
Effizienzmessung industrieller Dienstleistungen mittels Data Envelopment Analysis (ServDEA)

2

Klaus Backhaus, Jörg Becker, Daniel Beverungen, Dominic Breuker,
Ole Bröker, Philipp Alexander Brüne, Hanns-Alexander Dietrich,
Ralf Knackstedt, Hans Peter Rauer, Florian Reichle und Robert Wilken

2.1 Effizienzmessung industrieller Dienstleistungen mittels Data Envelopment Analysis – Projekt ServDEA¹

Klaus Backhaus, Robert Wilken, Ole Bröker, Philipp Alexander Brüne und Florian Reichle

¹ Dieser Beitrag stellt einen Teilbeitrag des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderrichtlinie: „Produktivität von Dienstleistungen“ geförderten Verbundprojektes ServDEA dar. Die Autoren Becker/Beverungen/Breuker/Dietrich/Knackstedt/Rauer leisten mit dem Artikel „Produktivitätsbenchmarking von Dienstleistungen mit dem Softwareassistenten ServDEA“ innerhalb dieser Sammelveröffentlichung einen weiteren Beitrag zum Verbundprojekt ServDEA.

Prof. Dr. Dr. h. c. Klaus Backhaus (✉) · Dipl.-Kfm. Ole Bröker · Dipl.-Kfm. Philipp Alexander Brüne

IAS – Institut für Anlagen und Systemtechnologien der Universität Münster, Münster, Deutschland
e-mail: backhaus@wiwi.uni-muenster.de, ole.broecker@wiwi.uni-muenster.de,
philipp.bruene@wiwi.uni-muenster.de

Prof. Dr. Dr. h. c. Jörg Becker · PD Dr. Daniel Beverungen · Dominic Breuker, M. Sc. ·
Dipl.-Wirt.-Inf. Hanns-Alexander Dietrich · M.Sc. Hans Peter Rauer
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland
e-mail: becker@ercis.uni-muenster.de, daniel.beverungen@ercis.uni-muenster.de,
dominic.breuker@ercis.uni-muenster.de, hanns-alexander.dietrich@ercis.uni-muenster.de,
hans.peter.rauer@ercis.uni-muenster.de

Prof. Dr. Ralf Knackstedt
Universität Hildesheim, Hildesheim, Deutschland
e-mail: ralf.knackstedt@uni-hildesheim.de

Dipl.-Kfm. Florian Reichle · Prof. Dr. Robert Wilken
ESCP Europe, Lehrstuhl für Internationales Marketing, Berlin, Deutschland
e-mail: freichle@escpeurope.eu, rwilken@escpeurope.eu

K. Möller und W. Schultze (Hrsg.), *Produktivität von Dienstleistungen*,
DOI 10.1007/978-3-658-04086-4_2, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

Zusammenfassung

Industrielle Dienstleistungen spielen heute eine wichtigere Rolle denn je zur Erschließung neuer Ertragspotenziale bei steigendem Wettbewerbsdruck für Industriegüterhersteller. Die Erbringung derartiger Dienstleistungen wird dabei in der industriellen Praxis nur unzureichenden Effizienzbeobachtungen unterzogen. Gefordert ist daher ein ganzheitlicher Ansatz zur Messung von Produktivität von Dienstleistungen. Dieser Beitrag widmet sich dieser Problematik und stellt die Methodik der Data Envelopment Analysis (DEA) als Ansatz zur Effizienzmessung industrieller Dienstleistungen vor. Dabei leiten die Autoren auf Basis der Literatur ein integriertes Dienstleistungsproduktivitätskonzept ab, welches den Handlungsrahmen für die Anwendung der DEA vorgibt. Mit der Vorstellung verschiedener DEA-Varianten werden Möglichkeiten und Potenziale der Methode aufgezeigt. Der besondere Mehrwert des Beitrags liegt in der detaillierten Dokumentation der DEA-Anwendung anhand eines Praxisfalls. Diese Anwendung umfasst sowohl die Ableitung von relevanten Input- und Outputfaktoren sowie die Ergebnisdarstellung auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen. Daraus lassen sich verschiedene Praxisimplikationen ableiten. Der Beitrag schließt mit einer kritischen Würdigung der Potenziale und Herausforderungen der DEA-Anwendung, die sich im Verlauf des Beitrags gezeigt haben.

2.1.1 Einleitung

What gets measured, gets done! [30, S. 177]

Im vergangenen Jahrzehnt haben sich viele Investitionsgüterhersteller bemüht, dem hohen Wettbewerbsdruck und dem damit verbundenen Margendruck auf ihren klassischen Produktmärkten durch eine zunehmende Betonung des industriellen Dienstleistungsbezugs zu entgehen [4, S. 273 ff.] Die Nachhaltigkeit dieses eindeutigen Trends vom „Dienstleistungen anbietenden Produzenten“ zum „produzierenden Dienstleistungsanbieter“ [24, S. 683] ist dagegen nicht unumstritten. Während einige Autoren von großen Umsatzpotenzialen und wachsenden Margen berichten, weisen neuere Studien auf Profitabilitätsprobleme hin [49, S. 724; 53, S. 6]. Insbesondere im klassischen Dienstleistungsbereich der Instandhaltung könnte dies auf eine Abnahme des erhofften Differenzierungseffektes der Dienstleistungen und somit zunehmenden Preisdruck hindeuten [38, S. 3]. Eine vielversprechende Möglichkeit, dieses zu kompensieren, bietet ein verbessertes Verhältnis von Dienstleistungsergebnis zu den dazu eingesetzten Ressourcen, welches als „Produktivität“ und in der Weiterführung des Konzeptes als „Effizienz“ bezeichnet wird (eine genaue Differenzierung folgt in Abschn. 2.1.2). Das Potenzial derartiger Bemühungen ist als bedeutsam einzuschätzen, da die Produktivität von Dienstleistungen in der Wissenschaft als rückstän-

dig wahrgenommen wird [43, S. 922]: „The common accepted wisdom among economists is that productivity of services lags behind productivity of manufacturing.“

