Wertentwicklung unterstellt wird.

Unabhängig von der eigentlichen Wertentwicklung von Preisen und Kosten spielt es aber ökonomisch betrachtet eine nicht weniger entscheidende Rolle „wann“ der entsprechende Aufwand zu leisten ist, um zu einem geplanten zukünftigen Zeitpunkt einen entsprechenden Ertrag zu erzielen. Zur Abbildung dieser Zeitpräferenz wird auch hier wieder ein kalkulatorischer Zinsfuß von 1,5% verwendet, um die gesamten zukünftigen Aufwände und Erträge auf den Barwert zu diskontieren. Die Zeitpräferenz im Sinne der Produktionsdauer sowie die Höhe des kalkulatorischen Zinsfußes stellen die dominierenden Elemente in der Ableitung der durchschnittlichen Kostensätze dar.

Bisher erfolgte die Bewertung der physischen Inputs, gemäß der DEA Konvention, nach standardisierten Durchschnittsgrößen. Nachdem dieser Ansatz aber keinesfalls realen Marktgegebenheiten entspricht und schon gar nicht auf die von lokalen und regionalen Marktsituationen geprägte Forstwirtschaft übertragbar ist, wird alternativ auch ein Modell konzipiert, das die tatsächlichen Kostengrößen bzw. Kostensätze in Abhängigkeit der Bestandesparameter einbezieht. Letztendlich sollte ja eine Antwort darauf gefunden werden ob:

- Natural-technisch betrachtet, behandelte gegenüber unbehandelten Beständen bei definierten Umtriebskriterien unter Einbeziehung des bereitgestellten Derbholzvolumens (TE_M) bzw. der erzielten Holzerträge (TE_E) sowie des kalkulatorischen Ertrags als Indikator für das vorzeitige Erreichen des Abbruchkriteriums, eine höhere oder niedrige Performance erzielen
- und ob monetär betrachtet, die Performance von behandelten gegenüber unbehandelten Beständen eine günstigere oder ungünstigere tatsächlich-ökonomische Effizienz (KEtat), unter Einbeziehung der tatsächlichen Kostensätze und der tatsächlich erzielten Erträge, unter Mitberücksichtigung der nicht kontrollierbaren Variablen Neigung und H/D Wert, erzielen.

Dokumentation des Bewertungsansatzes der naturalen Outputvariablen

Die gleiche Vorgehensweise wie für die tatsächliche Bewertung der Ausgangsbestände nach aktuellen Holzpreisen (vgl. Tabelle 54, Redaktion des Holzkuriers 2004) wird für die Bewertung der zu erwartenden Erntevolumina am Ende der Umtriebszeit angewandt. Durch die Implementierung der bewerteten Erntevolumina als Outputgröße kommt es zur wertmäßigen Berücksichtigung der Qualitätsverteilung der Sortimente zum Zeitpunkt des Abtriebs, wodurch es durchaus zu Unterschieden gegenüber jener, aus der erzielten Massenleistung abgeleiteten Performance, kommen kann. Diese Unterschiede sollten durch die Gegenüberstellung der gepflegten und nicht behandelten Szenarien je Teilfläche herausgearbeitet werden.

Zur Festlegung des kalkulatorischen Ertrags, der jenen ökonomischen Vorteil eines verkürzten Produktionszeitraums gegenüber dem längsten veranschlagten Produktionshorizont widerspiegeln soll, mussten, abgesehen von der Dauer des längsten

Produktionshorizonts (90 Jahre) und eines kalkulatorischen Zinsfußes (1,5%) Bodenverkehrswerte und jährliche Verwaltungskosten unterstellt werden. In Abhängigkeit von den Bonitäten wurden Bodenverkehrswerte von 20 bis 50 Cent je m² und jeweils 100€ für die jährlichen Verwaltungskosten, in denen die Anlageninstandhaltung und die Verwaltungsgemeinkosten subsumiert sind, unterstellt.

Aus diesen Bewertungsansätzen setzt sich der Basiswert zur Ermittlung des kalkulatorischen Ertrags zusammen, der sowohl im natural-technischen und im kostentechnischen Modell als Outputmerkmal konzipiert wurde und dessen tatsächlicher Wert vom Abtriebszeitpunkt und vom längsten Produktionshorizont der Vergleichsbestände abhängig ist.

Bonität	<8	8-11	11-14	>14
Bodenverkehrswert	2000 €/ha	3000 €/ha	4000 €/ha	5000 €/ha

Tabelle 55: Bodenverkehrswerte⁷⁶ in Abhängigkeit von den Bonitäten der originalen Ausgangsbestände.

Die Höhe dieses kalkulatorischen Ertrags (kalk E) repräsentiert damit die eingesparten Opportunitätskosten, die für die Dauer vom Umtriebsalter (U) bis zum Ende des unterstellten maximalen Produktionshorizont (P = 90 Jahre) in der Höhe der kalkulatorischen Zinsen (i = 1,5%) für das im Boden (B) und in der Verwaltung (V) gebundene Kapital angefallen wären. Damit ergibt sich der kalkulatorische Ertrag aus:

$$\text{kalk } E = \frac{(B + \frac{V}{0,0i}) \times [1,0i^{(P-U)} - 1]}{1,0i^P}$$

Je früher somit das Abbruchskriterium nach der festgelegten Weisergröße erreicht wird, desto höher fällt der unterstellte kalkulatorische Ertrag aus. Dabei steigt nicht nur der kalkulatorische Ertrag mit dem zeitlichen Abstand zum maximalen Produktionshorizont, sondern diesen Beständen kommt auch noch der Vorteil eines verkürzten Diskontierungszeitraums zugute.

5.6.8 Diskussion zur Selektion der verwendeten Modellvariablen

Mittels Korrelationsanalyse lassen sich die Zusammenhänge der Input- und Outputvariablen darstellen. Entgegen dem statistischen Ansatz, wonach im Modell korrelierende Variable auf der Input- bzw. Outputseite vermieden werden sollen, stellt das für DEA nicht unbedingt ein zwingendes Kriterium dar. Entscheidend in der Wahl der Variablen bei DEA ist, dass dadurch die zu beurteilenden Befundeinheiten (Bestände) in ihrer Aktivität vollständig abgebildet werden. Ziel ist es, sich mit den gewählten Input- und Outputfaktoren der empirischen Beobachtung der Produktionsfunktion („Umhüllende“) zu nähern, ohne diese statistisch schätzen zu müssen.

Im Allgemeinen erfolgt die Selektion der relevanten Modellvariablen aufgrund von sachlich-inhaltlichen Überlegungen mit den Entscheidungsträgern. Entsprechende Argumente können gegebenenfalls durch statistische Zusammenhänge (Korrelationsanalyse, siehe 4.4.2) untermauert werden. Im Sinne der DEA Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 4) können dann Probleme in der Beurteilung des Korrelationszusammenhangs auftreten, wenn es sich bei den Variablen um unerwünschte Input- oder Outputfaktoren bzw. um nicht kontrollierbare Variable handelt.

⁷⁶ Die Höhe der Bodenverkehrswerte entspricht ebenfalls nur einer Annäherung an reale Verhältnisse. Die Werte sind so wie die durchmesserabhängigen Kosten für die Holzernte ebenfalls nicht aus einer Literaturquelle entnommen und dienen ausschließlich Demonstrationszwecken.

Korrelationen

		Neigung {IN}	HD_U {I}	ges. Std/Ha {I}	V DF Bstand VfmD/Ha {I}	ges. genutz. VfmD/Ha {O}	kalk_E {O}
Neigung {IN}	Korrelation nach Pearson	1	-,478**	-,218*	-,017	-,158	,220*
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,018	,853	,090	,018
	N	116	116	116	116	116	116
HD_U {I}	Korrelation nach Pearson	-,478**	1	,153	,085	,089	-,568**
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,102	,363	,343	,000
	N	116	116	116	116	116	116
ges. Std/Ha {I}	Korrelation nach Pearson	-,218*	,153	1	,210*	,928**	-,226*
	Signifikanz (2-seitig)	,018	,102	,	,024	,000	,015
	N	116	116	116	116	116	116
V DF Bstand VfmD/Ha	Korrelation nach Pearson	-,017	,085	,210*	1	,336**	,030
	Signifikanz (2-seitig)	,853	,363	,024	,	,000	,746
	N	116	116	116	116	116	116
ges. genutz. VfmD/Ha	Korrelation nach Pearson	-,158	,089	,928**	,336**	1	-,263**
	Signifikanz (2-seitig)	,090	,343	,000	,000	,	,004
	N	116	116	116	116	116	116
Bodenbruttorente {O}	Korrelation nach Pearson	,220*	-,568**	-,226*	,030	-,263**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,018	,000	,015	,746	,004	,
	N	116	116	116	116	116	116

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 56: Korrelationsanalyse der Input- Outputfaktoren des natural-technischen Modells, das als Outputmenge die physische Derbholzmenge unterstellt TE_M

Korrelationen

		Neigung {IN}	HD_U {I}	GKtat {I}	ges. genutz. € EfmD/Ha {O}	kalk_E {O}
Neigung {IN}	Korrelation nach Pearson	1	-,478**	,060	-,003	,220*
	Signifikanz (2-seitig)	,	,000	,519	,978	,018
	N	116	116	116	116	116
HD_U {I}	Korrelation nach Pearson	-,478**	1	-,085	-,148	-,568**
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,	,366	,113	,000
	N	116	116	116	116	116
GKtat {I}	Korrelation nach Pearson	,060	-,085	1	,778**	,250**
	Signifikanz (2-seitig)	,519	,366	,	,000	,007
	N	116	116	116	116	116
ges. genutz. € EfmD/Ha {O}	Korrelation nach Pearson	-,003	-,148	,778**	1	,200*
	Signifikanz (2-seitig)	,978	,113	,000	,	,031
	N	116	116	116	116	116
Bodenbruttorente {O}	Korrelation nach Pearson	,220*	-,568**	,250**	,200*	1
	Signifikanz (2-seitig)	,018	,000	,007	,031	,
	N	116	116	116	116	116

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 57: Korrelationsanalyse der Input- Outputfaktoren des kostentechnischen Modells (KEtat_E), das die tatsächlichen Gesamtkosten sowie die tatsächlich erzielten Bruttoholzerträge unterstellt.

Für die hier verwendeten Modellvariablen konnten derartige inverse Zusammenhänge für die Inputfaktoren Neigung (IN) und H/D Wert (I), die einmal als nicht kontrollierbarer und als unerwünschter Outputfaktor definiert sind sowie auch für den Stundenaufwand festgestellt werden.

Eine signifikant negative Korrelation besteht zwischen der Neigung (IN) und dem H/D Wert als unerwünschten Output. Bei zunehmenden Neigungsverhältnissen nehmen folglich die H/D Werte ab, was einem verminderten Risiko entspricht. Aufgrund der Abholzigkeit der Stämme und des etwas größeren Standraums dürften auf derartigen

Standorten auch nur geringere Gesamtwuchseleistungen erzielbar sein. Da aber die Gesamtwuchseleistung auf eine horizontale Fläche zu projizieren ist, kommt es zu einer entsprechenden Ausgleichswirkung, wodurch sich dieser Effekt nicht signifikant im Resultat auswirkt. Bezogen auf das Erreichen des Zieldurchmessers, scheint hier allerdings die Zieldimension für die Bestände in Hanglage frühzeitig erreichbar zu sein, was sich in einer positiven Korrelation mit dem kalkulatorischen Ertragswert (kalk_E) äußert.

Ganz anders präsentiert sich der Zusammenhang des kalkulatorischen Ertrags mit dem H/D Wert. Hier scheint es offensichtlich zu sein, dass sich mit dem Anstieg des H/D Werts die Dauer, bis die Zieldurchmesser erreicht sind, ebenfalls verlängert und damit zu einer Reduktion des kalkulatorischen Ertrags führt.

Dasselbe Bild spiegelt sich auch unter Betrachtung des gesamten Stundenaufwands für die Holzernte wieder. Der positive Zusammenhang zwischen dem Stundenaufwand und dem Derbholzvolumen wirkt sich negativ auf die Prolongationsdauer zur Berechnung des kalkulatorischen Ertrags aus.

Ein günstiges Verhältnis mit allen übrigen Untersuchungsvariablen weist hingegen das Derbholzvolumen der Ausgangsbestände auf. Und ähnlich günstig verhält sich auch der aggregierte monetäre Wert für die Kosten aus dem Stundenaufwand und dem Bestandeswert im Modell KEtat_E gegenüber den übrigen Faktoren.

Bezogen auf die beiden Outputfaktoren liefern die Korrelationsuntersuchungen der beiden Modellansätze unterschiedliche Resultate. Das Verhältnis der beiden Outputgrößen zueinander stellt sich unter Einbeziehung der physischen Ausgangsgrößen als signifikant invers dar und repräsentiert damit eine ungünstige Ausgangskonstellation für eine DEA Analyse. Da aber für alle Modelle eine Inputorientierung unterstellt wurde und dabei die Outputniveaus als unveränderlich angenommen werden, fällt dieser inverse Zusammenhang nicht so stark ins Gewicht. Die Ursache für die negative Korrelation liegt im direkten Abhängigkeitsverhältnis der Massenleistung mit der Produktionszeit, wodurch es bei höherer Massenleistung zur Reduktion der Prolongationsdauer für die Ermittlung des kalkulatorischen Ertrags kommt.

Als interessant präsentiert sich dann aber im Anschluss die Korrelationsanalyse des gleichen Zusammenhangs im tatsächlichen kostentechnischen Modell, das anstelle des Derbholzvolumens die Bruttoholzerträge ansetzt. Sichtlich scheint es durch die Sortimentsverteilung und die Sortimentspreise zu gelingen, diesen inversen Zusammenhang aus dem natural-technischen Modell in eine positive Korrelation umzudrehen. Damit scheinen von der zeitlichen Präferenz her aus ertragstechnischer Sicht jene Bestände mit kurzer Produktionsdauer und damit geringerem Massenanstieg die Differenz aus dem Massenanstieg über die Sortimentsverteilung und dem daraus erzielten Preisvorteil wettzumachen.

Die hier verwendeten Kriterien wurden alle nach dem Prinzip gewählt, dass sich die Reduktion von Inputs günstiger und die Steigerung der Outputs ebenfalls positiv auf die Performanceentwicklung auswirkt. Den internen Abhängigkeiten der Input- und Outputfaktoren, unter- und zwischen- einander, wurde im Selektionsprozess selbst nicht die Bedeutung beigemessen.

Aus Sicht der Korrelationsanalyse stellen abgesehen von dem inversen Verhalten der unkontrollierbaren Größe „Neigung“, insbesondere die unerwünschte Outputgröße „H/D Wert“ und die kalkulatorische Größe „kalk_E“ die kritischen Elemente dar. Für sich gesehen entsprechen die präferierten Variablen den grundsätzlichen Ansprüchen der DEA

Prinzipien (siehe 4.4.2), doch deren unmittelbare inverse Abhängigkeit zu Output- bzw. Inputvariablen, lässt einen suboptimalen Charakter der selektierten Parameter erkennen.

Auch wenn sich diese inversen Gegebenheiten aus sachlogischer Sicht als durchaus plausibel darstellen, laufen dennoch diese Abhängigkeiten der unterstellten Faktoren der DEA Technologiemenge zuwider.

Damit wird aber auch offensichtlich, dass trotz des hohen Aufwands an Vorbereitungsarbeiten, um die Daten der entsprechenden Parameter über eine gesamte Umtriebszeit zu akquirieren, dennoch mit der Problematik zu rechnen ist, dass die Abhängigkeit untereinander zu Technologieproblemen führen können.

Da aus sachlogischer Sicht die selektierten Variablen theoretisch fundiert sind, wird dennoch an jenen hier in der Korrelationsanalyse implementierten Parametern für die DEA Analyse festgehalten.

Alternative Modellvariablen

Im Zuge der Auswahl der geeigneten Modellvariablen wurden neben den verwendeten Input- und Outputfaktoren zahlreiche alternative Ansätze erwogen.

Gerade im Zusammenhang mit den Nachhaltigkeitskriterien wurde angedacht, quantitativ messbare Größen abzuleiten. Durch die Implementierung eines derartigen Merkmals sollten demnach Befundeinheiten (Bestände), die Maßnahmen zur Nachhaltigkeit nur unzureichend erfüllen, in der Effizienzbeurteilung schlechter rangieren.

Insbesondere wurde dabei an die Bedeutung der waldbaulichen Pflegemaßnahmen und deren Bedeutung für das Waldvermögen gedacht. Die Quantifizierung der Auswirkungen auf die Wertnachhaltigkeit und Bestandesstabilität zukünftiger Bestände lassen sich jedoch nur sehr unsicher aus simulierten Daten heraus ableiten.

Für die Einbindung von Nachhaltigkeitsmerkmalen in eine Simulationskonzeption wurde neben dem bereits eingebundenen H/D Wert als Risikoweiser außerdem noch an eine Größe gedacht, die durchgeführte Pflegemaßnahmen kardinal abbilden soll. Dabei könnte man es in Erwägung ziehen, entweder den Anteil der gepflegten Fläche je Befundeinheit oder den Zeitaufwand für den getätigten Pflegeeingriff als Merkmal zu berücksichtigen. Eine derartige Größe müsste als Outputvariable im Sinne einer Pflegeleistung eingebunden werden. Folglich würde man für jeden Bestand die Notwendigkeit eines Pflegeeingriffs unterstellen und die Pflegemaßnahmen jener Bestände honorieren, die diesen Aufgaben nachkommen.

Indem mit einer Simulation verschiedene Entwicklungsszenarien dargestellt werden können, sollte es möglich sein, die Auswirkungen eines waldbaulichen Programms im Vergleich zu einer Variante, die derartige Maßnahmen vernachlässigt, herauszuarbeiten.

Damit könnte man den Investitionscharakter von Pflegemaßnahmen hervorheben und würde dem Eindruck der ertragsmindernden Wirkung waldbaulicher Maßnahmen in der periodenbezogenen Erfolgsrechnung entgegensteuern. Denn von den durchgeführten Pflegemaßnahmen wird eine Erhöhung des Bestandeswerts infolge der Förderung von Wertträgern erwartet. Außerdem wird davon ausgegangen, dass gepflegte Bestände gegenüber ungepflegten bei abiotischen Schadeinwirkungen stabiler sind und durch die Konkurrenzregulierung den kritischen mittleren Bestandesdurchmesser früher erzielen. Und der damit verbundene vorzeitige „Turn-Over“ würde sich auf der Outputseite in einem erhöhter kalkulatorischer Ertrag (vgl. 5.6.7) niederschlagen.

5.6.9 Ergebnisdokumentation der präferierten Modellvariante

Ähnlich wie für die Modelle des Testbetriebsnetzes kam zur Beurteilung der Effizienz von Bestandesbehandlungskonzepten ein inputorientiertes Modell zur Anwendung. Nachdem die Einflussnahme auf die Qualität und das Erntevolumen am Ende der Umtriebszeit ausschließlich über inputorientierte Parameter gesteuert werden kann, drängt sich die Entscheidung für diese Modellvariante auf. Alternativ dazu sind für das äquiproportionale Effizienzmaß (A-Maß) zusätzlich auch die Ergebnisse von nicht orientierten Varianten dargestellt, die eine simultane Veränderung sowohl der Input als auch der Outputparameter anstreben.

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf der Annahme von zwei Behandlungsvarianten für jede der auf einen Hektar normierten Bestandeseinheiten (DMUs). Dabei wird unterstellt, dass während des gesamten Bestandeslebens für die behandelte Variante nur dieser eine, tatsächlich ausgeführte Pflegeeingriff angenommen wird, dem man eine Nullvariante gegenübergestellt, für die überhaupt kein Pflegeeingriff bis zum Abtriebszeitpunkt geplant wird. Beide Varianten unterliegen damit während der restlichen Produktionsdauer ausschließlich dem natürlichen Selektionsprozess durch die Mortalität. Die dadurch ausgefallenen Individuen werden aber nicht ökonomisch verwertet und gehen somit nicht ins Modellkalkül ein. Erreicht ein Bestand den kritischen, von der Bonität abhängigen mittleren Zieldurchmesser (vgl. Tabelle 49), werden die verbliebenen Baumindividuen bei Erreichen dieses Abtriebskriteriums vollständig genutzt.

Entsprechend dem ökonomischen Bewertungsansatz erfolgte für die Ermittlung der Kosteneffizienz die Bewertung der Inputvariablen mit durchschnittlichen Kostensätzen, um den allokativen Zusammenhang (AE_M) zwischen der natural-technischen (TE_M) und der kostentechnischen Effizienz (KEd_M) zur Bereitstellung der als konstant unterstellten Outputleistungen herzustellen. Damit es in den Modellen aber auch zu einer Differenzierung nach der Wertleistung der Bestände kommt, werden sowohl für die behandelte als auch für die unbehandelte Modellvariante die Erntevolumina gemäß den zu erwartenden Sortimenten bewertet, um dadurch auf Qualitätsdifferenzierung der Bestände zu reflektieren (KEd_E und KEdat_E).

5.6.9.1 Dokumentation der Modellergebnisse für die behandelten Bestände

Die Modellergebnisse dokumentieren die ursächlichen Zusammenhänge, die zu den Abweichungen gegenüber den „Best – Practice“ Einheiten geführt haben. Durch den relativen Vergleich mit jenen Einheiten, die ähnliche Produktionsniveaus aufweisen, werden Targets (Zielwerte) generiert, die für nicht optimal performende Einheiten jene Richtwerte bilden sollten, die für die Zukunft anzustreben sind, um ebenfalls das Produktionsniveau einer Best-Practice Einheit an der Effizienzgrenze zu erreichen.

Äquiproportionales und durchschnittliches maximales Effizienzmaß:

Für diese Effizienzanalyse wurden die Originaldaten einmal ausschließlich unter Berücksichtigung der Massenleistung (TE_M) und einmal unter Einbindung des Wertleistungsvermögens (TE_E) ermittelt. Mit dieser Differenzierung wird berücksichtigt, dass Bestände mit hoher Massenleistung unter monetären Gesichtspunkten aufgrund einer ungünstigen Sortimentszusammensetzung eine weniger gute Performance aufweisen können und vice versa. Beide Varianten sind unabhängig voneinander zu betrachten und dienen ausschließlich dem Vergleichszweck.

In der nachfolgenden Tabelle 58 werden neben dem klassischen inputorientierten radialen Effizienzmaß (RAD IN) auch das durchschnittliche maximale Verbesserungsmaß

($D_{\max}$ IN) sowie die die nicht orientierte radiale Variante (RAD NO) unter variablen Skalenerträgen, die sowohl eine input- als auch outputseitige Optimierung zulässt, dokumentiert.

Effizienz- Maß VRS		Target Values					Effizienz - Wert	eff.	nicht eff.
		HD_U	Std DF&EN	VfmD_DF	DV_ VfmD_U	Kalk_E			
TE_M RAD ⁷⁷ IN	$\bar{x}$	-6,07%	-5,11%	-6,83%	0,04%	41,27%	94,98%	36	80
	S_x	6,72%	5,57%	8,79%	0,43%	75,96%	5,50%		
TE_M RAD ⁷⁷ NO	$\bar{x}$	-5,53%	-2,99%	-4,89%	2,98%	34,38%	97,05%	36	80
	S_x	6,81%	3,22%	7,65%	3,20%	64,21%	3,22%		
TE_E RAD ⁷⁷ IN	$\bar{x}$	-13,42%	-13,75%	-15,28%	3,11%	111,57%	88,03%	22	94
	S_x	10,08%	10,54%	12,82%	7,96%	131,12%	9,14%		
TE_E RAD ⁷⁷ NO	$\bar{x}$	-13,17%	-10,83%	-14,93%	10,62%	113,82%	90,50%	22	91
	S_x	10,11%	8,54%	13,47%	9,35%	131,85%	7,51%		
TE_M $D_{\max}$ IN	$\bar{x}$	-7,47%	-2,82%	-22,85%	0,32%	66,37%	---	20	96
	S_x	9,48%	5,04%	20,94%	1,70%	105,52%	---		
TE_E $D_{\max}$ IN	$\bar{x}$	-8,94%	-14,93%	-34,43%	3,30%	95,05%	---	14	102
	S_x	9,49%	13,26%	23,53%	12,54%	117,70%	---		

Tabelle 58: Darstellung der durchschnittlichen Effizienzwerte und Target Values aller 116 DMUs unter Anwendung verschiedener Effizienzmaße und Modellvarianten.

TE_M: natural-technisches Modell bei Verwendung der Massenleistung als Outputvariable

TE_E: natural-technisches Modell bei Verwendung der Wertleistung der Sortimente am Ende der Umtriebszeit als Outputvariable

RAD IN/NO: inputorientiertes bzw. nicht orientiertes radiales bzw. äquiproportionales Effizienzmaß

$D_{\max}$ IN: durchschnittliches inputorientiertes maximales Effizienzmaß ($D_{\max}$ -Maß)

Auch wenn es sich in dieser aggregierten Form der Auswertung um reine Mittelwertdarstellungen der 116 untersuchten Bestände handelt, kann daraus dennoch ein allgemeiner Trend abgeleitet werden. Generell wird eines nämlich sehr deutlich, dass insbesondere dann Verbesserungen der Performance von Beständen möglich sind, wenn Maßnahmen zur Senkung der Produktionsdauer im Sinne der Verkürzung der Umtriebszeit gesetzt werden. Auch wenn hier Inputorientierung unterstellt wird, die das Ziel einer maximalen Reduktion der Inputfaktoren bei gleich bleibenden Outputgrößen anstrebt, resultieren aufgrund der aufgetretenen Slacks dennoch auch Verbesserungsmöglichkeiten für die Outputelemente, die insbesondere den kalkulatorischen Ertrag betreffen, dessen Höhe von der Dauer der restlichen Umtriebszeit abhängig ist. Damit wird aber explizit aufgezeigt, dass mit einer Reduktion der Produktionsdauer das gebundene Kapital rascher umgeschlagen werden kann, was eine frühzeitige Wiederbegründung der Bestände und damit eine bessere Nutzung der Produktionsfaktoren bzw. des eingesetzten Kapitals zur Folge hat.

77 Anzumerken ist, dass die Ergebnisse der radialen bzw. äquiproportionalen Effizienzmaße (TE_M RAD und TE_E RAD) aufgrund der Mittelwertbildung und der Slackeinflüsse (vgl. 3.6.2) nicht für jeden Inputfaktor dasselbe Verbesserungsmaß aufweisen.

Die beiden Modellvarianten, die einmal die erzielte Masse und einmal die erzielte Wertleistung als Output unterstellen, geben zumindest denselben Trend zur Rationalisierung wieder. Wobei allerdings bei Unterstellung der Wertleistung als Output, restriktivere Rationalisierungsmaßnahmen zur Annäherung an die „Best-Practice Einheiten“ gefordert werden. Diese Differenzierung ist bereits an der durchschnittlichen Gesamtperformance der beiden Varianten zu bemerken. Wird als Output die Leistung am Derbholzvolumen beurteilt erzielen die Bestände im Durchschnitt eine Performance von ~95%. Werden hingegen die erwarteten monetären Größen angesetzt, liegt die Performance nur noch bei ~88% (vgl. Tabelle 58).

Damit wird aufgezeigt, dass zur Erzielung von stärkeren und damit auch wertvolleren Sortimenten eine stammzahlärmere Begründung ausgereicht hätte. In der Folge ist davon auszugehen, dass sich durch das größere Platzangebot der Individuen längere Kronen und ein günstigeres H/D Verhältnis ausbilden, wodurch ein stabileres Bestandesgefüge gefördert wird.

Nachdem die Erntezeit stark an die anfallende Erntemenge am Ende der Umtriebszeit gekoppelt ist, bedeutet das hier festgestellte Reduktionspotenzial unter Bezugnahme auf die zu erwartenden Ernteerträge, dass zu viel Zeit für die Nutzung weniger wertvoller Sortimente verwendet wird.

Das inputorientierte $D_{\max}$ Maß hingegen weist für die Inputvariablen, bei sich nicht änderndem Outputniveau, individuell ausgerichtete Zielwerte und Verbesserungspotenziale auf. Dabei wird ausgewiesen, dass sich der zeitliche Aufwand im Durchschnitt noch um rund 2,82% senken ließe, während hingegen ein durchschnittlich um 22,85% geringerer Vorrat der Ausgangsbestände bereits zur Erreichung der ex ante geschätzten durchschnittlichen Derbholzvolumina gereicht hätte (vgl. Tabelle 58). Dennoch muss zusätzlich aber auch noch darauf geachtet werden, dass die prognostizierten H/D Werte zur Wahrung der Bestandesstabilität noch um durchschnittlich ~7,5% abzusenken wären.

Fazit bleibt aber auch für die durchschnittlichen Effizienzmaße, dass vor allem in einer stammzahlarmen Bestandesbegründung und in der Reduktion der Produktionsdauer, was auch hier durch die anzustrebenden Verbesserungspotenziale der kalkulatorischen Erträge bestätigt wird, die Rationalisierungspotenziale zur Erzielung einer besseren Performance zu suchen sind.

Ein ähnliches Bild wie die inputorientierten Effizienzmaße liefern auch die nicht orientierten Pendanten. Abgesehen von einer kleinen Abschwächung der Rationalisierungspotenziale auf der Inputseite, die über das vorgeschlagene Steigerungspotenzial der Outputseite kompensiert werden, zeichnen die Ergebnisse der nicht orientierten radialen Effizienzmaße (VSE_TE_M NO und VSE_TE_E NO) denselben Trend nach.

Nachdem allerdings die Steigerung des Outputs nur indirekt über waldbauliche Maßnahmen gesteuert werden kann, erscheint aus praktischer Sicht die Betrachtung von inputorientierten Varianten als primär relevant.

Lineare Zusammenhänge der abgeleiteten Effizienzwerte mit nicht im Modell verwendeten Variablen

DEA legt in seiner Darstellung der Performance der einzelnen Einheiten besonderen Wert darauf, die Befundeinheiten in ihrem „besten Licht“ darzustellen. Diese Best Case Philosophie beruht insbesondere darauf, jene DMUs mit ähnlichen Input-Outputverhältnissen und damit indirekt mit ähnlichen Produktionsverhältnissen in einer Vergleichsgruppe (Peer Group) zusammen zu fassen und zu beurteilen. Gerade bei Unterstellung variabler Skalenerträge kommt diese Philosophie deutlich zum Ausdruck. Gegenüber den Modellen mit konstanten Skalenerträgen werden bei Unterstellung von variablen Skalenerträgen, für die abnehmende Grenzproduktivitäten unterstellt werden, außerdem höhere Effizienzwerte ausgewiesen.

Nachdem die natürliche Leistungsfähigkeit durch die Bonitätsklasse (DGZ 100) reflektiert wird, und die hier untersuchten Bestände aus unterschiedlichsten Produktionsgebieten und unterschiedlichen Bonitätsstufen entstammen, werden in den Abb. 23 -Abb. 27 die Zusammenhänge zwischen den abgeleiteten Effizienzwerten von verschiedenen Modellansätzen und einigen nicht im Modell verwendeten Parametern, getrennt nach Bonitätsstufen⁷⁸ statistisch analysiert.

Als unabhängige Variable werden dabei jeweils die Effizienzwerte des natural-technischen Modells („TE_Masse“ im Modell VRS RAD IN) und des tatsächlichen kostentechnischen Modells („KEtat_Ertrag“ im Modell VRS RAD IN), das individuelle Aufwände und Erträge unterstellt, verwendet.

Die rot ausgewiesenen DMUs (red) entsprechen Beständen, die beim Durchforstungseingriff bereits 70 Jahre alt gewesen waren und Bonitäten kleiner 8 aufweisen. Die dominierende Gruppe der blauen DMUs (blue) beinhaltet Einheiten, die Bonitäten zwischen 8 und 14 aufweisen und zum Zeitpunkt der Durchforstung zwischen 35 und 50 Jahre alt waren. Die restlichen als grün ausgewiesenen DMUs (green) repräsentieren die Gruppe mit Bonitäten größer 15. Diese Gruppe war zum Zeitpunkt der Durchforstung nicht älter als 35 und wies eine verhältnismäßig hohe Stammzahl auf.

Obwohl für die Beurteilung dieser Zusammenhänge die Clusterung der DMUs nach Bonitätsstufen vorgenommen wird, sind aufgrund der Ermittlung der Effizienzwerte über ein nicht parametrisches Verfahren kaum signifikante lineare Zusammenhänge zu erwarten. Denn mit der Unterstellung von variablen Skalenerträgen erfolgt eine Abkehr vom linearen Trend (konstante Skalenerträge), hin zu einer konvexen Hülle (Envelopment), die die Skaleneffekte in der Effizienzbeurteilung mit berücksichtigt. Und zusätzlich wird das statistische Ergebnis dadurch beeinträchtigt, dass die hier beurteilten Einheiten nicht unter denselben Voraussetzungen analysiert werden, da individuell Umtriebszeiten in Abhängigkeit der Zielkriterien unterstellt werden.

Dennoch erscheint es von Interesse, festzustellen, welcher statistische Zusammenhang zwischen den abgeleiteten Effizienzwerten und jenen nicht im Modell vertretenen Variablen besteht. Dabei gilt es vor allem zu verifizieren, ob die daraus angedeuteten Trends, die in der Regel nicht mit Signifikanz abgesichert sein werden, in etwa die Zusammenhänge des natürlichen Wachstumsprozesses widerspiegeln.

⁷⁸ Die Bonität als solche wurde im Modell aufgrund des straffen Zusammenhangs mit dem Vorrat der Ausgangsbestände und den zu erwartenden Derbholzvolumen am Ende der Umtriebszeit nicht berücksichtigt.

Bonität (Bonität_FI)

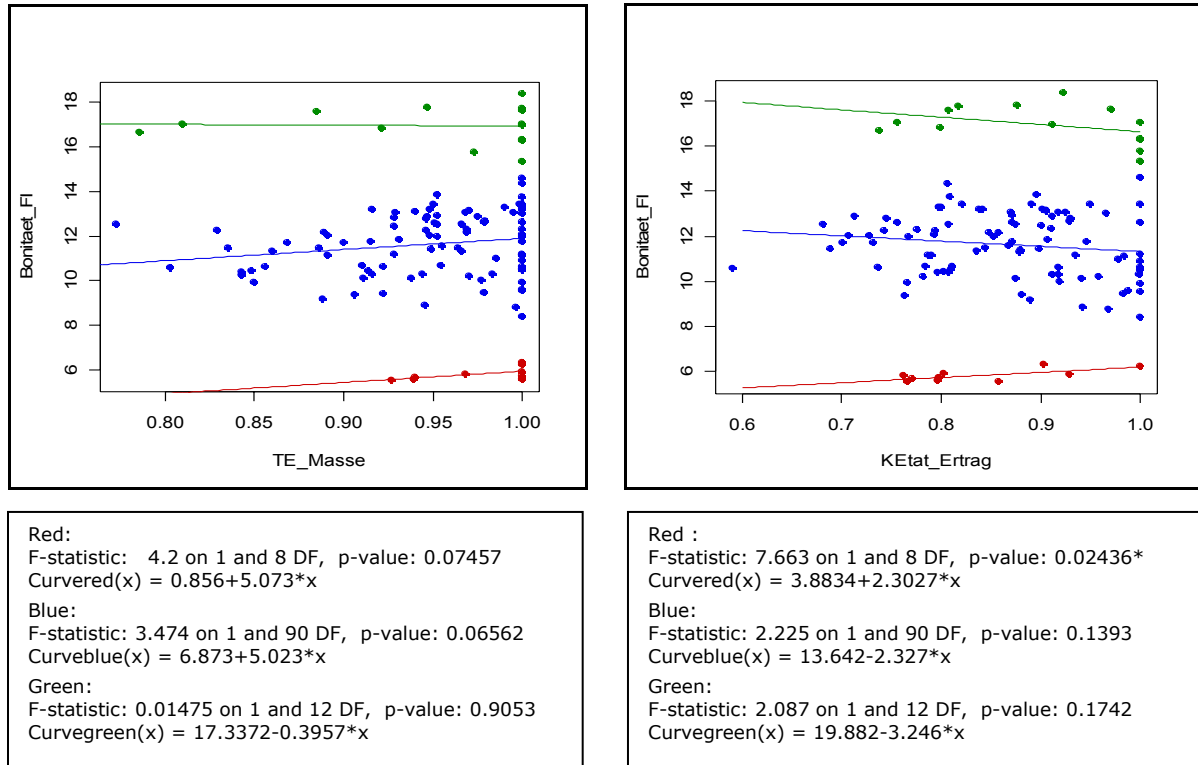


Abb. 23.: Regressiver Zusammenhang der Bonität mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells, die beide VRS und Inputorientierung unterstellen

Insgesamt wird hier angedeutet, dass die ausgewiesenen Effizienzwerte in Bezug auf die natural-technische (TE_M) und die kostentechnische Performance (KEtat) nicht unbedingt mit zunehmender Bonität stetig ansteigen.

Aus statistischer Sicht könnte bei 5%iger Irrtumswahrscheinlichkeit (P-value - Probability Value) keiner der hier ausgewiesenen linearen Trends als signifikant interpretiert werden.

Die negative Steigung der Regressionsgerade für die produktivsten „grünen“ Bestände im ökonomischen Modell könnte so erklärt werden, dass mit steigender Bonität das Endnutzungskriterium immer früher im Bestandesleben erreicht wird und dadurch in dieser Kategorie die Wertleistung sogar sinkt.

Verstärkt wird dieser Effekt möglicherweise dadurch, dass ein straffer Zusammenhang zwischen dem Massenanstieg und dem Zeitaufwand für die Holzernte sowie auch zu den Erntekosten besteht. Damit steht einer gegebenen Wertleistung ein relativ hoher Faktoraufwand gegenüber, der mit dazu beiträgt, dass diese sehr wüchsigen Bestände unter monetären Gesichtspunkten keine optimale Gesamtperformance erzielen können.

Entnommene Durchforstungsmenge (DF_Ant)

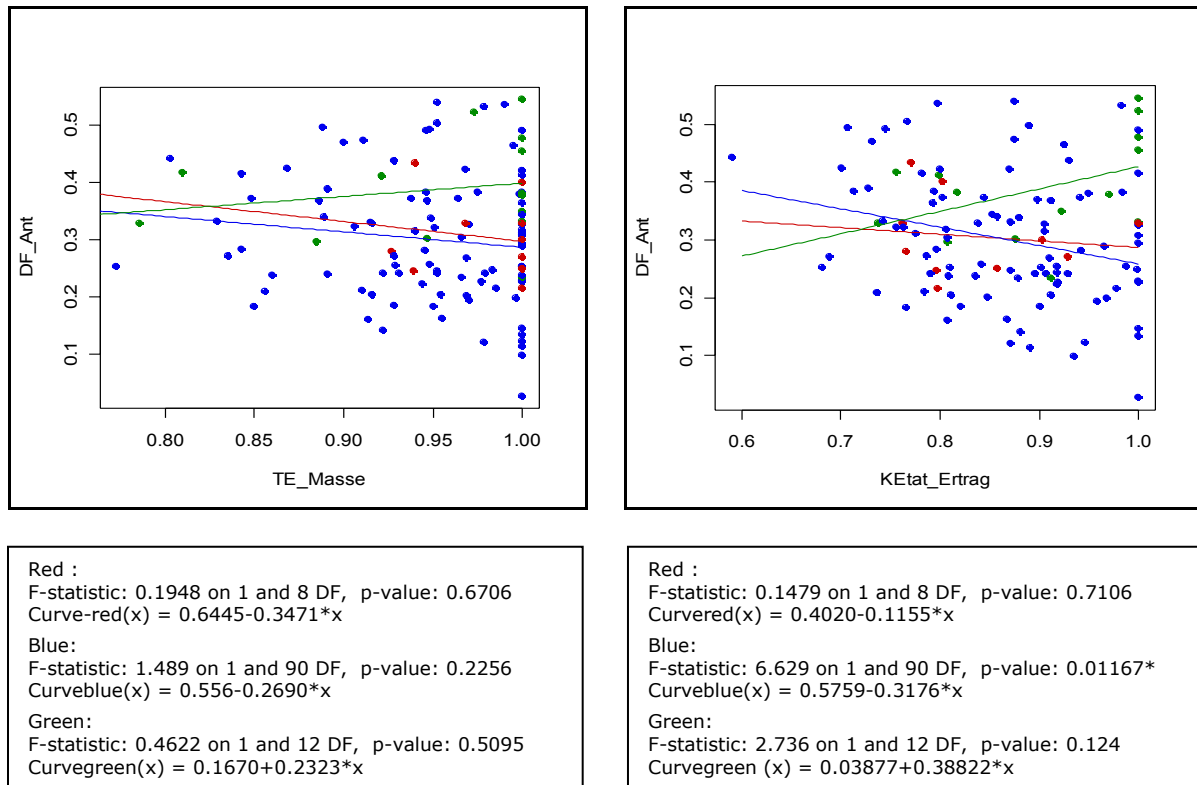


Abb. 24.: Regressiver Zusammenhang der entnommenen Durchforstungsmenge mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells, für die VRS und Inputorientierung unterstellt sind.

Aus dem Chart kann abgelesen werden, dass beim Durchforstungseingriff Eingriffsstärken zwischen 10% und über 50% gewählt wurden. Die Eingriffsstärke und ihre Folgen sind, wie aus den Charts erkennbar, für die einzelnen Bonitätsstufen aus natural-technischer Sicht unterschiedlich. Während sich für jene DMUs mit Bonitätsklassen kleiner 15 zu starke Durchforstungseingriffe nachteilig auf die natural-technische Effizienz eines gesamten Produktionszyklus auswirken, verhält sich die Performanceentwicklung für jene Bestandeseinheiten mit Bonitäten größer 15 diesem Trend genau entgegengesetzt.

Für die schwächere Bonitätsklasse, die zum Zeitpunkt des Eingriffs bereits 70 Jahre alt waren, dürfte der Grund für diesen inversen Zusammenhang darin liegen, dass die bereits älteren Bestände durch die Entnahme der Bedränger nicht mehr jene Zuwachsreaktion bis zum Abtriebszeitpunkt wie junge Bestände erreichen. Dieser Trend wird ebenfalls unter Betrachtung der tatsächlichen kostentechnischen Effizienz bestätigt. Der Massenverlust kann nicht durch qualitativ höherwertige Sortimente ausgeglichen werden. Gemäß dem Trendchart erscheint eine Eingriffstärke für derartige Bestände im Ausmaß von weniger als 30% des vorhandenen Vorrats als empfehlenswert.

Zu starke Durchforstungsmaßnahmen erweisen sich auch für den Bonitätsbereich zwischen 8 und 15 nicht unbedingt als günstig Variante. Auch wenn im Chartbild sehr differenzierte Eingriffsvarianten ausgewiesen sind, scheint auch für diese Gruppe eine Eingriffstärke um 30% sowohl unter natural-technischem als auch kostentechnischem Gesichtspunkt als eine empfehlenswerte Strategie zu sein, da Eingriffsintensitäten jenseits von 30% in beiden Modellvarianten zu keiner Best-Practice Einheit führen konnten.

Gegenteiliges trifft allerdings auf jene Kategorie zu, die überdurchschnittlich hohe Bonitäten aufweist. Aufgrund des Chartverlaufs kann abgeleitet werden, dass diese stammzahlreichen und sehr wüchsigen Bestände mit entsprechend starken Eingriffen behandelt werden müssen. Für dieses Stadium, in dem sich diese Bestände zum Eingriffszeitpunkt befunden haben, erscheint eine Eingriffsstärke in den bestehenden Bestand von rund 40% des vorhandenen Vorrats zur Erreichung einer entsprechenden Massenleistung als dienlich. Diese Strategie bestätigt sich auch unter Einbeziehung kostentechnischer Überlegungen. Eine hohe Eingriffsintensität um 40 % wirkt sich vor allem bei sehr jungen und stammzahlreichen Ausgangsbeständen guter Bonität positiv auf deren ökonomische Performance aus.

Zusammenfassend lässt sich daraus ableiten, dass nach Maßgabe der modellierten Verhältnisse Bestände mit einem Alter zwischen 35 und 50 Jahren und einer geringeren Bonität als 15 ungefähr mit einer Eingriffstärke von 30% des Ausgangsvolumens durchforstet werden sollten. Für Bestände mit höheren Bonitäten macht es durchaus Sinn, das Entnahmeprozent auf 40% anzuheben.