Ein Erklärungsansatz für diesen Rückstand könnte in einem Mangel an dienstleistungsspezifischen Produktivitäts- bzw. Effizienzkonzepten zu finden sein. Vielmehr wird versucht, Konzepte aus dem klassischen Sachgütergeschäft auch im Dienstleistungskontext anzuwenden, ohne diese im Hinblick auf die besondere Komplexität des Dienstleistungsgeschäftes anzupassen [39, S. 4]. Dies betrifft in der industriellen Praxis insbesondere den grundlegenden Schritt der Effizienzmessung. Bislang behelfen sich viele Unternehmen mit Einzelkennzahlen, bekunden aber durchaus ihre Unzufriedenheit mit bestehenden Messansätzen [38, S. 44].

Dieser Beitrag widmet sich daher der Problematik, ein geeignetes Konzept zur Abbildung der Produktivität industrieller Dienstleistungen zu finden, und stellt die Methodik der Data Envelopment Analysis (DEA) als Ansatz zur Effizienzmessung industrieller Dienstleistungen vor.

Zunächst werden aufbauend auf grundlegenden Produktivitäts- und Effizienzkonzepten und den Charakteristika industrieller Dienstleistungen Probleme mit bisherigen Ansätzen aufgezeigt und konzeptionelle Anforderungen an ein dienstleistungsspezifisches Konzept identifiziert. Im Anschluss wird als mögliche Antwort der methodische Ansatz der Data Envelopment Analysis (DEA) vorgestellt und deren Stellenwert in der aktuellen Dienstleistungsliteratur aufgezeigt, um darauf aufbauend einen Ansatz zur Effizienzmessung für industrielle Dienstleistungen zu entwickeln. Nach einer detaillierten, explorativen Ableitung von Input- und Outputfaktoren für das entwickelte Produktivitätskonzept, wird die Vorgehensweise der DEA-Anwendung und -interpretation in einem praxisorientierten Fallstudienkontext dargestellt. Abschließend werden die besonderen Potenziale und verbleibenden Herausforderungen der DEA-Effizienzmessung herausgestellt.²

2.1.2 Konzeptionelle Grundlagen

Produktivität, Effizienz und deren Abgrenzung Die beiden Begriffe „Produktivität“ und „Effizienz“ stehen in einem sehr engen Zusammenhang und werden in der Literatur teilweise mehrdeutig, teilweise sogar synonym verwendet [15, S. 3; 50, S. 3]. Die Begriffsverwendung findet in Wissenschaft und Praxis nahezu selbstverständlich statt, ohne sie jedoch präzise zu definieren und damit voneinander abzugrenzen [23, S. 152; 45, S. 2 f.] Eine solche Differenzierung soll an dieser Stelle vorgenommen werden.

Als Ausgangspunkt bietet sich das traditionelle **Produktivitätsverständnis** von Sink [52, S. 3] an:

² Eine zentrale Herausforderung für die letztendliche Implementierbarkeit eines solchen DEA-Modells in der industriellen Praxis betrifft die informationstechnische Umsetzung. Aufgrund ihrer herausragenden Bedeutung und ihres Umfangs werden die entsprechenden Forschungsbemühungen in einem gesonderten Beitrag (vgl. [9]) ausgewiesen.

Productivity is simply the relationship between the outputs generated from a system and the inputs provided to create those outputs. Inputs in the general form of labor (human resources), capital (physical and financial assets), energy, materials, and data are brought into a system. These resources are transformed into outputs (goods and services). Productivity is the relationship of the amount produced by a given system during a given period of time, and the quantity of resources consumed to create or produce those outputs over the same period of time.

Anders ausgedrückt, bezeichnet die Produktivität die Ergiebigkeit von operationalen Faktorkombinationsprozessen, welche sich als Quotient aus Produktionsergebnis (Output) und den dafür eingesetzten Produktionsfaktoren (Input) in einer Periode ergibt [31, S. 28 f.] Der Kombinationsprozess als solcher (sog. „Throughput“) wird bei der Berechnung der Produktivität nicht explizit betrachtet, sondern als Blackbox aufgefasst. Hinsichtlich der Betrachtungsebene kann sich eine solche Produktivitätsmessung sowohl auf ganze Volkswirtschaften und Branchen als auch auf Unternehmen, Abteilungen oder lediglich Tätigkeiten beziehen. Obwohl in der obigen Definition Dienstleistungen explizit berücksichtigt sind, ist die zugrundeliegende Denkweise eindeutig güterwirtschaftlich geprägt, d. h. im Sinne einer physischen Produktion. Welche Folgen dies für eine Übertragung auf den Dienstleistungskontext haben kann, soll im Rahmen der Besonderheiten von Dienstleistungen noch besprochen werden.

Die Ähnlichkeit zwischen Produktivität und **Effizienz** wird deutlich, wenn man die erweiterte Pareto-Koopmans-Definition einer effizienten Betrachtungseinheit heranzieht [17, S. 3]:

Full (100 %) efficiency is attained by any DMU [Decision Making Unit, Anm. d. Verfasser] if and only if none of its inputs or outputs can be improved without worsening some of its other inputs or outputs.

Das Verhältnis von Outputs zu Inputs im Rahmen eines Leistungsprozesses steht hier ebenfalls im Fokus der Betrachtung. Die Abgrenzung der beiden Konzepte beruht jedoch auf ihrer jeweiligen Aussagekraft für die Leistungsbeurteilung einer Betrachtungseinheit.

So stellt die Produktivität in ihrer absoluten Betrachtung der Output-Input-Relation ein rein deskriptives Konzept dar [47, S. 15]. Der ermittelte Quotient für eine Betrachtungseinheit hat für sich genommen keinen weiteren Aussagewert. Dieser entsteht erst durch einen Vergleich dieses Produktivitätswertes mit anderen Produktivitätswerten, die entweder von derselben Einheit aus anderen Perioden oder von anderen Betrachtungseinheiten stammen können, oder mit einem extern vorgegebenen Sollwert.