Durchschnittliche Volumina der entnommenen Stämme (d_BV_DF)

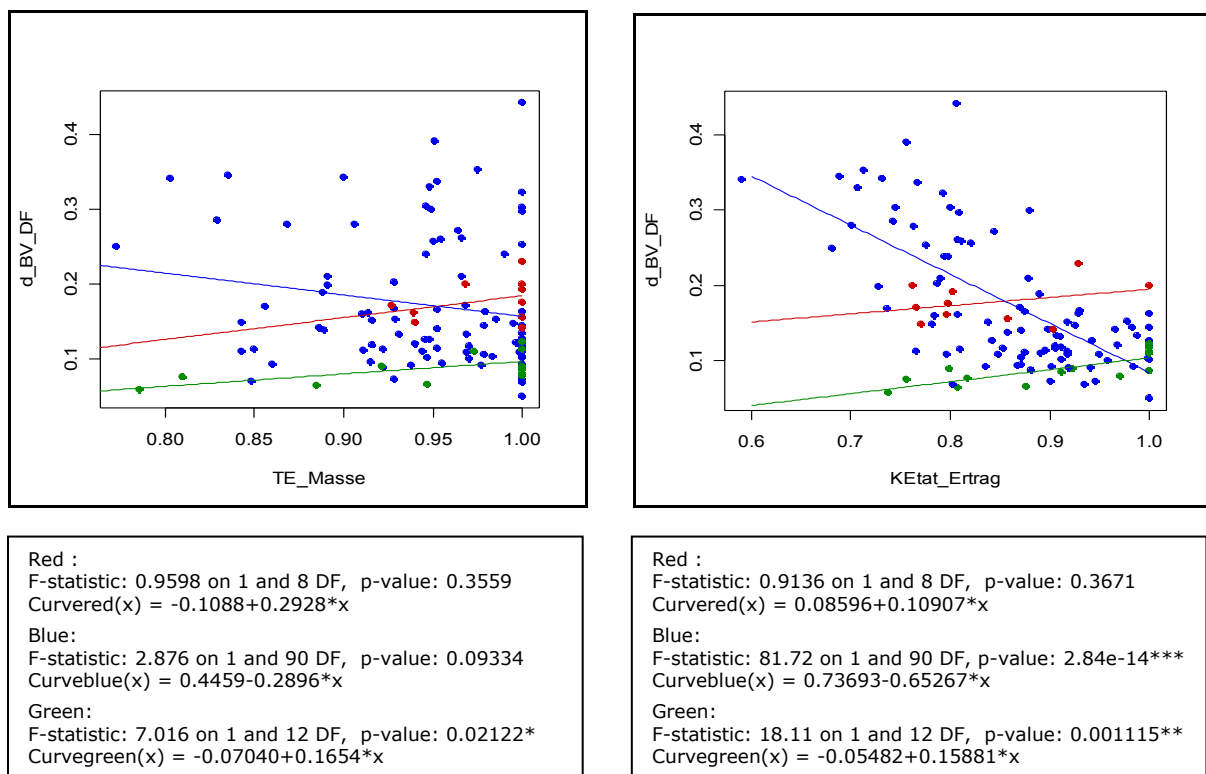


Abb. 25.: Regressiver Zusammenhang der durchschnittlichen Volumina der entnommenen Stämme mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells unter Verwendung von VRS und Inputorientierung

Dem Chartbild ist zu entnehmen, dass zwei entgegen gesetzte Strategien präferiert werden. Nachdem sich aber offensichtlich für jene beiden Gruppen mit dem günstigsten Wuchsverhalten und dem schlechtesten Wuchsverhalten die Entnahme der stärkeren Individuen als günstiger für die Effizienzentwicklung erwiesen hat, dürften das jedoch auf zwei verschiedene Ursachen zurückzuführen sein.

Werden in jenen bereits älteren Beständen einzelne stärkere Individuen mit Volumina bis zu 0,25 EfmD bereits vorzeitig entnommen, fällt dadurch der Wertverlust infolge von ungünstigen Sortimentsanteilen nur gering aus. Durch diesen Eingriff können bereits vorzeitig positive Deckungsbeiträge erzielt werden und dem verbleibenden Bestand wird

damit die Möglichkeit gegeben, früher den Zieldurchmesser zu erreichen, was sich wiederum positiv auf den Diskontierungszeitraum bzw. auf die Höhe des kalkulatorischen Ertrags auswirkt.

Für die jungen und sehr wüchsigen Bestände könnten durch die großzügige Entnahme von verhältnismäßig stärkeren Individuen (Protzen) mit Volumina bis zu 0,10 EfMD bereits zu diesem frühen Stadium bereits positive Deckungsbeiträge erzielt werden. Für die verbleibenden Individuen wird infolgedessen ein vergrößerter Wuchsraum für eine dynamischere Entwicklung des Bestandesgefüges geschaffen.

Aufgrund der hohen Dynamik dieser Bestände trägt die Entnahme der stärkeren Individuen zu ausgeglicheneren Konkurrenzverhältnissen und zu einer günstigeren Wertentwicklung bei, ohne aber, bezogen auf die gesamte Umtriebszeit, eine größere Auswirkung auf die Massenleistung der Bestände, trotz des zum Teil hohen Entnahmeprozents, zu haben.

Im krassen Gegensatz dazu steht die große Klasse junger Bestände mit Bonitäten zwischen 8 und 15. Für diese im Vergleich stammzahlärmere Klasse weist der Chart ein entgegen gesetztes Bild aus: die Effizienzwerte steigen mit sinkendem Volumen der bei der Durchforstung entnommenen Stämme. Für diesen Befund könnte ein Zusammenspiel von Bestandesalter und Bonität verantwortlich sein. In je geringerem, stadialen Alter der Eingriff erfolgt, umso größer ist dessen natural-technische als auch kostentechnische Effizienz. Im Unterschied zum Wuchsalter trägt das stadiale Alter den verschiedenen Wuchsbedingungen Rechnung und steht damit direkter mit den Baumdimensionen im Zusammenhang. Bei niedrigem stadialen Alter sind somit auch die zu entnehmenden Individuen schwächer. Diese zunächst spekulativen Überlegungen wären freilich noch durch weitere Untersuchungen zu erhärten.

Stammindividuen der Ausgangsbestände je Hektar (Norg_Ha)

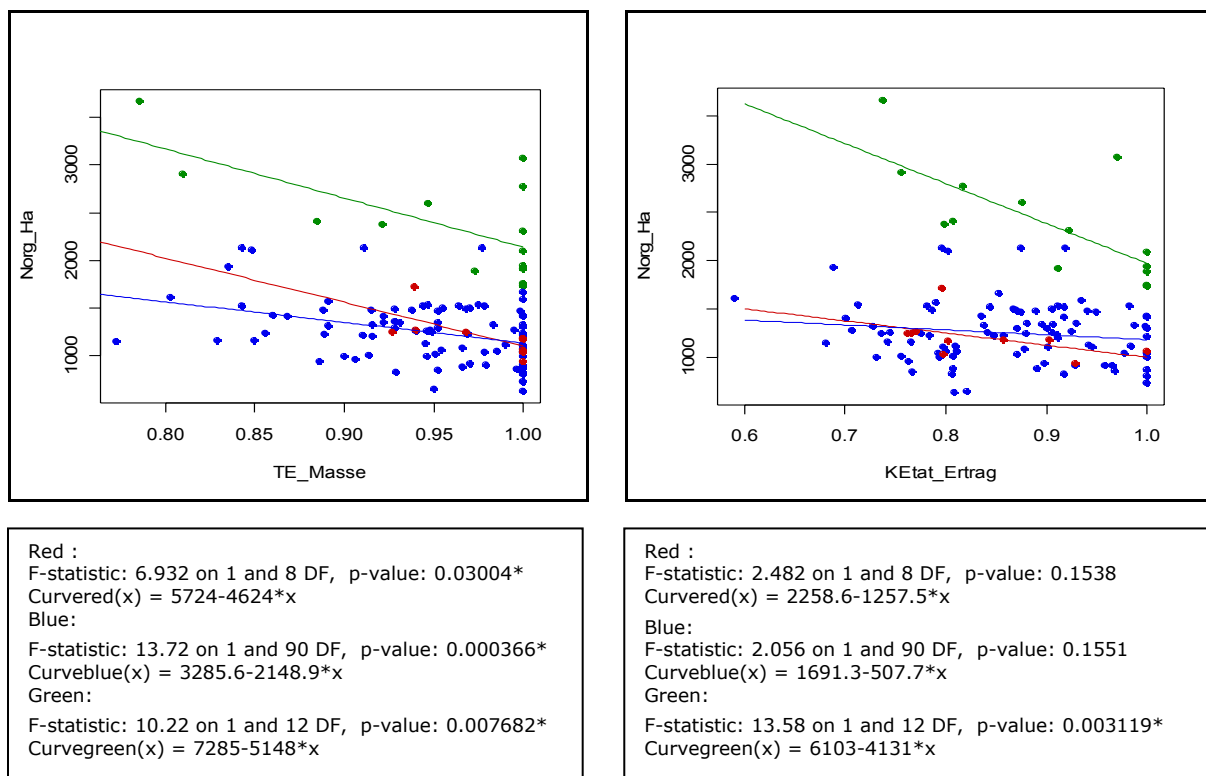


Abb. 26.: Regressiver Zusammenhang der ursprünglichen Stammzahl je Hektar mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells, für die VRS und Inputorientierung unterstellt sind.

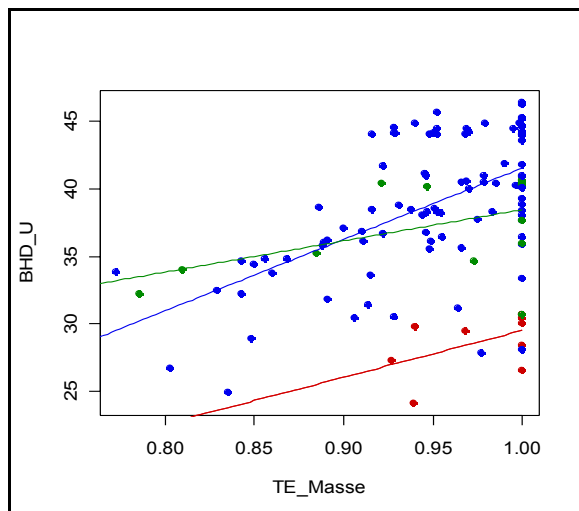
Der Chart verdeutlicht, dass die Stammzahl je Bestand für Ertragsklassen kleiner 15 bereits vor dem Durchforstungseingriff bei einem Alter zwischen 35 und 50 auf 1500 bis 1200 Stück am Hektar abgesenkt hätte sein müssen. Dasselbe trifft auch für die bereits älteren Bestände zu. Auch für diese würde eine Ausgangsstammzahl von 1000 Stück am Hektar sowohl für die Massen- als auch die Wertleistung von Vorteil sein.

Für die etwa 30 jährige und sehr wüchsige Kategorie, die vor dem Durchforstungseingriff besonders stammzahlreich war, zeigt der Trend signifikant, dass die Bestände, die zum Zeitpunkt des Eingriffs Stammzahlen um 2200 bzw. 2300 hatten, sowohl massen- als auch werttechnisch eine günstigere Performanceentwicklung gegenüber stammzahlreicheren Vergleichsbeständen derselben Peer-Group aufweisen.

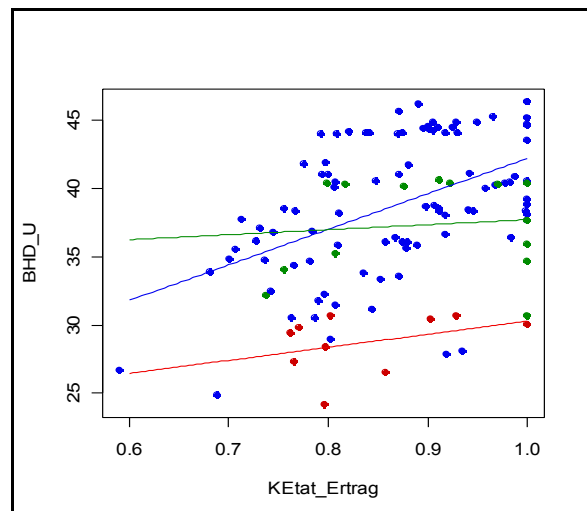
in der weiteren Performanceentwicklung gegenüber den Vergleichsbeständen derselben Peer-Group sowohl massen- als auch werttechnisch eine günstigere Entwicklung aufweisen.

Es konnte hier mithilfe der Statistik gezeigt werden, dass sich eine frühzeitige Reduktion bzw. eine stammzahlärmere Bestandesbegründung unter den hier zugrunde gelegten Rahmenbedingungen sowohl mengen- als auch werttechnisch günstig auf die Bestandesentwicklung einer ganzen Umtriebszeit auswirkt.

BHD_U



Red :
F-statistic: 2.616 on 1 and 8 DF, p-value: 0.1445
Curvered(x) = -5.128+34.657*x
Blue:
F-statistic: 41.87 on 1 and 90 DF, p-value: 4.976e-09*
Curveblue(x) = -11.315+52.870*x
Green:
F-statistic: 3.813 on 1 and 12 DF, p-value: 0.07457
Curvegreen(x) = 15.36+23.10*x



Red :
F-statistic: 1.185 on 1 and 8 DF, p-value: 0.3081
Curvered(x) = 20.741+9.548*x
Blue:
F-statistic: 27.27 on 1 and 90 DF, p-value: 1.133e-06*
Curveblue(x) = 16.203+26.014*x
Green:
F-statistic: 0.1308 on 1 and 12 DF, p-value: 0.7239
Curvegreen(x) = 3.064+3.649*x

Abb. 27.: Regressiver Zusammenhang der durchschnittlichen BHDs zum Zeitpunkt des Abtriebs (U) mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells

In Abb. 27 wird der Zusammenhang zwischen den Effizienzmaßen und dem durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser des Bestandes, wie er aus dem Wachstumsmodell für jene Simulationsperiode, zu der erstmalig das Endnutzungskriterium erfüllt wird, resultiert, dargestellt. Die empirische Erwartung, dass größere Durchmesser bei Erreichen einer definierten Umtriebszeit, auch eine günstige Performance erzielen, wird hier durch den Trendverlauf des Charts bestätigt. Entsprechend den ausgewiesenen

Bonitätsstufen finden sich zumindest eine oder mehrere DMUs, die als Benchmarks bzw. Referenzeinheiten fungieren und damit eine faire Beurteilung der übrigen Einheiten mit ähnlichem Produktionsniveaus (Peer-Group) gewährleisten.

Der Zusammenhang zwischen BHD zur Umtriebszeit und der Performance in Prozent ist bezogen auf die physische Ertragskraft straffer als unter monetären Gesichtspunkten. Bedingt durch die monetären Bewertungsansätze muss die Wertleistung nicht ausschließlich von der hohen Massenleistung abhängen sondern wird auch maßgeblich von der Produktionsdauer (Diskontierungszeitraum) sowie vom Vorteil aufgrund einer verkürzten Umtriebszeit beeinflusst.

Vergleich der Ergebnisse der Arbeitszeitstudie und die daraus abgeleitete Performanceentwicklung über eine gesamte Umtriebszeit.

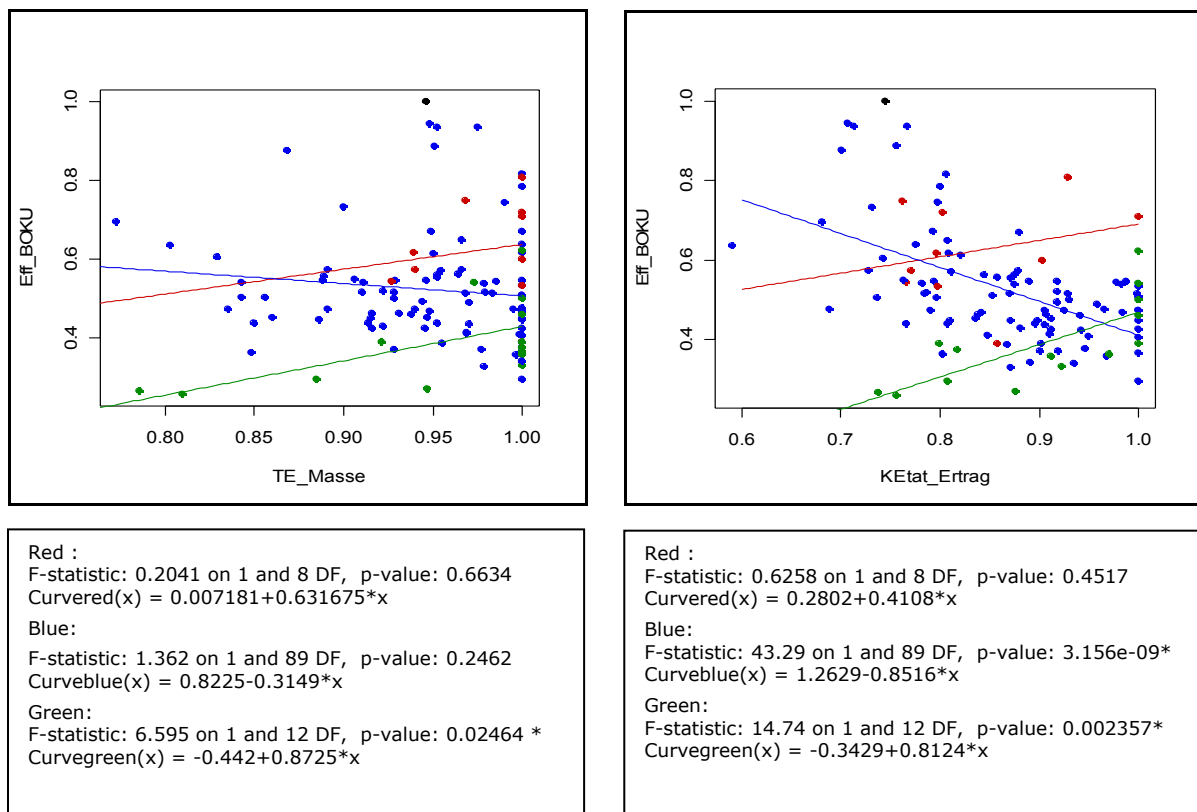


Abb. 28.: Regressiver Zusammenhang der Ergebnisse der Arbeitszeitstudie der BOKU mit den Effizienzwerten des natural-technischen und des tatsächlich ökonomischen Modells, für die jeweils VRS und Inputorientierung unterstellt wurden.

Die Arbeitszeitstudie (Stampfer 2001) hat ursprünglich die initialen Überlegungen zur Gestaltung eines Bestandesbehandlungsmodells für einen ganzen Produktionszyklus angeregt. Ausgehend von der Produktivitätsbeurteilung verschiedener Harvestertypen bei Zugrundelegung unterschiedlich hoher Entnahmeprozente, wurde diese Beurteilung der technischen Effizienz zum Anlass genommen, daraus eine völlig andere Fragestellung zu formulieren. Dabei sollte nicht die Produktivität des technischen Einsatzes beurteilt, sondern die Auswirkung des Einsatzes auf die Performanceentwicklung des Bestandes über eine gesamte Umtriebszeit abgebildet werden.

In Abb. 28 sind die relativen Produktivitäten der Arbeitszeitstudie, gemessen an den m^3/PSH , für die beiden Harvestertypen MHT Robin und Neuson den über die DEA abgeleiteten relativen Performancewerten einer gesamten Umtriebszeit gegenübergestellt.

Damit soll die Hypothese geprüft werden, ob signifikante Zusammenhänge zwischen den Produktivitätskennzahlen von einmalig durchgeführten Durchforstungseingriffen und der Performanceentwicklung der Bestandeseinheiten über die gesamte Umtriebszeit bestehen.

Infolge der relativen Beurteilung der Kennzahl m^3/PSH lassen sich systembedingt nur konstante Skalenerträge unterstellen, was zu stark differierenden Effizienzwerten zwischen den Harvestertypen geführt hat. Da auf diesem bereits hoch aggregiertem Niveau nur die eine beste Einheit, mit der höchsten m^3/PSH Leistung als Benchmark Einheit fungiert, leiten sich damit die Effizienzwerte (relative Produktivität) der übrigen Einheiten über den relativen Bezug zu dieser Benchmarkeinheit her.

Werden die Ergebnisse der beiden Studien gegenübergestellt, ist die Streubreite der beobachteten Effizienzwerte aus der Arbeitszeitstudie bei weitem ausgeprägter als jene der DEA Studie, die bei Unterstellung von Inputorientierung und variabler Skalenerträge vergleichsweise moderate prozentuelle Abweichungen von den Benchmarkeinheiten ausweist.

Es wird davon ausgegangen, dass die produktiven Durchforstungsmaßnahmen, mit den größeren Eingriffsstärken und den höheren Volumsentnahmen, bei Betrachtung einer gesamten Umtriebszeit eine ungünstigere Performance ausweisen.

Aus dem Chart geht aber sowohl mengen- als auch werttechnisch hervor, dass diese Annahme für die beiden extremen Randbeobachtungen nicht zutrifft. Jene jungen und sehr wüchsigen Bestände haben die kräftige Entnahme von Stammindividuen sehr gut verkraftet und sich bis zum Erreichen des Abtriebskriteriums massen- wie werttechnisch ausgezeichnet entwickelt.

Ähnliches hat auch auf die etwas ältere Gruppe von Beständen zugetroffen, für die der technische Eingriff ebenfalls sowohl mengen- als auch wertbezogen einen Vorteil in der Bestandesentwicklung mit sich gebracht hat. Durch die Entnahmen dieser bereits älteren Individuen konnten vorzeitig positive Deckungsbeiträge erzielt werden, wobei angenommen wird, dass sich der Wertverlust infolge eines ungünstigeren Sortenanteils in Grenzen hält. Durch das Schaffen von zusätzlichem Wuchsraum konnten die verbleibenden Stämme entsprechend an Masse und Wert zulegen, was in Summe zu einem positiven Anstieg der Massen- und Wertperformance dieser Bestandeskategorie geführt hat.

Signifikant entgegengesetzt hat sich allerdings die sehr große Gruppe junger Bestände mit Bonitäten kleiner 15 entwickelt. Jene Bestände dieser Gruppe, in denen mit besonders hoher technischer Produktivität Pflegemaßnahmen gesetzt wurden, konnten während des gesamten Produktionszyklus diesen Massen- und Wertverlust nicht ausgleichen. Der einmalige und sehr kräftige Eingriff zur Erzielung hoher technischer Produktivität und zur Reduzierung des waldbaulichen Pflegeprogramms scheint für Bestände dieser Kategorie nicht die zielführende Strategie zu sein.

5.6.9.2 Multiple Regression unter Einbeziehung von fünf unabhängigen Merkmalen

Bisher erfolgte in den Abb. 23 - Abb. 28 immer nur die Darstellung und Beurteilung des univariaten Zusammenhangs mit den Effizienzwerten der TE_M und KEtat_E Modelle. Über den multiplen Regressionsansatz soll der Einfluss der einzelnen unabhängigen Merkmale auf die über DEA bestimmten Effizienzwerte mittels SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) geschätzt werden.

Ziel ist es dabei zu verifizieren, ob und mit welchen Anteilen die Effizienzwerte nach DEA über jene fünf nicht in den Modellen implementierten unabhängigen Variablen erklärbar sind.

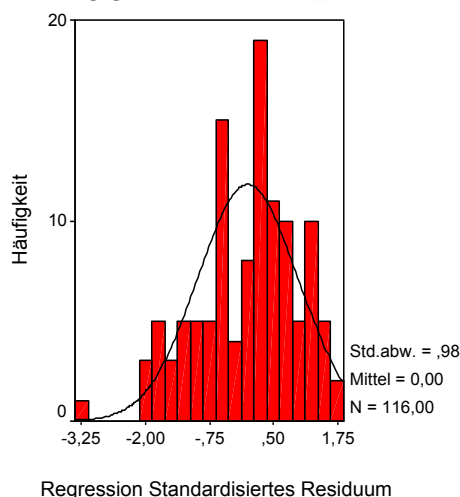
Die fünf unabhängigen Merkmale:

- Durchforstungsanteil (DF_Ant)
- durchschnittliches Volumen jener in der Durchforstung entnommenen Stämme (d_BV_DF)
- Anzahl der Stämme der Originalbestände je Hektar (Norg_Ha)
- die Bonität (Bonität_FI)
- der am Ende der Umtriebszeit (d.h. nach Überschreiten der bonitätsspezifischen Zielstärke) gemäß dem Wachstumsmodell erreichte, mittlere Brusthöhendurchmesser (BHD_U)

Hypothesenprüfung für das DEA Modell TE_Masse

Aufgrund der Verteilung der standardisierten Residuen und dem Verhältnis der beobachteten und der erwarteten kumulativen Wahrscheinlichkeit kann von einer Normalverteilung der untersuchten Beobachtungen ausgegangen werden.

Abhängige Variable: TE_MASSE



Abhängige Variable: TE_MASSE

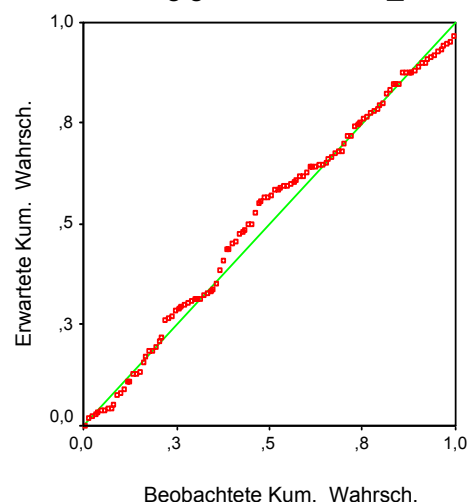


Abb. 29: Diagramme für den Nachweis der Normalverteilung der Beobachtungen

Das ausgewiesene Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,222, über das der prozentuelle Anteil der durch das lineare Modell erklärten Varianz der abhängigen Größe erklärt wird, signalisiert dabei nicht unbedingt eine optimale Anpassung der Regressionsgerade mit den empirischen Beobachtungen. Dennoch kann aber aufgrund der F-Statistik mit einem F-Wert von 6,288 und einer Signifikanz von 0,00 davon ausgegangen werden, dass für die gewählten unabhängigen Variablen eine Abhängigkeit mit den Effizienzwerten des natural-technischen DEA Modells besteht und die Effizienzwerte daher über diese unabhängigen Größen geschätzt werden können.

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall für B	
	B	Standardfehler	Beta			Untergrenze	Obergrenze
1 (Konstante)	,908	,053		17,031	,000	,802	1,013
D_BV_DF	-,157	,075	-,238	-2,093	,039	-,305	-,008
DF_ANT	5,806E-02	,050	,116	1,168	,245	-,040	,157
NORG_HA	-3,58E-05	,000	-,330	-2,109	,037	,000	,000
Bonitaet_FI	-7,46E-04	,003	-,038	-,271	,787	-,006	,005
BHD_U	2,855E-03	,001	,282	2,072	,041	,000	,006

a. Abhängige Variable: TE_MASSE

Tabelle 59: Koeffizientenmatrix für die unabhängigen Variablen zur Schätzung der Performancewerte des TE_M Modells

Über die Koeffizienten aus der Tabelle 59 leitet sich folgender die Regressionszusammenhang ab:

$$TE_M = - 0,15662 \times d_{BV_DF} + 0,05806 \times DF_ANT - 0,00004 \times Norg_Ha - 0,00075 \times B_FI + 0,00286 \times BHD_U + 0,908$$

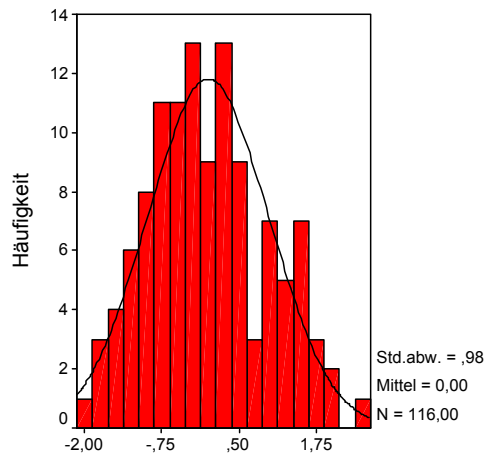
Aus der Beta- Spalte der Tabelle 59 lässt sich eine Rangfolge des Einflusses der unabhängigen Variablen auf die abhängige Größe ablesen. Daraus wird ersichtlich, dass insbesondere durch die Reduktion der Stammzahl je Hektar, durch die Senkung des durchschnittlichen Baumvolumens der entnommenen Stämme bei der Durchforstung und durch die Erhöhung des zu erwartenden Durchmessers am Ende der Umtriebszeit den größten Einfluss auf die Performance des natural-technischen DEA Modells haben. Umgekehrt lieferten hingegen die Merkmale Bonität und Durchforstungsanteil keinen signifikanten Beitrag für die Schätzung der abhängigen Variablen und tragen daher nur marginal zur Bestimmung der unabhängigen Größe bei.

Trotz des eher geringen Bestimmtheitsmaßes konnten über die multiple Regression die Performancewerte für das natural-technische Modell mit einer Standardabweichung der Residuen von $\pm 5,19\%$ und einem Standardfehler der mittleren Abweichung der Residuen ($0,00\%$) von $\pm 0,48\%$ geschätzt werden.

Hypothesenprüfung für das DEA Modell KEtat_Ertrag

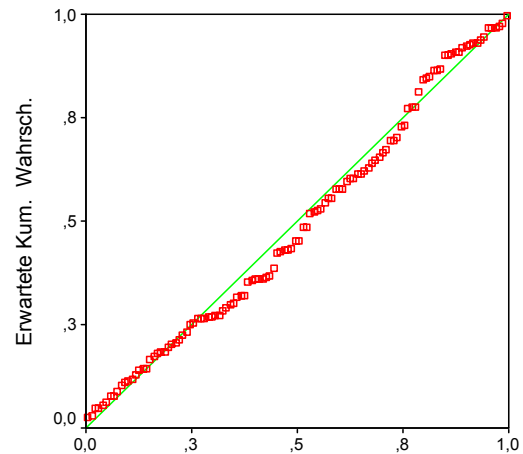
Unter Beibehaltung desselben Vorgehensmusters wurde auch für das DEA Modell KEtat_E, das tatsächliche Kosten unterstellt, versucht, die ermittelten Performancewerte über dieselben fünf unabhängigen Merkmale, die nicht im Modell implementiert waren zu schätzen.

Abhängige Variable: KEtat_Ertrag



Regression Standardisiertes Residuum

Abhängige Variable: KEtat_Ertrag



Beobachtete Kum. Wahrsch.

Abb. 30: Diagramme für den Nachweis der Normalverteilung der Beobachtungen

Noch deutlicher als in dem Regressionsmodell zur Schätzung der Performancewerte des natural-technischen Modells ist hier die Verteilung der Residuen einer Normalverteilung angepasst.

In der Folge resultierte daraus auch ein strafferes Bestimmtheitsmaß von 0,534. Damit wird dokumentiert, dass die aus den fünf unabhängigen Merkmalen geschätzten Performancewerte der tatsächlichen Kosteneffizienz relativ gut an die über DEA bestimmten Effizienzwerte angepasst sind. Dass zwischen den Performancewerten der tatsächlichen Kosteneffizienz und den unabhängigen Variablen ein Zusammenhang besteht wird auch von der F Statistik, die einen F-Wert von 25,172 und einer Signifikanz von 0,00 aufweist, bestätigt.

Koeffizienten^a

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall für B	
	B	Standardfehler	Beta			Untergrenze	Obergrenze
1 (Konstante)	,909	,070		13,027	,000	,771	1,048
D_BV_DF	-,836	,098	-,750	-8,529	,000	-1,030	-,642
DF_ANT	,157	,065	,186	2,418	,017	,028	,286
NORG_HA	-7,02E-05	,000	-,383	-3,161	,002	,000	,000
Bonitaet_FI	5,605E-04	,004	,017	,155	,877	-,007	,008
BHD_U	3,587E-03	,002	,209	1,988	,049	,000	,007

a. Abhängige Variable: KEtat_Ertrag

Tabelle 60: Koeffizientenmatrix für die unabhängigen Variablen zur Schätzung der Performancewerte des TE_M Modells

Ausgehend von jenen über die multiple Regression abgeleiteten Koeffizienten leitet sich die Regressionsgerade zur Schätzung der Effizienzwerte der tatsächlichen Kosteneffizienz ab.

$$\text{KEtat}_E = -0,83582 \times d_{BV_DF} + 0,15744 \times DF_ANT - 0,00007 \times Norg_Ha - 0,00056 \times B_FI + 0,00359 \times BHD_U + 0,90940$$

Anhand der über SPSS abgeleiteten Signifikanzwerte der Tabelle 60 wird ersichtlich, dass für beinahe alle unabhängigen Merkmale ein Zusammenhang mit der zu erklärenden

abhängigen Variable (KEtat_E) besteht. Davon ausgenommen ist nur die Bonität, für die kein signifikanter Einfluss festgestellt werden konnte.

Andererseits wird aber aus der Beta-Spalte der Tabelle 60 ersichtlich, dass die geschätzten Performancewerte der tatsächlichen Kosteneffizienz in erster Linie von der Entnahme von schwächeren Stämmen in der Durchforstung und von einer frühzeitigen Reduktion der Bestände sowie von der Erzielung stärkerer Dimensionen zum Abtriebszeitpunkt abhängen.

Die Differenzen zwischen den geschätzten Performancewerten (Residuen) und den über DEA ermittelten Werten weisen eine Standardabweichung von $\pm 7,51\%$ und einen Standardfehler von $\pm 0,70\%$ auf.

5.6.9.3 Dokumentation der Einzelergebnissen von ausgewählten DMUs

Zur Demonstration der Praktikabilität der Target Values für einzelne DMUs werden hier drei Bestände gewählt, die keine „Best – Practice“ Einheiten sind. Mit Hilfe verschiedener Effizienzmodelle und –maße soll demonstriert werden, in welcher Bandbreite sich die Verbesserungspotenziale für einzelne Inputfaktoren bewegen.

Zur Charakterisierung der drei Bestände sind deren Eckdaten in der nachfolgenden Tabelle 61 einmal für den einmalig durchforsteten Fall und einmal für die Nullvariante zusammengestellt.

Durchforstungsfall:

DMU	Bon.	Neig. %	H/D	Std.	V_DF VfmD	DF %	A org	durch. Kost. €	tat. Kosten	erw. VfmD	Ertrag EfmD €	Kalk Ertrag
B/M_G4_IV2	10,3	18	89	85,5	260	24,8	35	11066	9170	945	16803	1141
gussw_G1_I3	12,5	35	108	128,0	464	25,2	45	17849	20880	1192	25024	1573
eisenk_G1_I3	17,6	25	104	116,0	387	29,6	35	15620	12758	1229	19807	1060

Nullvariante:

DMU	Bon.	Neig. %	H/D	Std.	V_DF VfmD	A org	durch. Kost. €	tat. Kosten	erw. VfmD	Ertrag EfmD €	Kalk Ertrag
B/M_G4_IV2	10,3	18	105	87,5	260	35	11245	8416	968	14574	878
gussw_G1_I3	12,5	35	113	108,5	464	45	16348	18157	1197	24054	1572
eisenk_G1_I3	17,6	25	122	97,0	387	35	14165	10531	1019	14279	1060

Tabelle 61: Parameter der drei selektierten Beobachtungen

Bon.:	Bonität	Neig. %:	Neigung in Prozent
Std.:	Stunden	H/D:	Höhe zu Durchmesser: Risikoindikator
V_DF VfmD:	Vorrat der Ausgangsbestände	DF %:	Durchforstungsanteil in Prozent
A org	Alter der Ausgangsbestände	durch K. €:	mit durchschnittlichen Kostensätzen aggregierte Gesamtkosten
tat. Kosten:	mit tatsächlichen Kosten aggregierte Gesamtkosten	Erw. VfmD:	Das zu erwartende nutzbare Derbholzvolumen einer Umtriebszeit
Ertrag EfmD €:	der aufgrund des Sortenanfalls zu erwartende Ertrag	Kalk Ertrag.:	spiegelt den Vorteil eines vorzeitigen Abtriebszeitpunkts wider

Dokumentation verschiedener Effizienzmodelle unter Verwendung eines inputorientierten äquiproportionalen Effizienzmaßes, das variable Skalenerträge unterstellt

Die Performanceermittlung für die in den Tabelle 62 - Tabelle 65 dokumentierten Effizienzmodellen (technische, allokativen und ökonomischen Effizienz) erfolgt über das äquiproportionale Effizienzmaß. Mit der Gegenüberstellung der drei Effizienzmodelle wird für diese drei hier selektierten DMUs inklusive der Durchschnittsergebnisse der Zusammenhang zwischen dem natural-technischen (TE_M) und dem Modell der Kosteneffizienz (KEd_M), das die physischen Inputfaktoren mit durchschnittlichen Faktorpreisen bewertet, demonstriert. Erst mit der Bildung des Quotienten aus Kosteneffizienz und natural-technischer Effizienz lässt sich die allokativen Effizienz (AE) ableiten, die den kostenbewussten Einsatz der verschiedenen Produktionsfaktoren im Verhältnis zu den übrigen Untersuchungseinheiten aufzeigt.

Die beobachteten DMUs werden vorerst einmal nur unter Zugrundelegung der 116 einmalig behandelten DMUs (116-DF) nach verschiedenen Modellen und Effizienzmaßen ausgewertet. Nach Erweiterung der Vergleichsfälle um die unbehandelten Pendanten, umfasst das Untersuchungssample nunmehr 232 DMUs. In einem zweiten Schritt können aus den 116 Vergleichspaaren die Resultate der 116 behandelten (232-DF) und 116 unbehandelten (232-O) DMUs gegenübergestellt werden.

Darüber hinaus ist von Interesse, welche Performance eine entsprechende Einheit gegenüber den restlichen Einheiten im Kollektiv erzielt. Um darüber einen raschen Überblick zu bekommen wird jeder Einheit ein entsprechender Rang, gemäß dem unterstellten Effizienzmaß zugewiesen.

Da neben der physischen Leistungsfähigkeit der Bestände auch die ökonomische Wertleistung eine zentrale Fragestellung darstellt, sind hier zwei Varianten ausgearbeitet, die einmal die geerntete Holzmasse in EfmD (Erntefestmeter) und einmal die Wertleistung für die daraus gewonnenen Sortimente in € als Outputgröße unterstellen.

Für jede der drei selektierten DMUs und den Durchschnittswerten sind in Tabelle 62 jeweils die Ergebnisse der drei unterstellten Auswertevarianten (116 DF, 232 DF und 232 O) dargestellt.

Einmal wird hier anhand der durchforsteten Varianten demonstriert, dass durch die Verdoppelung der DMUs höchstens gleich hohe oder niedrigere Effizienzwerte erzielbar sind. Andererseits kann aber auch gezeigt werden, in welchen Fällen die Durchführung bzw. das Unterlassen von Pflegemaßnahmen zu einem günstigeren Ergebnis geführt hätte und welche Tendenz sich umgekehrt aus den Durchschnittsergebnissen aller DMUs dieser beiden Behandlungsvarianten ableitet.

Indem sowohl das natural-technische (TE_M RAD) als auch das kostentechnische Modell mit durchschnittlichen Kostensätzen (KEd_M RAD) ausgewertet wurde, lässt sich aus dem Verhältnis dieser beiden Modelle die allokativen Effizienz (AE_M RAD) ableiten. Als unabhängiges Modell zur Ableitung eines fairen kostentechnischen Beurteilungsmaß wird außerdem das tatsächlich kostentechnische Effizienzmaß (KEtat_M), das individuelle Kostensätzen unterstellt, angeführt.

Massenleistung:

DMU	Varianten	TE_M RAD		AE_M RAD		KEd_M RAD		KEtat_M RAD	
		%	Ranking	%	Ranking	%	Ranking	%	Ranking
B/M_G4_IV2	116-DF	98,29%	44	99,69%	27	97,99%	26	---	---
	232-DF	98,05%	58	99,68%	36	97,73%	34	100,00%	1
	232-O	93,60%	117	95,96%	71	89,82%	75	95,77%	56
gussw_G1_I3	116-DF	77,35%	116	91,58%	75	70,83%	112	---	---
	232-DF	75,33%	232	93,20%	105	70,21%	219	71,35%	224
	232-O	88,29%	197	80,75%	198	71,30%	210	72,91%	214
eisenk_G1_I3	116-DF	88,52%	103	91,56%	76	81,05%	87	---	---
	232-DF	86,57%	212	92,78%	110	80,33%	150	89,42%	111
	232-O	85,91%	214	85,23%	169	73,22%	202	79,64%	173
Durchschnitt	116-DF	94,98%	---	92,46%	---	87,89%	---	---	---
	232-DF	94,19%	---	92,75%	---	87,44%	---	89,24%	---
	232-O	92,32%	---	88,51%	---	81,84%	---	85,04%	---

Tabelle 62: Effizienzmodelle: TE, AE, KEd, KEtat; Effizienzmaß: VSE RAD IN unter Einbeziehung der Massenleistung als Outputgröße

TE: natural-technisches Effizienzmodell

AE: allokatives Effizienzmodell

KEd: durchschnittliches Kosteneffizienzmodell - Bewertung der Inputmerkmale mit durchschnittlichen Faktorpreisen

KEtat: tatsächliches Kosteneffizienzmodell - Bewertung der Inputmerkmale mit individuellen Faktorpreisen

M: Einbindung des gesamten, während der Umtriebszeit genutzten Derbholzvolumens (M) als Outputmerkmal

RAD: Verwendung des äquiproportionalen Effizienzmaßes

Empirisch ist bereits bekannt, dass die Massenleistung von gepflegten und ungepflegten Beständen über die Umtriebszeit betrachtet nicht besonders stark voneinander abweichen. Allerdings erreichen die einmalig gepflegten Bestände das Abtriebskriterium zum Teil früher als die unbehandelten Bestände, was mit einem höheren kalkulatorischen Ertrag verbunden ist. Stattdessen aber weisen behandelte gegenüber nicht gepflegten Beständen in der Regel einen geringeren H/D Wert auf. Gegenüber dem Stundenaufwand für die Holzernte stellt sich ein differenziertes Bild dar, da die Stundenanzahl straff mit dem erwarteten Derbholzvolumen am Ende der Umtriebszeit korreliert.

Vergleicht man die Performance der beiden Modellvarianten für jede dieser 116 untersuchten Flächen führt die einmalig durchgeführte Pflege zumindest in 85 Fällen zu einer günstigeren Bestandesentwicklung.

Die gepflegte Variante von „eisenk_G1_I3“ (vgl. Tabelle 61) weist zwar bei gleich langem Produktionshorizont (gleicher kalkulatorischer Ertrag) aufgrund der besonders guten Wüchsigkeit um 210 VfmD mehr Endnutzungsmasse sowie einen günstigeren H/D Wert auf, erzielt jedoch gegenüber einer unbehandelten Variante, infolge beträchtlich weniger Leistungsstunden und trotz eines hohen H/D-Wertes und einer geringeren Massenleistung, nur eine geringfügig bessere Performance. Erst unter Einbeziehung durchschnittlicher Faktorpreise zur Bewertung der Inputvariablen, liegt unter Beibehaltung derselben Outputniveaus die Performance der einmalig gepflegten Modellvariante gegenüber der unbehandelten deutlich voran (vgl. Tabelle 62).

Eine interessante Performance liefert der Bestand „gussw_G1_I3“. Hier erzielt der unbehandelte Bestand unter den gegebenen Modellbedingungen sowohl unter

Einbeziehung der physischen Inputfaktoren als auch unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Faktorpreise bei gleich langem Produktionshorizont (gleicher kalkulatorischer Ertragswert) eine günstigere Performance (vgl. Tabelle 62). Die Ursache dafür ist ausschließlich auf die höhere Anzahl an Leistungsstunden zurückzuführen. Denn obwohl beide Varianten über die gesamte Umtriebszeit nahezu dieselbe Massenleistung erbringen und ähnliche H/D Werte ausweisen, fallen dem gepflegten Bestand in der Durchforstung bereits 27 Leistungsstunden zuzüglich zu den 101 Leistungsstunden in der Endnutzung an. In Folge des geringeren Stunden- und damit auch Kostenaufwands (108,5 für die Endnutzung) und der nahezu gleichen Outputniveaus (vgl. Tabelle 61) erzielt der unbehandelte Bestand sowohl natural-technisch als auch kostentechnisch die günstigere Performance.

Ganz deutlich heben sich aber sowohl die mengen- als auch die kostenbezogenen Performancewerte des Bestand „B/M_G4_IV2“ von seiner ungepflegten Variante ab (vgl. Tabelle 62). Denn abgesehen davon, dass der gepflegte Bestand eine um nur wenige Festmeter geringeres nutzbares Derbholzvolumen (VfmD) über die gesamte Umtriebszeit erbringt, liegen die Ursachen für das bessere Abschneiden in der Überlegenheit gegenüber allen anderen Variablen der ungepflegten Variante (vgl. Tabelle 61). Sowohl der kalkulatorische Ertrag als auch die Stundenanzahl sowie der H/D Wert fallen dabei günstiger aus.

Alternativ zu dem bisherigen Ansatz zur Ermittlung der Kosteneffizienz, werden anstelle der durchschnittlichen Kostensätze je physischer Einheit individuelle Kostenszenarien unterstellt. Mit diesem unabhängigen Modellszenario kam es zu Veränderungen in den ausgewiesenen Performancewerten sowie der Rangfolge.

Hinsichtlich der eigentlichen Frage aber, ob Pflegemaßnahmen gegenüber einer Nullvariante zu präferieren seien, bestätigen die Resultate sowohl der meisten individuellen wie auch der durchschnittlichen Auswertungen (vgl. Tabelle 62) die Tendenz der Vorteilhaftigkeit von Pflegemaßnahmen.

Wertleistung

DMU	Varianten	TE_E RAD		AE_E RAD		KEd_E RAD		KEtat_E RAD	
		%	Ranking	%	Ranking	%	Ranking	%	Ranking
B/M_G4_IV2	116-DF	94,27%	34	99,43%	40	93,73%	26	---	---
	232-DF	94,27%	40	99,43%	83	93,73%	29	99,92%	20
	232-O	84,50%	93	99,88%	49	84,40%	60	89,91%	64
gussw_G1_I3	116-DF	67,16%	115	98,92%	56	66,44%	115	---	---
	232-DF	67,08%	220	98,74%	112	66,24%	217	68,00%	227
	232-O	67,15%	219	98,45%	126	66,11%	219	68,16%	225
eisenk_G1_I3	116-DF	73,20%	109	98,82%	57	72,34%	100	---	---
	232-DF	73,20%	187	98,82%	109	72,34%	169	80,54%	125
	232-O	67,34%	218	97,48%	146	65,65%	220	72,60%	196
Durchschnitt	116-DF	88,03%	---	99,35%	---	83,86%	---	---	---
	232-DF	87,42%	---	95,80%	---	83,73%	---	86,32%	---
	232-O	78,19%	---	96,20%	---	74,95%	---	79,55%	---

Tabelle 63: Effizienzmodelle: TE, AE, KEd, KEtat; Effizienzmaß: VSE RAD IN unter Einbeziehung der Wertleistung für das genutzte Erntevolumen (DF&EN)

- TE: natural-technisches Effizienzmodell
AE: Allokatives Effizienzmodell
KEd: durchschnittliches Kosteneffizienzmodell - Bewertung der Inputmerkmale mit durchschnittlichen Faktorpreisen
KEtat: tatsächliches Kosteneffizienzmodell - Bewertung der Inputmerkmale mit individuellen Faktorpreisen
E: Einbindung der während der Umtriebszeit erwarteten Erträge (E) als Outputmerkmal
RAD: Verwendung des äquiproportionalen Effizienzmaßes

Die Resultate, die unter Einbeziehung der Wertleistung anstelle der Massenleistung abgeleitet wurden, spiegeln das bisherige Bild wider.

Die Erwartung, dass sich infolge von unterschiedlichen Sortimentsanteilen und eines früheren Abtriebszeitpunkts eine noch stärkere Differenzierung zwischen den beiden simulierten Modellvarianten aufgrund des Kosten- und Ertragsniveaus ergeben könnte, konnte sowohl bei Verwendung von durchschnittlichen Kostensätzen als auch bei Unterstellung individueller Kosten bestätigt werden.

Mit der Einbeziehung der Wertleistung als Output hat der gepflegte Bestand der Einheit eisenk_G1_I3 in allen Auswertungen eine deutlich günstigere Performance als der unbehandelte Bestand erzielt was bezogen auf die Massenleistung nicht ganz so deutlich bestätigt werden konnte (vgl. Tabelle 62 und Tabelle 63). Somit lässt sich durch die Implementierung des Ertragsniveaus (Wertleistung) in manchen Fällen eine noch stärkere Differenzierung erzielen.

Das vorzeitige Erreichen des Abtriebskriteriums, das frühzeitige Lukrieren von Durchforstungserträgen und die Aufteilung der Endnutzungsmenge auf höherwertige Sortimente bestätigen nicht nur für diesen Einzelfall sondern auch für die Durchschnittsergebnisse (vgl. Tabelle 63), dass durch die waldbaulichen Pflegeeingriffe monetäre Vorteile gegenüber unbehandelten Beständen erzielbar sind.

Die abgeleiteten Zielwerte für das inputorientierte A-Maß und das $D_{\max}$ - Maß unter Anwendung von variablen Skalenerträgen

Nachdem aus praktischer Sicht eine Beurteilung nach der Massenleistung als eher sekundär eingeschätzt wird, sind die hier ausgewiesenen Target-Values der physischen Inputfaktoren auf die zu erwartenden Wertleistungen und den kalkulatorischen Erträgen der Bestände ausgerichtet. Für die Ermittlung der Zielwerte (vgl. Target Values 3.8.2) für die physischen Inputfaktoren werden einmal die klassische Variante des radialen Effizienzmaßes (A-Maß vgl. 3.7.1) und einmal das Konzept des maximalen durchschnittlichen Effizienzmaßes ($D_{\max}$ Maß vgl. 3.7.2) angewandt.

Mit der Verwendung des radialen Effizienzmaßes lässt sich die Herleitung der Zielwerte einfach nachvollziehen. Nachteilig wirkt sich dabei jedoch aus, dass jeder Variable ein gleich hoher Verbesserungswert zugeordnet wird. Zu Abweichungen von dieser proportionalen Zuteilung von Sollgrößen kommt es nur dann, wenn die, an die Effizienzgrenze radial projizierte ineffiziente Einheit, dort zumindest in einem Merkmal von einer anderen Best-Practice Einheit dominiert wird. Damit dieser schwach effiziente virtuelle Projektions-Punkt (vgl. 3.6.2.1) nun auch tatsächlich pareto-koopmans effizient werden kann, ist die Einbeziehung einer Schlupfvariable (Slacks) erforderlich. Durch die Transformation der virtuell an die Effizienzgrenze projizierten, aber nur schwach

effizienten Referenzeinheit um diesen Slack (Schlupf), wird der Projektionspunkt in den pareto-koopmans effizienten Bereich verschoben (vgl. 3.6.2 Schlupfvariable).

Target Values für das Modell TE_E bei Anwendung eines inputorientierten A-Maßes unter Verwendung von variablen Skalenerträgen

DMU	Varianten	H/D	Target-Values A-Maß TE_E VSE IN				Effizienz	
			Std.	V_DF VfmD	Ertrag EfmD	Kalk Ertrag	VSE RAD TE_E	VSE RAD KEd_E
B/M_G4_IV2	116-DF	5,73%	7,98%	5,73%	7,46%	131,39%	94,27%	93,73%
	232-DF	5,73%	7,98%	5,73%	7,46%	131,39%	94,27%	93,73%
	232-O	15,50%	15,50%	15,50%	16,93%	187,54%	84,50%	84,40%
gussw_G1_I3	116-DF	32,84%	32,84%	32,84%	0,00%	110,69%	67,16%	66,34%
	232-DF	32,92%	32,92%	32,92%	0,00%	104,51%	67,08%	66,11%
	232-O	33,00%	32,85%	32,85%	0,00%	133,63%	67,15%	79,49%
eisenk_G1_I3	116-DF	26,80%	26,85%	26,80%	0,00%	165,56%	73,20%	72,34%
	232-DF	26,80%	26,85%	26,80%	0,00%	165,56%	73,20%	72,34%
	232-O	32,66%	32,66%	32,66%	8,74%	162,40%	67,34%	65,65%
Durchschnitt	116-DF	13,42%	13,75%	15,28%	3,11%	111,57%	88,03%	83,86%
	232-DF	13,34%	14,36%	15,85%	3,22%	113,56%	87,42%	83,73%
	232-O	22,27%	22,81%	23,10%	5,16%	138,39%	78,19%	74,95%

Tabelle 64: Target Values für das inputorientierte A-Maß des TE_E Modells unter Verwendung von VRS Technologie

H/D:	Quotient aus Höhe zu Durchmesser
Std:	Leistungsstunden in der Holzernte
V_DF VfmD:	Volumen der Ausgangsbestände vor der Durchforstung
Ertrag EfmD:	Der aufgrund der Sortenanteile zu erwartende Ertrag
Kalk Ertrag:	zusätzlicher Ertrag infolge der Verkürzung der Umtriebszeit
VSE RAD TE_E:	Variable Skalenerträge, Radiales Effizienzmaß, natural-technisches Modell unter Verwendung der Ertragsleistung als Output
VSE RAD KEd_E:	Variable Skalenerträge, Radiales Effizienzmaß, Kosteneffizienz mit durchschnittlichen Faktorpreisen und Verwendung der Ertragsleistung als Output

Für die einzelnen DMUs leiten sich die Reduktionspotenziale (Target Values) der Inputvariablen immer aus der Differenz der radialen Performancewerte und der maximal erreichbaren Effizienz (100%) gleichartigen ab. Nur dann, wenn ein Schlupf an der Effizienzgrenze zu einer Best-Practice Einheit auftritt, braucht es eine entsprechende Korrektur, um in den pareto-koopmans effizienten Bereich der Technologiemenge zu kommen (vgl. 3.6.2.1 und 3.8.1).

Der Ansatz, alle Inputvariablen proportional zu reduzieren, liefert aus praktischer Sicht nur eine grobe Annäherung an sinnvolle individuelle Zielwerte. Alternativ dazu ließen sich nach dem durchschnittlichen maximalen Effizienzmaß spezifischere, inputorientierte Targets ableiten.

Aber auch wenn das Verbesserungspotenzial proportional auf die einzelnen Inputvariablen aufgeteilt wird, kann dennoch sehr deutlich festgestellt werden, dass die einmalig gepflegten Bestände gegenüber ihren unbehandelten Vergleichsvarianten unter der Anwendung proportionaler Effizienzmaße zum Großteil eine günstigere Performance erzielen (vgl. Tabelle 65).

Target Values für das Modell TE_E bei Anwendung eines inputorientierten $D_{\max}$ -Maßes unter Verwendung von variablen Skalenerträgen

DMU	Varianten	Target-Values $D_{\max}$ Maß TE_E VSE IN					Effizienz	
		H/D	Std.	V_DF VfmD	Ertrag EfmD	Kalk Ertrag	VSE $D_{\max}$ TE_E	VSE $D_{\max}$ KEd_E
B/M_G4_IV2	116-DF	0,00%	13,61%	18,29%	3,97%	113,21%	93,62%	96,12%
	232-DF	0,00%	13,61%	18,29%	3,97%	113,21%	93,62%	96,12%
	232-O	8,84%	23,94%	28,94%	0,46%	178,35%	87,66%	91,31%
gussw_G1_I3	116-DF	25,83%	34,99%	56,39%	0,00%	87,33%	76,56%	82,39%
	232-DF	25,59%	37,82%	56,24%	0,00%	87,16%	76,07%	82,08%
	232-O	28,66%	28,98%	57,16%	0,00%	88,19%	77,04%	82,14%
eisenk_G1_I3	116-DF	16,37%	35,88%	49,24%	0,00%	144,94%	79,70%	85,51%
	232-DF	16,28%	37,00%	49,18%	0,00%	144,85%	79,51%	85,38%
	232-O	26,58%	38,46%	55,54%	0,07%	157,19%	75,88%	81,73%
Durchschnitt	116-DF	8,94%	14,93%	34,43%	3,30%	95,05%	88,33%	90,47%
	232-DF	8,29%	16,33%	35,80%	1,68%	88,12%	87,84%	90,32%
	232-O	17,46%	25,74%	43,96%	5,15%	127,44%	82,53%	86,13%

Tabelle 65: Target Values für das inputorientierte durchschnittliche maximale Effizienzmaß unter Verwendung einer VRS Technologie

H/D:	Quotient aus Höhe zu Durchmesser
Std:	Leistungsstunden in der Holzernte
V_DF VfmD:	Volumen der Ausgangsbestände vor der Durchforstung
Ertrag EfmD:	Der aufgrund der Sortenanteile zu erwartende Ertrag
Kalk Ertrag:	zusätzlicher Ertrag infolge der Verkürzung der Umtriebszeit
VSE $D_{\max}$ TE_E:	Variable Skalenerträge, maximales durchschnittliches Effizienzmaß, natural-technisches Modell unter Verwendung der Ertragsleistung als Output
VSE $D_{\max}$ KEd_E:	Variable Skalenerträge, maximales durchschnittliches Effizienzmaß, Kosteneffizienz mit durchschnittlichen Faktorpreisen und Verwendung der Ertragsleistung als Output

Mit der Implementierung des $D_{\max}$ Effizienzmaßes wird eine differenzierte Ausweisung von Target Values auf der Inputseite möglich. Aus dieser Auswertung heraus lässt sich erkennen, dass zur Erzielung einer Verbesserung das Hauptaugenmerk auf die Reduktion des Vorrates der Ausgangsbestände sowie auf die Rationalisierung der Arbeitszeit bzw. auf die Reduktion der Umtriebszeit⁷⁹ zu legen ist. Die Vorgabewerte für das Reduktionspotenzial für die unterstellten H/D Werte fallen dagegen vergleichsweise moderat aus.

Die Sollvorgabe, die Vorräte der Ausgangsbestände zum Zeitpunkt der anstehenden Durchforstung geringer zu halten, ist ein klarer Hinweis darauf, entweder mit weniger Individuen die Bestände zu begründen, oder bereits davor eine Erstdurchforstung durchzuführen. Infolge geringerer Baumindividuen je Hektar wäre es auch zu erwarten, dass die Zieldurchmesser bereits zu einem früheren Zeitpunkt als bisher erreicht werden könnten, wodurch es gleichzeitig zu einer entsprechenden Verkürzung der Umtriebszeit und damit zu einem Anstieg des kalkulatorischen Ertrags kommen würde.

⁷⁹ Die Reduktion der Umtriebszeit steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Erhöhung des kalkulatorischen Ertrags, der wiederum maßgeblich von der Höhe des unterstellten Bodenverkehrswerts und des gebundenen Verwaltungskostenkapitals abhängig ist.

Auch für die hier durchgeführten Auswertungen nach dem durchschnittlichen maximalen Effizienzmaß konnte abermals die Vorteilhaftigkeit der behandelten gegenüber den unbehandelten Modellvarianten bestätigt werden. Unter Anwendung des $D_{\max}$ Maßes auf das TE_E Modell hatten 108 der gepflegten Bestände eine günstigere Performance als ihre nicht behandelten Pendanten. Gleiches traf auch auf das Modell KEd_E bei Verwendung des $D_{\max}$ Maßes zu. Hier waren es sogar 110 der gepflegten Bestände, die sich gegenüber ihren nicht gepflegten Vergleichsvarianten durchgesetzt haben (vgl. Tabelle 66).

5.6.9.4 Gegenüberstellung der Performance von behandelten und unbehandelten Vergleichspaaren

Durch die Verfügbarkeit synthetischer Daten, die sich jeweils auf ein und dieselbe Bestandesfläche beziehen und nach verschiedenen Modellszenarien abgeleitet wurden, bietet sich ein Vergleich zwischen einer einmalig durchforstet und einer vollkommen unbehandelten Variante unter Berücksichtigung von zufallsgesteuerten Mortalitätsausfällen⁸⁰ förmlich an.

Für die Gegenüberstellung der Performanceentwicklung wird einmal eine Variante mit einer einzigen und einmal eine ohne Durchforstungseingriff für die noch zu erwartende Produktionsdauer verwendet. Um die biologische Automation bestmöglich abzubilden, wurde in der Simulation in beiden Varianten das Mortalitätsmodul mitberücksichtigt, das nach der „Stochastizität“ selektiv Bäume ausscheiden lässt. Die auf diese Weise ausgeschiedenen Stämme wurden in der Volumes- und Ertragsermittlung nicht berücksichtigt.

In dieser simplifizierten Form des Vergleichs von behandelten und unbehandelten „synthetischen“ Beständen werden nicht unbedingt vollkommen reale Verhältnisse widerspiegelt. Dennoch zeigt diese Modellannahme auf, welche Anwendungspotenziale mit einer ex ante Beurteilung möglich sein könnten. Denn durch die paarweise Gegenüberstellung der simulierten Bestandesdaten, für die einmal ein einmaliger Pflegeeingriff und einmal keine Pflegevariante unterstellt wurden, kann eine ex ante Darstellung der Auswirkungen von Pflegeeingriffen auf die Bestandesentwicklung transparent demonstriert werden.

In Tabelle 66 wird die Performance für jeweils beide Behandlungsstrategien der 116 Untersuchungspaare nach dem A-Maß und nach dem $D_{\max}$ Maß ermittelt. Unter Zugrundelegung eines massen- und wertbezogenen Modellansatzes werden einmal die natural-technischen Inputvariablen und einmal deren tatsächlichen Kosten als Faktorkomponente verwendet. Die nicht kontrollierbare Inputgröße und der als unerwünschter Output definierte H/D Wert gehen auch im kostentechnischen Modell unbewertet als Inputvariablen ein.

⁸⁰ In der zufallsgesteuerten Mortalität könnte auch die Ursache für die vergleichsweise geringe Massenleistung des undurchforsteten Bestandes der Beobachtung eisenk_G1_I3 zurückzuführen sein. Bei Verwendung zufallsgesteuerter Elemente müssten nämlich entsprechend viele Wiederholungen der Simulation durchgeführt werden, um stabile mittlere Ergebnisse zu erhalten.

Effizienzmaße: VSE IN	Modell 1		Modell 2		Modell 3		Modell 4	
	TE_M RAD	TE_M D _{max}	TE_E RAD	TE_E D _{max}	KEtat M RAD	KEtat M D _{max}	KEtat E RAD	KEtat E D _{max}
Inputgrößen	Neig. %		Neig. %		Neig. %		Neig. %	
	H/D		H/D		H/D		H/D	
	Std.		Std.		tatsächliche Kosten f. Std., V_DF VfmD		tatsächliche Kosten f. Std., V_DF VfmD	
Outputgrößen	V_DF VfmD		V_DF VfmD					
	Erw. VfmD		Ertrag EfmD		Erw. VfmD		Ertrag EfmD	
	Kalk E		Kalk E		Kalk E		Kalk E	
behandelt	72,28%	82,76%	93,10%	88,79%	79,31%	73,28%	89,66%	87,93%
nicht behandelt	26,72%	17,24%	6,90%	11,21%	20,69%	26,72%	10,34%	12,07%

Tabelle 66: Dokumentation der Vorteilhaftigkeit der durchforsteten versus nicht durchforsteten sowie der nicht durchforsteten gegenüber den durchforsteten Behandlungsvarianten der 116 Vergleichspaare

Das hier demonstrierte empirische Beispiel weist von den 116 Beobachtungen, die einmal als behandelte (durchforstete) und einmal als unbehandelte (nicht durchforstete) Bestände simuliert wurden, jeweils den Anteil des effizienteren Behandlungsschemas aus.

Unabhängig davon, welche Modellvariante oder welches Effizienzmaß unterstellt wird, leitet sich aus den beobachteten Untersuchungsfällen ein eindeutiges Bild zugunsten der behandelten Modellvariante ab.

Sowohl unter dem Aspekt der Massen- und Wertleistung konnte die explorativ durchgeführte Analyse die Vorteilhaftigkeit von Pflegemaßnahmen gegenüber der nicht durchforsteten Behandlungsvariante erbringen. Von den beobachteten Vergleichsfällen wiesen mindestens 70% der durchforsteten Bestände eine günstigere Performance auf.

Bei Betrachtung eines gesamten Produktionszyklus bestätigt sich somit der zukunftsorientierte Effekt des waldbaulichen Pflegeprogramms, durch das stabilere Bestandesstrukturen, wertvollere Sortimente sowie eine verkürzte Produktionsdauer gegenüber unbehandelten Beständen erzielt werden können.

5.6.10 Zusammenfassung und Diskussion zur Evaluierung von Bestandesbehandlungskonzepten

Mit dem Ansatz, simulierte Bestandesdaten in ein DEA Modell zu integrieren, konnte die eigentlich auf ex post orientierte Datensätze ausgereichte DEA für eine rein ex ante orientierte Anwendung verwendet werden.

Die Integration von synthetischen Daten stellt eine alternative Möglichkeit dar, nicht nur die momentane Input- Outputkonstellation einer Entscheidungseinheit in die Evaluierung einbeziehen zu können, sondern diese um die dynamische Komponente zu erweitern. Mit der a priori Verfügbarkeit von zukunftsorientiertem Datenmaterial lässt sich damit die Bestandesentwicklung anhand des voraussichtlich zu erwartenden Bestandeszustands bei Erreichen des Abtriebkriteriums beurteilen.

Die Simulation der Bestandesdaten ist dabei zweistufig abgelaufen. Unter Berücksichtigung der Mortalitätsausfälle wurden die Daten nach einer einmalig durchgeführten Pflegevariante und einmal ohne Pflegeeingriff simuliert. Dadurch konnten die technischen und wertbasierten Unterschiede der beiden Modellvarianten gegenübergestellt werden.

Durch die Festlegung des Abtriebskriteriums mit Erreichen eines bonitätsabhängigen Zieldurchmessers wurde eine einheitlich definierte Weisergröße festgelegt, mit der realitätsnahe Gegebenheiten abgebildet werden und durch die eine Beurteilung der Vorteilhaftigkeit eines Bestandes aufgrund der Wertleistung unter Berücksichtigung der Produktionsdauer erfolgen kann.

Für die Beurteilung muss aber relativierend berücksichtigt werden, dass diese Ergebnisse auf simulierten Daten beruhen. Aufgrund des langen Simulationszeitraums und der zum Teil im Nachhinein bestimmten Simulationsparameter⁸¹ für diese noch jungen Bestände sowie die Verwendung von Bestandesdaten aus Wuchsgebieten, die nicht in den Kalibrierungsbereich des Einzelbaumsimulators MOSES 3.0 gefallen sind, ist von einer gewissen Datenunschärfe auszugehen. Auffällig waren dabei unter anderem die hohen Stammzahlen und Volumina der unbehandelten Bestände am Ende der Umtriebszeit. Hier wird für das unterstellte Mortalitätsmodul vermutet, dass die Eintrittswahrscheinlichkeiten für den Ausfall von Individuen zu schwach greifen.

Wesentlich dabei ist aber, dass mit den momentan verfügbaren Simulationsgeneratoren synthetische Bestandeszustände der Zukunft simuliert werden konnten, mithilfe derer explorativ eine Erweiterung der DEA dokumentiert werden konnte.

Diskussion über die unterstellten Modellvariablen

Aus einer breiten Palette verfügbarer Größen wurden aufgrund von Expertenmeinungen und auf Grundlage einer Korrelationsanalyse insgesamt sechs Parameter für die Modellierung gewählt (vgl. 5.6.8), die sowohl ökonomische Größen als auch umfeldrelevante und Risikokriterien beinhalten.

Zur Beurteilung der Bestandesbehandlungskonzepte der beiden Varianten über eine Umtriebszeit hinweg, wurde jeweils das Wachstum der Ausgangsbestände in fünfjährigen Perioden unter Einbeziehung der Mortalitätsausfälle für die nächsten 100 Jahre mit dem Einzelbaumsimulator MOSES 3.0 modelliert. Durch die Definition der Weisergröße zur Bestimmung des Abtriebszeitpunktes nach einem bonitätsabhängigen Zieldurchmesser, konnten aus den synthetischen Daten jene zukunftsorientierten Parameter abgeleitet werden, die die individuelle Bestandesentwicklung jeder Beobachtung innerhalb eines gesamten Umtriebs für die DEA Studie charakterisieren.

Die Korrelationsanalyse (vgl. 5.6.8) hat allerdings für die unterstellten Modellvariablen aufgezeigt, dass insbesondere jene Variablen, welche die Umfeldbedingungen bzw. das Risiko sowie den ökonomischen Vorteil durch einen vorzeitigen Abtriebszeitpunkt indizieren, nicht immer die Technologiebedingungen (vgl. 4.4.2) von DEA erfüllen konnten.

Die selektierten Parameter hatten die Bedingung zu erfüllen, dass die Reduktion der gewählten Inputfaktoren bei gleich bleibendem Outputniveau sowie die Erhöhung der Outputvariablen bei ansonsten gleich bleibendem Inputniveau zu einer Performancesteigerung führen. Dass hier Interaktionen zwischen den Parametern bestehen, die nicht idealtypisch der DEA Theorie entsprechen, wurde hier offen gelegt und zur Diskussion gestellt (vgl. 5.6.8).

Denn wenn solche Abhängigkeiten aus der Grundgesamtheit heraus bestehen, so sollte das Optimierungsverfahren die Möglichkeit bieten, die optimale Balance zwischen diesen

⁸¹ Zur Generierung der synthetischen Daten mussten für die vorliegenden Datensätze aus der Vollaufnahme der Arbeitszeitstudie noch zusätzlich die Polarkoordinaten und die Kronenansätze jedes einzelnen Stammes und die Oberhöhenbonitäten für jede Teilfläche bestimmt werden.

negativ korrelierenden Parametern zu definieren. DEA lässt es allerdings nur zu, dass aufgrund der unterstellten Rahmenbedingungen (vgl. 3.3) alle Inputs bei gleich bleibenden Outputs nur gleich bleiben oder reduziert und alle Outputs bei unveränderten Inputs ebenfalls nur gleich bleiben oder erhöht werden können. Eine Anpassung, dass beispielsweise eine Steigerung des Endvorrats bzw. der Abtriebsertragssumme gleichzeitig zu einer Reduktion des kalkulatorischen Ertrags führt, stellt für DEA keine Option dar.

Über DEA lassen sich aber auch unter dieser Konstellation für die beiden Outputfaktoren Empfehlungen ableiten. Dabei wird für die unterstellte Massen- bzw. Wertleistung bei Erreichen des Abtriebskriteriums kaum eine maßgebliche Veränderung vorgeschlagen. Sehr wohl aber richten sich die Forderungen nach Verbesserungsmaßnahmen auf den kalkulatorischen Ertrag.

Die Ursache dafür liegt in der Konstruktion dieser Größe. Zum einen hängt dieser Betrag maßgeblich von dem bonitätsabhängigen Bodenverkehrswert und zum anderen von der Dauer des Prolongationszeitraums bis zum Erreichen des maximalen Prognosehorizonts. Dadurch weichen die Beträge bei sonst vergleichbaren Strukturen der DMUs voneinander ab, was aufgrund der aufgetretenen Outputslacks (vgl. 3.6.2) in manchen Fällen zu Veränderungsprognosen von 100% und mehr geführt hat.

Die Problematik des Ansatzes eines kalkulatorischen Ertrags liegt aber auch darin, dass die Bestände zum Zeitpunkt der Vollerhebung unterschiedlich alt waren und zu unterschiedlichen Zeitpunkten die Zielkriterien erfüllt haben. Der kalkulatorische Ertrag entspricht dabei jenen Opportunitätskosten, die sich ein Bestand „erspart“, wenn er bereits zu einem früheren Zeitpunkt als den maximal unterstellten Planungshorizont von 90 Jahren das Abtriebskriterium erreicht.

Diese Variante hat zum Nachteil, dass jene zum Zeitpunkt des Pflegeeingriffs bereits älteren Bestände tendenziell einen Vorteil haben. Einerseits erreichen diese bereits nach kürzerer Zeit das Abtriebsalter und haben dadurch einen Vorteil infolge eines kürzeren Diskontierungszeitraumes und zusätzlich sind diese Bestände aufgrund des längsten unterstellten Prognosehorizonts, bis auch der letzte Bestand das Abbruchkriterium erfüllt, begünstigt, da das Umtriebskriterium zeitlich sehr nahe liegt.

Würde hingegen die längste unterstellte Umtriebszeit (135 Jahre) als Referenzzeitpunkt zur Ermittlung des kalkulatorischen Ertrags unterstellt, fällt allerdings der einheitliche Diskontierungszeitraum bzw. Prognosehorizont weg. Dafür werden aber jene Bestände, die zum Analysezeitpunkt bereits etwas älter waren, nicht doppelt durch den kürzeren Diskontierungszeitraum und einem damit verbundenen längeren Prolongationszeitraum für die Ermittlung des kalkulatorischen Ertrags begünstigt.

Für das vorliegende Modell wird die Variante, die einen einheitlichen Prognosezeitraum präferiert, unterstellt. Mit dieser Variante bezieht sich die Abweichung der Zeitpräferenz nur auf die unterschiedlichen Alter der Ausgangsbestände, was eben zu unterschiedlichen Prolongationszeiträumen, aber zumindest immer zur gleichen Diskontierungsdauer von 90 Jahren führt. Und da die Beträge gegenüber der alternativen Variante, die eine maximale Umtriebszeit unterstellen würde, nur geringfügig abgewichen sind, wurde zugunsten des einheitlichen maximalen Prognosehorizonts entschieden.

Neben den ungünstigen Zusammenhängen zwischen den beiden Outputvariablen, die aber bei inputorientierten Modellen insofern nur eine geringfügige Rolle spielen, da dabei die Outputniveaus als konstant unterstellt werden, bestehen ähnliche Abhängigkeiten auch auf der Inputseite.

Hier handelt es sich um jene Parameter, die umweltrelevante Rahmenbedingungen (Neigung) und die Risikogefährdung (H/D Wert) indizieren sollten. Relativierend wirkt sich dabei aber aus, dass der Parameter „Neigung“, der mit allen übrigen Variablen bis auf den kalkulatorischen Ertrag negativ korreliert (vgl. 5.6.8) nur als unkontrollierbare Größe eingeht und damit keine Auswirkungen auf das Ausmaß der Target Values hat.

In diesem Zusammenhang fällt aber auf, dass gemäß der Korrelationsanalyse steilere Bestandesstrukturen im Gegensatz zu weniger stark geneigten Beständen zu sinkenden Endvorräten führen. Dieser Zusammenhang lässt sich aber nur aus der Heterogenität der untersuchten Bestände heraus erklären. Denn würden alle Bestände dieselben Wuchsbedingungen aufweisen, müssten Bestände mit ähnlichen Bonitäten bei zunehmenden Neignungsverhältnissen auf der projizierten Bestandesfläche mehr Volumen ausweisen als Bestände auf weniger stark geneigten Standorten.

Eine ähnliche Konstellation trifft auch für den auf der Inputseite als unerwünschte Variable definierten H/D Wert als Weiser für die Risikogefährdung zu, die bei zunehmenden H/D Werten ansteigt. Allerdings korrelieren auch hier die H/D Werte so wie unter anderem auch der gesamte Stundenaufwand für die Holznutzung negativ mit dem kalkulatorischen Ertrag (vgl. 5.6.8).

Würden laut Korrelationsanalyse Maßnahmen ergriffen, um die Stabilität zu erhöhen, bewirkt die Senkung der H/D Verhältnisse eine Abnahme der zu erwartenden Endnutzungsmasse und damit auch eine Reduktion des Stundenaufwands. Gleichzeitig könnten dadurch die Abbruchskriterien vorzeitige erreicht werden, was zu einem Anstieg des kalkulatorischen Ertrags führen würde.

Dieses Ergebnis der Korrelationsstudie steht allerdings im Widerspruch zur Monotoniebedingung der Technologiemenge. Denn durch die Absenkung eines Produktionsfaktors, ohne den Einfluss einer technischen Innovation, darf jeder Outputfaktor höchstens auf gleichem Niveau bleiben und in gar keinem Fall ansteigen (vg. 3.3.1, 4.4.3 und 5.6.10).

Dennoch wird der kalkulatorische Ertrag wie ein gewöhnlicher Output behandelt. Die Auswirkungen des negativen Korrelationszusammenhangs in einem inputorientierten Modell spiegeln sich nämlich ausschließlich in den ausgewiesenen Outputslacks wider, wodurch es wie erwähnt zum Anstieg der kalkulatorischen Erträge um bis zu 100% und fallweise sogar mehr kommen kann.

Auf der Inputseite wird trotz der Problematik rund um die Korrelation der Neignungsverhältnisse und der H/D Werte ebenfalls an diesen Größen beispielhaft festgehalten. Da die Integration der Umfeld- und Risikovariablen im Modell zur Abbildung umweltbedingter und risikorelevanter Rahmenbedingungen dient, bilden diese Variablen unter einer ganzheitlichen Input- Outputbetrachtung einen fixen Bestandteil im Modell.

Auch wenn die übrigen Parameter für die Integration in ein DEA Modell ohne Einschränkung geeignet waren, müssen für die Zukunft zusätzliche Modellvariablen spezifiziert oder bestehende adaptiert werden, so dass von allen Variablen die Monotoniebedingung erfüllt werden kann.

Außerdem müssten für die Bewertung der natural-technischen Merkmale Kostensätze und Preise, die der realen Entwicklung der Forst- und Holzbranche angepasst sind, unterstellt werden. Vereinfacht wurde in dieser Modellanwendung nämlich nur angenommen, dass sich der Kaufkraftverlust mit der Steigerung der Kosten als auch der

Erträge deckt, so dass alle relevanten Größen kaufkraftbereinigt konstant bleiben, obwohl diese Entwicklung für die Branche untypisch ist.

Nachdem es aber schwierig ist, die reale Entwicklung von Kosten und Preisen zu schätzen, wurde eben von einem „steady state“ Zustand ausgegangen. Damit es zur Berücksichtigung von zeitlichen Präferenzen in der Beurteilung kommen kann, wurden für die einzelnen DMUs jegliche in der Zukunft angefallenen Kosten und Leistungen auf den Zeitpunkt der Vollerhebung mit einem Zinsfuß von 1,5% diskontiert.

Aus dieser hier geführten Diskussion geht hervor, dass die verwendeten Modellvariablen noch ungenügend spezifiziert sind, wodurch sich ein Handlungsbedarf auftut, Parameter zu definieren, die besser auf die umweltbedingten Rahmenbedingungen von forstlichen Beständen reflektieren und die die charakteristischen Bestandesparameter sowie die während einer Umtriebszeit verbrauchten Produktionsfaktoren unter Einbeziehung von inflationären und kosten- wie preistechnischen Entwicklungen exakter abbilden, ohne die Monotoniebedingung zu verletzen.

Erörterungen zum Modellkonzept

Im Gegensatz zur Performancebeurteilung von Laub- Nadelmischbeständen des Lehrforsts Ofenbach wurde für das Bestandesbehandlungskonzept anstelle der Outputorientierung eine inputorientierte Modellvariante unterstellt, da der Output eines Bestandes maßgeblich von den Umfeldbedingungen und den getätigten Maßnahmen abhängt.

Für die mengen- und wertbezogenen Auswertung der DEA Modelle erfolgte die Einbindung verschiedener Modellvariablen und verschiedener Effizienzmaße zur Durchführung von natural-technischen als auch kostentechnischen DEA Modellvarianten.

Indem im natural-technischen Modell auf der Outputseite zwischen dem bis zum Abtriebszeitpunkt aufgebauten Holzvorrat und den dafür angesetzten Ernteerträgen variiert wurde, konnte die Bedeutung der Massen- und Wertleistung von Beständen für die Performance aufgezeigt werden. Um neben dem äquiproportionalen Effizienzmaß, dass nur proportionale Verbesserungswerte für die unterstellten Variablen vorschlägt, auch variablenspezifische Ergebnisse zu erhalten, wurde auch das $D_{\max}$ -Maß als Grundlage für individuelle Verbesserungsmaße der einzelnen Kriterien herangezogen.

Zur Demonstration der allokativen Effizienz (vgl. 3.8.4) wird die Effizienz des marktrichtigen Verhaltens in der Beschaffung (Allokation) von Produktionsfaktoren über das Verhältnis der Effizienzmaße aus dem natural-technischen Modell und dem kostentechnischen Modell bei Unterstellung durchschnittlicher Kostensätze hergeleitet. Die allokativen Effizienz resultiert aber nicht ausschließlich aus der Preisdifferenz homogener Güter, sondern hängt vor allem auch von der Gewichtung jener im natural-technischen Modell mit durchschnittlichen Kostensätzen bewerteten Produktionsfaktoren (Sortimentzusammensetzung der Ausgangsbestände, Entlohnungsschema der Arbeiter & Angestellten, Stundenzusammensetzung VN & EN) maßgeblich ab (vgl. 5.6.9.3).

Da aber letztendlich neben der mengenbezogenen Performanceentwicklung, insbesondere die tatsächlich kostentechnische Performance das entscheidende Maß zur Bereitstellung des bestehenden Outputniveaus repräsentiert, wurden für jede Beobachtung, unter Berücksichtigung sowohl der Neigungsverhältnisse als auch des Risikofaktors H/D-Wert, die tatsächlichen Kosten für die Produktionsfaktoren den erzielten Leistungen gegenübergestellt (vgl. 5.6.9.3).

Ergänzend erfolgten dann für alle unterstellten Modellvarianten Auswertungen nach dem nicht orientierten Maß, um daraus abzuleiten, wie die festgestellten Abweichungen von der Effizienzgrenze durch simultane Verbesserungsmaßnahmen auf der Input- wie Outputseite wettgemacht werden könnten (vgl. 5.6.9.3).

Abgeleitete Zusammenhänge aus der Ergebnisdokumentation

Über die Darstellung jener aus allen DMUs ermittelten Durchschnittsergebnisse, die für die natural-technischen Modellvarianten unter Einbindung des mengen- und wertbezogenen Outputniveaus (vgl. 5.6.9.1) und des A-Maßes sowie des $D_{\max}$ Maßes hergeleitet wurden, konnten bereits eine allgemeine Trendrichtung festgestellt werden.

Werden ausschließlich die physischen Mengenbezüge für das A-Maß unterstellt, leiten sich daraus die günstigsten Performancewerte für die einzelnen DMUs ab. Wird hingegen anstelle des mengenbezogenen Outputs die tatsächliche Wertleistung unterstellt, kommt es bereits zu einer stärkeren Differenzierung der untersuchten Einheiten. Noch stärker kommt dieser Trend zum Tragen, wenn das A-Maß durch das $D_{\max}$ Maß ersetzt wird und die maximal möglichen Veränderungspotenziale ermittelt werden.

Aus diesen hier über alle Beobachtungen abgeleiteten durchschnittlichen „Target Values“ (vgl. 5.6.9.1) lassen sich generell anzustrebende Leistungsziele von Fichtenbeständen ableiten. Für deren Umsetzung ist in der Folge das waldbauliche Programm entsprechend zu adaptieren.

Der Erfolg der Performance eines Bestandes hängt abgesehen von den unbeeinflussbaren Umweltbedingungen maßgeblich von der Stammzahl in der Bestandesbegründung und dem Abtriebszeitpunkt ab. Das Modell für die Beurteilung von Bestandesbehandlungskonzepten stellte für die hier untersuchten Beobachtungen fest, dass der Vorrat der Ausgangsbestände im Durchschnitt um 4 – 20%, bezogen auf jene als Best-Practice Einheiten ausgewiesenen Bestände, zu hoch war. Ähnliches gilt schließlich auch für den Abtriebszeitpunkt. Auch hier wäre es empfehlenswert, den kalkulatorischen Ertrag der beim Erreichen des Zieldurchmessers erzielt wird um 40 – 130% zu erhöhen, was indirekt eine Absenkung der Umtriebszeit impliziert, sofern von gleichen Bodenverkehrswerten der Benchmarkseinheiten ausgegangen werden kann.

Auch wenn selbstverständlich der zeitliche Aufwand für das Setzen von Maßnahmen und der erzielte Vorrat bzw. dessen Wert ebenfalls auf die Performance Auswirkungen haben, so bleibt dennoch festzuhalten, dass die Performance zur Erreichung eines Zieldurchmessers bei Fichtenbeständen vor allem von der frühzeitigen Reduktion der Stammzahl und einer Verkürzung der Umtriebszeit begünstigt wird.

In einer nachgelagerten zweiten Phase werden die Zusammenhänge zwischen unabhängigen Variablen, die nicht im Modell integriert waren und den abgeleiteten natural-technischen und tatsächlich kostentechnischen Effizienzwerten als abhängige Größen beurteilt. Zur Analyse dieser Abhängigkeiten wurden sowohl univariate als auch multiple Regressionsansätze unterstellt.

Nachdem die Bestandesparameter und die künstlichen Maßnahmen von der Bonität der Bestände abhängig sind, wurde für den univariaten Ansatz eine Clusterung der beobachteten Effizienzwerte nach der Bonität der Bestände vorgenommen.

Infolge der Clusterung nach Bonitätsklassen (vgl. 5.6.9.1, Abb. 23, Abb. 24, Abb. 25, Abb. 26, Abb. 27 und Abb. 28) konnten allerdings nur für einzelne unabhängige Variablen signifikante Zusammenhänge mit den Performancewerten der einzelnen DMUs nachgewiesen werden.

Dennoch lassen sich aus der Regressionsanalyse der einzelnen unabhängigen Variablen Trendrichtungen im Zusammenhang mit der festgestellten Performance des Bestandesbehandlungskonzepts ableiten. Die unterstellten Trends sind dabei aber nicht in jedem Fall signifikant abgesichert und es kann in der Analyse einer unabhängigen Variablen zwischen den Clustern zu abweichenden Trendverläufen kommen (Abb. 23, Abb. 24, Abb. 25 und Abb. 28). Nur der Trendverlauf für die Ausgangsstammzahl je Hektar und den zu erwartenden BHDs zum Abtriebszeitpunkt (Abb. 26 und Abb. 27) verläuft für alle Bonitätsklassen homogen.

Die Ursachen für den unzureichenden Signifikanznachweis scheinen dabei in der Bildung der Clustern an sich zu liegen. Denn mit der Separierung in Cluster wird die formale Grundbedingung der Normalverteilung der zu untersuchenden unabhängigen Beobachtungen durch eine zu geringe Anzahl an Beobachtungen verletzt.

Andererseits stellt sich demnach aber auch die interessante Frage, ob für die anhand einer teilweisen linearisierten, konvexen Technologiemenge abgeleiteten Effizienzwerte überhaupt ein signifikanter Zusammenhang mit den gesamten unabhängigen Merkmalen aller Beobachtungen bei Anwendung einer multiplen, lineare Regression möglich ist. DEA versucht nämlich den gesamten Datensatz so eng als möglich durch eine abschnittsweise linearisierte, konvexe Hülle zu umgeben, wohingegen die statistische Regressionsanalyse eine lineare Funktion anstrebt, zu der die quadratischen Abweichungen der einzelnen Beobachtungen minimal sind.

Die Resultate aus der multiplen, linearen Regressionen weisen dabei aber einen signifikanten Zusammenhang zumindest mit dem durchschnittlichen Volumen der in der Durchforstung entnommenen Individuen, der Ausgangsstammzahl je Hektar und dem zu erwartenden Durchmesser zum Abtriebszeitpunkt auf. Das Entnahmeprozent weist hingegen für die Massenleistung zum Abtriebszeitpunkt keinen signifikanten Einfluss auf. Sehr wohl wirkt sich das Entnahmeprozent aber signifikant auf die Wertleistung dieser Bestände aus. Einzig die Bonität hat in beiden Fällen keinen signifikanten Einfluss weder auf die massen- noch auf die wertbezogene Performanceentwicklung der untersuchten Bestände (vgl. 5.6.9.2).

Damit ließe sich sowohl das massen- als auch mengenbezogene Performancemodell nach DEA über die unterstellten unabhängigen Merkmale bei unterschiedlich gut ausgebildetem Bestimmtheitsmaß anhand der abgeleiteten Regressionsgeraden (vgl. 5.6.9.2) entsprechend schätzen.

Neben den bisher sehr allgemein anhand der Durchschnittsresultate und der statistischen Analysen diskutierten Ergebnisse, sind aber auch die Resultate der Einzelergebnisse von Bedeutung.

Bezogen auf das natural-technische Modell interessiert auch, wie sich die Ineffizienz sowohl unter Betrachtung der Massen- als auch der Wertleistung auf den rein technischen sowie den allokativen Teil, bei Unterstellung durchschnittlicher Kostensätze, verhält. Anhand der drei selektierten Beobachtungen und der Darstellung der durchschnittlichen Resultate (vgl. Tabelle 62 und Tabelle 63) wird die Allokation der natural-technischen Produktionsfaktoren demonstriert.

Es konnte dabei gezeigt werden, dass sich die Ineffizienzen der Beobachtungen zu einem geringen Anteil auf eine ungünstige Beschaffungspolitik zurückführen lassen, sondern stärker von der technischen Ineffizienz der Transformation von Produktionsfaktoren in Outputleistungen abhängen (vgl. Tabelle 62 und Tabelle 63).

Um einen Überblick zu bekommen zu welchen Anteilen sich die Ineffizienzen der drei selektierten Beobachtungen auf die einzelnen Variablen verteilen, wurden exemplarisch die Verbesserungspotenziale einmal nach dem A-Maß (Tabelle 64) und einmal nach dem $D_{\max}$ -Maß (Tabelle 65) für das natural-technische Effizienzmaß, das die Wertleistung der Bestände als Output unterstellt, dokumentiert.

Auch für die drei selektierten Bestände (vgl. 5.6.9.3) spiegelt sich das wider, was bereits eingangs für die durchschnittlichen Resultate festgestellt wurde. Im Wesentlichen werden dann Performancesteigerungen erzielbar sein, wenn es gelingt, den kalkulatorischen Ertrag zu erhöhen, indem die Produktionsdauer zur Erreichung des Zieldurchmessers und die Stammzahl reduziert werden.

Nachdem, wie im Modellkonzept angekündigt, die Bestände einmal mit und einmal ohne Pflegeeingriff simuliert wurden, sollte sich das auch entsprechend in der Performance niederschlagen.

Sowohl unter Einbeziehung der Massenleistung und des kalkulatorischen als auch beim Ersetzen der Massenleistung durch die Wertleistung kommt es zu beträchtlichen Abweichungen zwischen den gepflegten und den ungepflegten Bestandespendants (vgl. 5.6.9.4). Auch wenn sich die Massenentwicklung bis zum Erreichen des Abtriebszeitpunktes nicht wesentlich unterschieden hat, kommt es aber aufgrund des unterschiedlich langen Produktionszeitraums zu Differenzen beim kalkulatorischen Ertrag, die sich zu Gunsten der behandelten Bestände auswirken.