Dieser durch die Herstellung von Vergleichbarkeit gewonnene, beurteilende Charakter hebt das deskriptive Konstrukt Produktivität auf die normative Ebene der Effizienz [47, S. 15]. Eine real existente Betrachtungseinheit oder ein theoretisch möglicher Fall mit einer optimalen (d. h. effizienten) Input-Output-Kombination bildet den höchsten Vergleichsmaßstab zur objektiven Beurteilung der Leistung. Anders ausgedrückt stellt die Produktivität mit ihrer absoluten Berechnungseinheit die Grundlage für das relative, normative Effizienzkonzept dar [48, S. 3].

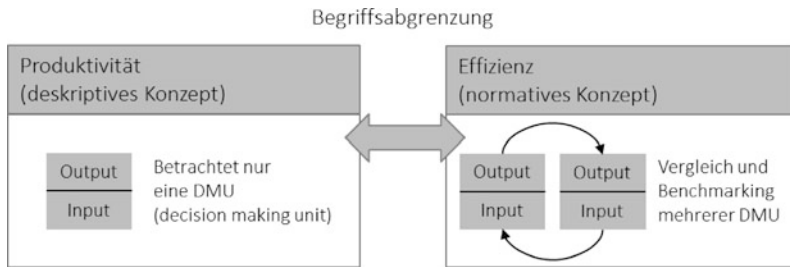


Abb. 2.1 Vereinfachtes Schaubild zur Abgrenzung von Produktivität und Effizienz

Dass aussagekräftige und tiefgreifende Effizienzanalysen aber mehr sein müssen als ein simpler Vergleich verschiedener Produktivitätsrelationen im traditionellen Sinne, wird klar, wenn man die damit verbundenen **Schwächen** betrachtet.

Die Produktivitätsformel beruht, wie aus der obigen Definition hervorgeht, in ihrem klassischen Verständnis auf einem mengenmäßigen Verhältnis zwischen Output- und Inputfaktoren. Dies setzt im Hinblick auf die Berechenbarkeit des Quotienten nicht nur voraus, dass alle Faktoren messbar sind, sondern auch, dass es sich bei den Faktoren im Zähler und Nenner jeweils um Mengeneinheiten der gleichen Art und Dimension handelt. Problematisch wird dies beispielsweise dann, wenn Produktionsfaktoren wie Personal und Material verrechnet werden sollen oder gar „weiche“ Faktoren wie Qualität oder Kundenzufriedenheit zu berücksichtigen sind. Qualität lässt sich nur schwer quantifizieren und nicht mit „harten“ Outputfaktoren wie produzierten Teilen in einer gemeinsamen Einheit verrechnen. Im traditionellen, güterwirtschaftlichen Modell wird Qualität aufgrund des stabilen Produktionsprozesses als weitestgehend konstant angenommen und daher nicht explizit berücksichtigt [45, S. 7 f.]. Ist diese Annahme schon im Sachgüterkontext fragwürdig, wird im folgenden Abschnitt deutlich werden, dass die Vernachlässigung möglicher Qualitätsschwankungen gerade im Dienstleistungskontext zu wenig aussagekräftigen Effizienzkennzahlen führen würde.

Um die aufgezeigte Verrechnungsproblematik zu lösen, bedient sich insbesondere die Praxis zweier Hilfestellungen. Einerseits wird die totale Produktivität durch partielle Faktorproduktivitäten wie Arbeitsproduktivität oder Kapitalproduktivität ersetzt, welche jeweils nur einen Output und einen Input zueinander ins Verhältnis setzen [6, S. 72 f.]. Die Lösung der Verrechnungsproblematik wird jedoch mit einer mangelnden Interpretierbarkeit erkaufte. Inwiefern beispielsweise ein Teilproduktivitätsanstieg in einer Periode auf die sparsamere Verwendung des betrachteten Inputs oder doch eher auf eine generelle Substitution durch einen anderen Produktionsinputfaktor zurückzuführen ist, kann nicht beantwortet werden. Daher ist eine verursachungsgerechte Beurteilung der Leistung nicht möglich [39, S. 30]:

Andererseits begegnet man dem Verrechnungsdilemma unterschiedlicher Einheiten durch eine ganzheitliche Bewertung in Preisen. Input- und Outputfaktoren werden auf eine gemeinsame monetäre Dimension normiert, so dass sie miteinander verrechnet wer-

den können. Aber auch dieser Ansatz ist mit Kritik verbunden, da sich zum einen nicht alle Faktoren zuverlässig mit Preisen versehen lassen; dieser Umstand ist insbesondere beim Output „Qualität“ offensichtlich. Zum anderen sind Faktorpreise nicht frei von exogenen Umwelteinflüssen wie Konjunktur und Inflation, welche die Produktivität verzerren könnten, obwohl sie nicht in der Verantwortung der Betrachtungseinheiten liegen [18, S. 50].

Des Weiteren können innerhalb eines reinen Vergleichs von Produktivitätsquotienten keine Skaleneffekte abgebildet werden [47, S. 15 ff.] Sollten in einem Produktionsprozess positive Volumeneinflüsse auf die Produktivität der Einheiten wirken, würden Einheiten mit geringerem Produktionsumfang systematisch schlechtere Produktivitätswerte zugewiesen werden, obwohl diese gegebenenfalls lediglich auf die Größenstruktur zurückzuführen sind. Eine Differenzierung zwischen den Ursachen von Produktivität (Größenstruktur, Verschwendung etc.) ist nicht möglich.

Diese Probleme, die mit der traditionellen Berechnung der Produktivitätsrelation verknüpft sind, fallen bereits im Kontext der Sachgüterproduktion an und rechtfertigen das Bestreben nach einem weiterführenden Produktivitätsverständnis und einer darauf aufbauenden Effizienzbewertung. Dieses wird im Rahmen von industriellen Dienstleistungen aufgrund der dort vorliegenden Besonderheiten noch verstärkt. Um dies beurteilen zu können, ist zunächst ein tieferer Einblick in das Betrachtungsfeld industrieller Dienstleistungen erforderlich.

Industrielle Dienstleistungen und Dienstleistungen im Allgemeinen Unter der Terminologie „**industrielle Dienstleistungen**“ können im Folgenden Dienstleistungen verstanden werden, die ein Industriegüterhersteller seinen Abnehmern ergänzend zum Investitionsgut und primär zu dessen Absatzförderung anbietet [34, S. 255; 56, S. 16]. **Investitionsgüter** wiederum können gemäß Kleinaltenkamp [36, S. 178] folgendermaßen definiert werden:

Zu den Investitionsgütern, d. h. den intensiv verwendeten Gebrauchsgütern, zählen im wesentlichen alle Maschinen und Anlagen, die in Unternehmen und sonstigen Organisationen für die Erstellung von Leistungen zur Fremdbedarfsdeckung eingesetzt werden.

Industrielle Dienstleistungen können zwar grundsätzlich separat von dem Investitionsgut vermarktet werden, bleiben aber inhaltlich immer eng mit der Kernleistung verknüpft (z. B. Reparatur einer Anlage). Insofern sind sie von rein investiven Dienstleistungen (z. B. Unternehmensberatung) zu unterscheiden, welche von spezialisierten Dienstleistungsunternehmen als selbstständig marktfähige Leistungen angeboten werden [3, S. 79]. Üblicherweise versteht man unter industriellen Dienstleistungen insbesondere Instandhaltungsdienstleistungen des technischen Kundendienstes wie z. B. Wartungen, Reparaturen oder Modernisierungen, welche auch die größten Umsatzanteile aufweisen [55, S. 36 ff.].

In der wissenschaftlichen Literatur erfolgt die Definition von **Dienstleistungen** (nicht nur von industriellen Dienstleistungen) zumeist anhand einer Identifikation von **konstitutiven Merkmalen** in Abgrenzung zu Sachgütern [25, S. 18]. Allerdings wird insbesondere

im Rahmen der Service-Dominant-Logic [54] zunehmend eine eindeutige Trennung zwischen Dienst- und Sachleistungen kritisiert. In der Tat sind die Übergänge fließend:

Dienstleistungen weisen bezüglich der konstitutiven Merkmale tendenziell höhere Ausprägungen als Sachgüter auf, was aber nicht in jedem Einzelfall zutrifft ([33, S. 976]).

Um abzuleiten, welche besonderen Herausforderungen für das Produktivitätskonzept und die Messung der Effizienz im Kontext von Dienstleistungen vorliegen können, ist das Konzept konstitutiver Merkmale dennoch geeignet. Denn auch diese Anforderungen bestehen nicht zwangsläufig ausschließlich für Dienstleistungen und auch nicht in jedem Einzelfall, dürften jedoch im Durchschnitt höher ausgeprägt sein als in der Sachgüterproduktion.

In der Literatur wurden bereits zahlreiche Dienstleistungscharakteristika identifiziert, die sich zu zwei Basiseigenschaften verdichten lassen: Immaterialität und Integrativität [27, S. 11; 39, S. 47; 44, S. 19].

Immaterialität – Im Vergleich zur Produktion physischer Sachgüter weisen Dienstleistungen, die in Form von Aktivitäten und Prozessen erbracht werden, nur eine beschränkte Sicht- und Greifbarkeit auf [45, S. 59]. Daraus folgt für die Produktivitätsmessung unmittelbar, dass Input- und insbesondere Outputfaktoren nicht klassisch gemessen, gewogen oder gezählt werden können, und die Quantifizierung somit erschwert wird.

In Ermangelung eines physisch greifbaren Endproduktes hat auch der Kunde Schwierigkeiten bei der Beurteilung der vollbrachten Anbieterleistung. Aufgrund dieser erschwerten Wahrnehmbarkeit und der daraus entstehenden Unsicherheit dürfte der Kunde einerseits sensibler in seiner Qualitätswahrnehmung werden und andererseits zur Qualitätsbewertung zunehmend auf sog. „Surrogate“ wie die wahrgenommene Kompetenz der Mitarbeiter oder das Erscheinungsbild des Medienauftritts zurückgreifen [39, S. 94]. Die Qualitätswahrnehmung orientiert sich somit weniger an dem Ergebnis eines spezifischen Dienstleistungsfalls, sondern vielmehr an dessen Erstellungsprozess und dem allgemeinen Leistungspotenzial des Anbieters.

Aus der Eigenschaft der Immaterialität lässt sich die Nicht-Lagerfähigkeit von Dienstleistungen ableiten, also die Notwendigkeit zur unmittelbaren Inanspruchnahme der Leistung durch den Konsumenten [44, S. 19]. Ein Leistungsergebnis kann somit nicht im Voraus produziert und „auf Lager“ vorgehalten werden, lediglich das Leistungspotenzial steht dauerhaft bereit. Für das Produktivitätsverständnis bedeutet dies in erster Linie, dass Erhöhungen von Outputs eine steigende Nachfrage zwangsläufig voraussetzen, während im Sachgüterkontext auch durch kurzfristigen Lagerbestandsaufbau positive Effekte auf den Produktivitätsquotienten realisierbar sind. Eine entsprechende Kapazitätsplanung ist im Produktivitätskonzept von Dienstleistungen abzubilden.