Werden zusätzlich noch die erzielten Endnutzungsvolumina nach der Sortimentstafel aufgeteilt und mit entsprechenden Werten versehen, nimmt der Anteil der günstigeren Performances von behandelten Beständen weiter zu. Damit leitet sich für diese hier auf Basis von synthetischen Daten untersuchten Beobachtungen unter wertbasierten Gesichtspunkt eine deutliche Vorteilhaftigkeit der einmalig behandelten gegenüber den unbehandelten Beständen ab.

Diskussion

Mit diesem explorativen Ansatz, ex ante orientierte synthetische Bestandesdaten in ein DEA Modell zu implementieren, wird der dynamische Zeitaspekt in der Performancebeurteilung berücksichtigt. Damit wird ein Modellkonzept mit eindeutiger Tendenz in Richtung eines Controlling Instruments zur Generierung von Sollwerten bereitgestellt.

Durch diese Vorgehensweise wird den einzelnen Beobachtungen vorgezeichnet, wohin sie sich in Zukunft zu entwickeln haben, und welche relativen Veränderungen bezogen auf die einzelnen Kriterien dazu zu vollziehen sind.

Beispielhaft werden durch die Verwendung von synthetischen Daten die Möglichkeiten des Einsatzes von diesen ex ante orientierten Bestandesdaten für eine DEA Analyse aufgezeigt (Tabelle 64 und Tabelle 65). Aus natural-technischer Sicht hätte dieser innovative Ansatz in der Konzipierung der Simulationsvarianten um realitätsbezogener Waldbaukonzepte ergänzt werden sollen. Denn es ist eher unüblich während eines gesamten Produktionszyklus nur einen einzigen Eingriff vorzunehmen. Für die Weiterverfolgung dieses Ansatzes müssten Simulationsvarianten nach unterschiedlichen waldbaulichen Behandlungskonzepten entworfen werden, um exaktere und realistischer Target Values ableiten zu können.

Demgegenüber stehen auch im wertbasierten Ansatz verschiedene Änderungsvorschläge für eine innovativere und realitätsbezogenere Modellgestaltung. Zur Demonstration der

DEA Analyse wurde für diesen explorativen Anwendungsfall die spezielle Annahme nominal konstant bleibender Kosten und Erlöse zur pragmatischen Bestimmung der Wertentwicklung über die Zeit getroffen, ohne die Extrapolation realer Trends einzubeziehen.

Diese Annahme entbindet jedoch nicht von der Berücksichtigung der Zeitpräferenz mit der man der früheren Verfügbarkeit von Vornutzungserträgen gegenüber jenen in ferner Zukunft anfallenden Endnutzungserträgen Rechnung tragen könnte. Zur Abbildung der Zeitpräferenz erfolgte die Festlegung eines kalkulatorischen Zinsfußes, der die entsprechenden Erträge wie auch Kosten auf den Barwert diskontiert. Dessen Höhe hängt vom Zusammenhang der Zeitpräferenzrate und der Nutzungsentscheidung im Sinne des Wertzuwachsprozents⁸² ab. Für die erste Annäherung wurde eine Zeitpräferenzrate bzw. ein Diskontierungsfaktor von 1,5% unterstellt. Damit konnte der vom Alter und Wuchsverhalten der Ausgangsbestände abhängige Barwert, jener als konstant unterstellten nominalen Kosten und Leistungen ins Modell integriert werden.

Den unterschiedlichen Produktionszeiträumen der einzelnen behandelten wie unbehandelten Bestandesvarianten wird durch einen einheitlichen Modellierungshorizont (Prognosehorizont) Rechnung getragen. Dazu werden der Bodenverkehrswert und das durch die Verwaltung gebundene Kapital vom Abtriebszeitpunkt bis zum Ende des maximalen Prognosehorizonts prolongiert und über den maximalen Prognosehorizont von 90 Jahren diskontiert. Der daraus abgeleitete monetäre Wert geht als kalkulatorischer Ertrag ins Modell ein und soll dabei den Vorteil eines vorzeitigen Abtriebszeitpunkts widerspiegeln.

Diese Variante hat allerdings zum Nachteil, dass jene zum Zeitpunkt des Pflegeeingriffs bereits älteren Bestände tendenziell einen Vorteil daraus haben. Diese Bestände erreichen nämlich bereits nach kürzerer Zeit das Abtriebsalter, was einerseits zu einem verkürzten Diskontierungszeitraum der Abtriebserträge und andererseits zu einem längeren Prolongationszeitraum zur Ermittlung des kalkulatorischen Ertrags führt, da die zeitliche Differenz zwischen dem maximalen Produktionshorizont und dem tatsächlichen Abtriebsalter sehr weit auseinander liegen können.

Anstelle des maximalen Prognosehorizonts von 90 Jahren wäre auch die Implementierung des höchsten Abtriebsalter bzw. der längsten Umtriebszeit als Referenzzeitpunkt zur Ermittlung eines kalkulatorischen Ertrags denkbar. Auch wenn bei dieser Variante die doppelte Begünstigung bereits älterer Bestände durch verkürzten Diskontierungszeitraum und entsprechend langem Prolongationszeiraum unterbunden wird, lässt sich dabei aber kein einheitlicher Diskontierungszeitraum zur Bestimmung des Barwerts des kalkulatorischen Ertrags realisieren.

Unabhängig davon, welche Variante unterstellt wird, differieren die Barwerte nicht allzu stark. Infolgedessen wurde zur Bestimmung der Barwerte der monetären Merkmale auch jene Variante präferiert, die aufgrund eines einheitlichen Prognosehorizonts der Forderung eines zeitlich einheitlichen Modellierungszeitraums am ehesten Rechnung trägt.

Auch wenn versucht wurde eine transparente und nachvollziehbare Variante zur Beurteilung des Vorteils eines frühzeitigen Abtriebzeitpunktes zu definieren, wurde dadurch aber die Interpretation der abgeleiteten Zielgrößen und das Ableiten von

⁸² Das Wertzuwachsprozent beschreibt die periodenweise Verzinsung des stockenden Vorrats. Wird des Wertzuwachsprozent auf n Jahre ausgedehnt leitet sich daraus das Weiserprozent ab, das die Grenzverzinsung des eingesetzten Kapitals beschreibt.

Maßnahmen verkompliziert. Denn der kalkulatorische Ertrag für sich ist nur eine fiktive Größe, in der implizit der Bodenverkehrswert und das Verwaltungskostenkapital so wie die Zeitdimension enthalten sind.

Obwohl der kalkulatorische Ertrag eigentlich primär auf die Ableitung der optimalen Umtriebszeit abzielen sollte, lassen sich aus dem Modell dafür aber keine konkreten zeitlichen Angaben direkt ableiten. Das Ausweisen von Sollwerten zur Erhöhung des kalkulatorischen Ertrags liefert lediglich den Hinweis, dass die Umtriebszeit zu verkürzen sei, ohne aber eine konkrete Angabe zum zeitlichen Ausmaß zu machen. Die Ableitung der optimalen Umtriebszeit lässt sich damit nur indirekt über die angegebenen Targets und dem Formelansatz zur Bestimmung des kalkulatorischen Ertrags rückrechnen⁸³.

Aber nicht nur die Integration waldbaulicher Behandlungskonzepte in die Simulationsvarianten sowie die Implementierung eines kalkulatorischen Ertrags, der den Vorteil nicht angefallener Opportunitätskosten aufgrund des frühzeitigen Erreichens des Abtriebskriteriums dokumentiert würden zu realistischeren Ergebnissen beitragen. In der Weiterentwicklung eines Bestandesbehandlungsmodells zur Effizienzbeurteilung könnten auch die Parameter an sich im Sinne der bereits geführten Diskussion rund um die unterstellten Modellvariablen (vgl. 5.6.8) neu überarbeitet und anders bzw. neu konzipiert werden.

Der bisherige Ansatz zur Beurteilung von Bestandesbehandlungskonzepten ist nicht als Musterlösung zu verstehen, da einerseits Variablen verwendet werden, die nicht zur Gänze den geforderten Rahmenbedingungen der DEA Technologiemenge entsprechen. Abgesehen davon erfolgte die Herleitung mancher Variablen nur über Umwege und spezifisch getroffene Annahmen.

Nichts desto trotz zeichnet dieser Ansatz eine zukunftsweisende Entwicklung zur Effizienzbeurteilung vor, der einmal mehr die Bedeutung des Einsatzes von simulierten Daten für ex ante orientierte Managementmodelle aufzeigt. Trotz der Möglichkeiten Bestandesdaten über Simulationsansätze über sehr lange Zeiträume zu simulieren, steht man dennoch vor dem Problem, sich auf einen Ansatz zur monetären Bewertung der natural-technischen Größen einigen zu müssen und ist außerdem mit der Unbeeinflussbarkeit umweltbedingter Rahmenbedingungen forstlicher Produktionsprozesse konfrontiert. Von der Integration dieser beiden Aspekte und der Definition geeigneter Modellvariablen wird letztendlich die Tauglichkeit eines ex ante orientierten DEA Modells als internes Controllinginstrument abhängen.

83 Aus der Differenz des maximalen Prognosehorizonts (90 Jahre) und dem neu ermittelten Prolongationszeitraum (x) für den um den Target-Wert bereinigten kalkulatorischen Ertrag, ergibt sich jene optimale Zeitspanne zur Erreichung des neuen Abtriebszeitpunktes.

6 Prospektive Auseinandersetzung mit verschiedenen forstlichen Themenbereichen zur Entwicklung konzeptioneller DEA Modelle

6.1 Struktur des standardisierten Fragebogens

In einer strukturierten Vorgehensweise wurde mithilfe von qualitativen Interviews versucht, zu verschiedenen forstlichen Themengebieten die Anwendungsvoraussetzungen für eine DEA Applikation abzustecken. Dazu wurde ein Fragebogen in Baumstruktur entworfen, der einerseits eine durchgängige Leitlinie für die Interviews bieten sollte, aber andererseits auch als Checkliste für die Vorbereitungsarbeiten einer DEA Analyse dienen kann. Ganz allgemein kann dieses Konzept zur Verifizierung aller Sachverhalte, die für eine Effizienzbeurteilung von Relevanz sein können, dazu beitragen, die Informationsverfügbarkeit bzw. das Informationsdefizit des bisherigen Controllingansatzes zu überprüfen.

Alleine durch die Auseinandersetzung mit den Anforderungen, die der Fragebogen an den Modellanwender bzw. den Interviewten richtet, sollte bereits der Problemzusammenhang für die Effizienzmessbarkeit eines konkreten Anwendungsbereichs vorgezeichnet sein.

Die Anregungen einen Strukturbaum als Checkliste für die Anwendbarkeit von DEA zu konzipieren, gehen im Wesentlichen auf die Pitfalls and Protocols von Dyson et al. (2001) sowie auf die Anwendungsvoraussetzungen von Sowlati (2005) zurück.

Der Strukturbaum, der von der entscheidenden Frage des Verwendungsbedarfs der Effizienzinformation umklammert wird, schafft den erforderlichen Überblick und strukturiert die grundlegenden Voraussetzungen für die Anwendbarkeit von DEA. Dabei hat sich der Anwender im Wesentlichen mit der Definition einer stabilen Befundeinheit und den entsprechenden Abgrenzungskriterien, den relevanten Input- und Outputkriterien sowie den produktionstechnischen Zusammenhängen zu beschäftigen.

Auch wenn die dichotome Abfragen nach „verfügbar“ und „nicht verfügbar“, „möglich“ oder „nicht möglich“ beziehungsweise variable oder konstante Skalenerträge nur für die vorhin genannten Hauptaspekte durchgeführt wurde, so ist diese Diskussion auch grundsätzlich für jeden einzelnen Subbereich des Strukturbaumes zu führen und der Sachverhalt entsprechend zu dokumentieren.

Prospektive Auseinandersetzung mit verschiedenen forstlichen Themenbereichen zur Entwicklung konzeptioneller DEA Modelle

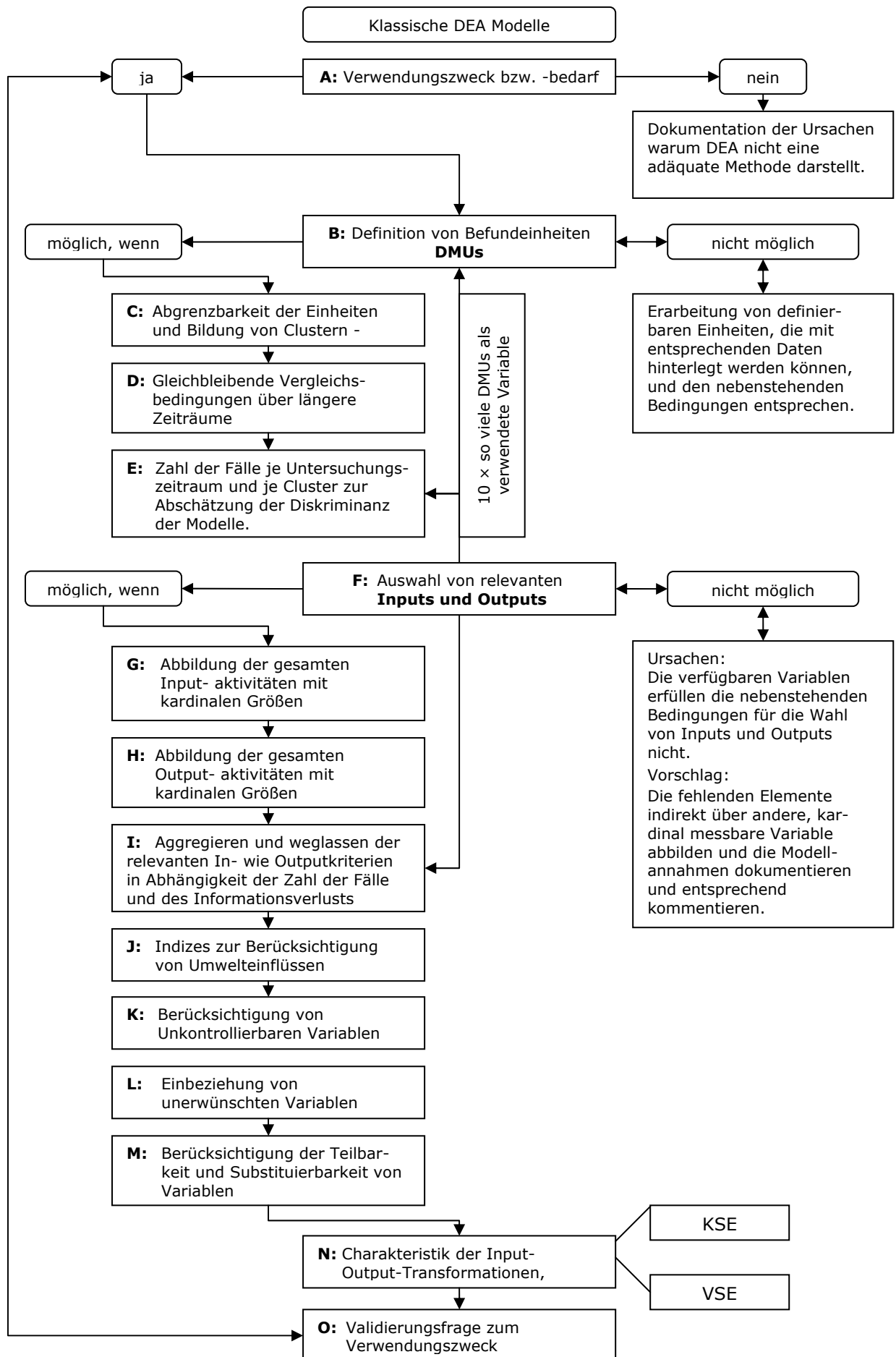


Abb. 31: Strukturbaum für den Interviewleitfaden

6.1.1 Allgemeine Erläuterungen zum Strukturbaum

Eine chronologische Abarbeitung des Strukturbaums soll so weit führen, dass sich aufgrund der konkreten ja bzw. nein Antworten bzw. vielleicht - wenn, oder eher nicht - weil - Antworten des Interviewten bzw. des Anwenders einer solchen Checkliste eine Potenzialabschätzung bzw. eine Mängelliste erstellen lässt. Daraus sollte es dann abschätzbar sein, ob das vorhandene Controllingsystem die Grundvoraussetzungen für eine Effizienzanalyse unabhängig von der Methodik bereitstellen könnte oder ob aufgrund der Auseinandersetzung mit diesem Thema ein entsprechendes Datendefizit evident geworden ist.

Ziele, die mit dem Interview beabsichtigt werden:

- 1) Die Diskussion soll dazu beitragen den Verwendungszusammenhang von Effizienzinformationen zur Evaluierung des Sachthemas zu eruieren.
- 2) Das Gespräch soll konstruktiv dazu führen, Befundeinheiten und den Bestand an quantitativen Indikatoren und Kriterien festzumachen und mögliche, zusätzlich relevante Kriterien zur Effizienzbeurteilung zu erarbeiten und die Problematik rund um deren Erhebung unabhängig von der Methodik zu thematisieren.
- 3) Mit einem derartigen Interview sollte bereits im Vorfeld eine Potenzialabschätzung, ob die Einbindung eines multikriteriellen Analyseverfahrens anwendbar wäre oder nicht, getroffen werden.

A Der potenzielle Verwendungsbedarf von Effizienzinformationen im Zusammenhang mit der formulierten Fragestellung

Hier sollen Ziele, für die eine Effizienzbeurteilung von Bedeutung sein könnte, abgewogen werden. Zur Bedarfsabschätzung sind a priori folgende Themenbereiche als relevant erachtet worden:

Bestimmung der ökonomischen Effizienz, der politischen Effizienz oder die kritische Auseinandersetzung mit messbaren Kriterien, auf deren Basis Controlling- bzw. Reportingsysteme aufbauen. Die Anwendungsbereiche können von der Evaluierung von Mitarbeitern über die Evaluierung von Prozessen bis hin zur Beurteilung von geplanten Projekten (ex ante) bzw. abgeschlossene Projekten (ex post) reichen. Es gilt dabei aber immer zu beachten, dass die quantifizierbaren Ziele in keinem Widerspruch zu qualitativen Sachzielen stehen.

In dieser ersten Annäherung soll als Ziel der Verwendungsbedarf einer Effizienzbeurteilung für klar definierte Befundeinheiten erkannt werden. Auf Basis der abgeleiteten Information soll ein objektiver IST-Zustand generiert werden, um zur Optimierung von Prozessen oder Entscheidungseinheiten entsprechend zielgerichtete Sanktionen oder Planungs- bzw. Beratungstätigkeiten argumentieren zu können.

B Definition der Befundeinheiten (potenzielle DMUs) in Abhängigkeit von der Fragestellung

Zur Abklärung der klar definierter Befundeinheiten ist zu erheben, ob die DMUs langfristig stabil sind und waren, und ob deren Daten einigermaßen gleichartig und über längere Zeiträume dokumentiert sind.

Diese organisatorischen Einheiten, Projekte und/oder Teilprozesse von Projekten oder ähnliche produktionstechnisch definierbare Einheiten, müssen

selbstverständlich in einem unmittelbaren Zusammenhang zur Fragestellung (Zielsetzung) der Effizienzanalyse stehen.

C Abgrenzbarkeit der unter B genannten Befundeinheiten nach klassifikatorischen Merkmalen zu homogenen Gruppen bzw. Clustern

Dabei ist zu beachten in welcher Form die Kennzahlen der Befundeinheiten aufbereitet sind. Insbesondere sollten alle Kriterien, die in die Effizienzbeurteilung einfließen, in gleicher Weise erhoben werden und die Aktivitäten jeder Einheit so gut wie möglich charakterisieren (DYSON 2001). Alle Aktivitäten, bezogen auf die Fragestellung und Befundeinheit, sollten vom jeweiligen Beginn bis zum entsprechenden Abschluss (Projekt, Prozess, Periode) dokumentiert sein. Zu klären bleibt aber, ob die Vergleichsbeobachtungen, beispielsweise über mehrere Perioden hinweg, in anderen Regionen bzw. Produktionsgebieten, auf ähnliche Weise quantitativ charakterisiert sind.

Stammen die Beobachtungen beispielsweise aus unterschiedlichen Regionen oder operieren die Beobachtungen unter unterschiedlichen technologischen Voraussetzungen, bzw. divergieren die Zielsetzungen der Beobachtungen, könnte es durchaus Sinn machen, nach derartigen Kriterien homogene Cluster zu bilden, sofern eine ausreichende Zahl an Beobachtungen für diskriminante Ergebnisse verfügbar ist.

D Abklären der Konsistenz, der über mehrer Perioden erfassten Datensätze und der Datenverfügbarkeit homogener Befundeinheiten

Hier gilt es abzuklären, ob sich das Dokumentationsschema über die Jahre verändert hat oder ob gleiche Sachverhalte durch unterschiedliche Indikatoren repräsentiert werden. Gerade für die Einbeziehung von Datensätzen aus Monitoring-Projekten spielen derartige Überlegungen eine Rolle. Werden Perioden übergreifende Kennzahlen verwendet ist auf eine allfällig unterschiedliche Entwicklung von Faktorkosten und Güterpreisen zu achten und gegebenenfalls eine Indexbereinigung der Daten vorzunehmen.

Zentral stellt sich die Frage nach der Archivierung bzw. der Dokumentation der Datengrundlage von Befundeinheiten. Es soll dabei offen gelegt werden, ob die Daten sämtlicher Befundeinheiten zentral in Datenbanken verwaltet oder teilweise auch noch in Archiven aufbewahrt werden.

Im günstigsten Fall, aber davon ist in einem funktionierenden und automatisierten Controlling-Kennzahlensystem auszugehen, erfolgt die Dokumentation nach einem standardisierten Verfahren, so dass eine gezielte Selektion nach bestimmten Kriterien jederzeit möglich ist und Datendefizite sehr einfach erkennbar werden.

Die Auseinandersetzung mit dem Strukturbaum zur Effizienzbeurteilung kann möglicherweise den Anstoß bringen, das bisherige Controllingsystem zu verändern oder neu zu adaptieren, um den Anforderungen zur Performancebestimmung zu entsprechen, aber auch um intern weitere Steuerungsgrößen verfügbar zu haben.

E Anzahl der verfügbaren Fälle (DMUs) je Beurteilungszeitraum bzw. je homogener Gruppe

Für die Anwendung von DEA ist es entscheidend möglichst viele homogene Vergleichsfälle in die Stichprobe aufzunehmen, um in der Folge diskriminante Ergebnisse zu erhalten. Zur Absicherung der Diskriminanz von Modellen sollten in

etwa 10 x so viele DMUs (Befundeinheiten) wie gewählte Beurteilungsvariablen (Kontrollvariablen) zur Verfügung stehen bzw. sollte die Zahl der Fälle (DMUs) mindestens das Doppelte des Produktes aus der Anzahl der Inputs und der Anzahl der Outputs betragen (DYSON 2001).

F Gliederung in Inputs und Outputs

Messbarkeit:

DEA kann nur kardinal skalierte Größen in eine Modellspezifikation aufnehmen. Obwohl die Methode unterschiedliche Dimensionen zwischen den Variablen zulässt so muss aber dennoch jede Variable jeder Beobachtung in derselben Dimension dokumentiert sein.

Mit folgenden Größen und Skalierungen ist man allgemein konfrontiert:

kardinal messbare physische Größen, und/oder b) monetär quantifizierbare Größen bzw. c) nicht kardinal erfassbare, qualitative oder nominal bzw. ordinal skalierte Größen, die kaum für ein DEA Modell adaptiert werden können und deren Einfluss auf den ermittelten Effizienzwert oft nur in einem nachgelagerten Prozess mittels Regressions- bzw. Varianzanalyse (vgl. Two-Stage-Ansatz 4.3.1.3) statistisch nachgewiesen werden kann.

G Input – Aktivitäten:

Die kardinal messbaren Inputvariablen, die die Aktivitäten der Befundeinheiten ganzheitlich charakterisieren sind in das Modell unter der Prämisse, ein günstiges Verhältnis von Variablen und Beobachtungen zur Erzielung diskriminanter Ergebnisse einzuhalten, zu implementieren.

H Output – Aktivitäten:

Gleiches wie für die Inputvariablen gilt selbstverständlich auch für die Outputvariablen.

Sowohl für die Input- als auch für die Outputvariablen ist darauf zu achten, bereits durch statistische Vorstudien Variablen mit redundanter Information zu filtern. Unter Einbeziehung statistischer Tests als auch durch das Urteil von Fachexperten soll die Selektion der relevanten Beurteilungskriterien erfolgen, welche die Aktivitäten einer Beobachtung möglichst ganzheitlich beschreiben.

I Aggregieren und Weglassen von Inputfaktoren bzw. Leistungsgüter

Um der Modellprämisse gerecht zu werden, möglichst wenige und unabhängige Variablen in das Modell zu implementieren, muss genau diese Diskussion geführt werden.

Auch wenn es in einem Interview nicht möglich sein wird, ohne statistische Voruntersuchungen gezielte Entscheidungen zu fällen, liegt der Wert in der Auseinandersetzung mit diesem Thema selbst. Denn bereits durch die Einschätzung des befragten Experten kann es zu einer Prioritätenreihung der Kriterien kommen, die anschließend für die Aggregation bzw. das Weglassen von Kriterien ausschlaggebend sein kann.

J Quantitativ erfassbare Indikatoren zur Berücksichtigung von Umwelteinflüssen

Durch die Einbindung von Umwelteinflüssen könnten homogenere Bedingungen sowie Voraussetzungen zur Bildung von homogenen Clustern geschaffen werden. In der Folge würde man sich davon objektivere Ergebnisse für die zu evaluierenden Befundseinheiten und eine entsprechende Akzeptanz bei den Verantwortlichen der Entscheidungseinheiten erwarten.

Umwelteinflüsse wie z.B. Geologie, Relief, Arrondierung oder die Bevölkerungsdichte sollten also soweit als möglich über kardinal messbare Indikatoren erfasst und im Modell berücksichtigt werden.

K Unbeeinflussbare bzw. nicht kontrollierbare Einflussparameter

Eine faire Beurteilung setzt voraus, dass unbeeinflussbare, aber relevante Variable im Modell auch als solche definiert und berücksichtigt werden können.

Beispielsweise fallen darunter zahlreiche unkontrollierbare natürlichen Gegebenheiten (Geologie, Hydrologie, Hangneigung, Niederschlag, Einzugsgebiet, Einwohnerzahl etc.), auf die nicht durch das Setzen von Maßnahmen Einfluss genommen werden kann.

L Unerwünschte Outputeffekte

DEA nimmt an, dass jede Inputerhöhung in irgendeiner Form zur Steigerung des Outputs führt. Da es aber durchaus sein kann, dass ein unerwünschter Output (vgl. 4.4.8) als Kuppelprodukt anfällt, kann auch dieser Effekt im Modell entsprechend verankert werden.

Durch den Transformationsprozess einer Befundseinheit könnten beispielsweise das Landschaftsbild oder die ökologischen Stoffflüsse beeinträchtigt bzw. Emissionen mit schädlicher Wirkung freigesetzt werden, deren unerwünschte Wirkung dann im Modell entsprechend zu berücksichtigen ist.

M Substituierbare und limitationale Faktoren

Die Methode unterstellt, dass beliebige konvexe Mischungen der verwendeten Input- bzw. Outputvariablen möglich sein sollen. Die Substituierbarkeit von Inputfaktoren bezieht sich dabei auf Mengen über dem limitationalen Niveau der jeweiligen Produktionsfaktoren erreicht wird, das ja in jedem Fall mindestens aufzubringen ist (vgl. 4.4.7).

N Charakteristik der Input – Output Transformationen

Die Abhängigkeit des Transformationsprozesses der Befundseinheiten von Output- zu Inputniveaus ist zu prüfen.

Verhält sich das Output- zu Inputverhältnis proportional, sind konstante Skalenerträge (KSE) zu unterstellen. Weicht dieses Verhältnis davon ab und erreicht einen Quotienten größer eins, dann liegen zunehmende Skalenerträge vor, bzw. bei kleiner eins, sind abnehmende Skalenerträge zu unterstellen (vgl. 3.3.3).

Da es aber a priori aus den Beobachtungen nicht festzustellen ist, ob Ineffizienzen aus Skaleneffekten resultieren, schlagen Simar et al. (1998a) in Scheel (2000) ein statistisches Verfahren vor, das jene Skaleneffekte feststellt, die der wahren Technologiemenge am besten angepasst sind.

O Validierung des Verwendungsbedarfs

Abschließend ist zu verifizieren, ob die objektiviert ermittelten, allerdings auf ausschließlich messbaren Kriterien beruhenden und hoch aggregierten Kennzahlen als Gradmesser zur Evaluierung von sachlichen Maßnahmen administrierbar erscheinen.

6.1.2 Anmerkungen zur Vorgehensweise

Es wurde versucht die einzelnen Themenaspekte nach dem vorgegebenen Leitfaden des Strukturbaums gemeinsam mit den Interviewpartnern chronologisch abzuarbeiten. Dazu wurde diesen vorab der Interviewleitfaden in Form des Strukturbaums gemeinsam mit den entsprechenden Erläuterungen inklusive bereits recherchierter Punkte zu den einzelnen Elementen des Strukturbaums übermittelt. Diese Vorgehensweise wird insofern als dienlich erachtet, als sich der Respondent dann bereits eigenständig mit dem Thema auseinandersetzen und dadurch im Interview seine eigene Meinungen und offene bzw. unklare Punkte einbringen kann.

Tatsache bleibt aber, dass mit den Respondenten das Thema nur einmal diskutiert wurde. Es war daher zu erwarten, dass die Interviewten bei den einzelnen Punkten häufig in detaillierte Fachdiskussionen abgeschweift sind, die zum Teil zu wichtigen Hintergrundinformationen geführt haben aber natürlich auch zum Teil am Thema vorbeigingen. Gerade weil das Interview und die Diskussionen einen hypothetischen Charakter und weniger den Charakter eines tatsächlich umzusetzenden Analysekonzepts hatten, sind die Interviewten vom Thema abgedriftet. Infolge der diffizil dargestellten Auswirkungen auf das Resultat, entstand aber auch der Eindruck, dass auf manche Punkte des Strukturbaums nur mit einer gewissen Skepsis und Reserviertheit eingegangen wurde. Dennoch muss aber festgehalten werden, dass alle Interviewpartner sehr bemüht waren und so weit es ihnen möglich war, Hintergrundinformationen und Datenquellen zum Thema und zu den einzelnen Punkten in kooperativer Weise bereitgestellt haben.

Dennoch war es im Prinzip nicht möglich, alle Punkte des Interviewleitfadens strukturiert abzuarbeiten, da manche Punkte schlichtweg nicht konkret aus dem Stegreif zu beantworten waren bzw. erst nach der Aufbereitung von konkreten Daten diskutierbar gewesen wären.

Für die Dokumentation der Vorgehensweise zu den einzelnen Punkten des Strukturbaums wurden daher zusammenfassend sowohl die Ergebnisse aus den Experteninterviews als auch Angaben aus Literaturquellen, insbesondere die EU Richtlinie CIII und die Mid Term Evaluation des Förderprogramms zur Entwicklung des ländlichen Raums, das Programm für Forschung und Entwicklung 05 des BMLFUW sowie die Forschungsprojekte ROADEVAL (STAMPFER ET AL. 2003) und die Erweiterungsvorschläge zur Kosten-Nutzen-Untersuchung der Wildbach- und Lawinenverbauung (KRAUS 2002), herangezogen, um die daraus abgeleiteten Informationen zu den einzelnen Punkten gemeinsam festzuhalten.

6.2 Förderungen

Im Programm für Forschung und Entwicklung 2005⁸⁴ bekennt sich das Lebensministerium dazu, Analysen und wissenschaftliche Grundlagen zur Verbesserung der Effizienz und der Wettbewerbsfähigkeit in das Programm aufzunehmen.

Dabei kann insbesondere auf den Artikel 29, Bewertungsmethoden und Entwicklung von Evaluierungsverfahren, der Kategorie Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit des Forschungs- und Entwicklungsprogramms des Lebensministeriums als Anknüpfungspunkt zu DEA, verwiesen werden (PFEIL 2005). Mit dem Bekenntnis zur Entwicklung, Verbreitung und Beurteilung von Evaluierungsmethoden und dem damit verbundenen Lernprozess, sowie dem ex-ante Ansatz zur Simulierung von Szenarien werden Elemente genannt, die DEA bei entsprechender Konzeption der quantitativen Indikatoren und Maßstäbe erfüllen kann. Liegen die entsprechenden quantitativen Ergebnisse vor, lassen sich sowohl die hoch aggregierten Effizienzwerte als auch die für jede Einheit ausgewiesenen Verbesserungspotenziale in ein begleitendes Controllingkonzept als Instrumentarium für die Legitimation politischer Programme einsetzen.

Interviewpartner: Dipl. Ing. Dr. Albert Knieling und Dipl. Ing. Arnold Ertl

A) Dokumentation des Anlassfalls Verwendungsbedarfs

Mit der grundsätzlichen Bereitschaft, Effizienzkriterien zur Evaluierung der Fördermittel und deren Zielwirkung zu implementieren, sind elementare Strukturen für die Gestaltung der Förderrichtlinien⁸⁵ bereits im Programm für Forschung und Entwicklung festgehalten worden.

Zur Evaluierung und Umsetzung derartiger methodischer Ansätze steht seit 2003 eine Datenbank zur Verfügung, in der alle bisher genehmigten und abgeschlossenen Förderanträge zusammengeführt sind. Mit der Einbeziehung der Detailcodierungen in Anlehnung an die Kriterien der Sonderrichtlinie C-III, wurde eine hochmoderne Datenbankarchitektur durch die AMA (Agrarmarkt Austria) geschaffen, die es relativ unkompliziert ermöglicht, Daten zu verwalten, zu modifizieren, weiterzugeben und für diverse Auswertungen heranzuziehen.

B) Definition der Befundeinheiten

Gemäß der aktuellen Sonderrichtlinie C-III des Österreichischen Programms für die Entwicklung des ländlichen Raums⁸⁶ des Lebensministeriums, lassen sich zehn Kategorien von Förderungen im land- und forstwirtschaftlichen Bereich differenzieren.

Wünschenswert wäre es, jedes geförderte Projekt der zehn Schwerpunktbereiche des Programms zur Ländlichen Entwicklung vergleichend zu evaluieren. Aufgrund der inhaltlichen Differenzen und der unterschiedlichen Projektzielsetzungen, werden sich nur sehr wenige Variable finden, die für alle Förderprojekte gleichermaßen dokumentiert sind. Aussagen über die Projekte aller zehn Schwerpunktthemen ließen sich dann wohl nur unter Verwendung von einigen wenigen bereits aggregierten Variablen auf einer Art „Metaebene“ bereitstellen. Ob die daraus abgeleiteten Aussagen auch zu

84 Der Geltungsbereich für den PFEIL 05 erstreckt sich auf die Auftragsforschung gemäß FOG (Forschungsorganisationsgesetz BGBl 341/81 i.d.g.F.) und die 13 ressortzugehörigen Forschungsstellen des BMLFUW sowie die forschungswirksamen Tätigkeiten der UBA Ges.m.b.H.

85 Sonderrichtlinie C III für die Umsetzung der „Sonstigen Maßnahmen“ des Österreichischen Programms für die Entwicklung des ländlichen Raums; Zl. 21.200/50-II/00; 27. Juli 2000

Sonderrichtlinie C IV betreffend die Umsetzung der Maßnahmen zu Artikel 31 der Verordnung (EG) Nr.1257/99 in Österreich; Zl. 51.820/18-VA3/00; 27. Juli 2000

86 Art. 30 und 32 der VO (EG) Nr. 1257/99 des Rats

operationalisierbaren Maßnahmenpaketen für die einzelnen Detailprojekte herangezogen werden können, die von den Projektverantwortlichen auch mitgetragen werden, muss a priori aufgrund der heterogenen Themen in Frage gestellt werden.

Die gesamten 2004 in unterschiedlicher Höhe auf die Schwerpunktthemen des Programms zur Entwicklung des ländlichen Raums verteilten Fördermittel kommen den verschiedenen Zielsetzungen und Outputleistungen der Detailprojekte in unterschiedlicher Weise zu Gute. Die Wirkungsrichtung des Projektnutzens für die bereitgestellten Outputgüter ist damit bereits a priori festgelegt.

Daher erscheint es als sinnvoll, die Befundeinheit nicht als das gewöhnliche Förderprojekt des Programms zur ländlichen Entwicklung zu definieren, sondern eine Clusterung nach den Schwerpunktbereichen des Förderprogramms vorzunehmen, und für dieses homogene Umfeld das Projekt als die Befundeinheit zu definieren.

Auch wenn jede der in der Richtlinie definierten Kategorien das Potenzial hätte, als separater Cluster betrachtet zu werden, wird es infolge von Abgrenzungsproblemen zwischen den Kategorien als sinnvoll erachtet, die einzelnen Kategorien der Richtlinie zu Projektclustern zusammenzufassen. Ad hoc wurden folgende Fördercluster genannt:

- Förderung forstlicher Bringungsanlagen und Infrastruktureinrichtungen
- Förderung von ökologischen sowie wohlfahrts- und erhholungsfördernden, gesellschaftlichen Maßnahmen
- Forstwirtschaftlich bezogene Förderprojekte, die den Waldbau, den Forstschutz, den Naturschutz sowie die Betriebsplanung im Sinne der Forsteinrichtung betreffen
- Marketing und Innovation
- Förderung und Ausbildung von Human-Resources

Allerdings entfielen 2004 trotz des umfangreichen Förderfeldes 46% der gesamten Fördersumme auf Forststraßenprojekte. Dieser Umstand wurde als Anlass genommen, die Details des Interviews zur vergleichenden Effizienzanalyse auf diese Kategorie zu fokussieren.

Im Zuge der Evaluierung des Programms zur Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums war basierend auf nationalen Richtlinien⁸⁷ eine Mid-Term Evaluierung durchzuführen. Unter dem Kapitel VIII des Evaluierungsberichts 2003 werden die elementaren Bereiche der Forstwirtschaft abgehandelt und von Seiten des BFW (Bundesamt und Forschungszentrum für Wald) unter der Leitung von HR. Dipl. Ing. Dr. Ferdinand Müller auf nationaler Ebene evaluiert und mit den Zielsetzungen der EU Verordnung abgestimmt.

Aus dieser Evaluierung geht hervor, dass für die Förderfälle zwischen 2000 und 2002 Beschreibungen der Fördermaßnahmen, der Bezug zu den Bewertungsvorgaben der EU-Dokumente sowie eine Zusammenstellung der Förderbeträge verfügbar gemacht werden können. Allerdings wird bemängelt, dass den eingesetzten Fördermitteln keine

87 Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 des Rates vom 17. Mai 1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (EAGFL) und zur Änderung bzw. Aufhebung bestimmter Verordnungen.

Sonderrichtlinie für die Umsetzung der „Sonstigen Maßnahmen“ des österreichischen Programms für die Entwicklung des ländlichen Raums, Zl. 21.200/50 -II/0, idF. Zl. 21.200/70-II/0

Sonderrichtlinie betreffend die Umsetzung der Maßnahmen zu Artikel 31 der Verordnung (EG) Nr. 1257/99 in Österreich, Zl. 51.820/18 – VA3/00

quantitative Evaluierung der gesetzten oder eingeleiteten Maßnahmen gegenübergestellt werden kann.

Da die zu setzenden Maßnahmen nicht Teil des Förderantrags (vgl. 9.8) sind, mussten mangels Datendokumentation über Stichproben aus umgesetzten Erschließungsprojekten Indikatoren für die zukünftige Evaluierung von forstlich geförderten Projekten festgelegt werden. Zu diesem Zweck wurde an das Institut für Forsttechnik ein Forschungsauftrag vergeben, um Indikatoren zu definieren, über die eine Beurteilung von forstlichen Erschließungsmaßnahmen nach verschiedenen Zielkriterien erfolgen soll (STEINMÜLLER ET AL. 2003).

Im Zuge des Forschungsprojektes ROADEVAL (STEINMÜLLER ET AL. 2003) sind die Evaluierungskriterien und Indikatoren mittels Delphistudie erhoben und in einer eigens konzipierten Datenbankapplikation dokumentiert worden. An den Themenfeldern Waldbau, Holzernte und Sozioökonomie wurden die entsprechenden Kriterien zur Evaluierung geförderter Forststraßen festgemacht. Auch wenn der Kriterienkatalog sehr umfangreich angelegt ist, lassen sich die diversen Größen aber nicht in derselben Skalierung (nominal, ordinal oder kardinal) erheben. Für darauf aufbauende Analysen ergeben sich dadurch entsprechende Schwierigkeiten. Im Zusammenhang mit komplexeren statistischen bzw. nicht parametrischen Analyseverfahren wird man auch dazu gezwungen sein, ordinal oder nominal skalierte Kriterien außen vor zu lassen.

C) Bildung von Clustern

Die Auseinandersetzung mit der Ausscheidung weiterer Subkategorien forstlicher Bringungsanlagen (6.2.4 lt. Codierung) nach verschiedensten Facetten zur Erzielung homogener Vergleichsfälle, ist eine vordergründige Bedingung von DEA. Damit sollten bereits im Vorfeld die Vergleichbarkeit von Beobachtungen gewährleistet werden.

Für die Selektion homogener Fälle zur Bildung von Sub-Clustern sollten grundsätzlich zwischen Neuerrichtungs-Projekten und Umbauprojekten differenziert werden. Ansonsten wird es Sinn machen, solange ausreichend viele Fälle dokumentiert sind, einerseits eine Differenzierung nach den vier in der Richtlinie C-III festgelegten Zielsetzungen und andererseits nach geologischen Voraussetzungen vorzunehmen.

Unabhängig davon, welche Kriterien letztendlich zur Bildung homogener Einheiten als Maßstab herangezogen werden, wird immer darauf zu achten sein, ausschließlich bereits abgeschlossene Fälle für die Selektion der DMUs zu verwenden.

D) Vergleichsbedingungen über mehrere Jahre

Die Abwicklung und Erfassung der zur Förderung beantragten Bringungsanlagen erfolgt über die Jahre nach einem einheitlichen Schema. Damit ist gewährleistet, dass auch Daten aus der Vergangenheit nach einer entsprechenden Adaptierung der monetären Größen, in die vergleichende Effizienzanalyse einbezogen werden können.

E) Zahl der Fälle je Untersuchungszeitraum und Cluster

Ausnahmsweise scheint im Fall der forstlichen Förderung von Bringungsanlagen die Anzahl an Fällen nicht der limitierende Faktor zu sein. Laut Auskunft der zuständigen Referenten des Ministeriums sind mehr als 25000 Fälle in der AMA (Agrarmarkt Austria) – Datenbank dokumentiert. Die Datenbank der AMA wird laufend weiterentwickelt und seit 2003 können auch einige für die Errichtung forstlicher Bringungsanlagen relevante Bezugsgrößen abgefragt werden, die bisher ausschließlich den technischen Berichten der Einzelprojekte zu entnehmen waren.

F) Gliederung in eine relevante Input- und Outputstruktur

Da die Zuständigkeit der auszahlenden Stellen bei den Ländern liegt, verfügen die Stellen des Bundes nicht über einen raschen Zugriff auf diese Detailinformationen. Die beantragten Projekte werden auf Landesebene administriert und per Bescheid erlassen. Dementsprechend sind die genehmigten Projektanträge auch bei den Landesdienststellen archiviert.

Neben den detaillierten Projektanträgen (vgl. Anhang 9.8), stellen die Erklärung zur Feststellung des Einheitswertes des forstwirtschaftlichen Vermögens basierend auf der letzten Erhebung vom 1. Jänner 1988 sowie das Projekt ROADEVAL (STEINMÜLLER ET AL. 2003) eine breit gefächerte Informationsbasis für die Ableitung von relevanten und kardinal erfassbaren (vgl. 4.4.5) Einflussparametern dar.

G) Inputaktivitäten

Die Dokumentation des Aufwands bzw. der Produktionsfaktoren steht wertmäßig relativ gut zur Verfügung. Die Problematik für DEA besteht nur darin, dass der Fördersumme nur sehr wenige Bezugsgrößenangaben gegenübergestellt werden.

Einige natural-technische Angaben zum Erschließungsprojekt enthält der Förderantrag (vgl. 9.8). Für die vollständige Abbildung der natural-technischen Aktivitäten eines Erschließungsprojektes reichen diese Angaben aber noch nicht aus. Da auch im Feststellungsverfahren des forstlichen Einheitswertes der forstliche Straßenbau Berücksichtigung findet, sind von dort Anregungen zur Konzipierung von physischen Einflusskriterien übernommen worden.

Insbesondere die beiden Parameter, Zufuhrdistanz von Schotter und Sand in Kilometern und die Anzahl an Objekten (Brücken, Rohrdurchlässe über 1m Durchmesser, Stützmauern etc.) je Laufmeter ließen sich auch, ohne die Unterlage der Finanzbehörde zu sichten, erfassen und in ein DEA Modell integrieren.

Basierend auf den Gesprächen mit den Fachreferenten und auf den bereits ausgearbeiteten Evaluierungskriterien vom Projekt ROADEVAL sowie den erwähnten Formularen zur Förderbeantragung (vgl. 9.8) und der Anregung durch das Formular zur Feststellung des forstlichen Einheitswertes, ließen sich folgende kardinal erfassbare Inputfaktoren festmachen:

- Materialkosten
- Maschinenstunden
- Zeitaufwand (Planung, Behördenwege, Errichtung)
- Anzahl an Objekten (Brücken, Rohrdurchlässe über 1m Durchmesser, Stützmauern etc.)
- Verbaute Trassenfläche

Im Modell würde die für die Trassenerrichtung entzogene Waldfläche als unerwünschter Output angenommen. Eine hohe Erschließungsdichte und damit verbunden eine Reduktion der Bewirtschaftungsfläche und die Beeinflussung der ökologischen Verhältnisse stellen dabei weitere unerwünschte Begleiterscheinungen dar.

- Zufuhrdistanz für Schotter und Sand (nicht kontrollierbare Einflussgröße)

- Durchschnittliche Neignungsverhältnisse:

Die nicht kontrollierbaren Neignungsverhältnisse werden implementiert, um dadurch auf die unterschiedlichen topographischen Verhältnisse zu reflektieren und damit einen homogenen Rahmen für die zu evaluierenden Einheiten zu schaffen.

Neben diesen physisch erfassbaren Parametern, die sich kardinal messen lassen, ist es aber durchaus denkbar, ausschließlich die Kostengrößen zu verwenden. Um aber gleichzeitig auch Informationen zur Kostenstruktur zu erhalten erscheint es sinnvoll, eine Trennung nach Gesamtkosten exkl. der Förder- und Transaktionskosten vorzunehmen und diese separat anteilmäßig oder in €/lfm auszuweisen.

- Gesamte Errichtungsaufwand exkl. der Förder- und Transaktionskosten:

Bezieht man die Gesamtkosten auf den Laufmeter, bekommt man bereits einen ersten Überblick über variierende Baukosten bzw. über die Abhängigkeit der Transaktionskosten von der Weglänge

- Förderanteil in % oder in €/lfm:

- Transaktionskosten in % der Gesamtkosten oder in €/lfm:

Der Behördenaufwand, die Projektierung, die Kommissionierung und die Kollaudierung stellen fixe Bestandteile in der Errichtung von Forststraßen dar, deren Kostenanteil (Transaktionskosten) maßgeblich von der Errichtungslänge der Forststraße abhängt.

H) Outputaktivitäten

Die Outputaktivitäten sind so zu wählen, dass je nach Zielkategorie der Förderung Kriterien definiert werden, die auf die Zielkategorie reflektieren und die relativ einfach von entsprechend geschultem Personal erfasst werden können. Die angeführten Parameter erfüllen den Mindestanspruch an erfassbaren Outputparametern.

- Laufmeter Forststraße

- Erschlossener Vorrat

Dabei ist der gesamte auf der erschlossenen Fläche stockende Vorrat zu erfassen

- Erschlossene Bedarfsflächen

In Anlehnung an die geplanten Maßnahmen, sind die Flächen auf denen diese Maßnahmen passieren sollten (Kalamitätsnutzungen, Vornutzungen, Endnutzungen, Aufforstung) anzuschätzen.

- Trassenholz in EfmD

- Wirtschaftlichkeitskennziffer

Der Berechnungszeitraum für die Wirtschaftlichkeitskennziffer sollte einheitlich festgelegt werden. Nachdem die Planungsperiode in Anlehnung an die Forsteinrichtung zu kurz erscheint, sollte man den Abschreibungszeitraum von 20 Jahren als Bezugsgröße für die Berechnung des Kapitalwerts bei Unterstellung eines Zinsfußes von 1,5% heranziehen (SEKOT 2004).

$$C = \left[(r_{(d)} - r^* d) \sum_{t=1}^n \frac{m_t}{1,0p_k^n} \right] - \left\langle A + \frac{u_k \times l}{1,0p_k^n} \times \frac{1,0p_k^n - 1}{0,0p_k} + \frac{l \times b \times B}{10000} \right\rangle \geq 0$$

C	Kapitalwert	pk	der unterstellte Zinsfuß
r(d)	Rückekosten vor dem Wegebau	uk	laufende jährliche Unterhaltungskosten des neuen Weges
r*(d)	Rückekosten nach dem Wegebau	l	Länge des Weges in Laufmeter
n	Berechnungszeitraum	b	Breite des Weges einschließlich der Bankette, Gräben und evtl. unbestockter Schutzstreifen
m _t	Massenanfall zum Zeitpunkt t	B	Bodenwert in €/Hektar

Die Wirtschaftlichkeitskennziffer ist hier nur als optional zu betrachten, da es sich dabei um eine bereits institutionalisierte Methode zur Bestimmung der Performance handelt, für die ähnliche Einflussparameter zugrunde gelegt werden.

Für die Beurteilung der Performance von geförderten Forststraßen kann diese Größe durchaus mit einbezogen werden. Aufgrund der Diskriminanz des Modells und der darin enthaltenen redundanten Information sowie der direkten Information über die Vorteile der Errichtung bzw. der Unterlassung eines Wegeprojekts, erscheint es aber eher als sinnvoll diese Variante als zusätzliche quantitative Information für die Erstellung eines Gutachtens heranzuziehen.

Bisher werden die Outputvariablen nur durch die Laufmeter und die erschlossene Bestandesfläche sowie dem Aufschließungsgrad im technischen Bericht bzw. im Förderantrag (vgl. 9.8) repräsentiert. In Bezug auf die Erfassung weiterer quantitativer Kriterien für die detailliertere Aufgliederung des Outputs wurden allerdings Bedenken hinsichtlich der praktischen Umsetzung geäußert.

I) Aggregation der Input- und Outputaktivitäten

In der bisherigen Darstellung der Input- und Outputmatrix werden im Maximalfall zwölf Variablen vorgeschlagen. In Anbetracht der sehr zahlreich vorhandenen Fälle, erscheint diese Anzahl als eine durchaus handhabbare Zahl zur Aufrechterhaltung der Diskriminanz. Aufgrund der großen Zahl an Fällen ist man in der Wahl der Variablen flexibler. Trotzdem sollte man eine sinnvolle Aggregation von mehreren Variablen zu einer Spitzenvariablen nie unterlassen.

Im Zuge der detaillierten Auseinandersetzung mit der Wahl der Variablen, wird sich die Zusammensetzung häufig ändern. Aufgrund der unter den Punkten G und H genannten Parameter wäre es vorstellbar, dass man die Material- und Maschinenkosten bzw. die Fremdleistungskosten zu einer Kostengröße zusammenlegt oder beispielsweise den gesamten Personalaufwand in Stunden auf die Laufmeter bezieht. Bezogen auf die Leistungsgüter wäre es durchaus denkbar, dass sich die Performance nur wenig ändern wird, wenn das geschlägerte Trassenholz für die Analyse Teil des erschlossenen Vorrats wird. Durch die Normierung der Parameter auf den Laufmeter, unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen nach Dyson (2001, vg. 4.4.6) könnte man ebenfalls eine Variable einsparen und dadurch die Diskriminanz erhöhen.

Die Auswirkungen dieser empirisch angenommen Aggregationsüberlegungen auf die Abhängigkeiten der einzelnen Variablen zueinander sind über Korrelationsanalysen zu verifizieren. Wie sich hingegen die Aggregation und damit das Verhältnis von Variablen zu Beobachtungen auf die Effizienzwerte auswirkt, kann nur über eine DEA Analyse abgeschätzt werden. Der Modellverantwortliche alleine muss die Entscheidung fällen, ob die Auswirkungen der Aggregation auf die Resultate als positiv einzuschätzen sind.

Denn unbestritten bleibt, dass durch die Aggregation von Parametern die Ursachenanalyse für die Abweichung von der Effizienzgrenze nach einer DEA Studie nicht mehr vollständig auf die einzelne Variable herunter gebrochen werden kann.

J) Berücksichtigung von Umwelteinflüssen

Dieser Aspekt wird in der technischen Umsetzung mit der Variable Neigung abgedeckt. Mit der Implementierung dieses Faktors wird versucht, ein Kriterium ins Spiel zu bringen, das vor allem auf die Rahmenbedingungen mit denen die Errichtung einer Forststraße unweigerlich verbunden ist, Bezug nimmt. Zufälligerweise handelt es sich bei der Neigung auch gleichzeitig um eine nicht kontrollierbare Einflussgröße, was nicht unbedingt für jede Umweltvariable zutreffen muss.

Ähnliche Umweltparameter wie die Geologie, die sich nicht kardinal erfassen lassen, können bei einer ausreichend vorhandenen Zahl an Fällen als Differenzierungskriterium für die Clusterbildung herangezogen werden.

K) Berücksichtigung von unkontrollierbaren Variablen

Neben der Neigung fällt insbesondere der Transportweg für das Schotterungsmaterial in diese Kategorie. Mit der Berücksichtigung derartiger Rahmenbedingungen schafft man ebenfalls eine homogenere Struktur, die zu realistischeren Modellergebnissen führen soll.

L) Einbeziehung von unerwünschten Variablen

Dasselbe Motto, Elemente einzubeziehen, die Fälle vergleichbarer und unter multidimensionaler Betrachtung akzeptabler machen, verfolgt die Implementierung unerwünschter Variablen.

Beispielsweise führt die Errichtung einer Bringungseinrichtung unweigerlich zum Verlust von forstlicher Produktionsfläche. Außerdem können durch den Forststraßenbau eine Beeinflussung des Ökosystems und eine Einflussnahme auf den Hangwasserzug entstehen. Umgekehrt allerdings stellen die freigehaltenen und mit verschiedenen Grassorten überzogenen Böschungsflächen attraktive Äsungsflächen für Schalenwildarten dar.

Aus diesem Grund wird die Wededichte als unerwünschter Output betrachtet. Je größer die Wededichte desto stärker die Einflussnahme auf die ökologischen Prozesse, auch wenn dies zu Lasten der Vorteile für die Jagd geht.

M) Teilbarkeit und Substituierbarkeit von Variablen

Hier gilt es auf den allgemeinen Methodenteil (4.4.7) zu verweisen. Grundsätzlich muss diese Bedingung zumindest solange erfüllbar sein, bis das limitationale Niveau eines Faktors erreicht worden ist (vgl. 4.4.7).

N) Charakteristik der Input- Output Transformation: KSE versus VSE

Aufgrund der unterschiedlich hohen Fördersummen, der variierenden Erschließungsfläche und der verschiedenen topographischen Bedingungen etc., stehen die Förderbeträge in einem unterschiedlichen Verhältnis zu den unterstellten Effekten. Um sozusagen, nicht alle Einheiten an einigen wenigen zu messen, die aufgrund besonderer Umstände das Niveau der konstanten Skalenerträge definieren, werden variable Skalenerträge unterstellt. Damit wird gewährleistet, dass sowohl steigende als auch fallende Skalenerträge zulässig sind (vgl. 3.3.3).

Variable Skalenerträge führen zu einem zu sinnvollerem Benchmarkeinheiten und bewirken dadurch motivierendere und akzeptierbare Resultate beim Performancevergleich.

O) Validierung des Verwendungszwecks

Aufgrund des sehr konstruktiven und offenen Gesprächs sowohl mit Herrn DI Dr. Albert Knieling als auch mit Herrn DI Arnold Ertl, war zu erkennen, dass die Abteilung dem Thema der Evaluierung aufgeschlossen gegenübersteht. Mit dem Projekt ROADEVAL (STAMPFER ET AL. 2003), das den Kritikpunkten aus der Mid Termevaluation des Programms zur Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums entgegenwirken sollte und mit der Dokumentation der Förderfälle (Förderanträge) in einer zentralen Datenbank der AMA, sind erste Anstrengungen unternommen worden, die Evaluierung von Fördermaßnahmen zum Thema zu machen.

Mit der Festlegung der Indikatoren, die zur Beurteilung herangezogen werden könnten, wurde bereits ein Schritt in die richtige Richtung gesetzt. Evaluierung versteht sich aber als Vergleich zu anderen. Und die Weiterentwicklung des Evaluierungskonzepts muss daher in Richtung eines Benchmarkansatz gehen, der auf quantitativer Basis, nach objektiven Kriterien und für alle Beobachtungen nach demselben Schema angewandt werden kann. Denn erst dadurch kommt es zu Generierung von Kennzahlen und quantitativer Information, die als Argumentationsbasis für weitere Schritte verwendet werden können.

Diskussionspunkte, die sich durch das Gespräch mit den Fachreferenten des Ministeriums ergeben haben:

Im Zusammenhang mit der Förderung von Erschließungsprojekten wird das regionale und lokale Erschließungskonzept des Waldentwicklungsplans als ein besonders dienliches Instrumentarium bezeichnet. Auch wenn dabei kein unmittelbarer Zusammenhang mit der Beurteilung der Effizienz des Erschließungsprojekts besteht, so ist dieses Konzept im Vorfeld ausschlaggebend dafür, ob der Bedarf der Errichtung überhaupt gegeben ist. Außerdem enthalten Erschließungskonzepte im technischen Bericht Informationen über lokale und regionale Rahmenbedingungen, die zur Clusterung der Detailprojekte beitragen könnten.

Aus Sicht der ausführenden Behörde wird bestätigt, dass bereits durch den EDV - technischen Fortschritt und die Vernetzung bestehender digitaler Plandaten (Erschließungs-, Naturschutz- und Bewirtschaftungspläne im Sinne einer Hofkarte mit Hinterlegung der digitalen Katastermappe, der digitalen Bodenkarte etc.) eine produktivere Abwicklung möglich geworden ist.

Da bisher keine zusätzlichen quantitativen Outputkriterien für die Beantragung von Bringungseinrichtungen vorgesehen sind, basiert die Evaluierung von Forststraßenprojekten auf qualitativen Aussagen im Rahmen der Kollaudierung. Es besteht noch kein ausgeprägtes Monitoringsystem, das standardisiert nach einem bestimmten Zeitraum die im technischen Bericht angekündigten Maßnahmen, die letztendlich für die Bewilligung der Förderung ausschlaggebend waren, evaluiert.

Kritik an der Effektivität und Messbarkeit der Zielerreichung wurde auch im Rahmen der Evaluierung des Kapitels VIII Forstwirtschaft (EVALUIERUNGSBERICHT 2003) vom Evaluierungsleiter aufgrund der unzureichenden Dokumentation der Fördermaßnahmen für die zwischen 2000 und 2002 geförderten Projekte geübt.

In Ansätzen wird somit aufgezeigt, dass derartige Evaluierungssysteme erforderlich sind. Dieser Notwendigkeit ist man mit der Mid Term Evaluation (EVALUIERUNGSBERICHT 2003) im Zuge der Förderung zur Entwicklung des ländlichen Raums nach der Verordnung (EG)1257/1999 bereits nachgekommen.

Auf nationaler Ebene startete man zur Beurteilung der Wirksamkeit von forstlichen Erschließungsmaßnahmen eine Initiative in Anlehnung an die Verordnung (EG) 1257/1999, die gestützt auf den Ergebnissen des Forschungsprojektes ROADEVAL (STEINMÜLLER et al. 2003) die nationalen Evaluierungsergebnisse für Erschließungsmaßnahmen validieren sollten. Die dabei angesprochenen Kriterien nicht zufällig gewählter Forststraßen werden überwiegend im Sinne von Ja/Nein Beurteilungen bzw. auf nominalem bzw. ordinalem Skalenniveau erfasst. Kriterien, die sich kardinal messen lassen wurden zwar ebenso erhoben, allerdings erscheint neben einer deskriptiven Auswertung der Evaluierungsbögen keine komplexere statistische Auswertung geplant gewesen zu sein. Die hier angesprochenen Kriterien zeigen aber ganzheitlich auf, an welche Elemente in der Beurteilung von Forststraßen gedacht werden muss.

Die Schwierigkeit in einer vergleichenden Beurteilung von verschiedenen Projekten besteht aber darin, die relevanten Kriterien auf einige wenige Elemente zu verdichten, die sich dann aber auch kardinal erfassen lassen.

Ob letztendlich ein Modell vollständig abgebildet ist, hängt im Wesentlichen immer von dem Betrachtungsstandpunkt ab. Aus dem Fokus der vollkommenen ökonomischen Beurteilung stellt sich neben der tatsächlichen Wertschöpfung auch die Frage nach der Abbildung von positiven oder negativen externen Effekten. Bezogen auf die Inputs kann es wiederum durchaus als interessant betrachtet werden, den Co-finanzierten bzw. fremdfinanzierten Anteil dem selbstfinanzierten Anteil in der Performancebeurteilung separat gegenüberzustellen.

Oftmals werden Bedenken gegenüber Effizienzüberlegungen geübt, da davon ausgegangen werden kann, dass sich teure und aufwändigere Erschließungsprojekte nur dann umsetzen ließen, wenn die Maßnahmen mit einem entsprechenden Nutzen und der Umsetzung entsprechender Zielsetzungen konform gehen.

Diese rationalen Überlegungen werden aber von lokalen oder regionalen Meinungsbildungsprozessen oftmals überlagert und die Argumentationslinie, dass durch Unterlassung des Wegebbaus wirtschaftliche Einbußen zu verzeichnen seien, wird proklamiert, auch wenn dies aus ökonomischer Sicht unzulässig ist.

Denn genau dieser Effekt der Wirtschaftlichkeit eines Projektes unter Einbeziehung der verschiedenen Rahmenbedingungen sowie der Transaktionskosten⁸⁸ ist mit der Effizienzbeurteilung abzubilden. Wenn mit dem Forststraßenprojekt positive externe Effekte (Outputs)⁸⁹ verbunden sind, dann ist der Modellbildner gefordert, genau diese mit kardinal messbaren Indikatoren zu erfassen und entsprechend im Modell zu verankern.

88 Die Transaktionskosten entsprechen dem Aufwand, der an Behördenwegen, Gutachten, Verhandlungen und Projektierung bis zur Genehmigung des geförderten Forstwegebauprojekts erforderlich ist. Setzt man die Transaktionskosten in Bezug zur Weglänge, differieren diese oft beträchtlich. Insbesondere ist in diesem Zusammenhang die Diskussion in die Richtung zu führen, Mindestweglängen für geförderte Projekte vorzugeben, um einen großen Anteil dieser für die Behörde ineffizienten, kurzen Wegeprojekte zu vermeiden.

89 Waldbauliche Maßnahmen zum Schutz vor Naturgefahren, Besucherlenkung etc werden unter positiven externen Effekten subsumiert. Wie und ob in einem konkreten Anlassfall diese externen Effekte zu quantifizieren sind, ist gemeinsam mit den Referenten der Fachabteilungen zu diskutieren und entsprechende Ansätze zur Quantifizierung dieser Effekte sind auszuarbeiten.

Erst nach einer fundierten Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung sollte über weitere Konsequenzen diskutiert werden.

6.3 Maßnahmen zum Schutz vor Naturgefahren

Die Akteure sind sich durchaus der Brisanz des Themas Effizienzbeurteilung und Evaluierung von gesetzten Maßnahmen bewusst. Dem Thema gegenüber zeigen sich die Respondenten aufgeschlossen und kooperativ und sind darüber hinaus auf Basis des Wasserbauten-Förderungsgesetzes, das in seinen technischen Richtlinien die Durchführung einer Kosten Nutzen Analyse (KNU) einfordert, dazu angehalten, sich dieser Herausforderung zu stellen.

Die Kosten Nutzen Analyse an sich basiert auf den Erhebungsrichtlinien von 1979⁹⁰ und wird in drei Varianten in Abhängigkeit von der Bausumme in unterschiedlichem Detaillierungsgrad erhoben. Die Evaluierung der ermittelten Kosten und des zu erwartenden Nutzen erfolgt über die Revisionsabteilung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW).

Da man sich der Diskussion rund um die Evaluierung von Bauwerken und deren Effizienz nicht verwehren kann, wurde im Auftrag der Abteilung IV/5 des BMLFUW ein Projekt zur Überarbeitung der Erhebungsrichtlinien der KNU von 1979 und zur Generierung von Erweiterungsvorschlägen ins Leben gerufen, das am Institut für Alpine Naturgefahren (IAN) bearbeitet wurde. Unabhängig davon, aber denselben Themenkomplex betreffend, erfolgte eine Projektvergabe ebenfalls an das Institut für Alpine Naturgefahren (IAN) zur Evaluierung von spezifischen Bauwerken im Ereignisfall.

Die Initiierung dieser beiden Projekte signalisiert den Bedarfsfall, dass eine Notwendigkeit zur Generierung von Informationen zur Evaluierung von Maßnahmen der Wildbach und Lawinenverbauung besteht.

Da eine Effizienzbeurteilung von Maßnahmen unabhängig von der Methodenwahl zumindest gewisse strukturierte Eckdaten voraussetzt, wurde dieses qualitative Interview zur Ist-Erfassung dieser Eckdaten geführt mit dem Ziel, vorab abzuklären, ob die verfügbaren Fakten und die daraus ableitbare Information eine ausreichende Grundlage für eine nachvollziehbare Effizienzbeurteilung nach DEA liefern.

Interviewpartner: Projektmitarbeiter des Instituts für Alpine Naturgefahren (IAN) sowie Herr Dr. R. F. Miklau von der Abteilung IV/5 des BMLFUW .

6.3.1 Methodenanalyse: DEA versus Evaluierungsmethoden von WLV Projekten

Wildbäche, Lawinen, Steinschlag, Erosion

Bezug nehmend auf die Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 4. Dezember 1979 über den Aufgabenbereich der Dienststellen und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft in Angelegenheiten der Wildbach- und Lawinenverbauung, BGBl. Nr. 507/1979, auf der die in der Praxis angewandte Kosten-Nutzen Analyse aufbaut, werden hier Diskussionspunkte aufgeworfen, welche die Anwendbarkeit eines multikriteriellen Analyseverfahren zur Evaluierung von geplanten bzw. realisierten Projekten der WLV abwägen sollen.

⁹⁰ Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 4. Dezember 1979 über den Aufgabenbereich der Dienststellen und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft in Angelegenheiten der Wildbach- und Lawinenverbauung, BGBl. Nr. 507/1979

Die Evaluierung kann und muss anhand von ähnlich gelagerten Projekten mit vergleichbaren Verbauungsmaßnahmen erfolgen. Ziel muss es sein, ähnlich wie im Projekt vom Institut für Alpine Naturgefahren (IAN), die Bauwerke zu Clustern zusammenzufassen und Standardkriterien zu definieren, die im Wesentlichen die Basis für eine genormte Evaluierung darstellen sollen. Die Problematik in der Evaluierung liegt nicht nur in der Individualität der technischen und lokalen Besonderheiten, sondern vor allem in der quantitativen Erfassung des effektiven Nutzens einer Maßnahme.

Der Ansatz nach den Erweiterungsvorschlägen der Kosten – Nutzen – Analyse vom BMFLUW und dem Institut für Alpine Naturgefahren (IAN), die anfallenden Aufwendungen sowie den zu erwartenden Nutzen transparent abzubilden, tendiert von der Grundüberlegung her in dieselbe Richtung wie DEA. Eine Evaluierung von Projekten auf Basis der aggregierten Kosten und des aggregierten Nutzens stellt nichts anderes als einen EIN- Input und EIN- Output Fall von DEA dar.

Die beiden Ansätze unterscheiden sich im Wesentlichen in der Vergabe der Gewichte. Im Falle von DEA erfolgt die Gewichtung in Abhängigkeit der Input-Outputtransformationsprozesse der Vergleichsfälle (vgl. 3.7.1.1), die dabei als Restriktionsfälle auftreten. Wird die Datenbasis auf den Ein- Input und Ein- Output Fall eingeschränkt, werden sich die Ergebnisse nach der KNU und der DEA nicht unterscheiden.

Im Gegensatz zu DEA ist die Gewichtung bei der KNU ausschließlich auf den Gleichmacher „Geld“ beschränkt und hängt im Wesentlichen von der Schätzung des Ereignisfaktors und des Reduktionsfaktors ab. Auf diesen beiden Faktoren baut die situationsangepasste monetäre Schätzung des zu erwartenden Nutzens auf. Indem der Nutzen auf den Zeitpunkt der Errichtung diskontiert wird, lässt sich durch die Subtraktion der Errichtungskosten ein Kapitalwert ableiten (Kraus, 2002). Nach Ermittlung der Grenzverzinsung (Interne Verzinsung) könnte für alle Beobachtungen ein Ranking bzw. eine Effizienzbeurteilung erstellt werden.

Durch die Monetarisierung bzw. den direkten wertbasierten Ansatz wird das mengenbasierte bzw. natural-technische Modell übergangen. Durch den fehlenden natural-technischen Mengenbezug lässt sich der Grad der Ineffizienz nicht auf einen natural-technischen sowie einen monetären Bereich aufteilen.

Abgesehen von dem divergierenden methodischen Zugang sind aber beiden Ansätze damit konfrontiert, unter einem hohen Grad an Unsicherheit den zu erwartenden Nutzen nach einem nachvollziehbaren und standardisierten Ansatz abzuschätzen.

Das institutionalisierte Instrument der KNU zur Erbringung des per Verordnung geforderten Wirtschaftlichkeitsnachweises ist ein methodisch transparentes und nachvollziehbares Verfahren. Es birgt allerdings die Gefahr, dass durch die zu wählenden Ereignisfaktoren, das „Kosten-Nutzenverhältnis“ einer subjektiven Verzerrung unterliegen kann.

Im Falle von DEA ist es dagegen nicht unmittelbar bei der Erfassung der entsprechenden Input- und Outputvariablen möglich, auf einen bestimmten Effizienzwert zu schließen, wodurch subjektive Einflüsse besser vermieden werden können. Erst das Modellkonzept legt ja die physische und monetäre Input- und Outputkonstellation für die Auswertung fest. Dem steht der Nachteil gegenüber, dass die Analyseergebnisse nicht unmittelbar nachvollzogen werden können, wodurch die Transparenz und eventuell auch die Akzeptanz beeinträchtigt werden.

Andererseits gilt es aber anzumerken, dass im Hinblick auf die KNU für den Einzelfall eine sehr detaillierte und sorgfältige Erhebung des zu erwartenden Nutzens für den Ereignisfall erfolgt. Trotz der Detailliertheit und der Transparenz der Erhebung wird es sich als aber schwierig gestalten, einen vergleichbaren Einzelfall für die Evaluierung des abgeleiteten Kapitalwerts zu finden. Vor allem liegt die Schwierigkeit in der Ableitung eines Kapitalwerts in der Festlegung des Kalkulationszinsfußes, wovon der Kapitalwert letztendlich massiv abhängt.

Damit stellt sich auch die Frage ob die KNU, so wie sie bisher verwendet wird, als ökonomisches Entscheidungsmodell für die Realisierung von WLV Projekten zum Einsatz kommt oder begleitend im Zuge der Projektrealisierung mitgeführt wird.

Infolge der umweltbedingten Rahmenbedingungen und der volkswirtschaftlichen Effekte von Projekten der WLV, sind zahlreiche Restriktionen im Modell zu berücksichtigen, deren Einbindung vor allem vom Anwendungsfall und der Datenverfügbarkeit abhängen wird. Gerade im Bereich der relativen Vergleichbarkeit von Bauwerken zum Schutz vor Elementargefahren, sind in einer quantitativen Beurteilung des Mitteleinsatzes im Verhältnis zur erwarteten Schutzwirkung insbesondere die komplexen Zusammenhänge innerhalb des Einzugsgebietes, die zum Ereignis führen, als Grenzen des Optimierbaren zu betrachten.

Unter diesen Voraussetzungen könnte die Abänderung des Beurteilungsmodells im Vergleich zur KNU Analyse bei der entsprechenden Verfügbarkeit von Einflussgrößen möglicherweise zu einem differenzierten Wirtschaftlichkeitsergebnis bei relativer Betrachtung der quantifizierbaren Elemente führen, jedoch ist mit einem noch so ausgeklügelten ökonomischen Modell noch nicht der volkswirtschaftliche Beweis angetreten, ob der Verbauungsaufwand im Verhältnis zum Gefahrenpotenzial des Einzugsgebietes gerechtfertigt ist oder nicht.

Aus dieser praktischen Überlegung heraus gilt es zu hinterfragen, ob die theoretische Möglichkeit, die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung des einzelnen Verbauungsobjekts zu verbessern, in einer vertretbaren Relation zum volkswirtschaftlichen Aufwand beziehungsweise auch zum volkswirtschaftlichen Nutzen steht.

Durch das Lenken der Diskussion auf die volkswirtschaftlichen Bedeutung und die nicht kontrollierbaren Einflüsse im Einzugsgebiet wurde ganz klar signalisiert, dass an der etablierte Methode der KNU für die Evaluierung der Wirtschaftlichkeit dezidiert festgehalten wird und man auf das in der Praxis über Jahre erprobte System vertraut.

In der Folge sind die Kommentare der Interviewten, soweit diese den einzelnen Punkten der Checkliste zuzuordnen waren, dokumentiert und um Erkenntnisse aus der Literatur ergänzt. Trotz der sehr klaren Hinweise, DEA nur als theoretisches Konzept zu betrachten, das sich keinesfalls neben der KNU etablieren kann, war man bemüht, sich für diesen alternativen Ansatz konstruktiv einzubringen.

A Welcher potenzielle Verwendungsbedarf von Effizienzinformationen besteht im Zusammenhang mit der Evaluierung von Maßnahmen der WLV?

Der Bedarfsfall, ein standardisiertes System zur Effizienzbeurteilung nach einheitlichen Kriterien zu institutionalisieren, wird zweifelsfrei durch das bisher angewandte Verfahren der KNU zur Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsbeurteilung von Verbauungsprojekten bestätigt.

Obwohl an dem etablierten Verfahren der KNU festgehalten wird, scheint die Nachvollziehbarkeit und die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit durch Dritte aufgrund

der subjektiven Einschätzungen der Gutachter nicht in allen Fällen gegeben zu sein. Zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Verbauungsobjekten gegen Elementargefahren wird die KNU dennoch als das adäquate und praxiserprobte Instrumentarium bezeichnet, das nicht nur zur Erbringung der per Verordnung im BGBL und im Forstgesetz geforderten Wirtschaftlichkeitsbeurteilung dient, sondern auch in der Literatur (MANIAK 2001) als ein erfolgreiches und angemessenes Instrument propagiert wird.

Im Errichtungsfall von Schutzobjekten der WLV besteht aus Sicht der Befragten eine Tendenz, die Verbauungsmaßnahmen zwar in Abhängigkeit des Bedarfsfalls zu dimensionieren, aber sektionsweise bzw. bundesländerweise immer einen bestimmten Verbauungstypus zu präferieren, unabhängig davon, ob ein anderer Typus dasselbe Schutzziel bzw. Funktionsziel für weniger Geld erfüllt hätte.

Infolge der zu erwartenden gut dokumentierten Datengrundlage erscheint eine Potenzialabschätzung, ob der Einsatz von DEA machbar wäre, als durchaus sinnvoll. Mit der DEA Analyse wird aber nicht nur die Ableitung von Effizienzwerten und eines Performancerankings angedacht, sondern darauf aufbauend könnte auch ein Planungstool aufgesetzt werden, das bereits im Vorfeld Planungsprojekte in Relation zu bereits abgeschlossenen Projekten evaluieren könnte.

B Welche Befundeinheiten (potenzielle DMUs) erachten Sie primär für die Evaluierung von Maßnahmen der WLV als bedeutsam?

Die Diskussion rund um die homogene Strukturierung genehmigter Projekte, die als DMUs betrachtet werden, gestaltet sich als schwierig. Trotz umfangreicher Diskussion mit den Befragten konnte kein eindeutiger Konsens über die zu präferierenden Annahmen gefunden werden. Im Prinzip konnte man sich darauf einigen, die Charakterisierung homogener Rahmenbedingungen, die als Basis für eine Clusterbildung nach nachvollziehbaren Kriterien herangezogen werden könnten, auf folgende zwei Optionen einzuschränken:

- 1) Projekte mit Maßnahmenketten bzw.
- 2) Projekte die infolge gleichartiger Prozesse ähnliche Maßnahmen setzen

Ausschlaggebend für die ausführliche Diskussion rund um die Homogenisierung von Projekten waren interessante Diskussionsbeiträge, welche die Rahmenbedingungen, unter denen Projektierungen erfolgen, umrissen. Demzufolge seien nicht einmal gleiche Verbauungstypen aufgrund von unterschiedlichen Projektierungsannahmen oder unterschiedlichen Zusatzmaßnahmen sowie zusätzlich erforderlichen Bauwerken in der Maßnahmenkette aber auch infolge von differenzierten, nachgelagerten Instandhaltungsarbeiten nicht miteinander vergleichbar.

Die Befragten vermuten allerdings auch, dass die Diskussion rund um das Definieren einer Befundeinheit und die Strukturierung der Bautypen nach Clustern zu Zwecken der Evaluierung und Effizienzbestimmung, infolge der nicht abschätzbaren komplexen Zusammenhänge im Einzugsgebiet, schwierig zu führen ist und nicht immer die erforderliche Akzeptanz erreichen kann.

C Lassen sich die unter B genannten Befundeinheiten nach klassifikatorischen Merkmalen eindeutig abgrenzen und zu Zwecken der Objektivierung zu homogenen Gruppen zusammenfassen?

Nachdem die Diskussion rund um das Finden von einigermaßen stabilen Befundeinheiten nicht zu einem akzeptablen Ergebnis geführt hat und letztendlich offen blieb, ob derartige Befundeinheiten mit einem vertretbaren Aufwand und der entsprechenden Akzeptanz der Akteure definierbar sind, blieb die hier zur Diskussion gestellte Frage außen vor.

D Wie lange zurückreichend ist von weitgehend einheitlichen Bedingungen für eine objektive Effizienzbeurteilung homogener Befundeinheiten auszugehen und in welcher Form sind die Datensätze verfügbar?

Auch diese Detailfrage konnte in Abhängigkeit der noch nicht definierten Befundeinheit nicht näher erarbeitet werden und bleibt somit vorerst noch unbehandelt.

E Mit welcher Zahl an Fällen (DMUs) ist je Beurteilungszeitraum insgesamt bzw. je homogener Gruppe zu rechnen?

Grundsätzlich waren die Gebietsbauleitungen auch in der Vergangenheit dazu angehalten, gemäß der Verordnung von 1979 entsprechende Aufzeichnungen für die Projektierung von Verbauungsmaßnahmen zu führen bzw. auch im Ereignisfall objektspezifisch zu dokumentieren.

Wird aber als Voraussetzung angenommen, dass die zu evaluierenden Bauwerke zumindest einmal von einem Bemessungsereignis beaufschlagt wurden, um die Effektivität der Schutzfunktion gemessen am Ereignis zu evaluieren, ist die Zahl der verfügbaren Fälle deutlich geringer und liegt dann mit hoher Wahrscheinlichkeit unter der geforderten Anzahl von 10 Mal so vielen Fällen wie untersuchten Variablen.

Wird davon abgesehen, den Ereignisfall einzubeziehen, und verwendet man in der Evaluierung stattdessen, so wie auch in der KNU praktiziert, den zu erwartenden Nutzen als Outputgröße, müssten demzufolge aber genügend Fälle verfügbar sein.

F Gliederung in Inputs und Outputs (Aufwand/zu erwartender Nutzen)

A priori angenommene Inputs:

Errichtungsbedingte physische Größen und Faktorkosten

Instandhaltungsbedingte physische Größen und Funktionserhaltungskosten

Transaktionskosten (Projektierung, Zeitaufwand für Behördenwege, Gutachten)

A priori angenommene Outputs (zu erwartender Nutzen)

Definition des zu erwartenden Nutzens, der quantitativ dokumentiert werden soll

- Schutz von gefährdeten Objekten in Anlehnung an die Richtlinien der KNU
- Schutz von unterliegenden Flächen in Anlehnung an die Richtlinien der KNU
- Schutz von Versorgungsadern (Verkehr, Energie, Wasser, etc.)
- Auswirkungen auf die Wertschöpfung infolge der relativen Steigerung der Bevölkerung bzw. der Touristenzahlen

Die Diskussion rund um die Implementierung von natural-technischen Größen zur Dokumentation des Nutzens wurde grundsätzlich nicht als nicht durchführbar erachtet. Es wurden nur Zweifel gegenüber der Praktikabilität und der Datenqualität aus der Sicht der Verantwortlichen geäußert. Denn auch wenn die Projektierungen auf Messerhebungen basieren, so ist deren Genauigkeit aufgrund der Geländetypologie mit einer gewissen Unschärfe behaftet.

Unabhängig von der Umsetzungsdiskussion stellt aber die Verfügbarkeit von relevanten Input- und Outputdaten und deren Genauigkeit aus Sicht der Befragten eine Einschränkung in der Methodenanwendung dar. Wie bereits angekündigt erfolgt die Projektierung von Bauvorhaben der WLV zwar basierend auf dem letzten Stand der Messtechnik, manche Eingangsparameter werden aber weiterhin nach empirischen Schätzverfahren im Zuge der Begehung erfasst.

Damit ist man mit dem Problem konfrontiert, dass man auch dann, wenn die relevanten Input- und Outputgrößen entsprechend vorliegen, mit einer Datengrundlage rechnen muss, die Mess- und Schätzunschärfen enthält. Da diese zufälligen Effekte von DEA nicht wie bei statistischen Verfahren absorbiert werden, können diese Abweichungen zu einer Beeinflussung der Effizienzhülle führen, was wiederum Auswirkungen auf die Effizienzwerte der Beobachtungen hat.

Damit muss festgehalten werden, dass die Ineffizienz bezüglich des technischen Transformationsprozess von Input- in Outputfaktoren nicht unwesentlich von den Messungenauigkeiten und den Datenfehlern der erfassten Kriterien abhängt.

G Input - Aktivitäten

Fließgeschwindigkeit im Ereignisfall, durchschnittliches Gefälle, Einzugsgebiet etc., (nicht kontrollierbare physische Größe, die den unkontrollierbaren Rahmen des Ereignisses repräsentieren) Zeit für die Projektierung, m³ Beton, Tonnen Stahl, Tonnen Steinschlichtungen, Maschinenstunden, Arbeitsstunden, Kosten für Gutachten, Bewilligungen, Zeitaufwand für Behördenwege (Transaktionskosten) etc.

Für die Betrachtung der Inputs ist die Frage nach der Differenzierung inklusive oder exklusive der Interessentenbeiträge aufzuwerfen. (Aus Sicht der Gesamteffizienz des Projektes müssten der Gesamtnutzen und die gesamten Inputfaktoren betrachtet werden, wobei für die öffentliche Hand unter Umständen primär die budgetwirksamen Inputs und die entsprechenden anteiligen Outputs bzw. alternativ dazu die wohlfahrtsökonomische Gesamtbetrachtung von Relevanz sind).

H Output - Aktivitäten:

gefährdete Objekte: Erfassung nach der Anzahl, oder den geschätzten Verkehrswerten

(Die Maßnahmen der WLV sollten aber nicht dazu „verleiten“, den Verkehrswert durch das Setzen einer Maßnahme aufzuwerten.)

unterliegende Fläche: Hektar der betroffenen Fläche, Bewertung wie in KNU dokumentiert;

Betroffene Versorgungseinrichtung: Gesamtzahl der betroffenen Bevölkerung in dem betroffenen lokalen Bereich

Veränderung der Wertschöpfung: Anzahl von Touristen und von Beschäftigten in dem betroffenen lokalen Bereich

In den KNU Ansätzen wurden bisher Ansätze vermieden, den zu erwartenden Nutzen hinsichtlich der zu schützenden Bevölkerung und der betroffenen Wertschöpfungskette einer lokalen Region mit einzubeziehen. Aus Gründen der Pietät hat man bisher davon abgesehen dieses „heikle“ Thema in ein Evaluierungssystem von Maßnahmen der WLV zu integrieren.

Diese hier in Anlehnung an die KNU angedachten Parameter, sollen nur versinnbildlichen, welche Varianten von Parametern für eine DEA Studie verwendet werden könnten. Mit dem DEA Ansatz wird versucht, in einem holistischen Ansatz basierend auf Input- und Outputfaktoren einen multikriteriellen Vergleich mit anderen Beobachtungen durchzuführen. Gegenüber der KNU sind mit der DEA Analyse detailliertere Aussagen erzielbar. Dennoch muss aber bedacht werden, dass die Qualität der Analyse von den durchgeführten Pre-Studies und von der Anzahl von Vergleichsfällen abhängt.

I Welche Aggregationen von Inputfaktoren bzw. Outputs ließen sich generieren, um der Modellprämisse, möglichst wenige und unabhängige Variablen in das Modell zu implementieren, gerecht zu werden?

Nachdem, wie unter „F“ dokumentiert, die erhobenen Daten mit einer gewissen Schwankungsbreite behaftet sind, gilt es abzuklären, ob und wie man sinnvoll und praktikabel alternative Ersatzkriterien bestimmen und zu Aggregaten zusammenfassen könnte, ohne dadurch Informationsverluste und Nachteile zu Lasten der Vollständigkeit des Modells hinnehmen zu müssen.

Auch wenn das Aufbrechen von traditionell gewachsenen Strukturen zur Implementierung neuer Ansätze und der daran geknüpfte Überzeugungsprozess gelingen sollten, ist man in der praktischen Realisierung mit dem Engpass der Ressourcenausstattung der Gebietsbauleitungen konfrontiert. Denn ohne zusätzliches Personal und technische Mittel lässt sich eine detailliertere Datenerhebung zur Umsetzung neuer Ansätze neben dem konventionellen Tagesgeschäft wohl nicht durchführen.

J Welche Indikatoren zur Berücksichtigung von Umwelteinflüssen könnte man aus einem Set verfügbarer quantitativ messbarer Größen heranziehen?

Die einzelnen Verbauungsprojekte und die Art der Durchführung hängen stark von der Komplexität des Einzugsgebietes ab. Die Abhängigkeit des Gefahrenpotenzials von der Geologie, den Starkniederschlagsereignissen, dem Relief und der Topografie, dem Oberflächenabfluss und dem Bewuchs sowie deren komplexes Zusammenwirken, lässt sich nur schwer über kardinal erfassbaren Indikatoren dokumentieren.

K Welche Einflussparameter, die bisher bereits genannt wurden oder die Sie sich noch vorstellen könnten, würden Sie als unbeeinflussbar einschätzen?

Bei den Einflussparametern im Einzugsgebiet, mit denen sich die WLV auseinander zu setzen hat, handelt es sich zum Großteil um unkontrollierbare Größen, die aber auch gleichzeitig umweltbeeinflussende Variablen darstellen. In der Diskussion mit den Befragten konnte man für diese beiden Kategorien nicht ad hoc eine Größe konkret festmachen, die den entsprechenden Einfluss auf bauliche Maßnahmen hätte und außerdem noch kardinal erfassbar wäre.

L Ließen sich aus ihrer Sicht vorweg bereits unerwünschte Outputeffekte, die beispielsweise das Landschaftsbild oder die ökologischen Verhältnisse betreffen, für Maßnahmen der WLV festmachen?

Mit der Errichtung von Bauwerken der WLV sind auch unerwünschte Effekte verbunden. Durch Wildbachsperrungen lässt sich die Beeinflussung der Gewässerdurchgängigkeit nicht vermeiden. Neben der ökologischen Beeinträchtigung könnte aber auch eine ästhetische Beeinträchtigung des Landschaftsbildes als unerwünschter Output geltend gemacht werden.

M Können Sie für die besprochenen und relevanten Input- und Outputkriterien feststellen, ob für diese beliebige Teilbarkeit oder Kombinier- bzw. Substituierbarkeit zutrifft oder ob manche dieser Faktoren als limitationale Inputs oder Outputs einzuschätzen sind.

N Charakteristik der Input – Output Transformationen?

Aufgrund der komplexen Diskussion rund um die Definition von Befundeinheiten und die Plausibilität möglicher Inputs und Outputs, blieb die Diskussion über die produktionstechnischen Zusammenhänge und die skalenbedingten Effekte außen vor.

O Erscheint es Ihnen politisch als administrierbar, objektiviert ermittelte, allerdings ausschließlich auf messbare Kriterien abgestimmte, hoch aggregierte Kennzahlen als Gradmesser zur Evaluierung von Maßnahmen der WLV zu implementieren?

Aufgrund des Gesprächs und der Erfahrung der Interviewpartner erscheint die Implementierung von alternativen Ansätzen zur Evaluierung von baulichen Maßnahmen der WLV als interessantes theoretisches Konstrukt. Das Andenken eines alternativen Verfahrens zum institutionalisierten Konzept der KNU ist jedoch in diesem traditionellen Umfeld infolge von formalen Rahmenbedingungen, die an die KNUs geknüpft sind, schwierig.

Die Berücksichtigung von physischen Größen in Kombination mit monetären Größen, die in Anlehnung an die Erhebungspraxis der KNU ermittelt werden, wurde grundsätzlich als nicht unpraktikabel erachtet. Dass aber die Vergabe der Gewichte modellintern über einen LP Algorithmus passiert und von außen nicht beeinflussbar ist, macht die Methodik zu einer dubiosen „Black Box“. Daneben wird es außerdem noch schwierig sein, eine ausreichende Anzahl an homogenen Fällen bereitzustellen, deren Einteilung auch eine entsprechende Akzeptanz unter den Vertretern der Gebietsbauleitung zu erzielen hat.