Die Gleichzeitigkeit von Produktion und Konsum, welche in der Literatur auch als „*uno-acto-Prinzip*“ geläufig ist, führt zudem dazu, dass qualitative Mängel bei der Leistungserbringung nicht mehr korrigiert werden können [27, S. 12]. Umso größer sollte der Stellen-

wert weicher Outputfaktoren wie Qualität oder Kundenzufriedenheit sein, da nicht wie im Sachgüterkontext von einer konstanten Qualität ausgegangen werden kann.

Integrativität – Dieses Merkmal bezieht sich auf die Rolle des Kunden im Dienstleistungsprozess, der nicht nur als Käufer, sondern auch als aktiver „Co-Creator“ selbst in den Leistungserstellungsprozess integriert sein kann [39, S. 54]. Der Dienstleistungsprozess kann in zwei Phasen unterteilt werden [36, 401 f.; 39, S. 119]: Zum einen existiert die Bereitstellungsphase des Marktpotenzials, in welcher der Anbieter autonom agiert. Zum anderen löst der Kundenauftrag (Rolle des Käufers) die Phase des eigentlichen Leistungserstellungsprozesses aus, den der Kunde (Rolle des Co-Creators) durch Informationsbereitstellung, Ressourcen und eigene Mitarbeit beeinflussen kann.

In Konsequenz bedeutet dies für das Produktivitätsverständnis, dass neben den internen Inputfaktoren des Anbieters auch externe Faktoren des Kunden berücksichtigt werden sollten [45, S. 62]. Die Einflussnahme des Kunden kann dabei positiv oder negativ sein und entzieht sich dabei weitestgehend der Kontrolle des Anbieters [7, 46 f.; 44, S. 20]. Um letztlich die Effizienz einer Betrachtungseinheit fair beurteilen zu können, sind derartige Zusammenhänge sinnvollerweise einzubeziehen.

Des Weiteren dürfte die aktive Mitwirkung des Kunden zu einer intensiveren Qualitätswahrnehmung führen, da der Kunde tiefere Einblicke in die Prozesse erhält und unmittelbar erlebte Qualitätsaspekte an Bedeutsamkeit gewinnen [39, S. 93].

Wie zuvor bereits angesprochen, sind die beiden genannten konstitutiven Merkmale nicht als trennscharfe Abgrenzung gegenüber Sachgütern zu verstehen, da sie auch nicht für alle Dienstleistungen in gleichem Ausmaß zutreffen, was der nachfolgende Vergleich deutlich macht. So ist beispielsweise bei einer Maschinenreparatur das Leistungsergebnis (reparierte Maschine) sehr wohl materiell, und die Integration des Kunden beschränkt sich auf Fehlerbeschreibung und simple vorbereitende Tätigkeiten. Demgegenüber ist eine Bedienschulung als völlig immateriell einzuordnen, und die Kooperation des Kunden ist maßgeblich für den Erfolg. Mit den konstitutiven Merkmalen lässt sich folglich ein Kontinuum zwischen klassischer Sachgüterproduktion und reiner Dienstleistung aufspannen, aus dem wiederum die Produktivitätsanforderungen abgeleitet werden können.

Integration bestehender Dienstleistungsproduktivitätskonzepte Die obigen Ausführungen verdeutlichen, dass ein traditionelles Produktivitätsverständnis im Sinne eines einfachen Output-Input-Verhältnisses im Kontext von Dienstleistungen zu kurz greift. Aus diesem Grunde haben sich eine Vielzahl von Autoren mit dienstleistungsspezifischen Konzepten beschäftigt [37], von denen besonders Corsten [18] sowie Grönroos und Ojasalo [29] größere Beachtung gefunden haben. Aspekte beider Beiträge sollen im Folgenden als Ausgangslage für ein integriertes Konzept dienen, welches in Abb. 2.2 dargestellt ist.

Corsten [18, S. 60 ff.] greift die bereits angesprochene **Zweiphasigkeit** von Dienstleistungen auf, wobei er als zeitlich differenzierenden Moment den Kundenauftrag annimmt und die Phasen „Vorkombination“ (Vorbereitungsphase) und „Endkombination“ (Dienstleistungserstellungsphase) unterscheidet. Für beide können somit separate Produktivitäten bestimmt werden, um die unterschiedlichen Input-Output-Kombinationen abzubilden.

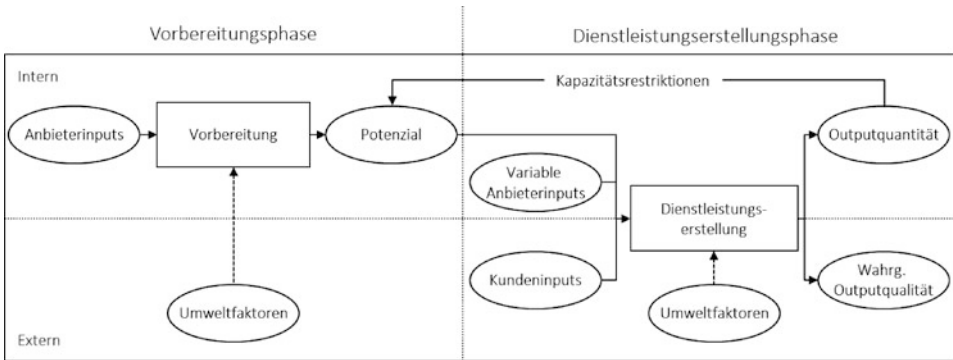


Abb. 2.2 Integriertes Konzept der Dienstleistungsproduktivität, eigene Darstellung in Anlehnung an Corsten [18, S. 61]; Grönroos und Ojasalo [29, S. 418]

Das **(Leistungs-)Potenzial** stellt gleichermaßen einen Outputfaktor der Vorbereitungsphase und einen Inputfaktor der finalen Dienstleistungserstellungsphase dar. Ergänzt wird das Leistungspotenzial in letzterer um **weitere Anbieterinputs**, die **variabel** mit den einzelnen Servicefällen anfallen und die nicht im Vorfeld vorbereitet werden können oder müssen.