Zurzeit steht man außerdem noch einem entsprechenden Datendefizit, was vor allem die Verfügbarkeit von Daten betrifft, gegenüber. Voraussichtlich lässt sich dieser Mangel erst 2012 mit der österreichweiten Verfügbarkeit der digitalen Daten des Wildbach- und Lawinenkatasters beheben.

Zumindest konnte aus den Interviews abgeleitet werden, dass detaillierte Projektaufzeichnungen aus den Gebietsbauleitungen in der zukünftig verfügbaren Datenbank des Wildbach- und Lawinenkatasters aufgenommen sein werden. Durch die standardisierte Dokumentation dieser Projektdaten wird in Zukunft der Zugriff auf entsprechendes Datenmaterial zum Austesten alternativer Methodenkonzepte einfacher möglich sein.

6.3.2 Gegenüberstellung der Anforderungen von KNU und DEA

Mehrmals wurde zu den Punkten im Interviewleitfaden eine Gegenüberstellung der KNU zur DEA thematisiert. In einer komprimierten Übersicht wird nachfolgend versucht, die Kernelemente und die Stärken und Schwächen der einzelnen Verfahren objektiv in einer Tabelle gegenüberzustellen.

Welches Verfahren letztendlich zur Anwendung kommt, hängt im Wesentlichen von der Zielsetzung, die mit der Evaluierung verfolgt wird, ab. Soll das Evaluierungsergebnis die Basis für die Realisierung und den damit primär verbundenen ökonomischen bzw. Optimierungsüberlegungen sein, wird man sich ein komplexeres Verfahren zurechtlegen müssen, als wenn zur Erfüllung einer formalen Bedingung eine projektbezogene Wirtschaftlichkeitsbeurteilung zu erfolgen hat.

	KNU	DEA
Ziel	Kosten/Nutzen Ansatz	Relativer Effizienzwert; Target-Values
Objekt	Das singuläre WLW-Projekt	Homogene Gruppe von Beobachtungen
Variable	Monetarisierter Größen, die aus dem Projektaufwand und dem zu erwartenden Nutzen resultieren und zu einer Kosten und einer Ertragsgröße aggregiert werden.	natural-technische und monetäre Kriterien der homogenen Befundeinheiten (DMUs)
Gewichtung	erfolgt in Abhängigkeit des eingeschätzten Ereignis- und Reduktions-faktors	Wird endogen über einen LP Algorithmus vergeben und hängt von den als Restriktionen fungierenden Beobachtungen ab.
Stärken	Einfach, praxiserprobt; rasch durchführbar; überblickbarer Aufwand für die Datenakquirierung; Erhebung des zu erwartenden Nutzens erfolgt in detaillierter Form, auf das Einzelprojekt anwendbar	Informationsgehalt (relative Effizienzwert und die Target Values) durch den relativen Vergleich mit den einzelnen Beobachtung; die Einflussgrößen können in jeglicher Dimension im Projekt berücksichtigt werden; objektive Beurteilung über standardisierten LP Ansatz; unterschiedliche Effizienzmaße; Skaleneffekte werden berücksichtigt; keine Produktionsfunktion ist erforderlich;
Schwächen	subjektive Orientierung, vom Gutachter beeinflussbar, die Monetarisierung aller Güter ist erforderlich, Informationsgehalt, die Vergleichbarkeit und die Nachvollziehbarkeit der Resultate ist nicht immer gegeben,	höherer Aufwand für die Datenakquirierung; Eine Mindestzahl an vergleichbaren Beobachtung muss verfügbar sein; Homogenisierung der Fälle; die Erfüllung der Rahmenbedingungen von DEA; Know-How für die Ergebnisanalyse; kostenaufwändige Softwareanschaffung; die Transparenz der vergebenen Gewichte leidet unter dem LP Ansatz;
Evaluierung	Der unmittelbare Vergleich mit anderen Projekten über das Verhältnis der diskontierten Kosten und Erträge basiert auf der höchst aggregierten Stufe.	Der relative Vergleich basiert auf dem Best-Practice bzw. Benchmarkansatz. Es werden nur Einheiten mit ähnlichen Input-Outputniveaus miteinander verglichen.

Tabelle 67: Gegenüberstellung der beiden Evaluierungsverfahren KNU und DEA

6.4 Sanierung von gefährdeten Schutzwaldflächen

Die flächenwirtschaftlichen Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung von Schutzwaldflächen fallen in die Kompetenz und Verwaltung der Länder. Sowohl die Sanierungsprojekte als auch deren Evaluierung werden auf Länderebene in Datenbanksystemen verwaltet. In der Umsetzung und Dokumentation dieser Projekte sind jene Länder führend, die auch maßgeblich von derartigen Fällen betroffen sind.

Interviewpartner: Dipl. Ing. Fritz Singer, BMLFUW

A) Anlassfall: Auszüge aus dem Tiroler Waldbericht 2004

Die Sicherstellung der weiteren Projektumsetzung bei rückläufiger Mitteldotierung erfordert bereits ab 2004 eine Anpassung der angebotenen Förderinstrumente. Im Wirtschaftswald werden bis auf weiteres stark eingeschränkte Mittel u.a. nur für die Bestandespflege zur Verfügung gestellt. Im Schutzwald wird durch Einsparungen im Wegebau (reduzierter Fördersatz) sowie überarbeitete Richtlinien im Rahmen der Verjüngungseinleitung der Fördermitteleinsatz reduziert.

Die Neugenehmigung mehrjähriger Projekte erfolgt sehr restriktiv nach Prioritätenreihung und Sicherstellung der Finanzierung. Insgesamt werden bis 2007 alle mehrjährigen Schutzwaldprojekte auf deren Schutzerfüllungsgrad zur Lebensraumsicherung überprüft und bei Bedarf auf vordringliche Flächen angepasst.

2003 wurden laut Tiroler Waldbericht insgesamt 28 mehrjährige Projekte durch begleitendes Controlling hinsichtlich ihrer Zielerreichung und der Effizienz des Mitteleinsatzes überprüft. Die Intensivierung der Verjüngungseinleitung, kleinflächige Nutzungsansätze und vermehrte Mischbaumartenverjüngung stellten dabei die vordergründig anzustrebenden Ziele dar (TIROLER WALDBERICHT 2004).

Mit dem hier dokumentierten Auszug aus dem Tiroler Waldbericht 2004 bekennt man sich länderspezifisch dazu, den Einsatz von Fördermitteln anhand der durchgeführten Maßnahmen und deren Auswirkung auf die Zielsetzungen mit begleitenden Controllingmaßnahmen zu evaluieren.

B) Definition der Befundeinheit

Als elementare Einheiten sind die Detailprojekte an sich auszuweisen. Obwohl die Projekte sehr individuell gestaltet sind, erfolgt die Projektabwicklung aber nach vergleichbaren Schemata, um auch nach außen transparent zu sein. Mit der Dokumentation der wichtigsten Meilensteine, Projektrahmen, – nachvollziehbarer Zeitplan, Arbeitsplan, Projektbegleitung und Projektprüfung – versucht man dieser Forderung nachzukommen.

Damit es allerdings zu einem Projekt kommt, muss von Seiten der Behörde ein entsprechender Mangel aufgezeigt werden. Im Regelfall werden bereits im Waldentwicklungsplan (WEP) über die Rangordnung von Maßnahmen Hinweise auf ein mögliches Gefahrenpotenzial gegeben. Auch wenn der WEP nicht parzellenscharf erhoben wird, wird damit trotzdem die Grundinformation bereitgestellt, mit der die Bereiche, in denen Maßnahmen gesetzt werden sollten, eingeschränkt werden können. In diesen lokalen Gebieten sind im Anlassfall, falls extreme Mängel der Waldstruktur nachgewiesen werden können, Projektgebiete im Detail von der Behörde (BFI oder LFD) separat auszuweisen.

Zur Ausscheidung eines Detailprojektgebiets und zur Umsetzung technischer Maßnahmen muss der Grund für die Beeinträchtigung ausgemacht werden. Dazu

sind die Einschätzung und die Taxation des Gefahrenbereichs erforderlich. Aber nur wenn die Taxatoren geschult und an standardisierten Probeflächen geeicht wurden, kann von einheitlicheren Beurteilungen, unabhängig von der Person des Taxators, ausgegangen werden.

C) Abgrenzbarkeit der Einheiten und Bildung von Clustern

Um die Projektfälle einigermaßen nachvollziehbar einem homogenen Cluster zuteilen, erscheint es sinnvoll, die Einteilung nach den Funktionsflächen des WEP heranzuziehen. Mit der Ausscheidung der Funktionsflächen erfolgen eine tendenzielle Abschätzung des Waldzustands österreichweit sowie die Kategorisierung der Funktionsfläche entsprechend den Richtlinien des WEP. Die Clusterung der Projektfälle in Anlehnung der Funktionsflächen des WEP scheint insofern als sinnvolle Variante, als der WEP die Waldfunktionen nach eindeutigen Kategorien und nach klaren Richtlinien, die saubere und nachvollziehbare Kriterien enthalten, definiert. Nachdem der WEP in Zukunft österreichweit digital zur Verfügung stehen wird, wird auch die Verschneidung von Datenbankinformationen und Geodaten zur Kategorisierung der Projektfälle relativ einfach und rasch durchführbar sein.

Es darf dabei aber nicht außer Acht gelassen werden, dass der WEP als institutionalisiertes Instrument für den Vollzug des Forstgesetzes und die politischen Administration eingesetzt wird, der den Waldfunktionen eine Rangordnung gemäß der Dringlichkeit von Maßnahmen zuweist. Der Nutzen des WEP liegt ausschließlich darin, die Funktionalitäten des Waldes nachhaltig zu sichern und aufrecht zu erhalten und kann daher nur als Informationsbasis für Detailprojekte dienen.

Nachdem der WEP die Maßnahmen auf den Funktionsflächen nach Dringlichkeitsstufen in Abhängigkeit von Risikoklassen reiht, könnte auch eine risikoabhängige Strukturierung der Sanierungsprojekte vorgenommen werden. In Abhängigkeit von der unmittelbaren Gefährdung von Menschenleben und von zu schützenden Realgütern, könnte eine Clusterbildung nach den Risikoklassen auf den österreichweit 160.000 Hektar sanierungsbedürftigen Schutzwald, gemäß der festgelegten Rangfolge, erfolgen.

Eine Alternative zur homogenen Strukturierung nach dem WEP wäre eine Differenzierung nach der formalen Zuordenbarkeit des Sanierungsprojektes zu einem Objektschutzwald- oder einem Standortsschutzwaldgebiet.

Dabei stellen aber die formalen Rahmenbedingungen eine entscheidende Einschränkung für eine objektive Begutachtung dar. Denn aus politischen und finanztechnischen Gründen vermeiden es lokal und regional ansässige Interessensvertreter sowie die politisch Verantwortlichen, Objektschutzwälder auszuscheiden.

Und auch von Seiten der Behörde sollten nicht zu viele Flächen als Objektschutzwälder ausgewiesen werden. Der damit verbundene Aufwand ist im Gegensatz zum Standortsschutzwald vergleichsweise hoch. Die Behörde muss aktiv werden und per Bescheid eine Objektschutzwirkung bescheinigen.

Letztendlich sind es aber auch die rechtlichen Folgen für die Behörden, die es kritisch zu hinterfragen gilt. Bei Objektschutzwäldern nach § 21 (2) FG 1975 Nov. 2002 handelt es sich um Wälder, die Menschen, menschliche Siedlungen oder Anlagen oder kultivierten Boden insbesondere vor Elementargefahren oder

schädigenden Umwelteinflüssen schützen und die eine besondere Behandlung zur Erreichung und Sicherung ihrer Schutzwirkung oder Wohlfahrtswirkung erfordern. Tritt ein Schaden ein, nachdem bereits ein Objektschutzwald per Bescheid festgestellt wurde, könnte im Falle einer Klage ein Amtshaftungsverfahren gegen den behördlichen Amtssachverständigen eingeleitet werden.

Daher werden keine Objektschutzwälder bescheidmäßig festgestellt, sondern allgemein nur noch Wälder mit Objektschutzwirkung ausgeschieden, da dieser juristisch offene Begriff die rechtliche Brisanz für die Amtssachverständigen einigermaßen abschwächt.

Neben den behördenrechtlichen Besonderheiten wird aber auch mittelfristig die geplante Übertragung der finanziellen Verantwortung auf den Begünstigten, der für die Maßnahmen zur Verbesserung der Schutzwirkung aufzukommen hat, einen Einschränkungsgrund für die Ausweisung darstellen.

Standortsschutzwälder nach § 21, Abs. 1 FG Nov. 2002 charakterisieren sich hingegen durch Wälder, deren Standort durch die abtragenden Kräfte von Wind, Wasser oder Schwerkraft gefährdet sind und die eine besondere Behandlung zum Schutz des Bodens und des Bewuchses sowie zur Sicherung der Wiederbewaldung erfordern.

Alle weiteren Punkte, die dem Checkbaum des standardisierten Interviews folgen würden, konnten von Dipl. Ing. Fritz Singer nicht konkret beantwortet werden, da er im BMLFUW nur für die Entwicklung der WEP Richtlinien zuständig ist und die Umsetzung von Sanierungsprojekten im Detail in die Kompetenz der Länder fällt.

Diskussion – Sanierung von gefährdeten Schutzwaldflächen

Wird ein massiver Mangel in der Struktur der Schutzwaldausstattung festgestellt und ist die Behörde (BFI, LFD) aktiv geworden, sollte zur konstruktiven Behebung der Mängel mit dem FTD der WLV zusammengearbeitet werden oder zumindest alternativ dazu die Angelegenheit an einen politischen Mandatar herangetragen werden.

Tatsache bleibt dabei, dass im Falle einer Gefährdung von Realgütern, die eine Errichtung von Schutzobjekten bzw. die Durchführung von flächenwirtschaftlichen Maßnahmen erforderlich machen, aus der Bevölkerung immer der Ruf nach dem Staat laut wird.

Die Umsetzung von Detailprojekten zur Sanierung von Schutzwaldflächen unabhängig davon, ob diese in Flächen von Objekt- oder Standortsschutzwäldern zu liegen kommen, hängt ganz wesentlich von der allgemeinen Einstellung und der politischen Bereitschaft ab. Insbesondere muss dabei bei den Akteuren innerhalb der politischen Arena, den Interessensvertretern, den Eigentümern, der Bevölkerung sowie den lokalen und regionalen Behörden, eine entsprechende Motivation und Akzeptanz für die geplanten Maßnahmen zur Projektumsetzung vorhanden sein. Nur auf diesem Weg lässt sich eine Aufklärungskampagne zur Vermeidung von Interessenskonflikten innerhalb der Bevölkerung erfolgreich realisieren, die einen Verzicht auf uneingeschränkte Erholungsbereiche sowie einen Verzicht auf die Erholung in der Nähe von Wildschutzzonen kolportiert.

Wird aber infolge der festgestellten Mängel in der Schutzwaldstruktur ein Detailprojekt realisiert und führt dies gegebenenfalls zur Ausscheidung eines Objektschutzwaldes per Bescheid, sollte in einem derartigen Feststellungsverfahren aber auch die Eigentümersicht berücksichtigt werden. Entstehen dem Eigentümer dadurch nämlich Belastungen, die das Eigentumsrecht sowie die freie Bewirtschaftungsform massiv

einschränken, ohne einen angemessenen Kostenersatz zu erhalten, ist damit zu rechnen, dass die Grundeigentümer resigniert und darauf verzichtet, Grund und Boden zu bewirtschaften.

Damit müsste man nämlich in Kauf nehmen, dass fortan die Leistungen der Eigentümer bzw. Besitzer von Seiten der öffentlichen Hand bereitzustellen sind. Denn um die Tatsache, dass eine gezielte Flächenbewirtschaftung die Schutzwirkung des Waldes bestmöglich gewährleistet, kommt man nicht herum. Aus haushaltstechnischer Sicht wird es aber wohl nicht möglich sein, die Kosten für flächenwirtschaftliche Maßnahmen in Kauf zu nehmen. Eine Nichtbewirtschaftung würde dann aber in der Folge ein noch höheres Schadrisiko bergen.

Für die Realisierung von Sanierungsprojekten besteht grundsätzlich die Bereitschaft, mit den verfügbaren Ressourcen effizient umzugehen und Methoden anzuwenden, die eine effektive Umsetzung der Zielsetzungen gewährleisten. Die Wirtschaftlichkeit von Projekten gerät vor allem aber dann aus den Fugen, wenn beispielsweise politische Interessen gegenüber Wirtschaftlichkeitsüberlegungen geltend gemacht werden, oder es zu einer Vermischung von öffentlichen und privatem Interesse kommt bzw. was auch vorkommen kann, dass hoch qualifizierte Arbeiter aus sozialen Gründen Hilfsarbeiterdienste zu leisten haben.

Langfristig betrachtet muss es dem WEP gelingen den Verantwortlichen klar zu machen, dass eine Präventionsstrategie sinnvoller wäre als die Reaktionsstrategie. Gemäß einer Faustformel nach Pitterle (1993) verursacht das Zuwarten bei anstehenden Präventionsmaßnahmen von 10 bzw. 20 oder auch 30 Jahren eine Vervielfachung der Präventionskosten auf das zwei, zehn bzw. hundertfache Ausmaß. Für das frühzeitige Erkennen, dass Gefahr in Verzug ist, bedarf es aber auch einer fachlich fundierten Expertise.

Im Zusammenhang mit der Schutzwirkung des Waldes stellt sich aber grundsätzlich die Frage, ob die dem Wald zugesprochene hohe Schutzwirkung auch tatsächlich einer statistischen Prüfung standhält und gegenüber technischen Maßnahmen einen signifikanten Vorteil aufzuweisen hat.

Auch wenn Dipl. Ing. Fritz Singer die vergleichende Effizienzanalyse aus seiner Sicht für ein durchaus interessantes Instrumentarium betrachtet, gilt es aber trotzdem die Frage nach der Praktikabilität der Anwendung zu stellen.

Obwohl letztendlich die DEA Analyse als Resultat die Rangfolge nach den unterschiedlich erzielten Performances erbringt und für jede DMU die jeweiligen Verbesserungswerte ableitet, bleibt dennoch die Kritik stehen, dass die Vergabe der Gewichtung für die implementierten Variablen aus der Sicht eines Außenstehenden nicht transparent ist. Erst eine Demonstration an einem einfachen Beispiel und die Zusatzinformation, dass es sich dabei um einen etablierten Algorithmus handelt, könnte die Skepsis gegenüber dieser „Black Box“ nehmen.

Zusätzlich gab er aber auch noch zu bedenken, dass vor allem in Hinblick auf die ex ante Evaluierung von geplanten Sanierungsprojekten vermieden werden soll, dass man sich auf theoretische Modellrechnungen im Sinne von „Kochrezepten“ verlässt und deren Resultate als programmierte Entscheidungen interpretiert.

Denn so wie andere Modelle oder Simulationsergebnisse, ist auch DEA nur dazu imstande einen Trend nachzuzeichnen bzw. vorzugeben. Die endgültige Entscheidung, ob und

welche Maßnahmen zu setzen sind, obliegt immer noch der Experteneinschätzung der Verantwortlichen.

6.5 Anregungen zur effektiveren Informationsgewinnung aus qualitativen Interviews

Die Beurteilung, ob die Voraussetzungen für eine entsprechende multikriterielle Input-Outputanalyse eines spezifischen Themenbereichs im Sinne von DEA zur Feststellung der Best Practice Einheiten gegeben sind oder nicht, gestaltet sich trotz der konstruktiven Beiträge der Interviewpartner als äußerst schwierig. Die Schwierigkeiten liegen im Wesentlichen darin, dass die/der Interviewte in sehr kurzer Zeit mit komplexen Themenzusammenhängen konfrontiert wird und aufgrund seines Expertenwissens rund um das Thema sehr leicht von dem vorgegeben Leitfaden abdriftet. Dabei ist vom Interviewer insbesondere darauf zu achten, den Interviewten weg von seinem angestammten Denkmuster gedanklich hin zu den neu angedachten Vorgehensweisen zu bewegen. In den häufigsten Fällen verstrickt sich der Interviewte in Detailaussagen aufgrund seines Expertenwissens aus denen im Anschluss die relevanten Informationen für die entsprechenden Fragestellungen zu abstrahieren sind.

Aufgrund der gemachten Erfahrung ist festzuhalten, dass der Prozess des Pre - Tests bezüglich der Eignung eines Themas zur Effizienzabschätzung in einem mehrstufigen Prozess ablaufen sollte. Erst nachdem die/der Interviewte in einer ersten Phase mit dem Thema konfrontiert war, ist sie/er gedanklich dem Thema gegenüber aufgeschlossen und über die Hintergründe entsprechend informiert und kann in einer zweiten Phase wesentlich besser mit den an sie/ihn herangetragenen Fragen oder den noch offenen Diskussionspunkten umgehen.

7 Zusammenfassung

Unter den produktionswirtschaftlichen Rahmenbedingungen ist auch für die forstliche Branche das Streben nach einer günstigen Input-Output Relation eine Grundmaxime. Angesichts der sinkenden Wertschöpfungspotenziale besteht auf der forstbetrieblichen Ebene ein permanenter Rationalisierungszwang, wohingegen die Herausforderung in der öffentlichen Verwaltung im wirksamen und ergiebigen Einsatz von immer knapper verfügbaren Mitteln besteht. Auf beiden Ebenen ist die Messung und Bewertung von Effizienz eine wichtige Grundlage für die Identifikation weiterer Rationalisierungspotenziale.

Angesichts dieser zentralen Bedeutung zur Realisierung von Rationalisierungspotenzialen sind innovative Ansätze und Hilfsmittel für das Performance-Measurement von größtem Interesse. Alternativ zu funktionalen produktionswirtschaftlichen Ansätzen ist DEA eine nicht parametrische, quantitative Methode zur analytischen Auseinandersetzung mit komplexen, multikriterieller Fragestellungen. Aufgrund dieser Charakteristik kann die Anwendung dieses Ansatzes innovative Beiträge zur Effizienzsteigerung liefern.

Nach eingehender Befassung mit der einschlägigen Fachliteratur werden die auf der Produktivitätstheorie und der Pareto-Koopmans Effizienz aufbauenden Struktureigenschaften des Produktionsmöglichkeitsraums (Technologiemenge) sowie die DEA (Data Envelopment Analysis) Grundmodelle zur Bestimmung der relativen Performance als auch deren Restriktionen und Rahmenbedingungen dokumentiert.

Mit der quantitativen Analyse Methode DEA steht ein multikriterielles Analysetool bereit, das durch vergleichende Effizienzbeurteilung die relative Performance von Decision Making Units (DMUs) bestimmt und daraus individuelle Sollwerte (Target Values) ableitet, durch die das relative Korrekturpotenzial von Rationalisierungsmaßnahmen festgelegt wird.

Zur Umsetzung einer DEA Analyse wurde ein standardisierter Leitfaden als Hilfestellung für die praktische Anwendung konzipiert. Neben diversen technischen Aspekten wird dabei auf Einschränkungen und Rahmenbedingungen der Anwendbarkeit hingewiesen. Insbesondere wird daraus ersichtlich, dass sich die Konzipierung von DEA Modellen zwischen dem Spannungsfeld der Homogenität der Umfeldbedingungen sowie der Anzahl an Decision Making Units (DMUs) und den verwendeten Input- Outputmerkmalen bewegt.

Für die Schaffung homogener Bedingungen können metrisch oder kardinal erfassbaren Umfeldvariablen direkt ins Modell, das die Verwendung metrisch oder kardinal skalierten Größen voraussetzt, integriert werden. Anderenfalls sind jene DMUs, die unter vergleichbaren Umfeldbedingungen operieren, zu Clustern zusammenzufassen. Prämisse bleibt aber, dass im Durchschnitt zumindest $10 \times$ so viele DMUs wie unterstellte Variable zur Erzielung diskriminanter Ergebnisse vorhanden sein sollten, was im Zuge einer Clusterung zu einem Engpassfaktor führen kann.

Über einen auf Linearer Programmierung (LP) basierenden Lösungsalgorithmus (Efficiency Measurement System - EMS) werden für die definierten DMUs die relativen Performanzenwerte bestimmt, indem alle DMUs innerhalb einer Peer-Group der Technologiemenge mit den Benchmarkeinheiten am Technologierand der Peer-Group in Beziehung gesetzt werden.

Mit DEA steht somit ein leistungsfähiges analytisches Instrument zur Verfügung, das eine zielorientierte Informationsaufbereitung für moderne Controllingsysteme bereitstellen kann.

Analysemöglichkeiten von DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

- **A-Maß:**
Der relative Effizienzwert des äquiproportionalen Effizienzmaßes eignet sich zur Konzipierung eines Rankings. Für die abgeleiteten Sollwerte (Target Values) kann allerdings für die einzelnen Kriterien nur das relative äquiproportional Verbesserungsmaß unterstellt werden.
- **D-Maß:**
Aus den durchschnittlichen Effizienzmaßen lassen sich hingegen differenzierte relative Rationalisierungspotenziale für die individuellen Kriterien jeder einzelnen DMU ableiten.
- **Supereffizienzmaß:**
Mit der Einführung des Supereffizienzmaßes kann auch eine Differenzierung der Performance jener als 100%ig effizient ausgeschiedener DMUs erfolgen.
- **Benchmarkanalyse:**
Die Best-Practice Einheiten einer Peer-Group fungieren als Benchmarkeinheiten, die zur Ermittlung der relativen Abweichungen aller Beobachtungen innerhalb der entsprechenden Peer-Group herangezogen werden.
- Eine wert- und mengenbezogene Analyse zur Ableitung der allokativen Zusammenhänge ist bei Unterstellung des A-Maßes und durchschnittlichen Wertansätzen möglich
- **Malmquist-Index:**
Bei Vorliegen von Monitoringdaten über mehrere Perioden kann die Performanceentwicklung der einzelnen DMUs über einen Malmquist-Index abgebildet werden

Tabelle 68: DEA Analysemöglichkeiten

Basierend auf den Datengrundlagen des Testbetriebsnetzes „Großprivatwald“ sowie durch die Verwendung von Operatsdaten zu den Laub – Nadelmischbeständen des Lehrforstes Ofenbach als auch durch Zugrundelegung von simulierten Bestandesdaten einer Arbeitszeitstudie (STAMPFER 2001) erfolgte jeweils die Konzipierung beispielhafter, forstlicher DEA Modellanwendung.

Für jede der beispielhaft umgesetzten empirischen Studien wird in einem iterativen Prozess untersucht, ob und unter welchen Voraussetzungen die verschiedenen Modellvarianten mit dem DEA Ansatz analysiert werden können. Der Schwerpunkt der Modellbildung liegt dabei in der konstruktiven Auseinandersetzung mit den verfügbaren empirischen Datensätzen, den homogenen Umfeldbedingungen der Befundeinheiten sowie der daraus abzuleitenden Variablenzusammensetzung. Diese hängt von der Zahl der Fälle, den umfeldbedingten Einflüssen, der Redundanz des Informationsgehalts und vom Korrelationsverhalten zwischen den als Inputs und Outputs definierten Variablen sowie von der Wirkungsrichtung unerwünschter Input- oder Outputfaktoren und der Kontrollierbarkeit der unterstellten Variablen ab. Die Selektion der Variablen muss aber dennoch die Abbildung des gesamten Produktionsprozesses der Befundeinheit (DMU) sowie die Einhaltung eines Mindestmaßes an Diskriminanz gewähren.

Die Hauptaufgabe für den potenziellen Nutzer besteht damit in der systematischen Abklärung der Anwendungsvoraussetzungen und in der Entwicklung der Vorgangsweise für den konkreten Einzelfall. Während der Algorithmus selbst einfach anzuwenden ist, sind an die Datengrundlagen, die Modellbildung sowie an die Ableitung entscheidungsrelevanter Informationen aus den Analyseergebnissen durchaus hohe Anforderungen zu stellen.

Anhand der drei beispielhaft durchgeführten DEA Analysen werden die verwendeten Modelle und Effizienzmaße, die jeweiligen spezifischen Besonderheiten sowie praxisrelevante Anknüpfungspunkte erörtert und diskutiert.

Performancebeurteilung österreichischer Forstbetriebe

Bezogen auf die Modellierung der Befundeinheiten „Forstbetriebe >500 Ha“ wurde in der präferierten Modellvariante „Flächennormierung und Hiebsatzbereinigung“ auf die Veränderung des Waldvermögens näherungsweise Bezug genommen, indem alle Parameter, die unmittelbar von der Holzproduktion betroffen waren, um die Relation Hiebsatz zu Einschlag bereinigt wurden.

Die Gründe für Performanceunterschiede liegen aber nicht ausschließlich in den unterschiedlichen Eingriffstärken in das Waldvermögen, sondern hängen auch von der Zielsetzung im Betrieb sowie von der Qualifikation und dem Alter der Angestellten und Arbeiter ab. Daneben spielen auf forstbetrieblicher Ebene aber auch noch Elemente wie externe Effekte, Arrondierung sowie der Anteil an Seilgelände, die in der Regel nicht unmittelbar beeinflussbar sind, eine entscheidende Rolle.

Nachdem derartige Rahmendaten nicht in den periodenbezogenen Betriebsführungsdaten enthalten sind, erfolgte die explorative DEA Anwendung für die 76 Forstbetriebe unter Verwendung einer nur unvollständigen Datengrundlage. In der Ergebnisdarstellung werden die relativen Performancewerte sowohl auf Basis von Durchschnittswerten über fünf aufeinander folgender Perioden als auch separat für jede der fünf Perioden bestimmt. Über diese periodenweise Herangehensweise konnte die Performanceentwicklung jeder Beobachtung dieser fünf Perioden durch den Malmquist-Index abgebildet werden.

Die beispielhafte Anwendung dokumentiert die grundsätzlichen Probleme zwischenbetrieblicher Effizienzvergleiche und zeigt diesbezügliche Datendefizite in dem a priori verfügbaren Datenbestand auf. Neben den generellen Erwägungen in Bezug auf die Definition und Messung entsprechender Input- und Outputvariablen und hinsichtlich der (potenziell) wirksamen Einflussgrößen können diese Analyseergebnisse zumindest eine Anregungen für die Identifikation und Abschätzung von Rationalisierungspotenzialen liefern.

Performancevergleich der Laub- Nadelmischbestände des Lehrforsts Ofenbach

Unter der Verwendung von ausschließlich physischen Größen erfolgte die Konzipierung eines DEA Modells zur Evaluierung von 242 Laub- Nadelmischbeständen. Als Datengrundlage dienten dabei die aktuellen Operatsdaten. Durch den statischen Charakter der Operatsdaten, die weder Informationen über den ausgeschiedenen Bestand durch Pflegeeingriffe oder Kalamitäten noch den Aufwand für die Bestandesbegründung und die bisherigen Pflegemaßnahmen, noch eine Differenzierung der massenbezogenen Mischungsanteile sowie der Verteilung der Altersstrukturen auf der Fläche dokumentieren, steht man neben der Unsicherheit aufgrund der Langfristigkeit der Produktion, einem hohen Maß an Datenunvollständigkeit gegenüber.

Da ausschließlich natural-technische Bestandesparameter zur Verfügung standen, deren inputseitigen Größen bis auf wenige Ausnahmen unbeeinflussbar waren, wurde für diese Analyse, die beispielhaft unter einem hohen Maß an Datendefizit durchgeführt wurde, ein outputorientiertes Modell unterstellt.

Während das exemplarisch verwendete Modell zufolge der aufgezeigten Datendefizite noch keine direkt praxisrelevanten Ergebnisse liefern kann, werden entsprechende

Anforderungen hinsichtlich der Datengrundlagen für eine Performancebeurteilung auf Bestandesebene im konzeptionellen Rahmen erörtert. Mit der Visualisierung der beispielhaft abgeleiteten Effizienzwerte in einem thematischen Performancelayer im GIS wird das Potenzial der gerade für flächenhafte (forstliche) Befundeinheiten interessanten, kartenmäßigen Ergebnisdarstellung dokumentiert.

Evaluierung von Bestandesbehandlungskonzepten:

Eine forstspezifische Problematik besteht in der Langfristigkeit waldbezogener Wirkungsketten. Auf diesen Aspekt konzentriert sich die dritte beispielhafte Anwendung. Dabei wurden Bestandesdaten aus einer Arbeitszeitstudie (STAMPFER 2001) mit dem Einzelbaumsimulator MOSES 3.0 in fünfjährigen Intervallen für die kommenden 100 Bestandesjahre unter Berücksichtigung von zufallsgesteuerten Mortalitätsausfällen simuliert.

Durch die Integration von ex ante orientierten Bestandesdaten zur Konzipierung eines DEA Modells, das die produktionswirtschaftlichen Maßnahmen einer ganzen Umtriebszeit in die Evaluierung einbezieht, wird die DEA einem Decision Support System angenähert. Mit der Generierung zweier Bestandesentwicklungsszenarien für jeweils dieselben Teilflächen, konnte einmal die Durchführung eines einmaligen Pflegeeingriffs und einmal das Unterlassen jeglicher waldbaulicher Pflege vergleichend berücksichtigt werden.

In der DEA Analyse wurde eine Inputorientierung des natural-technischen als auch des kostentechnischen Modellansatzes unterstellt, für den alternierend der Output des gesamten, während der Produktionszeit geernteten Derbholzvolumens jeweils mengen- und wertbasiert ausgewiesen wurde. Dadurch konnte für jedes der Vergleichspaare die mengen- als auch wertbezogene Vorteilhaftigkeit des behandelten gegenüber dem unbehandelten Behandlungskonzept nachgewiesen werden.

Damit ein derartiges Modell auch Praxisreife als Controlling Tool erlangen kann, wären – aufbauend auf den hier gewonnen initialen Erfahrungen - variantenreichere waldbauliche Behandlungskonzepte anzustreben. Außerdem müssten manche Modellvariablen anders definiert und neue Merkmale zusätzlich konzipiert werden, um zur Gänze die Rahmenbedingungen von DEA zu erfüllen.

Prospektive Auseinandersetzung mit verschiedenen forstlichen Themenbereichen zur Entwicklung konzeptioneller DEA Modelle

Die Analyse publizierter, forst- und holzwirtschaftlicher Anwendungsbeispiele liefert Hinweise auf die grundsätzliche Methodenadäquanz und dokumentiert Referenzen für branchenspezifische Modellierungsansätze. Experteninterviews zur Abklärung der Anwendungspotenziale in den Bereichen der forstlichen Förderung sowie der Wildbach- und Lawinenverbauung lassen demgegenüber exemplarisch die Problematik einer praktischen Routineanwendung von DEA im Sinne des Effizienzcontrollings erkennen.

In Bezug auf die eingangs formulierten Arbeitshypothesen lässt sich somit Folgendes feststellen:

- (1) DEA eignet sich prinzipiell auch für forstliche Fragestellungen des Performance Measurement: Die eingehende und vielfältige Befassung mit der Thematik macht insgesamt deutlich, dass DEA auch für verschiedene forstspezifische Fragestellungen ein interessantes und potenziell auch praktisch relevantes Instrument des Performance Measurement darstellt.

- (2) Forstliche Besonderheiten führen zu spezifischen Problemen und erfordern eine entsprechende Berücksichtigung bei der Modellkonzeption: Im Rahmen der exemplarischen Anwendungen wurde demonstriert, dass forstliche Besonderheiten sehr wohl spezifische Modellkonzeptionen erforderlich machen, um zu (potenziell) relevanten Analyseergebnissen zu gelangen. Je nach konkreter Fragestellung sind etwa der Flächenbezug, die Langfristigkeit der Produktion und / oder die Wechselwirkungen zwischen Erfolgs- und Waldvermögenssphäre zu berücksichtigen und im Modell adäquat abzubilden. Konkret sind etwa langfristige Wirkungen von Eingriffen in den Wald über Simulationsmodelle abzubilden. Bei der Erfolgsbeurteilung von Forstbetrieben kann der Bezug zu hiebsatznormierten Größen die erforderliche Berücksichtigung der Waldvermögenssphäre in erster Näherung realisieren.
- (3) Es ist damit zu rechnen, dass a priori verfügbare Datenbestände die Anwendungsvoraussetzungen nicht oder nur ungenügend erfüllen: Zumindest anhand der beispielhaft bearbeiteten Datensätze ist deutlich geworden, dass auch vergleichsweise reichhaltige Datengrundlagen nicht notwendiger Weise für eine vollständige Spezifikation des Modells ausreichen. Bei weniger umfassenden Datensätzen ist umso mehr damit zu rechnen, dass ein Mangel an relevanten Daten und / oder ausreichend homogenen Vergleichsfällen besteht, so dass eine unmittelbare DEA-Anwendung kaum oder gar nicht in Frage kommt. Der diesbezüglich im spezifischen Anwendungsfall jeweils gesondert festzustellende Ergänzungsbedarf vermittelt aber jedenfalls Impulse für die Weiterentwicklung forstlicher Dokumentationssysteme.
- (4) Die systematische Vorbereitung einer forstlichen DEA-Applikation kann wichtige Erkenntnisse und Informationen liefern und so bereits zur Verbesserung des Effizienz-Controllings beitragen: Wie im Wege der qualitativen Interviews aufgezeigt wurde, kann bereits eine entsprechende und in der Praxis zu vertiefende Voruntersuchung zu wichtigen Erkenntnissen in Bezug auf die erforderliche Auswahl und Messung von Indikatoren für Inputs und Outputs zum Zwecke einer umfassenden Effizienzbeurteilung führen. Damit lässt sich der praktische Nutzen schon in der Vorbereitungsphase der eigentlichen Analyse erzielen. Der jedenfalls direkt erzielbare Nutzen liegt daher in der Vorbereitungsphase einer DEA-Anwendung. Bereits durch die Diskussion über den Verwendungsbedarf und den Konsequenzen einer Effizienzbeurteilung werden sich in Abhängigkeit des Verantwortungs- bzw. Zuständigkeitsbereichs die entsprechenden „Decision Making Units“ herauskristallisieren. Der eigentliche Wert an sich wird aber im Detail liegen. Denn durch die systematische Auseinandersetzung mit den erforderlichen Input- und Outputfaktoren zur Effizienzmessung wird häufig erkannt, welche spezifischen Datenerfordernisse noch notwendig wären und welche Datendefizite evident sind. Das alleine sollte Anregung und Motivation genug sein, sich mit dem Ansatz der quantitativen Effizienzanalyse allgemein auseinanderzusetzen.

Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen und beispielhaften Applikationen bleibt es freilich weiterführenden Arbeiten vorbehalten, die grundsätzlichen Probleme forstlicher Effizienzanalysen umfassend zu thematisieren und ein allgemeines Konzept für den adäquaten Umgang mit den verschiedenen produktionswirtschaftlichen Besonderheiten der Forstwirtschaft zu entwickeln. So wurden in der vorliegenden Arbeit etwa Aspekte der Kuppelproduktion, der mehrdimensionalen Nachhaltigkeit oder der „Multiple-Use“-

Forstwirtschaft nicht explizit untersucht. Dazu sind entsprechende Indikatoren zu definieren und spezifische Messtechniken zu entwickeln. Sobald in einem konkreten Bereich das Dokumentationswesen entsprechend ausgebaut oder die erforderliche Datengrundlage durch empirische Erhebungen hergestellt ist, sollten weitere DEA-Studien die Erfahrungsbasis so erweitern, dass die vergleichende Effizienzanalyse mittels DEA in ausgewählten Bereichen auch als Standardapplikation zur Unterstützung des Effizienzcontrollings implementiert werden kann.

8 Literaturverzeichnis

Allen K. 2002: Messung ökologischer Effizienz mittels Data Envelopment Analysis. Dissertation an der Rheinisch-Westfälischen technischen Hochschule Aachen, DUV 256 S.

Allen K 1998: Möglichkeiten und Grenzen der Data Envelopment Analysis im Rahmen des Öko-Controlling, in: H. Dyckhoff und H. Ahn, Hg., Produktentstehung, Controlling und Umweltschutz – Grundlagen eines ökologieorientierten F&E –Controlling, S. 327 – 352, Physica-Verlag, Heidelberg

Amidon E. L. and Akin G.S. 1968: Dynamic programming to determine the optimum levels of growing stock. *Forest Science* 14: 287-291

Athanassopoulos A. D. and Thanassoulis 1995: Separating Market Efficiency from Profitability and its Implications for Planning, *Journal of the Operational Research Society* **46**, 20-34

Backhaus K. Erichson B. Plinke W. und Weiber R. 2000: Multivariate Analysemethoden, Eine anwendungsorientierte Einführung, 9. Aufl., Springer Verlag, 661 S.

Banker R. D. 1996: Hypothesis Tests Using Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 7(2-3): 139-59

Banker R. D. 1993: Maximum Likelihood, Consistency and Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39 (10): 1265-73

Banker R. D. and Thrall R. M. 1992: Estimation of returns to scale using Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operation Research* 62:74-84

Banker, R. D. and R. C. Morey 1986: Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs. *Operations Research*, 34(4):513–21. Inequalities. In T. C. Koopmans, Hg., *Activity Analysis of Production and Allocation*

Banker R. D. 1984: Estimating most productive scale size using Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research* 17: 32-44

Banker, R. D., Charnes A. and Cooper W. W 1984: Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis in *Management Science*, Vol. 30, p. 1078 - 1092.

Barr, R. S. 2004: DEA Software Tools and Technology: A State-of-the-Art Survey, which appeared in slightly different form in W.W. Cooper, L. M. Seiford, and J. Zhu, eds. *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004, pp. 539-566

Berg S.A., Forsund F.R and Jansen E. S. 1992: Malmquist Indices of Productivity Growth during the Deregulation of Norwegian Banking, 1980 – 89, *Scandinavian Journal of Economics*, supplement 94: 211 - 228

Bergen V., Brabänder H. D. und Möhring B. 1998: Das Waldvermögen im betrieblichen und gesamtwirtschaftlichen Rechnungswesen, Beiträge zur Forstökonomie – Festschrift für Prof. Sagl. Schriftenreihe des Instituts für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft, Band 31 Eigenverlag Wien, S. 21 - 40

Bergen V., Löwenstein W. und Olschewski R. 2002: Forstökonomie - Volkswirtschaftliche Grundlagen. Vahlen, München, 469 S.

- Bifulco R. and Bretschneider S. 2001:** Estimating school efficiency; A comparison of methods using simulated data; *Economics of Education Review* 20: 417-429
- BFW 2003:** CD-Rom zur Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald (BFW), Wien
- Bogetoft P. and Nielsen K. 2003:** DEA based Yardstick competition in natural resource management. *Forestry Sciences*, Volume 74: 103 – 125, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, London, Boston.
- Bogetoft P., Jellesmark T. and Strange N. 2003:** Efficiency and Merger Gains in the Danish Forestry Extension Service. *Forest Science* 49(4): 585-595
- Brodersen C. M. und Thiele H. 1999:** Effizienzunterschiede in der landwirtschaftlichen Produktion - eine nichtparametrische Analyse für Deutschland. Vierzigste Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. vom 04.10. bis 06.10.1999 in Kiel zum Thema Wettbewerbsfähigkeit und Unternehmertum in der Land- und Ernährungsindustrie, 10 S. <http://www.uni-kiel.de/agrarmarketing/Gewisola99/b5brodersen.pdf>
- Brodie J.D., Adams D. A. and Kao C. 1978:** Analysis of economic impacts on thinning and rotation for Douglas-fir using dynamic programming. *Forest Science* 24: 513-522
- Brodie and Kao 1979:** Optimizing thinning in Douglas-fir with three-descriptor dynamic programming to account for accelerated diameter growth. *Forest Science* 25: 188-191
- Brodie and Haight 1985:** Optimization of silvicultural investment for several types of stand projection systems. *Canadian Journal of Forest Research* 15: 188-191
- Carlsson D. 1992:** Adaptive economic optimization of thinnings and rotation period in a mixed species stand, Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsekonomi, Umeå, Sweden, Arbetsrapport no. 157. 16 pp. + appendix.
- Charnes A., Cooper W. W. and Rhodes E. 1981:** Evaluating Program and Managerial Efficiency – An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. *Management Science* 27(6): 668 - 697
- Charnes A., W. W. Cooper and E. Rhodes 1978:** Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.
- Coelli T. Prasada R. D. S. and Battese G. E. 1998:** An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, 275 p.
- Cook W.D, Kress M., and Seiford L.M. 1996:** A general framework for distance-based consensus in ordinal ranking models, *European Journal of Operational Research* 96: 392-397
- Cook W.D, Kress M., and Seiford L.M. 1993:** On the Use of Ordinal Data in Data Envelopment Analysis, *Journal of the Operational Research Society* 44: 133-140
- Cooper W. W., Seiford L. M. and Tone K. 2003:** Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software / - 3. print. - Boston, Mass. [u.a.]: Kluwer Academic Publishers, 318 S.
- Cooper W. W., Park K. S., and Pastor J. T. 1999:** RAM: A Range Adjusted Measure of Inefficiency for Use with Additive Models, and Relations to Other Models and Measures in DEA, *Journal of Productivity Analysis* 11: 5-42

- De Koeijer T. J., Wossink G. A. A, Struik P. C. and Renkema J. A. 2002:** Measuring agricultural sustainability in terms of efficiency: the case of Dutch sugar beet growers, Journal of Environmental Management 66: 9-17; doi:10.1006/jema.2002.0578, available online at <http://www.idealibrary.com>
- Debreu G. 1951:** "The Coefficient of Resource Utilisation", Econometria, 19: 273-292.
- Danzig G. B. 1951:** Maximization of a Linear Function of Variables Subject to Linear Inequalities. In T. C. Koopmans, Hg., Activity Analysis of Production and Allocation, 339-347. New York, London: John-Wiley and Sons, Inc.
- Dyson r.G., R. Allen, A. S. Camanho, V. V. Podonski, C. S. Sarrico and E. A. Shale 2001:** Pitfalls and Protocols in DEA, European Journal of Operational Research 132: 245-259, Warwick Business School, University of Warwick, Coventry, CV4 7AL UK
- Einolf K. W. 2004:** Is Winning Everything? A Data Envelopment Analysis of Major League Baseball and the National Football League; Journal of Sports Economics, Vol. 5, No. 2: 127-151
- Evaluiierungsbericht 2003:** Halbzeitbewertung des Österreichischen Programms für die Entwicklung des ländlichen Raums, BMLFUW, Wien, im Dezember 2003, 315 S. http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/01_Evaluierungsbericht_2003.pdf
- Färe R., Grosskopf S. and M. Norris 1994:** Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. Am. Econ. Rev. 84:66-83.
- Farrell M. J. 1957:** The measurement of productive efficiency, Journal of the Royal Statistical Society, 120, 252-90.
- Forbosch P.F., Brazee R. J. and Pickens J.B. 1996:** A strategy for multiproduct stand management with uncertain future prices. Forest Science 10: 471-502
- Fried H. O., Lovell C. A. K. and Schmidt L. 1993:** The measurement of productive efficiency: Techniques and applications, Oxford University Press, New York 425 p.
- Golany B. and Roll Y. 1989:** An application Procedure for DEA, Omega: The International Journal of Management Science **17**, 237-250
- Gong P. 1998:** Risk preferences and adaptive harvest policies for even-aged stand management. Forest Science 44:496-506
- Gong P. 1999:** Optimal harvest policies for uneven-aged stand management with stochastic prices. Journal of Forest Economics 5: 413-439
- Greene W. H. 1993:** "Frontier Production Functions", EC-93-20. Stern School of Business, New York University
- Grosskopf S. 1996:** Statistical Inference and Nonparametric Efficiency: A Selective Survey, Journal of Productivity Analysis 7: 161-176
- Gstach, D. 2002:** Effizienzmessung mit Data Envelopment Anaylis (DEA). Skriptum der Wirtschaftsuniversität Wien, 48 S.
- Gstach, D. 1993:** Effizienzmessung mit Data Envelopment Analysis: eine Einschätzung und eine Anwendung auf die österreichische Landwirtschaft. Dissertation an der Universität Wien, 142 S.
- Haight R. G. and Smith W. D. 1991:** Harvesting loblolly pine plantations with hardwood competition and stochastic prices. Forest Science 37: 1266-1282

Haight R. G. and Holmes T. P. 1991: Stochastic price models and optimal tree cutting: Results for loblolly pine. Natural Resource Modelling 5: 423 - 443

Henderson J. M. and Quandt R. E. (1980): Microeconomic Theory, A Mathematical Approach, 3. Auflage, McGraw-Hill International Book Co, London (übersetzt als Mikroökonomische Theorie: eine mathematische Darstellung, 5. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München 1983).

Hasenauer, H. 1994. Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. Forstl. Schriftenreihe, Univ. f. Bodenkultur, Wien. Österr. Ges. f. Waldökosystemforschung und experimentelle Baumborschung. ISBN3-900865-07-8, 152 S.

Herrero I. and Pascoe S. 2002: Estimation of technical efficiency: a review of some of the stochastic frontier and DEA software. Department of Applied Economics, University of Huelva, and CEMARE, Department of Economics, University of Portsmouth, 11 p. http://www.economics.ltsn.ac.uk/cheer/ch15_1/dea.htm

Hogl, K., Pregernig, M. und Weiß, G. 2003: Wer sind Österreichs WaldeigentümerInnen? Einstellungen und Verhalten traditioneller und „neuer“ Waldeigentümergruppen im Vergleich. Discussion Papers des Instituts für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft, P / 2003 -1, Universität für Bodenkultur Wien, 22 S. <http://www.boku.ac.at/sfh/papers/sfh-p03-1.pdf>

Homburg C. 2001: Using data envelopment analysis to benchmark activities; Int. J. Production Economics 73 (2001) 51–58

Jöbstl H. A. 1998: Erweitertes forst(betrieb)liches Rechnungswesen, Beiträge zur Forstökonomie – Festschrift für Prof. Sagl, Schriftenreihe des Instituts für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft, Band 31 Eigenverlag Wien, 97 - 124

Jöbstl H. A. 1987: Forst-Betriebsklassen-Simulationsmodell FOBSI: Benutzeranleitung, Musterausdrucke, Programmdokumentation, Anwendungsbeispiele. - Wien : Österr. Agrarverl., 112 S.

Karisch G. 2003: Berücksichtigung des Waldvermögens im forstlichen Rechnungswesen, Analyse der Vermögensrechnungsgeschichte und Entwicklung eines Modells zur Erfassung der Waldvermögensänderungen, 200 S.

Kaplan, R. S. and Norton D. P. 1996: The Balanced Scorecard translating Strategy into Action, Boston

Kao C. 2000: Measuring the Performance Improvement of Taiwan Forests after Reorganization. Forest Science 46(4): 577-584

Kao C. and Hwang S. N. 1993: Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Forest Management, Journal of Environmental Management 38, 73-83

Kao C. and Yang Y. C. 1992: Reorganization of forest districts via efficiency measurement. European Journal of Operational Research 58: 356-362, North Holland

Kao C. and Yang Y. C. 1991: Measuring the Efficiency of Forest Management, Forest Science 1991 Vol. 37 No.(5): pp 1239-1252

Kao C. and Brodie J. D. 1980: Simultaneous optimization of thinnings and rotation with continuous stocking and entry intervals. Forest Science 26: 338-346

- Kao C. 1982:** Optimal stocking levels and rotation under risk. Forest Science 28: 711-729
- Kao C. 1984:** Optimal stocking levels and rotation under uncertainty. Forest Science 30: 921-927
- Kerstens K. and Vanden Eeckaut P. 1995:** Technical Efficiency Measures on DEA and FDH: A Reconsideration of the Axiomatic Literature, Working paper, Center of Operations Research & Econometrics, Universite Catholique de Louvain, Voie du Roman Pays, 34, B-1348 Luvain-la-neuve, Belgium.
- Kneip A., Park U. and Simar L. 1998:** A Note on the Convergence of Nonparametric DEA-Estimators for Production Efficiency Scores. Econometric Theory, 14: 783-93
- Koopmans T.C. 1951:** An analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In T. C. Koopmans, Hg. Activity Analysis of Production and Allocation, p. 33-97, New York, London: Hohn-Wiley and Sons, Inc.
- Köpsell R. 1983:** Charakteristische Kennziffernstrukturen naturgemäß bewirtschafteter Forstbetriebe, Forstarchiv 54: 16-22
- Kraus D 2002:** Erweiterungsvorschläge zur Kosten-Nutzen-Untersuchung der Wildbach- und Lawinenverbauung, Vortrag – Umweltbundesamt Wien, http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/klima/presentationen/foodrisk/17_Vortrag_Kosten_Nutzen_Untersuchung.pdf (Stand: 21.10.2005)
- Kumbhaker S. C. and Lovell C. A. K. 2000:** Stochastic Frontier Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 333 p.
- Lembersky M. R. and Johnson K. N. 1975:** Optimal policies for managed stands: An infinite horizon Markov decision process approach. Forest Science 21: 109-122
- Lemm, R.; Vogel, M.; Felber, A. und Thees, O. 2006:** Zur Eignung der k-Nearest Neighbour-Methode für die Schätzung von Produktivitäten in der Holzernte. Grundsätzliche Überlegungen und erste Erfahrungen. in Allg. Forst- und Jagdzeitung 176: 189-200
- Lewin A. Y. and C. A. K. Lovell 1990:** Editors Introduction, Journal of Econometrics, 46: 3-5
- Lovell C. A. K., Pastor J. T. and Turner J. A. 1995:** Measuring macroeconomic performance in the OECD: A comparison of European and non-European countries, European Journal of Operational Research **87**: 507-518
- Martic M. and Savic G. 2001:** An application of DEA for comparative analysis and ranking of regions in Serbia with regards to social economic development, European Journal of Operational Research 132: 343-356
- McCarty, T. A. and S. Yaisawarng 1993:** Technical Efficiency in New Jersey School Districts. In H. O. Fried, C. A. K. Lovell und S. S. Schmidt, Hg., The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications, 271-87. New York, Oxford, Toronto, Melbourne: Oxford University Press.
- Maniak U. 2001:** Einführung in die Bewertung wasserwirtschaftlicher Vorhaben, Springer Verlag 304 S.
- Oesten G. und Roeder A. 2001:** Management von Forstbetrieben. Band 1. Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter. 364 S.

Pareto V. 1897: Cours d'économie politique, Band 2. Lausanne

Pastor J. T. 1994: New Additive Models for Handling Zero and Negative Data, Working paper, University of Alicante, Dept. de Est. e Inv. Oper., Alicante, Spain

Pieske R. 1995: Benchmarking in der Praxis. Erfolgreiches Lernen von führenden Unternehmen. Verlag Moderne Industrie. Landsberg/Lech

Pitterle, A. 1993: Nachhaltig-multifunktionale Waldwirtschaft. Waldpolitisch- volkswirtschaftliche Ansichten eines zukunftsorientierten Waldbauers, Gebirgswaldbau, Bd. 1, Institut für Waldbau, Abteilung Gebirgswaldbau, Universität für Bodenkultur Wien, Eigenverlag

PFEIL 05 - Programm zur Forschung und Entwicklung im Lebensministerium 2001: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, <http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/PFEIL052.pdf>

Pollanschütz J. 1974: Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs, Informationsdienst der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 153. Folge, Dezember 1974, in AFZ, 85. Jg., Folge 12, S. 341-343

Pollanschütz J. 1976: Schaftholzvolumentabellen der Hauptbaumarten Österreichs, Informationsdienst der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, 164. Folge, Juni 1976, in AFZ, 87. Jg., Folge 6, S. 191-194

Pritchard R.D., Kleinbeck U. und Schmidt K.-H. 1993: Das Managementsystem PPM - Durch Mitarbeiterbeteiligung zu höherer Produktivität. München, C.H. Beck.

Pritchard, R.D. 1995: Lessons learned about ProMES. In: Productivity measurement and improvement: Organizational case studies, Hrsg.: Pritchard, R.D., New York: Praeger

Pritchard R. und Großmann H. 1999: Messung und Verbesserung organisationaler Produktivität: Das Partizipative Produktivitätsmanagement (PPM). In Holling, Heinz, Lammers, Frank & Pritchard (Hrsg.), Effektivität durch partizipatives Produktivitätsmanagement S. 1-43. Verlag für angewandte Psychologie: Göttingen.

Ray, S. C. 1988: Data Envelopment Analysis, Nondiscretionary Inputs and Efficiency: An Alternative Interpretation. Socio-Economic Planning Sciences, 22(4):167-76.

Redaktion des Holzkuriers 2004: Holzpreise Steiermark, April 2004, Holzkurier 59(22): S. 4

Roise J.P. 1986: A nonlinear programming approach to stand optimization. Forest Science 32:735-748.

Scheel H. 2000: EMS: Efficiency Measurement System User's Manual. A Data Envelopment Analysis (DEA) Software, 12 p. <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/>

Scheel H. 2000: Effizienzmaße der Data Envelopment Analysis, Deutscher Universitätsverlag, Gabler Edition Wissenschaft, Wiesbaden 183 S.

Schwarzbauer P., und Moog M. 1993: Das Angebotsverhalten der österreichischen Forstwirtschaft - ökonometrische Schätzungen von Angebotsfunktionen, Int. Holzmarkt, 12, 7-9, Wien

Sekot W. 2004: Forstliche Betriebswirtschaftslehre I - Studienunterlagen zur Vorlesung im Wintersemester 2004/2005. Internetpublikation 235 S.: http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/_H730-sozial/H733/Unterlagen/FBWL/FBWL-1_Skriptum_12-05.pdf

- Sekot W. 2004:** Die Forstwirtschaftliche Gesamtrechnung für Österreich. In: Löwenstein, W.; Olschewski, R.; Brabänder, H.-D.; Möhring, B. (Hrsg.), Schriften zur Forstökonomie - Perspektiven forstökonomischer Forschung, 25, 185-200; Sauerländer's, Frankfurt a. M.; ISBN 3-7939-7025-6; ISSN 0941-1577
- Sekot W. 2004:** Die forstliche Betriebsabrechnung - Potenziale und Grenzen eines Führungsinstruments. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 121, 2, 63-80
- Sekot W. 2003:** Bäuerlicher Kleinwald: Small is beautiful. Österreichische Forstzeitung, 114, 1, 10-11
- Sekot W. 2002:** Wirtschaftliche Entwicklung des Großwaldes von 1977 - 2001. Österr. Forstzeitung, 113, 12, 5-7
- Sekot, W. 2002:** Forstökonomisches Monitoring.. In: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Nachhaltige Waldwirtschaft in Österreich Österreichischer Waldbericht 2001, 85-90
- Sekot W. 2001:** Der 'Forstbericht' - eine multifunktionale Institution. In: A. Moser (Hrsg.): Beiträge zur Österreichischen Forsttagung 2001. Eigenverlag des Instituts für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen. Wien, S. 153-161.
- Sekot W. 2000:** "Interfirm comparison as a source of management information". In: Jöbstl H., Merlo M. and Moog M. (Hrsg.): Proceedings of the international IUFRO-Symposium: Information Management in "Forest Enterprises". Freising, 2000 S. 72-76;
- Sekot W. 1998:** Der zwischenbetriebliche Vergleich als Instrument der forstlichen Betriebsanalyse. In: Sekot, W. (Hrsg.): Beiträge zur Forstökonomik – Festschrift für o. Univ. Prof. Wolfgang Sagl, Schriftenreihe des Instituts für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft, Band 31 Eigenverlag Wien. S. 221 - 242
- Shiba M. 1997:** Measuring the Efficiency of Managerial and Technical Performances in Forestry Activities by Means of Data Envelopment Analysis (DEA), International Journal of Forest Engineering, Vol.8, No.1, January 1997, http://www.lib.unb.ca/Texts/JFE/bin/get.cgi?directory=First_Issue/shiba/&filename=shiba.html
- Simar L. and Wilson P. W.2000:** Statistical Interference in Nonparametric Frontier Models: The state of the Art, Journal of Productive Analysis 13, 49-78
- Simar L. and Wilson P. W.1998a:** Nonparametric Tests of Returns to Scale, Discussion paper 9814, Institut de Statistique and CORE, Université Catholique de Louvain-la-Neuve, Belgium
- Solberg B. and Haight R.G. 1991:** Analysis of optimal economic management regimes for picea abies stands using a structured optimal control model. Scandinavian Journal of Forest Research 6:559-572.
- Stampfer K. und Steinmüller T. 2003:** ROADEVAL – Evaluierung der waldbaulichen, forsttechnischen und sozioökonomischen Effekte forstlicher Erschließungsmaßnahmen Projekt Nr. 2082, BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 48 S., <http://www.forstnet.at/article/articleview/25103/1/4921/>
- Stampfer K. 2001:** Leistungsdaten MHT Robin, Neuson 11002 Hv, Impex Koenigstieger, FPP, Kooperationsabkommen Forst, Papier, Platte, 15 S.
- Steinmann L. 2002:** Konsistenzprobleme der Data Envelopment Analysis in der empirischen Forschung, Dissertation der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich, 2002, 139 S.

Stepan A. 2004: Zusatzskriptum zur Vorlesung Betriebswirtschaftlicher Optimierung; Institut für Managementwissenschaften – Bereich Industrielle Betriebswirtschaftslehre und Wettbewerb, 31 S.

Sterba H. und Griess O. 1993: Sortentafel für Fichte, Institut für Forstliche Ertragslehre, Universität für Bodenkultur Wien, Österreichischer Agrarverlag, Wien 151 S.

Sterba H., Kleine M. und Eckmüller O. 1986: Sortentafel für Tanne Lärche Kiefer und Buche, Österreichischer Agrarverlag, Wien 182 S.

Tiroler Waldbericht 2004: Herausgegeben als Bericht an den Tiroler Landtag Amt der Tiroler Landesregierung, Landesforstdirektion Bürgerstraße 36, A-6020 Innsbruck; im Internet unter: <http://www.tirol.gv.at/themen/umwelt/wald/waldzustand/waldzustandsbericht.shtml>

Weibler, J. und Lucht, T. 2003: Bewertung der Effizienz von Entscheidungseinheiten; Erfolgsmessung mit DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) – ein innovativer Ansatz des Performance Measurement, zfo-praxis 4/2003 (72. Jg): S. 229-235

Wutz A. 2000: Einfluss der Modellierung auf die Effizienz der Bank - Produktions- und Intermediationsansatz im Vergleich; Beitrag 198, Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe, Universität Augsburg, 12 S.

9 Anhang

9.1 Kostenarten-, Kostenstellen- und Ertragsartenübersicht

Kostenarten

100	Lohnkosten	200	Gehaltskosten
110	Leistungslöhne	210	Gehälter
111	Zeitlöhne	211	Bargehälter
112	Akkord- und Prämienlöhne	212	Sachbezüge
113	Sonderlöhne	213	Abfertigungen
114	Aushilfslöhne	214	Gehälter freier Dienstnehmer
115	Instandhaltungspauschalen	215	Schuß-, Hege- und Hundegeld
120	Lohnnebenkosten	220	Sozialaufwand Angestellte
121	Nichtleistungslöhne	221	gesetzlicher Sozialaufwand
122	Sachbezüge	222	Kommunalsteuer
123	Gesetzlicher Sozialaufwand	223	Betriebspensionen
124	Kommunalsteuer	224	Aus- und Weiterbildung
125	freiwilliger Sozialaufwand	225	freiwilliger Sozialaufwand
126	Abfertigungen	226	Gehaltskosten freier Dienstnehmer
130	Aufwandsersätze	230	Unternehmerlohn
131	Reisekosten		
132	Motorsägen- u. Werkzeugpauschale		
300	Energie- und Materialkosten	400	Fremdleistungskosten
310	Energie	410	Unternehmereinsatz
311	311 Treibstoffe	420	Unterhalt und Reparaturen
312	312 sonstige Energie		
320	320 Material	430	Rechts- und Beratungskosten
321	Forstpflanzen und Saatgut	440	Mieten und Pachte
322	Pflanzenschutzmittel und Dünger		
323	Baustoffe und Baumaterialien		
324	Ersatzteile und Reparaturmaterial		
325	Büromaterial		
326	gWg und sonstiges Material		
		450	zwischenbetriebliche Verrechnung
		451	Verwaltungstangente
		452	Sonstige Leistungen und Lieferungen
500	Steuerkosten	600	sonstige Kosten
510	Steuern / Abgaben vom Einheitswert (für Forstbetrieb nicht direkt zu buchen!)	610	Reisekosten Angestellte
520	sonstige Abgaben und Gebühren	620	Versicherungen
		621	621 Waldbrandversicherung
		622	622 sonstige Versicherungen
		630	630 Post, Telefon, Fax
		640	640 übrige Kosten
		641	Mitgliedsbeiträge
		642	Zeitschriften, Literatur
		643	Bankspesen und Skonti
		644	Werbe- und Repräsentationskosten
		645	sonstige übrige Kosten
		646	Servitutsaufwand
700	Kalkulatorische Kosten	800	Umlage Hilfsbetriebe
710	Abschreibungskosten	810	PKW
720	Zinsen vom Restbuchwert	820	LKW
730	Zinsen vom Einheitswert	830	Traktore und Schlepper
		840	Seilgeräte und -aggregate
		850	hoch-(voll-)mechanisierte Holzernte
		860	Baumaschinen
		870	Werkstätten
		880	Kleingeräte
900	Faktormengen und Anlagen		
910	Arbeitsstunden		
911	Zeitlohnstunden		
912	Akkord- und Prämienlohnstunden		
913	Sonderlohnstunden		
914	Aushilfslohnstunden		
915	Instandhaltungsstunden		
920	Investitionen		
930	Restbuchwerte		

Betriebssparten- und Kostenstellenübersicht

100	Waldbau	200	Holzernte
110	Pflanzenproduktion	210	Fällung und Rückung
120	Bestandsbegründung	211	Fällung
		212	Rückung
		213	Fällung und Rückung
		214	Prozessoraufarbeitung
		215	hoch mechanisierte Holzernte
		216	voll mechanisierte Holzernte
		217	Auszeige und Manipulation
130	Kultur- und Jungwuchspflege	220	Holztransport
140	Standorts- und Bestandespflege	221	Zwischentransport
		222	Endtransport
141	Läuterung	230	Holzbearbeitung
142	Forstschutz		
143	Astung		
144	Standortmelioration		
		231	Holzmanipulation
		232	Rohholzbearbeitung
		240	Holzerntegemeinkosten
300	Anlagen	400	Verwaltung und allgemeiner Betrieb
310	Bringungsanlagen	410	Dienstfahrzeuge
311	eigene Forststraßen	420	Verwaltung
312	Gemeinschaftswege		
313	Rückewege		
314	sonstige Bringungsanlagen		
320	Betriebsgebäude	421	Betriebsleitung
		422	Revier-(Bereichs-) Leitung
		423	Forsteinrichtung
		424	Vertrieb
330	Sonderanlagen	430	allgemeiner Betrieb
500	Hilfskostenstellen	600	Nebenbetriebe I
510	Lohnnebenkostenverrechnung	610	Jagd
511-560	frei belegbare Hilfsstellen	620	Fischerei
		630	Grundstücknutzung
		640	Sand/Schrott/Erde
		650	Wasser
		660	Gebäude
		670	Landwirtschaft
		680	Freizeit und Tourismus
		690	Arbeitsleistungen für Dritte
700	Nebenbetrieb II	800	neutraler Aufwand und Investitionsbetrieb
710	Forstgarten	810	neutraler Aufwand
720	Weihnachtsbaum und Schmuckgrün	811	Finanzbetrieb
		812	Rückstellungen
		813	Anlagenabgang
		814	Abgrenzungen
730-790	frei belegbare Nebenbetriebe	820	Investitionsbetrieb
		821	Grundstückseinrichtungen
		822	Bringungsanlagen
		823	Gebäude
		824	Forsteinrichtung
		825	Fahrzeuge und Maschinen
		826	sonstiges

Ertragsschema:

1. Stelle: Betriebszweig (1, 6, 7, 8)	
100000	Forstwirtschaft
600000	Nebenbetrieb I
700000	Nebenbetrieb II
800000	neutrale Erträge
für Betriebszweig 1 (Forstwirtschaft): 2. Stelle: Ertragsart (11 ... 18)	
110000	Holzverkauf
120000	Holzvorratsänderung
130000	Deputate und Eigenverbrauch
140000	Rohholzzukauf

Anhang

150000	Nebennutzung
160000	Benützungsentgelte
161000	Bringungsanlagen
162000	Gebäude
163000	Naturwaldzellen
164000	Grundstücke
165000	Maschinen und Geräte
170000	Kostenersätze
180000	Förderungen
181000	Waldbau
182000	Bringungsanlagen
183000	Personal
184000	sonstiges
für Ertragsarten 11 – 14 (Holzerträge): 3. Stelle: Parität (1 ... 7)	
11x1000	Stock
11x2000	Waldort
11x3000	Straße
11x4000	Holzhof
11x5000	Bahn, Hafen
11x6000	Haus, Werk
11x7000	Grenze, Export
für Ertragsarten 11 – 14 (Holzerträge): 4. Stelle: Holzart	
	1...Fichte/Tanne 2...Lärche 3...Kiefer 4...sonstiges Nadelholz 5...Nadelholz ungegliedert 6...Buche 7...Eiche 8...sonstiges Laubholz 9...Laubholz ungegliedert
für Ertragsarten 11 – 14 (Holzerträge): 5. und 6. Stelle: Sortiment	
	10...Starkholz 11 Langholz 12 Blochholz 13 Schwachbloch 14 Braunbloch, C ^x 20...Schwachholz-Sondersorten 21 Zerspaner 22 Behauholz 30...Industrieholz 31 Schleifholz 32 Faserholz 33 Sekunda 40...Brennholz 41 Waldhackgut 50...unausgeformt
für Betriebszweige 6 und 7 (Nebenbetriebe):	
2. Stelle: Nebenbetrieb ; 3. Stelle: Ertragsart (einheitlich nach folgendem Schema):	
	xy1 Mieten und Pachten xy2 sonstige Markterlöse xy3 Zusatzleistungen xy4 Kostenersätze xy5 Förderungen
610 Jagd	611...615
620 Fischerei	621...625
630 Grundstücksnutzung	631...635
640 Sand/Schotter/Erde	641...645
650 Wasser	651...655
660 Gebäude	661...665
670 Landwirtschaft	671...675
680 Freizeit und Tourismus	681...685
690 Arbeitsleistungen für Dritte	691...695

9.2 Ergebnis der One-Way Anova für das Modell Absolutgrößen bei nicht orientiertem DEA Modell

Zur Ableitung des Zusammenhangs zwischen den ausgeschiedenen Gruppen von Skaleneffekten und der Betriebsgröße ist hier ergänzend zu den Ergebnissen bei Inputorientierung (vgl. 5.4.8.1) der SPSS – Ergebnisbericht der One-Way Anova für das nicht orientierte DEA Modell angeführt.

ONEWAY ANOVA

Betriebsgröße

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	1,4E+08	2	68680141	11,501	,000
Innerhalb der Gruppen	4,4E+08	73	5971525,5		
Gesamt	5,7E+08	75			

Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable: Betriebsgröße

	SE Absolut G. NON	SE_Absolut G. NON	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
						Untergrenze	Obergrenze
Tukey-HSD	1	2	-2123,656*	615,7471	,003	-3596,791	-650,521
		3	1367,438	843,1464	,243	-649,735	3384,611
	2	1	2123,656*	615,7471	,003	650,521	3596,791
		3	3491,094*	814,5568	,000	1542,320	5439,869
	3	1	-1367,438	843,1464	,243	-3384,611	649,735
		2	-3491,094*	814,5568	,000	-5439,869	-1542,320
Scheffé-Prozedur	1	2	-2123,656*	615,7471	,004	-3662,310	-585,002
		3	1367,438	843,1464	,275	-739,451	3474,327
	2	1	2123,656*	615,7471	,004	585,002	3662,310
		3	3491,094*	814,5568	,000	1455,647	5526,542
	3	1	-1367,438	843,1464	,275	-3474,327	739,451
		2	-3491,094*	814,5568	,000	-5526,542	-1455,647
Bonferroni	1	2	-2123,656*	615,7471	,003	-3632,482	-614,831
		3	1367,438	843,1464	,327	-698,606	3433,482
	2	1	2123,656*	615,7471	,003	614,831	3632,482
		3	3491,094*	814,5568	,000	1495,106	5487,083
	3	1	-1367,438	843,1464	,327	-3433,482	698,606
		2	-3491,094*	814,5568	,000	-5487,083	-1495,106

*. Die mittlere Differenz ist auf der Stufe .05 signifikant.

9.3 Ergebnisse der Post-Hoc-Tests der univariaten Varianzanalyse für das Modell „Absolutgröße“

Als Ergänzung zur univariaten Varianzanalyse (vgl. Tabelle 19: Ergebnis der univariaten Varianzanalyse zur Beurteilung der Einflussnahme des Produktionsgebiets, des Anteils an Seilgelänge sowie der Arrondierung auf den ausgewiesenen Effizienzwert) werden hier noch die Detailergebnisse der Abhängigkeit der natural-technischen Effizienz (TE VRS RAD IN) vom Produktionsgebiet, von der Arrondierung und vom Seilgelände nachgereicht.

Produkt. Gebiet

Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN
Bonferroni

(I) Produkt. Gebiet	(J) Produkt. Gebiet	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95% Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	2,4295%	4,96934%	1,000	-12,9951%	17,8542%
	3	-,4071%	6,03990%	1,000	-19,1548%	18,3405%
	4	11,8474%	4,76761%	,252	-2,9511%	26,6458%
	5	10,4749%	4,76761%	,500	-4,3236%	25,2733%
	6	9,3204%	5,61868%	1,000	-8,1198%	26,7605%
2	1	-2,4295%	4,96934%	1,000	-17,8542%	12,9951%
	3	-2,8367%	5,24410%	1,000	-19,1142%	13,4408%
	4	9,4178%	3,70814%	,221	-2,0921%	20,9278%
	5	8,0453%	3,70814%	,532	-3,4646%	19,5553%
	6	6,8908%	4,75287%	1,000	-7,8619%	21,6436%
3	1	-,4071%	6,03990%	1,000	-18,3405%	19,1548%
	2	2,8367%	5,24410%	1,000	-13,4408%	19,1142%
	4	12,2545%	5,05334%	,292	-3,4309%	27,9399%
	5	10,8820%	5,05334%	,552	-4,8034%	26,5674%
	6	9,7275%	5,86308%	1,000	-8,4713%	27,9263%
4	1	-11,8474%	4,76761%	,252	-26,6458%	2,9511%
	2	-9,4178%	3,70814%	,221	-20,9278%	2,0921%
	3	-12,2545%	5,05334%	,292	-27,9399%	3,4309%
	5	-1,3725%	3,43307%	1,000	-12,0286%	9,2836%
	6	-2,5270%	4,54152%	1,000	-16,6237%	11,5697%
5	1	-10,4749%	4,76761%	,500	-25,2733%	4,3236%
	2	-8,0453%	3,70814%	,532	-19,5553%	3,4646%
	3	-10,8820%	5,05334%	,552	-26,5674%	4,8034%
	4	1,3725%	3,43307%	1,000	-9,2836%	12,0286%
	6	-1,1545%	4,54152%	1,000	-15,2512%	12,9422%
6	1	-9,3204%	5,61868%	1,000	-26,7605%	8,1198%
	2	-6,8908%	4,75287%	1,000	-21,6436%	7,8619%
	3	-9,7275%	5,86308%	1,000	-27,9263%	8,4713%
	4	2,5270%	4,54152%	1,000	-11,5697%	16,6237%
	5	1,1545%	4,54152%	1,000	-12,9422%	15,2512%

Basiert auf beobachteten Mittelwerten.

Arrondierung**Mehrfachvergleiche**

Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN

Bonferroni

(I) Arrondierung	(J) Arrondierung	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95% Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	-2,0295%	3,02483%	1,000	-9,5583%	5,4992%
	3	,1051%	3,14315%	1,000	-7,7181%	7,9283%
2	1	2,0295%	3,02483%	1,000	-5,4992%	9,5583%
	3	2,1346%	3,62437%	1,000	-6,8863%	11,1556%
3	1	-,1051%	3,14315%	1,000	-7,9283%	7,7181%
	2	-2,1346%	3,62437%	1,000	-11,1556%	6,8863%

Basiert auf beobachteten Mittelwerten.

Anteil Seilgelände**Mehrfachvergleiche**

Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN

Bonferroni

(I) Anteil Seilgelände	(J) Anteil Seilgelände	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95% Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	8,1059%	4,29134%	,393	-3,7502%	19,9621%
	3	8,1978%	3,32405%	,106	-,9859%	17,3816%
	4	10,9029%*	3,09453%	,006	2,3533%	19,4525%
2	1	-8,1059%	4,29134%	,393	-19,9621%	3,7502%
	3	,0919%	4,70092%	1,000	-12,8959%	13,0797%
	4	2,7970%	4,54152%	1,000	-9,7504%	15,3444%
3	1	-8,1978%	3,32405%	,106	-17,3816%	,9859%
	2	-,0919%	4,70092%	1,000	-13,0797%	12,8959%
	4	2,7051%	3,64132%	1,000	-7,3552%	12,7654%
4	1	-10,9029%*	3,09453%	,006	-19,4525%	-2,3533%
	2	-2,7970%	4,54152%	1,000	-15,3444%	9,7504%
	3	-2,7051%	3,64132%	1,000	-12,7654%	7,3552%

Basiert auf beobachteten Mittelwerten.

*. Die mittlere Differenz ist auf der Stufe ,05 signifikant.

9.4 Datengrundlage für das Modell „Flächennormierung & Hiebssatzbezug“

Natural-Technisches Modell

DMUs	Stunden je Hektar HS {I}	red Ang HS je ha {I}	Fremdl.k. je ha HS bez. {I}	je ha sonstige Kost HS {I}	Ssort fm/ha HS {O}	IndH BH s. Sort fm/HA HS {O}	sonst_Erträge ES je Ha {O}
1	2,27843	0,00152	156,137	58,388	4,6978	2,2688	6,8186
2	3,83338	0,00231	58,546	95,531	5,8889	1,6761	24,3929
3	4,59735	0,00176	130,073	76,383	5,7202	1,5719	41,1911
4	3,20586	0,00103	88,357	38,255	2,0766	3,2146	35,7989
5	6,58845	0,00133	138,320	99,627	6,7238	2,2427	17,8855
6	2,84684	0,00160	133,565	47,035	4,7923	1,8457	14,9506
7	1,00878	0,00161	126,269	36,935	3,8178	1,4155	15,0598
8	1,32763	0,00128	192,685	106,426	4,7893	2,0863	9,8261
9	8,81644	0,00210	109,018	123,336	2,4338	1,5513	30,8802
10	0,19570	0,00110	121,561	91,768	5,2096	0,9330	12,6680
11	6,34779	0,00158	94,509	76,161	4,5522	1,4484	10,2893
12	7,00508	0,00155	96,234	79,975	5,0285	2,3166	24,6174
13	8,34750	0,00210	66,049	89,678	4,6940	2,6159	30,6744
14	2,31266	0,00177	142,020	112,017	4,9120	2,3631	27,7640
15	5,03808	0,00135	143,334	77,671	4,9723	2,2757	28,5372
16	4,81421	0,00136	79,979	73,828	5,1975	1,7103	17,7176
17	3,19997	0,00136	83,787	58,204	4,9498	1,1477	12,8112
18	1,95166	0,00203	117,060	55,611	6,1280	1,2299	13,3955
19	4,02863	0,00150	114,405	61,983	4,3047	1,5858	17,0478
20	3,68792	0,00120	146,445	86,684	5,9237	2,2567	6,1430
21	5,82829	0,00198	138,398	91,645	6,1915	1,4631	16,9679
22	3,37541	0,00065	29,788	36,284	0,9439	0,7321	22,6263
23	2,01002	0,00103	69,323	55,286	1,0801	2,3860	38,6331
24	1,70957	0,00121	64,758	34,704	1,5933	2,2041	27,7737
25	2,31451	0,00086	42,851	41,682	0,6008	1,0494	34,1957
26	0,36289	0,00088	34,757	19,699	0,3043	1,9875	6,1922
27	1,99805	0,00117	82,009	43,075	2,1339	1,7320	16,4697
28	1,10827	0,00168	153,497	46,245	3,9019	1,3952	25,6594
29	1,91593	0,00162	155,179	75,248	3,7926	0,8720	14,3341
30	2,36343	0,00030	144,406	91,944	3,8288	1,4666	14,4214
31	4,24356	0,00234	43,296	88,312	4,8185	0,8865	6,0248
32	6,61382	0,00103	129,130	107,026	4,4757	2,0465	10,4729
33	2,71780	0,00102	62,819	57,016	4,0772	1,0356	11,3562
34	1,95924	0,00073	114,049	47,877	2,6873	1,2680	4,9983
35	0,55006	0,00105	117,860	39,105	2,8300	1,8404	5,0290
36	4,28533	0,00148	101,121	80,800	4,5215	1,3004	31,6062
37	2,86401	0,00162	125,821	88,492	5,3336	1,7295	12,3748
38	2,84044	0,00103	97,664	63,810	4,1040	1,5880	12,7485
39	6,10277	0,00185	87,095	88,167	3,9578	2,1129	10,6733
40	0,47268	0,00235	100,076	56,090	3,3051	1,4852	11,7146
41	2,20065	0,00171	119,477	43,508	3,9096	1,0205	19,6221
42	6,63237	0,00195	96,631	112,332	5,4453	1,5191	14,5157
43	5,04954	0,00098	78,729	72,133	4,9875	0,9476	10,4560
44	2,70716	0,00120	89,409	96,288	2,6482	1,4993	23,1822
45	3,28961	0,00147	82,687	50,009	2,5968	0,9095	17,9065
46	4,34021	0,00093	142,553	82,656	5,6057	1,8386	19,3410
47	2,67044	0,00152	110,784	35,647	3,4398	1,2146	17,4436
48	2,83191	0,00097	82,847	51,561	2,6557	1,0736	12,2588
49	2,05784	0,00123	114,512	44,202	3,3127	1,4447	21,8008
50	1,57677	0,00131	115,964	37,426	2,9361	1,6473	5,8916
51	2,72177	0,00109	150,974	45,124	3,5224	1,6809	8,7393
52	2,20508	0,00129	177,998	64,789	4,1455	2,0486	13,3247
53	0,18515	0,00095	123,689	41,114	3,3566	1,1496	4,7566
54	3,49561	0,00100	48,247	33,855	2,5648	1,0921	3,3791

Anhang

55	4,04262	0,00098	46,956	33,971	2,8394	1,1114	3,3681
56	4,18736	0,00076	81,154	70,659	3,7554	1,4092	4,4147
57	1,05438	0,00127	148,720	26,860	2,9261	1,4521	9,8468
58	0,43518	0,00075	127,124	46,954	2,3145	2,2848	23,3964
59	1,20590	0,00068	96,597	22,870	1,8207	1,1066	13,0635
60	0,65553	0,00008	156,015	35,271	2,9627	1,3233	5,0742
61	2,94927	0,00114	89,930	62,417	3,1659	0,7983	17,0048
62	1,69166	0,00061	98,181	41,926	2,6677	1,5335	2,5636
63	1,53088	0,00165	148,392	65,097	3,0682	1,1738	24,9051
64	2,50678	0,00073	123,966	41,928	3,3253	1,6901	1,0697
65	2,75654	0,00177	118,993	60,596	3,3926	2,4083	11,3011
66	3,24220	0,00098	193,370	80,550	4,4437	2,2296	12,7637
67	1,33661	0,00068	130,082	41,679	3,0079	2,0656	4,3176
68	7,99192	0,00167	72,364	74,438	4,0144	1,7990	16,8516
69	2,24982	0,00180	107,969	66,644	2,9667	0,9682	9,9901
70	5,04215	0,00121	169,340	100,320	5,1480	2,2098	71,6310
71	3,98981	0,00069	120,884	64,713	3,0049	1,0275	18,2169
72	6,01004	0,00127	133,055	89,389	4,4133	2,2299	9,4501
73	4,74242	0,00146	124,401	49,883	2,7776	2,2692	9,4135
74	3,28676	0,00108	79,437	54,740	3,4265	2,2386	9,3184
75	1,56910	0,00094	64,539	33,341	2,6216	0,8616	13,1634
76	1,01821	0,00090	89,533	31,471	2,8846	1,4410	36,3035

Modell zur Ermittlung der Kosteneffizienz bei Unterstellung von durchschnittlichen Kostensätzen für das natural-technische Modell:

DMUs	av. Ges. Kosten {I}	Ssort fm/ha HS {O}	IndH BH s. Sort fm/HA HS {O}	sonst_Erträge ES je Ha {O}
1	324,151	4,6978	2,2688	6,8186
2	327,009	5,8889	1,6761	24,3929
3	368,596	5,7202	1,5719	41,1911
4	230,980	2,0766	3,2146	35,7989
5	416,677	6,7238	2,2427	17,8855
6	303,999	4,7923	1,8457	14,9506
7	253,925	3,8178	1,4155	15,0598
8	380,657	4,7893	2,0863	9,8261
9	485,555	2,4338	1,5513	30,8802
10	266,352	5,2096	0,9330	12,6680
11	356,179	4,5522	1,4484	10,2893
12	372,106	5,0285	2,3166	24,6174
13	400,859	4,6940	2,6159	30,6744
14	375,495	4,9120	2,3631	27,7640
15	372,787	4,9723	2,2757	28,5372
16	301,844	5,1975	1,7103	17,7176
17	260,966	4,9498	1,1477	12,8112
18	299,201	6,1280	1,2299	13,3955
19	316,716	4,3047	1,5858	17,0478
20	353,592	5,9237	2,2567	6,1430
21	424,238	6,1915	1,4631	16,9679
22	155,985	0,9439	0,7321	22,6263
23	207,185	1,0801	2,3860	38,6331
24	184,996	1,5933	2,2041	27,7737
25	164,793	0,6008	1,0494	34,1957
26	100,865	0,3043	1,9875	6,1922
27	213,892	2,1339	1,7320	16,4697
28	295,360	3,9019	1,3952	25,6594
29	338,127	3,7926	0,8720	14,3341
30	292,611	3,8288	1,4666	14,4214
31	313,297	4,8185	0,8865	6,0248

Anhang

32	401,839	4,4757	2,0465	10,4729
33	214,606	4,0772	1,0356	11,3562
34	230,243	2,6873	1,2680	4,9983
35	214,150	2,8300	1,8404	5,0290
36	325,938	4,5215	1,3004	31,6062
37	338,915	5,3336	1,7295	12,3748
38	258,948	4,1040	1,5880	12,7485
39	368,308	3,9578	2,1129	10,6733
40	270,413	3,3051	1,4852	11,7146
41	279,874	3,9096	1,0205	19,6221
42	416,075	5,4453	1,5191	14,5157
43	285,854	4,9875	0,9476	10,4560
44	288,357	2,6482	1,4993	23,1822
45	258,303	2,5968	0,9095	17,9065
46	345,134	5,6057	1,8386	19,3410
47	263,026	3,4398	1,2146	17,4436
48	229,033	2,6557	1,0736	12,2588
49	251,345	3,3127	1,4447	21,8008
50	240,912	2,9361	1,6473	5,8916
51	294,406	3,5224	1,6809	8,7393
52	340,683	4,1455	2,0486	13,3247
53	210,857	3,3566	1,1496	4,7566
54	190,245	2,5648	1,0921	3,3791
55	197,881	2,8394	1,1114	3,3681
56	261,669	3,7554	1,4092	4,4147
57	251,858	2,9261	1,4521	9,8468
58	215,894	2,3145	2,2848	23,3964
59	171,845	1,8207	1,1066	13,0635
60	206,811	2,9627	1,3233	5,0742
61	257,014	3,1659	0,7983	17,0048
62	198,053	2,6677	1,5335	2,5636
63	315,230	3,0682	1,1738	24,9051
64	243,753	3,3253	1,6901	1,0697
65	309,186	3,3926	2,4083	11,3011
66	376,652	4,4437	2,2296	12,7637
67	226,495	3,0079	2,0656	4,3176
68	365,881	4,0144	1,7990	16,8516
69	296,451	2,9667	0,9682	9,9901
70	415,018	5,1480	2,2098	71,6310
71	288,541	3,0049	1,0275	18,2169
72	388,066	4,4133	2,2299	9,4501
73	325,363	2,7776	2,2692	9,4135
74	241,999	3,4265	2,2386	9,3184
75	168,708	2,6216	0,8616	13,1634
76	180,035	2,8846	1,4410	36,3035

9.5 Ergebnisse der Post-Hoc-Tests der univariaten Varianzanalyse für das Modell „Flächennormierung und Hiebsatzbereinigung“

Ergänzend zur univariaten Varianzanalyse (vgl. Tabelle 34) werden hier noch die Gruppenergebnisse für die Abhängigkeit der natural-technischen Effizienz (TE VRS RAD IN) vom Produktionsgebiet, von der Arrondierung und vom Seilgelände nachgereicht.