Während der Anbieter in der Vorbereitungsphase die Leistungen noch autonom erbringt und sich das Produktivitätsverständnis noch nicht zwingend von der klassischen Sachgüterproduktion unterscheidet, muss in der Dienstleistungserstellungsphase die Rolle des Kunden als Co-Creator berücksichtigt werden. Dies tun die Autoren indem sie **Kundeninputs** integrieren [29, S. 418], welche Corsten [18, S. 60] als „externen Faktor“ bezeichnet. Im konkreten Anwendungsfall ist zu klären, inwiefern betrachtete Einheiten Aktivitäten aktiv an die Kunden auslagern, diese ihre Beteiligung als Belastung empfinden und ob infolgedessen ihre Beteiligung als zu minimierender Inputfaktor zu werten ist. Ein anderer Fall ist daran angelehnt, der in den beiden angesprochenen Konzepten bislang nicht berücksichtigt wurde. So kann die Partizipation des Kunden beispielsweise auch in einer mehr oder weniger kompetenten Fehlerbeschreibung im Reparaturservicefall zum Ausdruck kommen. Diese lässt sich vom Anbieter nur sehr schwer beeinflussen oder selbst übernehmen, und doch kann sie einen starken Einfluss auf die Produktivität der Serviceerbringung haben [39, S. 152]. Möchte man verschiedene Serviceeinheiten im Rahmen einer Effizienzmessung fair miteinander vergleichen, sollten etwaige systematische Unterschiede zwischen den Vergleichseinheiten bei der Qualität der Fehlerbeschreibungen einbezogen werden. Indem derartige Einflussfaktoren, die nicht nur aus der Kundenmitarbeit, sondern beispielsweise auch aus geografischen Unterschieden resultieren können, in der Effizienzkalkulation korrigierend einbezogen werden, lassen sich Verzerrungen vermeiden [20, S. 247]. Auf diesen Überlegungen aufbauend, werden sog. „**Umweltfaktoren**“ zusätzlich in das Konzept aufgenommen. Ein entscheidender Mehrwert des Produktivitätsmodells von Grönroos und Ojasalo [29] liegt in der Integration einer expliziten **Qualitätskom-**

ponente als Outputfaktor. Angesichts der zuvor abgeleiteten großen Bedeutung von Qualitätsaspekten im Dienstleistungskontext soll diese auch hier einbezogen werden, wobei explizit die Kundenwahrnehmung der Qualität und nicht die objektive, aber anbieterinterne Qualität angestrebt wird [37, S. 197]. In beiden herangezogenen Beiträgen (und so auch hier) wird die zuvor angesprochene **Kapazitätsrestriktion** bedacht, nach welcher die potenzielle Outputquantität durch die vorhandene Nachfrage limitiert ist und somit Produktivitätsanstrengungen in erster Linie auf eine Reduktion der verbrauchten Inputs abzielen.

Die bisherige Diskussion hat gezeigt, dass sich insbesondere aus den konstitutiven Merkmalen von Dienstleistungen diverse Anforderungen an ein Produktivitätskonzept und die darauf basierende Effizienzbewertung ableiten lassen. Die besondere Herausforderung liegt dabei weniger in der konzeptionellen Abbildung als vielmehr in einer gelungenen Operationalisierung und Messung der Faktoren im Kontext industrieller Dienstleistungen sowie einer adäquaten Rechenmethodik. Diesen Problemstellungen, die bislang in der Literatur nur unzureichend bearbeitet wurden, wenden sich die folgenden Abschnitt zu.

2.1.3 Die Data Envelopment Analysis als mathematischer Ansatz zur Messung der Dienstleistungseffizienz

2.1.3.1 Grundlagen der Data Envelopment Analysis

Wie der Projekttitel suggeriert, beruht das Projekt ServDEA wesentlich auf der Idee, die Data Envelopment Analysis (DEA) zur Messung von Dienstleistungsproduktivität anzuwenden. Ein wichtiger Beitrag für die Unternehmenspraxis liegt also darin, die DEA-Methodik auf solche Bereiche auszudehnen, in denen die Produktivitätsmessung den im vorangegangenen Abschnitt vorgestellten Herausforderungen methodischer Natur unterliegt. Um zu verstehen, dass die DEA eine zweckmäßige Methode darstellt, die diese Herausforderungen löst und daher gegenüber Teilproduktivitäten und einem auf Faktorpreisen beruhenden Ansatz überlegen ist, beinhaltet dieser Abschnitt eine einführende Darstellung des DEA-Basismodells.

Ursprünglich wurde die Data Envelopment Analysis entwickelt, um Ineffizienzen von klassischen güterwirtschaftlichen Produktionsprozessen aufzudecken. Mittlerweile gibt es eine vierstellige Zahl von wissenschaftlichen Artikeln, die sich Anwendungen der DEA in anderen Feldern – einschließlich Dienstleistungen – und auch methodischen Weiterentwicklungen widmen. Auf die Arbeit von Charnes, Cooper und Rhodes [14] geht diese Literatur zurück.

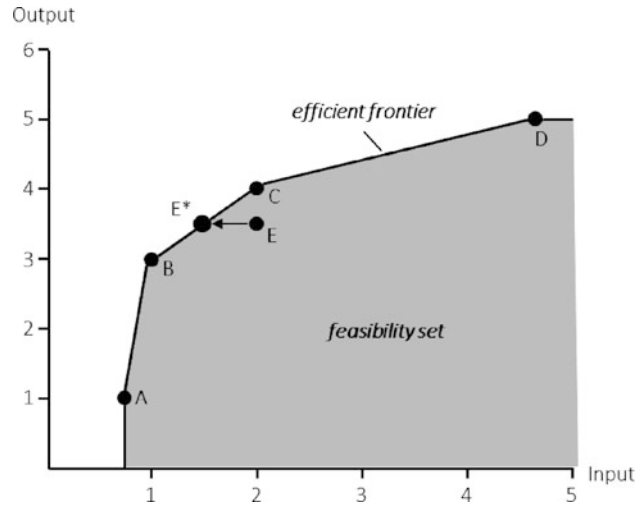
Die hinter jeder Data Envelopment Analysis steckende Idee lässt sich wie folgt zusammenfassen: Das Ziel besteht darin, leistungserstellende Einheiten (genannt „decision making units“, kurz DMUs) anhand verschiedener Kriterien miteinander zu vergleichen, und das Ergebnis dieses Vergleichs in einer (eindimensionalen) Zahl auszudrücken, die eine Aussage über die (In-)Effizienz jeder einzelnen DMU macht. Die Vergleichskriterien, deren Werte bei sämtlichen Vergleichseinheiten gemessen werden müssen, lassen sich entspre-

chend des in Abschn. 2.1.2 vorgestellten Produktivitäts- und Effizienzverständnisses in Inputs und Outputs einteilen. Inputs sind grundsätzlich solche Größen, deren Reduzierung die Effizienz erhöht; für Outputs gilt umgekehrt, dass ihre Erhöhung auch die Erhöhung der Effizienz zur Folge hat.

Um den angedeuteten Vergleich der DMUs durchzuführen, weist die DEA zentrale Vorteile gegenüber Teilproduktivitäten und auf Faktorpreisen beruhenden Ansätzen auf. Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt herausgestellt, weisen die Faktoren in der Regel unterschiedliche Maßeinheiten auf. So z. B. wird der Output „Kundenzufriedenheit“ üblicherweise auf einer Likert-Skala gemessen, während der Output „Umsatz“ in Geldeinheiten vorliegt. Folglich wird eine geeignete Aggregation einzelner Kriterien (Inputs oder Outputs) zum Gesamtinput bzw. -output benötigt. In einer DEA werden die unbekannten Gewichtungsfaktoren der einzelnen Outputs zum Gesamtoutput und der einzelnen Inputs zum Gesamtinput einfach als Parameter in einem linearen Optimierungsansatz aufgefasst. So ist es einerseits möglich, dass viele Outputs und viele Inputs simultan in die Analyse eingehen, ohne dass Teilproduktivitäten gebildet werden müssen. Andererseits sind die Gewichtungsfaktoren nicht in Form von Faktorpreisen vorab zu bestimmen, sondern stellen die Lösung des Messverfahrens dar. Die Aggregation von einzelnen Faktoren zum Gesamtoutput und -input löst also nicht nur die Problematik traditioneller Produktivitätsmessverfahren, sondern bringt auch mehrere Vorteile mit sich.

Ist das Aggregationsproblem gelöst, lässt sich für jede DMU die Produktivität als Quotient aus Output und Input bestimmen. Um aus diesem deskriptiven Produktivitätskonzept letztlich ein normatives Effizienzkonzept ableiten zu können, muss der Quotient mit einer Referenz verglichen werden. Diese kann extern sein (z. B. eine technische Grenze) oder sich auf eine Menge sog. „benchmarks“ beziehen, die ähnlich funktionieren, d. h. unter Verwendung derselben Inputs dieselben Outputs erzeugen. Die letztgenannte Alternative liegt einer DEA zugrunde (vgl. Abb. 2.3): In Ermangelung externer Referenzmaßstäbe bildet die Menge der DMUs – und technisch mögliche Kombinationen derselben – den Maßstab. Anders ausgedrückt, zieht man die tatsächlichen Beobachtungen bzw. DMUs heran und konstruiert daraus eine (größere) Menge von technisch möglichen Produktionen (sog. „virtual DMUs“, die zusammen mit den tatsächlichen das „feasibility set“ bilden). Vorteil der DEA ist folglich, dass nicht externe Vorgaben oder willkürlich gewählte Benchmarks, sondern in der Praxis beobachtete Einheiten den Referenzmaßstab bilden. Das „feasibility set“ als Referenzmaßstab besitzt einen äußeren Rand (die sog. „efficient frontier“), die alle übrigen DMUs „umhüllt“ (daher auch „envelopment“). Dieser äußere Rand setzt sich also aus solchen DMUs zusammen, die effizient sind in dem Sinne, dass es keine weitere Beobachtung gibt, tatsächlich (A, B, C, D) oder konstruiert (E^*), die effizienter wäre, d. h. mehr Output für einen gegebenen Input erzeugen oder weniger Input für einen gegebenen Output benötigen würde. Die DEA setzt damit das Verständnis der Pareto-Koopmans-Effizienz um. Um von der Produktivität einer DMU zu ihrer Effizienz zu gelangen, wird der Abstand dieser DMU (E) zum entsprechenden Punkt (E^*) auf dem effizienten Rand gemessen. Ist der Abstand gleich null, ist die DMU effizient. Ansonsten ist der Abstand selbst das Maß für die Ineffizienz dieser DMU.

Abb. 2.3 Effizienter Rand
beim Ein-Input-Ein-Output-
Fall, eigene Darstellung



Um diese Vorgehensweise methodisch umzusetzen, verwendet die DEA Techniken der Linearen Programmierung. Für jede DMU wird ein eigenes Lineares Programm aufgestellt und gelöst. Der Wert der Zielfunktion entspricht dem Effizienzwert. In den Nebenbedingungen werden alle anderen Elemente des „feasibility set“ berücksichtigt. Jedes Lineare Programm (LP) hat ein assoziiertes Programm. Meist werden beide LPs verwendet, um die Ergebnisinterpretation zu erweitern. Im sog. „Primalprogramm“ erfolgt die Ermittlung des Effizienzwertes auf der Grundlage der Festlegung DMU-spezifischer Gewichtungsfaktoren für die Inputs und Outputs (die Gewichtungsfaktoren eliminieren einfach die mitunter unterschiedlichen Maßeinheiten). Das sog. „Dualprogramm“ ermittelt einen Referenzpunkt für die fragliche DMU auf dem effizienten Rand des „feasibility set“. Ist dieser Referenzpunkt die DMU selbst, ist ihr Abstand zum Rand null und die DMU effizient. Andernfalls gibt es andere Einheiten, die effizienter als die DMU sind. Das Effizienzmaß drückt dann aus, wie weit die fragliche DMU hinter ihren „benchmarks“ zurückliegt.