Produktionsgebiet:

Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN
Bonferroni

(I) Produkt. Gebiet	(J) Produkt. Gebiet	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95% Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	7,1640%	5,41493%	1,000	-9,6437%	23,9718%
	3	3,6364%	6,58147%	1,000	-16,7923%	24,0650%
	4	10,7316%	5,19510%	,672	-5,3938%	26,8570%
	5	8,0645%	5,19510%	1,000	-8,0609%	24,1899%
	6	14,9971%	6,12249%	,275	-4,0069%	34,0011%
2	1	-7,1640%	5,41493%	1,000	-23,9718%	9,6437%
	3	-3,5277%	5,71432%	1,000	-21,2647%	14,2094%
	4	3,5675%	4,04063%	1,000	-8,9744%	16,1095%
	5	,9004%	4,04063%	1,000	-11,6415%	13,4424%
	6	7,8330%	5,17904%	1,000	-8,2425%	23,9086%
3	1	-3,6364%	6,58147%	1,000	-24,0650%	16,7923%
	2	3,5277%	5,71432%	1,000	-14,2094%	21,2647%
	4	7,0952%	5,50646%	1,000	-9,9966%	24,1871%
	5	4,4281%	5,50646%	1,000	-12,6637%	21,5200%
	6	11,3607%	6,38880%	1,000	-8,4699%	31,1913%
4	1	-10,7316%	5,19510%	,672	-26,8570%	5,3938%
	2	-3,5675%	4,04063%	1,000	-16,1095%	8,9744%
	3	-7,0952%	5,50646%	1,000	-24,1871%	9,9966%
	5	-2,6671%	3,74090%	1,000	-14,2787%	8,9445%
	6	4,2655%	4,94875%	1,000	-11,0952%	19,6262%
5	1	-8,0645%	5,19510%	1,000	-24,1899%	8,0609%
	2	-,9004%	4,04063%	1,000	-13,4424%	11,6415%
	3	-4,4281%	5,50646%	1,000	-21,5200%	12,6637%
	4	2,6671%	3,74090%	1,000	-8,9445%	14,2787%
	6	6,9326%	4,94875%	1,000	-8,4281%	22,2933%
6	1	-14,9971%	6,12249%	,275	-34,0011%	4,0069%
	2	-7,8330%	5,17904%	1,000	-23,9086%	8,2425%
	3	-11,3607%	6,38880%	1,000	-31,1913%	8,4699%
	4	-4,2655%	4,94875%	1,000	-19,6262%	11,0952%
	5	-6,9326%	4,94875%	1,000	-22,2933%	8,4281%

Basiert auf beobachteten Mittelwerten.

Arrondierung**Mehrfachvergleiche**

Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN

Bonferroni

(I) Arrondierung	(J) Arrondierung	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95% Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	1,5724%	3,29606%	1,000	-6,6314%	9,7762%
	3	,6010%	3,42499%	1,000	-7,9237%	9,1257%
2	1	-1,5724%	3,29606%	1,000	-9,7762%	6,6314%
	3	-,9714%	3,94935%	1,000	-10,8012%	8,8584%
3	1	-,6010%	3,42499%	1,000	-9,1257%	7,9237%
	2	,9714%	3,94935%	1,000	-8,8584%	10,8012%

Basiert auf beobachteten Mittelwerten.

Anteil an Seilgelände**Mehrfachvergleiche**

Abhängige Variable: Score TE VRS RAD IN

Bonferroni

(I) Anteil Seilgelände	(J) Anteil Seilgelände	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95% Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
1	2	6,0687%	4,67613%	1,000	-6,8506%	18,9880%
	3	3,1798%	3,62211%	1,000	-6,8274%	13,1870%
	4	5,0297%	3,37200%	,858	-4,2865%	14,3459%
2	1	-6,0687%	4,67613%	1,000	-18,9880%	6,8506%
	3	-2,8889%	5,12244%	1,000	-17,0412%	11,2635%
	4	-1,0390%	4,94875%	1,000	-14,7115%	12,6335%
3	1	-3,1798%	3,62211%	1,000	-13,1870%	6,8274%
	2	2,8889%	5,12244%	1,000	-11,2635%	17,0412%
	4	1,8499%	3,96782%	1,000	-9,1125%	12,8122%
4	1	-5,0297%	3,37200%	,858	-14,3459%	4,2865%
	2	1,0390%	4,94875%	1,000	-12,6335%	14,7115%
	3	-1,8499%	3,96782%	1,000	-12,8122%	9,1125%

Basiert auf beobachteten Mittelwerten.

9.6 Datengrundlage des Bestandesmodells unter Verwendung der Operatsdaten des Lehrforsts Ofenbach.

BESTAND	AREA {IN}	Bonität {IN}	Alter {I}	MASSELH {O}	MASSENH {O}	BESTAND	AREA {IN}	Bonität at {IN}	Alter {I}	MASSELH {O}	MASSENH {O}
30e1	62485,40	7,9	85	672	1885	18b2	9749,85	6,2	65	228	70
36e1	18516,93	7,3	115	163	780	18b3	18882,19	7,8	40	49	313
37e1	16227,17	6,3	55	280	91	18b4	5864,05	7,1	40	69	12
20e2	5331,77	8,2	60	35	111	18c1	8012,15	8,5	40	20	153
36e2	26731,68	7,8	30	40	165	18c2	5776,37	7,4	40	61	29
37e2	10058,65	6,0	35	11	24	18c3	11008,86	6,6	30	5	66
34e3	20325,53	10,2	30	12	312	18d1	20863,58	8,2	55	54	642
10a1	10530,73	8,3	70	80	389	19a1	40991,34	7,2	70	116	1347
10a2	31670,91	8,3	35	51	459	19a2	10435,71	8,7	65	57	366
10b1	46636,25	8,0	70	686	1268	19a3	18950,83	7,1	55	83	455
10b2	15124,45	7,0	70	492	55	19a4	32947,66	7,6	30	8	294
10b3	8113,87	7,8	35	12	104	19b1	14684,14	9,3	75	59	693
10b4	64810,74	7,7	35	157	738	19b2	5404,01	8,5	65	16	194
10c2	44316,69	7,3	70	375	1169	19b3	8860,56	7,3	30	2	80
10c3	58004,33	6,6	35	171	416	19c1	11205,28	7,8	30	1	123
11a1	55116,89	9,2	80	1163	1517	1a2	15660,68	8,0	75	305	423
11a2	13410,30	8,4	65	243	291	1a3	10323,00	8,3	75	118	362
11a3	16146,67	8,2	65	420	211	1a4	17112,39	7,5	35	68	144
11b1	63739,61	9,4	85	514	2551	1a5	24109,14	7,8	35	38	324
11b2	51883,06	8,4	85	1624	793	1b1	10374,71	8,6	75	78	394
11b3	18683,17	7,1	70	416	279	1b2	47057,73	8,6	35	76	743
11c1	19611,32	7,2	125	698	102	20a1	18969,37	6,8	120	443	391
12a1	30316,04	7,3	85	1081	174	20a2	7448,72	9,8	35	7	138
12a2	17681,52	8,8	70	65	803	20b1	5112,95	8,2	145	68	205
12b	99570,58	7,8	90	2101	2608	20b2	10013,10	10,3	100	50	671
12c2	4503,99	8,6	70	18	213	20b4	4773,79	7,6	20	1	9
12c3	2705,21	8,8	40	3	66	20c1	41667,23	10,4	80	141	1954
13a1	17848,56	8,0	125	403	532	20d3	35121,15	7,6	60	207	957
13c2	30316,11	7,9	60	68	864	20f1	30747,87	10,6	80	117	1687
14b1	15347,50	7,4	110	507	165	20f2	25882,29	9,0	30	48	257
14b2	14648,60	9,7	55	34	517	20g	12610,99	9,0	105	194	322
15a1	33202,95	10,6	90	119	1490	21b1	57733,12	7,4	100	2358	408
15b1	44830,27	7,8	100	1016	1221	21b2	31120,14	10,6	100	140	1963
15b2	43158,85	7,9	100	1511	927	21d1	48734,08	8,7	75	193	2287
15c	53761,64	9,4	105	944	1574	21g	11714,42	7,8	105	269	159
16a1	40771,89	8,8	105	676	1454	22a	66682,81	8,7	75	1187	1810
16a2	10614,98	8,5	60	65	358	22b	94284,64	7,7	80	1899	1622
16b2	6468,03	9,5	45	12	202	22c	9640,73	7,8	105	224	132
16c1	43442,82	6,4	110	1126	372	23a1	7352,10	5,2	145	228	34
16c2	39798,28	6,4	110	1048	346	23a3	28229,30	6,8	70	53	49
16c3	9514,03	8,7	60	29	368	23b1	4271,02	9,7	70	14	197
16d1	52615,36	7,4	105	1750	570	23b2	10361,99	9,0	40	12	211
17a1	3611,67	8,6	60	23	135	23b3	67373,20	9,3	30	94	798
17b	105539,09	7,2	110	3532	511	23c	43608,28	9,1	55	649	904
17c1	83264,76	7,2	110	2766	400	23d1	8250,03	9,8	80	135	290
17c2	9236,18	8,8	60	26	342	23d3	6462,83	8,9	55	54	198
17c3	6963,44	8,8	35	5	124	23d4	32738,11	8,4	30	49	279
17d2	16999,40	6,3	110	509	141	23e	12911,13	6,7	55	143	71
17d3	4697,01	8,6	60	29	165	23f	6495,07	6,8	55	89	25
17d4	10365,24	8,7	60	29	368	24b2	13300,41	7,6	125	172	426
17d5	21447,96	8,6	35	34	332	24b4	643,48	8,7	70	2	40
17e	7504,06	4,3	90	104	93	24c1	24130,26	6,2	70	513	140
18b1	5922,56	8,7	70	21	262	24c2	43926,64	6,8	35	51	493

Anhang

24d1	18745,95	7,4	70	344	269	32f	19401,73	7,3	55	310	18
24d2	17304,18	8,0	50	166	260	33a1	29487,18	7,5	50	457	291
25a3	52553,57	7,3	55	823	686	33a2	31830,81	8,4	30	38	288
25a4	29823,56	7,8	30	9	317	33b1	42242,84	9,0	65	945	862
25b1	77931,61	6,6	80	2296	872	7a3	2517,40	7,5	45	21	44
25b2	19759,07	8,6	80	168	894	24d3	38967,61	8,0	30	23	388
25b3	22327,01	6,1	45	283	48	25a2	39536,12	7,5	75	1103	605
25c	8687,58	8,2	60	61	202	33b2	26833,15	7,6	45	378	178
26a1	108227,32	8,7	90	1361	4284	33c1	40942,88	10,1	55	362	1343
26a2	19029,54	10,4	65	142	849	33e	9311,90	7,8	75	106	296
26b1	64617,07	7,8	95	1532	1335	33f1	36299,16	7,9	55	466	606
26b2	8764,09	8,2	60	41	211	33f2	5468,18	9,4	30	1	87
26b3	2631,13	7,9	40	3	51	33g	12901,16	6,9	55	212	12
26c1	38675,61	6,3	90	895	273	34a1	29363,32	6,2	60	515	260
26c2	29921,33	5,3	65	382	292	34a2	60281,62	6,5	40	367	427
26d1	16908,19	7,4	75	157	506	34b1	46347,51	7,4	30	55	307
26d2	15828,32	7,3	60	121	386	34c2	18596,51	7,7	40	19	358
26d3	15237,10	7,3	60	76	404	35a1	11244,91	6,2	120	149	224
26d4	3122,15	7,8	40	3	56	35a3	27982,44	6,6	65	320	571
26e	8017,52	9,4	105	113	211	35b1	116009,06	6,0	60	1767	1211
26f	8623,90	9,4	105	184	147	35c1	15888,89	7,6	60	237	301
27a1	66591,71	7,1	70	2200	296	35c2	22351,42	7,0	30	8	159
27a2	11780,01	8,1	40	61	173	36a1	94719,37	9,0	100	858	4589
27b	43290,65	7,4	65	1142	396	36b1	54647,09	8,4	80	926	1309
27c	42767,45	9,4	70	313	1888	36b2	64915,01	7,5	60	1351	780
27d1	31516,20	8,0	75	329	1161	36c	46130,98	9,9	90	500	1486
27d2	20574,26	5,6	75	358	263	36d1	29102,84	7,9	35	169	250
27e	16390,48	6,5	80	412	226	36d2	14663,92	7,3	35	244	33
27f	22909,36	7,4	50	83	515	36f1	11345,58	5,7	115	111	276
27g	139189,80	7,3	35	246	1591	36f2	17889,00	6,4	90	126	644
27h	9242,11	9,0	75	108	170	36f3	13111,02	5,5	65	138	167
2a1	50457,81	7,4	75	1004	1143	36f4	34135,22	5,6	65	320	585
2a2	74131,89	6,8	55	731	1089	36f5	2601,53	7,3	35	7	29
2b	59508,01	7,7	80	1515	1238	37a	59025,79	3,0	135	646	365
30a2	56618,91	8,0	65	1135	1149	37b1	47359,35	6,2	70	891	657
30a3	36081,37	7,7	55	559	532	37b2	11340,34	3,9	70	16	218
30a4	11787,02	9,8	30	22	140	37c1	24618,13	4,8	135	527	123
30b1	56658,28	9,0	85	575	1960	37d	15570,64	6,4	75	329	251
30c1	23803,70	10,4	100	191	1081	37f1	5676,80	4,2	135	167	22
30c2	50383,13	9,4	100	609	2096	37f2	11662,35	7,3	75	41	434
30d	93813,69	7,4	100	1510	2607	37f3	43625,47	6,2	55	770	223
30f	23069,21	9,8	105	398	490	37g1	32412,34	8,5	105	445	1260
31a2	7586,19	8,0	80	60	287	37g2	9865,08	6,2	45	114	36
31a3	55994,99	7,1	60	997	691	37g3	45250,36	7,1	30	11	372
31a5	23810,03	7,0	40	48	351	37h	33174,19	7,1	75	305	907
31a6	14696,38	7,4	40	13	238	37i	23474,09	4,0	135	117	300
31b1	21144,96	8,7	80	70	817	3a1	67035,58	6,1	90	1487	502
31c2	7590,52	10,8	80	76	326	3a2	31989,38	8,1	60	380	787
31c3	40492,36	7,5	60	852	496	3a3	27144,81	7,9	60	400	555
31c4	5014,21	10,3	50	15	181	3a4	9798,31	7,7	35	16	131
31e	28324,10	9,0	105	542	506	3b1	73960,16	6,4	100	1835	940
32a1	18386,93	8,0	105	130	533	4a1	22175,14	6,1	140	699	93
32b1	76924,96	8,7	85	1527	1853	4a2	7579,83	7,9	75	31	340
32c1	84684,99	7,3	85	3063	493	4b1	16217,22	8,1	70	121	444
32c3	7322,11	7,0	45	110	12	4b3	10902,89	7,8	35	17	148
32d1	38249,59	8,9	85	1319	801	5b1	3599,30	7,2	135	36	169
32d2	37458,14	7,3	55	688	373	5b2	6375,55	7,8	110	22	267

Anhang

32e	29279,54	8,9	85	387	1268	5b3	11493,81	7,5	95	51	579
7b1	9042,90	8,2	90	235	158	5b4	16654,82	6,1	60	259	201
7b2	16349,73	9,8	90	179	655	5c1	4330,43	9,7	60	11	169
8a3	5849,35	9,7	50	13	204	5c2	46020,50	8,1	40	160	662
8b2	34543,84	8,6	30	5	261	5e	4650,59	7,2	135	223	33
8c2	6189,32	8,0	65	99	138	6a1	1918,27	8,8	70	7	89
8c4	33953,39	7,5	30	8	313	6a3	36499,26	7,7	30	11	385
9a1	9129,28	7,4	30	3	78	6b1	3681,82	8,8	70	13	160
9b1	6945,57	6,2	120	183	27	6b2	10150,07	7,7	30	3	105
9c2	7074,51	7,7	75	44	207	7a1	45668,09	6,7	105	1009	818
9c3	68456,08	8,3	30	41	750						

9.7 Datengrundlage für das Bestandesbehandlungsmodell

Die Datengrundlagen für die behandelten und unbehandelten Bestände (232 DMus) werden sowohl für das natural-technische Modell sowie das durchschnittliche und das tatsächlich kostentechnische Modell in einer Tabelle dargestellt. Aus den angeführten Merkmalen lassen sich daraus jegliche Modellkombinationen generieren, die zu den Ergebnissen unter 5.6.9.1 und 5.6.9.3 geführt haben.

DMUs	Slope {IN}	H/D {I}	Std. {I}	V_DF VfmD {I}	Durch. GK {I}	tat. GK {I}	genutzt. VfmD/Ha {O}	Ertrag EfmD {O}	Kalk Ertrag {O}
B/M_G1_mass_I1	30,8	77	83	301,0	11569,8	13522,4	895,4	22460,83	2797,6
B/M_G1_mass_I2	32,2	97	95	328,3	12950,6	10261,8	1041,6	17520,74	878,0
B/M_G2_mass_II1	34,6	80	89	328,5	12531,9	14007,6	903,8	20837,89	2415,3
B/M_G2_mass_II2	24,1	93	55	254,9	8595,2	6687,4	638,1	11113,02	878,0
B/M_G3_mass_III1	35,7	77	73	257,9	10107,4	12101,3	708,4	17542,17	2797,6
B/M_G4_mass_IV1	15,0	79	89	300,2	12052,7	13313,7	787,2	19525,45	2797,6
B/M_G4_mass_IV2	18,0	89	85	260,4	11065,9	9170,3	944,8	16802,75	1141,4
B/M_G4_mass_IV3	19,0	96	81	353,8	12369,2	10016,5	912,8	13272,32	406,4
B/M_G4_mass_IV4	26,0	93	78	300,8	11185,9	9252,6	845,2	14157,36	878,0
B/M_G4_mass_IV5	25,0	92	91	220,7	10788,3	8885,1	912,8	15284,98	878,0
B/M_G5_mass_V1	32,0	102	91	371,1	13445,7	10700,4	932,6	14991,35	878,0
B/M_G5_mass_V2	30,0	76	77	289,2	10945,1	11862,7	839,7	21000,81	2797,6
Filz_G1_mass_I1	36,0	83	94	412,3	14388,8	14558,6	1087,9	18651,52	968,8
Filz_G1_mass_I2	34,0	77	98	412,5	14627,6	17108,7	1058,7	25249,02	2665,2
Filz_G1_mass_I3	36,0	89	85	345,5	12522,9	13076,9	1008,7	18531,71	1572,7
Filz_G1_mass_I4	38,0	83	73	391,7	12392,3	13619,9	839,4	18337,71	2273,6
Filz_G1_mass_I5	37,0	79	83	359,9	12594,9	13873,6	966,8	19868,77	1910,1
Filz_G1_mass_I6	32,0	80	76	437,4	13365,4	15910,8	846,0	20932,07	3087,0
Filz_G1_mass_I7	35,0	88	91	382,1	13599,2	12107,7	1081,5	17050,01	448,4
Filz_G1_mass_I8	32,0	74	67	288,7	10176,4	11983,5	639,8	16141,99	3087,0
Filz_G2_mass_II1	46,0	81	95	327,0	12971,7	12714,1	1167,5	19599,56	968,8
Filz_G2_mass_II2	44,0	76	80	325,9	11772,4	14016,1	918,2	22041,53	2665,2
Filz_G2_mass_II3	37,0	91	69	233,8	9311,5	8204,7	746,4	9790,32	0,0
Filz_G2_mass_II4	34,0	83	51	155,5	6612,7	7607,2	571,9	13837,28	3087,0
Filz_G2_mass_II5	34,0	71	129	301,1	15111,1	20819,5	624,2	17083,26	3541,5
Filz_G2_mass_II6	32,0	69	67	406,0	12191,6	17176,3	800,2	22917,71	4409,0
Filz_G2_mass_II7	37,0	86	85	345,7	12526,1	12841,4	1017,0	19171,34	1572,7
Filz_G3_mass_III1	34,0	69	79	441,3	13731,3	18466,7	888,5	26027,41	4031,0
Filz_G3_mass_III2	35,0	78	75	348,5	11823,1	12254,7	906,1	19040,93	1910,1
Filz_G3_mass_III3	40,0	77	87	393,2	13505,2	16111,7	976,1	22588,20	2665,2
Filz_G3_mass_III4	41,0	77	92	431,9	14566,8	17157,2	1071,7	25152,20	2665,2
Filz_G3_mass_III5	41,0	86	116	357,2	15065,1	14684,7	1314,8	21878,85	968,8
Filz_G3_mass_III6	42,0	77	88	376,4	13255,3	15335,0	951,9	20786,27	2273,6

Anhang

Filz_G3_mass_III7	42,0	90	88	270,4	11474,0	10608,9	1000,6	18754,00	1572,7
Filz_G4_mass_IV1	39,0	79	84	427,3	13854,3	15255,7	968,6	20224,00	1910,1
Filz_G4_mass_IV2	36,0	88	99	394,6	14426,6	13811,8	1094,8	16770,04	448,4
Filz_G4_mass_IV3	40,0	86	87	275,5	11425,5	10753,0	1052,8	17494,99	968,8
Filz_G4_mass_IV4	43,0	79	73	332,6	11357,2	12400,2	870,6	19702,34	2273,6
Filz_G4_mass_IV5	44,0	95	64	208,9	8572,6	8201,6	656,6	10320,11	698,9
Filz_G4_mass_IV6	48,0	92	88	194,5	10111,0	9022,6	1004,9	16935,69	1259,5
Stams_G1_mass_I1	55,0	73	86	195,0	10023,6	12455,0	887,9	23580,08	2797,6
Stams_G1_mass_I2	60,0	70	77	278,1	10734,6	13097,0	763,9	18734,53	2797,6
Stams_G1_mass_I3	62,0	69	69	237,6	9442,0	11831,5	724,3	18211,79	2797,6
Stams_G1_mass_I4	54,0	69	92	344,1	13044,1	15563,9	1059,5	26088,34	2797,6
Stams_G2_mass_II1	52,0	81	97	283,5	12341,0	11480,2	1017,3	15976,11	633,4
Stams_G2_mass_II2	56,0	69	77	296,2	11031,6	12317,0	821,6	20243,74	2797,6
Stams_G2_mass_II3	58,0	66	68	257,6	9691,4	11482,9	711,9	17837,14	2797,6
Stams_G2_mass_II4	60,0	90	96	242,6	11580,7	10302,8	978,6	17001,68	878,0
Wildalp_G1_mass_I1	24,0	100	54	424,6	11448,4	12855,6	559,9	10883,19	1425,3
Wildalp_G1_mass_I2	28,0	103	76	517,0	14751,0	16369,5	784,8	14693,65	1425,3
Wildalp_G1_mass_I3	28,0	101	69	451,9	13140,9	13573,5	691,9	13608,03	1425,3
Wildalp_G1_mass_I4	27,0	89	77	697,6	17984,2	23887,8	893,7	22158,31	2797,6
Wildalp_G2_mass_II1	27,0	106	56	311,2	9668,3	10080,7	553,9	10102,60	1425,3
Wildalp_G2_mass_II2	29,0	103	70	427,7	12798,2	13817,9	715,9	13209,59	1425,3
Wildalp_G2_mass_II3	22,0	98	70	524,7	14404,1	16248,0	740,2	14402,75	1425,3
Wildalp_G3_mass_III1	23,0	101	96	216,3	11168,0	9571,3	936,0	15956,56	968,8
Wildalp_G3_mass_III2	22,0	104	75	313,8	11200,0	10615,9	754,4	12630,68	968,8
Wildalp_G3_mass_III3	22,0	98	88	287,0	11750,0	11574,2	910,2	16064,16	968,8
Wildalp_G4_mass_IV1	24,0	95	60	175,6	7636,3	6862,7	564,9	10362,38	968,8
Wildalp_G4_mass_IV2	39,0	74	138	280,6	15459,7	20726,9	1582,2	44628,42	2797,6
eisenk_G1_mass_I1	31,0	108	132	406,9	17166,3	14045,2	1270,5	20472,36	1059,6
eisenk_G1_mass_I2	24,0	91	124	464,1	17525,9	16149,7	1362,5	26194,99	1720,2
eisenk_G1_mass_I3	25,0	104	116	387,1	15620,1	12755,6	1228,5	19806,59	1059,6
eisenk_G1_mass_I4	17,0	91	126	494,9	18232,1	17164,0	1403,2	27066,15	1720,2
eisenk_G2_mass_II1	21,0	110	140	499,2	19436,1	15696,6	1278,9	20054,60	1059,6
eisenk_G2_mass_II2	24,0	101	138	481,7	18964,0	13341,2	1576,9	20599,75	0,0
eisenk_G2_mass_II3	16,0	93	178	587,0	23829,0	21728,2	1708,3	29116,22	1059,6
eisenk_G2_mass_II4	16,0	92	123	475,1	17695,7	16222,7	1420,4	25410,44	1377,6
eisenk_G2_mass_II5	11,0	87	99	431,8	15102,3	14900,4	1103,1	23175,18	2089,2
eisenk_G3_mass_III1	34,0	96	136	479,4	18753,1	15175,2	1506,7	22658,80	490,4
gussw_G1_mass_I1	33,0	101	95	522,4	16289,3	19611,8	1068,9	24888,60	1572,7
gussw_G1_mass_I2	32,0	97	78	443,1	13653,7	16046,1	921,0	21002,79	1572,7
gussw_G1_mass_I3	35,0	108	128	464,0	17848,8	20880,4	1192,1	25024,21	1572,7
gussw_G1_mass_I4	34,0	93	86	394,3	13434,5	15348,4	1027,6	22423,77	1572,7
gussw_G1_mass_I5	34,0	104	107	622,6	18969,1	21992,6	1170,7	26329,03	1572,7
gussw_G2_mass_II1	35,0	87	97	438,6	15066,5	19789,7	1131,0	26051,46	1910,1
gussw_G2_mass_II2	38,0	87	88	555,4	16338,4	21560,4	1091,9	28906,40	2915,1
gussw_G2_mass_II3	34,0	91	84	457,9	14349,0	17325,5	981,9	21420,94	1572,7
gussw_G2_mass_II4	38,0	111	122	348,1	15431,2	16808,6	1206,3	25784,23	1572,7
gussw_G2_mass_II5	40,0	103	97	456,0	15360,3	17519,0	1078,4	23932,55	1572,7
gussw_G2_mass_II6	43,0	113	189	266,5	19129,9	19806,7	1786,6	36554,59	1572,7
gussw_G2_mass_II7	37,0	100	126	856,0	24433,8	29315,1	1531,3	34356,91	1572,7
gussw_G2_mass_II8	38,0	88	100	671,4	19310,3	23933,0	1254,1	28162,22	1572,7
gussw_G2_mass_II9	37,0	102	94	619,8	17946,8	21052,2	1129,5	25607,60	1572,7
gussw_G3_mass_III1	27,0	92	85	454,8	14400,5	16695,4	1070,0	19895,11	968,8
gussw_G3_mass_III2	29,0	97	107	602,6	18661,3	22220,6	1265,0	27247,78	1572,7
gussw_G3_mass_III3	36,0	94	135	632,9	21310,8	25279,4	1678,5	36723,18	1572,7
gussw_G3_mass_III4	33,0	131	93	549,8	16644,5	18893,7	929,2	20075,46	1425,3
gussw_G3_mass_III5	37,0	91	95	519,7	16265,7	18768,0	1203,7	26966,03	1572,7
gussw_G3_mass_III6	33,0	101	108	537,6	17594,7	19977,3	1277,6	28663,13	1572,7

Anhang

gussw_G3_mass_III7	41,0	90	74	450,4	13502,4	15579,8	916,2	20906,14	1572,7
MM_WL_G1_mass_I1	35,0	79	42	479,3	11500,7	15524,1	415,5	13829,66	5198,4
MM_WL_G1_mass_I2	37,0	128	44	358,7	9559,4	8480,6	435,1	6786,66	1023,4
MM_WL_G1_mass_I3	31,0	109	47	404,9	10606,6	10595,4	496,4	9240,54	1023,4
MM_WL_G1_mass_I4	35,0	88	40	401,1	10008,8	11964,8	400,8	11220,24	3703,7
MM_WL_G1_mass_I5	34,0	103	43	361,7	9523,9	9635,1	489,9	10386,32	1552,0
MM_WL_G1_mass_I6	35,0	119	43	315,9	8738,2	7864,9	435,0	7012,91	1023,4
MM_WL_G2_mass_II1	43,0	84	38	435,5	10397,0	13405,9	434,2	13414,01	4165,4
MM_WL_G2_mass_II2	36,0	109	44	385,7	10064,2	9703,8	467,6	8988,76	1023,4
MM_WL_G2_mass_II3	37,0	116	46	363,5	9803,1	9157,9	478,6	8191,86	1023,4
MM_WL_G2_mass_II4	37,0	113	41	341,1	9019,9	8638,7	426,9	7376,61	1023,4
mond_G2_mass_II1	21,0	93	114	400,0	15707,3	16773,2	1275,9	26462,49	1572,7
mond_G2_mass_II2	20,0	97	94	299,8	12423,7	12957,5	1079,7	22122,90	1572,7
mond_G2_mass_II3	22,0	106	118	385,9	15758,3	16415,6	1251,8	25936,90	1572,7
mond_G2_mass_II4	19,0	108	123	319,9	15011,9	15224,3	1333,5	28123,61	1572,7
mond_G2_mass_II5	18,0	121	126	185,0	12938,6	12425,5	1299,0	25540,60	1572,7
mond_G3_mass_III1	19,0	120	132	220,0	13944,3	13058,3	1334,1	26353,12	1425,3
mond_G3_mass_III2	20,0	117	113	239,0	12825,8	12288,4	1050,6	21287,39	1425,3
mond_G4_mass_IV1	22,0	113	80	292,8	11216,4	12563,5	855,7	18255,21	1425,3
mond_G4_mass_IV2	20,0	95	123	389,0	16153,3	17792,1	1347,6	29108,33	1572,7
mond_G4_mass_IV3	18,0	111	99	359,4	13815,9	14208,7	1098,1	22226,64	1572,7
mond_G4_mass_IV4	17,0	131	116	378,7	15471,8	15254,3	1149,9	21959,32	1572,7
mond_G5_mass_V1	0,0	110	84	218,3	10259,3	8595,2	830,9	15545,70	1720,2
mond_G5_mass_V2	3,0	104	122	241,2	13577,1	12600,7	1134,0	21815,28	1720,2
mond_G5_mass_V3	10,0	107	79	217,6	9835,8	8188,0	824,5	15773,50	1720,2
mond_G5_mass_V4	5,0	99	88	230,5	10751,0	8925,8	1012,9	19906,43	1720,2
B/M_G1_unb_I1	30,8	93	93	301,0	12393,3	10926,0	1090,8	17071,91	878,0
B/M_G1_unb_I2	32,2	115	83	328,3	12066,2	8554,3	871,7	12298,71	878,0
B/M_G2_unb_II1	34,6	98	83	328,5	12031,3	10577,7	964,4	14935,39	878,0
B/M_G2_unb_II2	24,1	108	76	254,9	10245,3	7508,8	796,0	11777,72	878,0
B/M_G3_unb_III1	35,7	97	83	257,9	10873,4	9754,1	973,3	14910,24	878,0
B/M_G4_unb_IV1	15,0	103	98	300,2	12763,8	10094,2	1087,7	16552,02	878,0
B/M_G4_unb_IV2	18,0	105	88	260,4	11245,2	8415,7	968,3	14573,60	878,0
B/M_G4_unb_IV3	19,0	98	91	353,8	13118,3	10752,4	1006,0	15579,04	878,0
B/M_G4_unb_IV4	26,0	102	79	300,8	11301,0	8723,4	876,5	13499,62	878,0
B/M_G4_unb_IV5	25,0	106	68	220,7	9042,7	6381,7	750,7	11202,84	878,0
B/M_G5_unb_V1	32,0	116	83	371,1	12784,7	9275,1	869,0	12204,80	878,0
B/M_G5_unb_V2	30,0	101	89	289,2	11861,8	9470,6	985,6	15199,21	878,0
Filz_G1_unb_I1	36,0	99	105	412,3	15184,7	15221,7	1157,8	19796,99	1572,7
Filz_G1_unb_I2	34,0	97	117	412,5	16095,0	16010,9	1287,6	22245,92	1572,7
Filz_G1_unb_I3	36,0	98	100	345,5	13703,1	13802,3	1110,3	19041,61	1572,7
Filz_G1_unb_I4	38,0	97	98	391,7	14294,6	13862,5	1081,1	18866,56	1572,7
Filz_G1_unb_I5	37,0	96	88	359,9	12978,5	13299,0	1025,9	17835,65	1572,7
Filz_G1_unb_I6	32,0	95	92	437,4	14660,5	14984,2	1020,8	17926,14	1572,7
Filz_G1_unb_I7	35,0	101	105	382,1	14695,8	13899,7	1162,1	19470,10	1572,7
Filz_G1_unb_I8	32,0	95	80	288,7	11112,6	10672,8	929,2	16301,42	1572,7
Filz_G2_unb_II1	46,0	88	86	327,0	12284,8	12520,0	1067,1	19540,22	1572,7
Filz_G2_unb_II2	44,0	91	82	325,9	11926,0	12380,4	955,3	17074,26	1572,7
Filz_G2_unb_II3	37,0	95	73	233,8	9677,4	9457,5	855,1	15014,63	1572,7
Filz_G2_unb_II4	34,0	92	48	155,5	6394,7	5748,5	562,4	9440,21	1259,5
Filz_G2_unb_II5	34,0	90	81	301,1	11416,4	11780,9	942,7	17040,27	1572,7
Filz_G2_unb_II6	32,0	80	80	406,0	13134,7	17252,4	984,9	23341,80	3376,5
Filz_G2_unb_II7	37,0	92	97	345,7	13414,5	13410,0	1129,0	20284,43	1572,7
Filz_G3_unb_III1	34,0	88	113	441,3	16310,7	17522,9	1317,9	23695,07	1572,7
Filz_G3_unb_III2	35,0	101	103	348,5	13918,6	13348,3	1133,9	19103,15	1572,7
Filz_G3_unb_III3	40,0	96	97	393,2	14226,6	14711,5	1127,9	19484,88	1572,7
Filz_G3_unb_III4	41,0	101	101	431,9	15225,0	15645,0	1115,0	18583,82	1572,7

Anhang

Filz_G3_unb_III5	41,0	98	93	357,2	13355,2	13348,8	1031,6	17829,11	1572,7
Filz_G3_unb_III6	42,0	98	97	376,4	13939,5	14397,5	1068,0	18031,98	1572,7
Filz_G3_unb_III7	42,0	102	87	270,4	11405,0	10066,6	966,5	16287,68	1572,7
Filz_G4_unb_IV1	39,0	99	98	427,3	14920,3	15255,6	1082,9	18426,12	1572,7
Filz_G4_unb_IV2	36,0	98	106	394,6	14997,8	14949,4	1174,7	20234,29	1572,7
Filz_G4_unb_IV3	40,0	96	80	275,5	10915,0	10788,8	933,7	16075,80	1572,7
Filz_G4_unb_IV4	43,0	100	103	332,6	13700,0	13300,4	1141,7	19258,85	1572,7
Filz_G4_unb_IV5	44,0	96	65	208,9	8582,1	8395,8	713,8	12363,08	1572,7
Filz_G4_unb_IV6	48,0	101	90	194,5	10297,1	7107,9	1051,3	12498,65	0,0
Stams_G1_unb_I1	55,0	85	94	195,0	10615,3	10051,5	1098,3	20431,13	1141,4
Stams_G1_unb_I2	60,0	90	92	278,1	11872,2	10030,8	1071,7	14418,46	406,4
Stams_G1_unb_I3	62,0	91	86	237,6	10757,4	9378,6	1008,7	13665,50	406,4
Stams_G1_unb_I4	54,0	94	117	344,1	14945,8	12088,0	1364,9	16979,04	195,6
Stams_G2_unb_II1	52,0	94	109	283,5	13320,5	11651,3	1208,6	18869,34	878,0
Stams_G2_unb_II2	56,0	96	97	296,2	12590,5	10388,9	1072,8	15775,28	878,0
Stams_G2_unb_II3	58,0	88	80	257,6	10599,0	9444,5	932,5	14312,23	878,0
Stams_G2_unb_II4	60,0	97	99	242,6	11820,9	9291,0	1094,7	16900,65	878,0
Wildalp_G1_unb_I1	24,0	115	56	424,6	11670,3	12437,3	592,2	9593,01	1425,3
Wildalp_G1_unb_I2	28,0	114	81	517,0	15153,2	16142,9	894,8	14788,64	1425,3
Wildalp_G1_unb_I3	28,0	111	72	451,9	13357,4	12770,7	757,5	12897,42	1425,3
Wildalp_G1_unb_I4	27,0	101	79	697,6	18094,8	21794,1	919,6	16168,15	1425,3
Wildalp_G2_unb_II1	27,0	109	60	311,2	9969,5	9915,2	660,0	11318,43	1425,3
Wildalp_G2_unb_II2	29,0	110	63	427,7	12195,8	12698,8	691,5	11856,43	1425,3
Wildalp_G2_unb_II3	22,0	102	86	524,7	15695,1	16811,5	953,2	17107,84	1425,3
Wildalp_G3_unb_III1	23,0	112	80	216,3	9911,6	7536,3	841,1	13260,92	968,8
Wildalp_G3_unb_III2	22,0	109	76	313,8	11239,9	9924,0	835,6	13245,56	968,8
Wildalp_G3_unb_III3	22,0	106	77	287,0	10895,5	9872,3	852,4	13869,72	968,8
Wildalp_G4_unb_IV1	24,0	108	67	175,6	8174,4	6357,3	737,6	11814,36	968,8
Wildalp_G4_unb_IV2	39,0	75	127	280,6	14593,5	19386,8	1565,6	44184,26	2797,6
eisenk_G1_unb_I1	31,0	122	112	406,9	15659,4	11276,4	1176,1	16579,76	1059,6
eisenk_G1_unb_I2	24,0	118	127	464,1	17766,0	14058,0	1399,8	19988,05	1059,6
eisenk_G1_unb_I3	25,0	122	97	387,1	14165,4	10531,2	1019,3	14279,02	1059,6
eisenk_G1_unb_I4	17,0	108	119	494,9	17709,3	14375,0	1315,6	20168,71	1059,6
eisenk_G2_unb_II1	21,0	134	105	499,2	16718,9	11446,4	1050,5	13586,23	1059,6
eisenk_G2_unb_II2	24,0	119	109	481,7	16669,3	12250,8	1138,1	16336,65	1059,6
eisenk_G2_unb_II3	16,0	117	150	587,0	21674,9	16904,8	1572,2	22684,00	1059,6
eisenk_G2_unb_II4	16,0	105	119	475,1	17400,1	14590,5	1320,2	20483,16	1059,6
eisenk_G2_unb_II5	11,0	105	121	431,8	16798,2	13884,4	1340,8	20816,92	1059,6
eisenk_G3_unb_III1	34,0	112	109	479,4	16634,6	12945,2	1199,7	17934,36	1059,6
gussw_G1_unb_I1	33,0	106	119	522,4	18208,8	20681,7	1319,2	26275,51	1572,7
gussw_G1_unb_I2	32,0	100	103	443,1	15588,9	17362,4	1203,9	24055,09	1572,7
gussw_G1_unb_I3	35,0	113	108	464,0	16348,4	18157,4	1196,9	24054,40	1572,7
gussw_G1_unb_I4	34,0	102	98	394,3	14368,9	15766,0	1146,6	22861,79	1572,7
gussw_G1_unb_I5	34,0	113	133	622,6	20979,2	23078,3	1468,7	28220,93	1572,7
gussw_G2_unb_II1	35,0	92	110	438,6	16012,3	19731,9	1356,4	27965,10	1572,7
gussw_G2_unb_II2	38,0	95	106	555,4	17766,0	21041,3	1240,6	24895,54	1720,2
gussw_G2_unb_II3	34,0	106	117	457,9	16887,8	19067,8	1289,2	25511,43	1572,7
gussw_G2_unb_II4	38,0	115	115	348,1	14885,9	15297,5	1273,3	25702,92	1572,7
gussw_G2_unb_II5	40,0	114	121	456,0	17212,7	18510,6	1340,3	27004,39	1572,7
gussw_G2_unb_II6	43,0	127	181	266,5	18513,6	17648,9	1893,4	37979,88	1572,7
gussw_G2_unb_II7	37,0	107	143	856,0	25804,8	29943,7	1584,0	30227,16	1572,7
gussw_G2_unb_II8	38,0	98	129	671,4	21495,6	25463,3	1502,7	29616,06	1572,7
gussw_G2_unb_II9	37,0	109	113	619,8	19380,2	21695,3	1246,6	23560,25	1572,7
gussw_G3_unb_III1	27,0	99	82	454,8	14192,2	17119,0	962,2	19455,05	1572,7
gussw_G3_unb_III2	29,0	100	101	602,6	18171,8	21295,6	1178,9	23833,92	1572,7
gussw_G3_unb_III3	36,0	104	150	632,9	22492,4	25975,2	1754,0	35667,48	1572,7
gussw_G3_unb_III4	33,0	133	103	549,8	17403,7	18678,6	1078,5	19552,54	1425,3

Anhang

gussw_G3_unb_III5	37,0	102	119	519,7	18166,4	20104,0	1394,4	27678,32	1572,7
gussw_G3_unb_III6	33,0	108	106	537,6	17467,2	19161,5	1175,3	23137,14	1572,7
gussw_G3_unb_III7	41,0	108	104	450,4	15751,8	17033,8	1145,0	22716,90	1572,7
MM_WL_G1_unb_I1	35,0	114	52	479,3	12288,5	13042,7	548,0	8365,23	1023,4
MM_WL_G1_unb_I2	37,0	130	53	358,7	10257,0	8730,9	527,5	7202,93	1023,4
MM_WL_G1_unb_I3	31,0	120	40	404,9	10034,9	9606,4	415,9	6185,58	1023,4
MM_WL_G1_unb_I4	35,0	114	51	401,1	10817,8	10482,9	531,2	8116,95	1023,4
MM_WL_G1_unb_I5	34,0	122	35	361,7	8930,9	8285,9	367,0	5361,70	1023,4
MM_WL_G1_unb_I6	35,0	122	42	315,9	8693,8	7457,5	442,0	6422,89	1023,4
MM_WL_G2_unb_II1	43,0	100	56	435,5	11786,6	13210,6	613,5	12116,35	1847,3
MM_WL_G2_unb_II2	36,0	121	47	385,7	10263,1	9385,3	491,9	7223,75	1023,4
MM_WL_G2_unb_II3	37,0	122	53	363,5	10378,8	9268,3	559,8	8183,51	1023,4
MM_WL_G2_unb_II4	37,0	116	41	341,1	9002,6	8357,1	425,0	6514,64	1023,4
mond_G2_unb_II1	21,0	113	133	400,0	17185,9	17682,6	1399,9	27183,37	1572,7
mond_G2_unb_II2	20,0	103	105	299,8	13239,2	13380,4	1156,8	22874,30	1572,7
mond_G2_unb_II3	22,0	115	128	385,9	16493,3	16537,1	1338,8	25338,35	1572,7
mond_G2_unb_II4	19,0	112	130	319,9	15529,3	15186,4	1362,4	26381,26	1572,7
mond_G2_unb_II5	18,0	126	120	185,0	12423,8	11744,4	1256,1	23931,10	1572,7
mond_G3_unb_III1	19,0	126	122	220,0	13216,4	11968,9	1281,9	24561,55	1425,3
mond_G3_unb_III2	20,0	135	102	239,0	11956,1	10523,6	1014,4	19176,18	1425,3
mond_G4_unb_IV1	22,0	120	90	292,8	11960,2	12800,1	940,4	17907,60	1425,3
mond_G4_unb_IV2	20,0	100	120	389,0	15960,7	16802,3	1326,4	26568,57	1572,7
mond_G4_unb_IV3	18,0	114	114	359,4	14992,2	14989,9	1196,7	22532,98	1572,7
mond_G4_unb_IV4	17,0	128	108	378,7	14846,6	14256,5	1131,6	20505,94	1572,7
mond_G5_unb_V1	0,0	120	82	218,3	10052,1	7577,0	855,6	14347,67	1720,2
mond_G5_unb_V2	3,0	117	95	241,2	11501,1	8949,0	998,9	17495,37	1720,2
mond_G5_unb_V3	10,0	118	80	217,6	9913,5	7593,7	838,2	14518,34	1720,2
mond_G5_unb_V4	5,0	117	96	230,5	11347,8	9034,1	1003,1	17374,71	1720,2

9.8 Formular zur Beantragung einer forstlichen Förderung

FORSTAUF SCHLISSUNG

B M L F
Sekt. V

Förderungsantrag

BFI / LWK*

Projekt-Nummer /

Projekt-Name ☐ 0 = Normalprogramm
☐ 1 = EU-Programm
☐ 2 = EU-HSS Programm

erschlossene Waldfl. (Ha)		Gesamtbaukosten		
landwirt. Fläche (Ha)		S/Lfm / S/Ha	/	
Ausbaulänge (Lfm)		förderb. Kosten		= 100 %
davon befestigt (Lfm)		Bundesmittel		= %
Aufschl. Grad (Lfm/Ha)		Landesmittel + Gem.		= %
max. Längsneigung (%)		EU - ittel		= %
		Kredit		= %
		Eigenmittel		= %

Baudauer (Jahre)

Sechöhe von / bis /

Anzahl der Interessenten

Förderungswerber (Bauherr)

Verwaltungsbezirk

Ortsgemeinde

min. 25 % des Gesamteinkommens aus der Landwirtschaft

Anteil am förderbaren Bauvorhaben in %	Anzahl der förderbaren Interessenten
--	--

Bedingung

erfüllt
nicht erfüllt
Summe 100%

Datum Förderungswerber

Projektant / Bauaufsicht

Referent (Förderungsstelle)

☐ . Förderungsantrag (Genehmigung) Zahl 54.3

Referent (BMLF)

* Nichtzutreffendes streichen

LI/F6_mit/1996/br_4522.xls(ta)