Anhand des ursprünglichen DEA-Modells von Charnes, Cooper und Rhodes [13] soll die Vorgehensweise noch einmal mittels konkreter Modellformulierung dargestellt werden. Dieses Modell, ihren Urhebern gemäß als CCR-Modell bezeichnet, unterstellt konstante Skalenerträge (während in Abb. 2.3 variable Skalenerträge veranschaulicht wurden). Es kann – wie viele andere DEA-Modelle auch – input- oder outputorientiert formuliert werden. Eine Inputorientierung stellt Ineffizienzen vornehmlich auf Inputseite, eine Outputorientierung vornehmlich auf Outputseite fest. Hier sei das inputorientierte Modell

unterstellt; das folgende LP analysiert die DMU o :³

$$\begin{aligned}
 & \min \vartheta_o \\
 & \text{unter } \vartheta_o \cdot x_{o,i} \geq \sum_{k=1}^n \lambda_{o,k} \cdot x_{k,i} \quad \forall i = 1, \dots, r \\
 & y_{o,j} \leq \sum_{k=1}^n \lambda_{o,k} \cdot y_{k,j} \quad \forall j = 1, \dots, s \\
 & \lambda_{o,k} \geq 0, k = 1, \dots, n.
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Mithilfe dieses Linearen Programms wird also eine Linearkombination im „feasibility set“ gesucht, die mindestens so viel Output erzeugt wie die analysierte und dabei nur einen Bruchteil (nämlich das ϑ_o -fache) ihres Inputs benötigt. Es ist offensichtlich, dass das Effizienzmaß sämtliche Inputs gleichermaßen berücksichtigt; man spricht in diesem Fall auch von einem radialen Maß. Daraus folgt aber auch, dass der Referenzpunkt nicht unbedingt „vollständig“ (Pareto-Koopmans-)effizient ist. Das heißt, dass bezüglich einzelner Inputs Ineffizienzen bestehen, die über das radiale (proportionale) Maß hinausgehen. Derartige Ineffizienzen werden in sog. „Slackwerten“ ausgedrückt, um die das o. g. Lineare Programm meist ergänzt wird (eine mathematische Darstellung derart ergänzter LPs soll hier nicht erfolgen). Eine DMU ist dann vollständig effizient, wenn ein maximaler Effizienzwert (von 100 %) erreicht wird und sämtliche Slackwerte gleich null sind.

Das zu (2.1) duale Programm lautet wie folgt:

$$\begin{aligned}
 & \max \omega_o = \sum_{j=1}^s \mu_{o,j} \cdot y_{o,j} \\
 & \text{unter } \sum_{i=1}^r v_{o,i} \cdot x_{o,i} = 1 \\
 & \sum_{j=1}^s \mu_{o,j} \cdot y_{k,j} \leq \sum_{i=1}^r v_{o,i} \cdot x_{k,i} \quad \forall k = 1, \dots, n \\
 & \mu_{o,j} \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, s \\
 & v_{o,i} \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, r.
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Programm (2.2) drückt folgende Idee aus: Für die analysierte DMU o sind die unbekannten Gewichtungsfaktoren für die Inputs und Outputs so zu wählen, dass die daraus resultierende Effizienz maximal wird – unter der Bedingung, dass unter Verwendung derselben Faktoren, angesetzt auf die Produktionen aller übrigen DMUs, eine Effizienz von maximal eins entsteht (Normierungsbedingungen). Die Anzahl der Nebenbedingungen entspricht also der Anzahl der DMUs als potenzielle benchmarks und damit der Anzahl der Parameter in Programm (2.1). Die „multiplier form“ bringt ferner zum Ausdruck, dass

³ Die folgende Darstellung bis zum Ende des Abschnittes ist im Wesentlichen [4, S. 235–236], entnommen.

die DEA das allgemein übliche Verständnis der Produktivität als Quotient aus Output und Input umsetzt: Teilt man die linke Seite der zweiten Nebenbedingung durch die rechte Seite, erhält man den Quotienten einer gewichteten Summe von Outputs und einer gewichteten Summe von Inputs.

Ähnlich wie dieses inputorientierte Modell können outputorientierte Modelle aufgestellt werden. Diese Modelle sowie weitere Basismodelle sind in mehreren Lehrbüchern hinreichend dokumentiert; beispielhaft ist die Publikation von Cooper, Seiford und Tone [16] anzuführen.

Abschließend sollen noch einmal die zentralen Vorteile einer DEA – und zwar bereits in ihrer Standardformulierung – zusammengefasst werden:

- Die relevanten Output- und Inputfaktoren können zahlreich sein;
- Aus den zahlreichen Faktoren wird eine eindimensionale Effizienzkennzahl pro DMU errechnet;
- Diese bezieht sich auf den Vergleich mit realen Einheiten und erfordert daher keine externen Zielvorgaben; das Maß an „Fairness“ und damit die Vermittelbarkeit ihrer Ergebnisse und die Akzeptanz in der Praxis dürften hoch sein;
- Pro DMU können spezifische Vorgaben gemacht werden, um Effizienzen zu steigern; die Vorgaben leiten sich aus den effizienten Referenzeinheiten ab.

2.1.3.2 Anwendungen der Data Envelopment Analysis in der Literatur und Darstellung besonders geeigneter DEA-Modelle im Dienstleistungskontext

Ausgehend vom DEA-Basismodell, das Gegenstand der ersten Publikation zum Thema von Charnes, Cooper und Rhodes [14] war, sind etliche Modellvarianten entwickelt worden, um andere Festlegungen von Skalenerträgen (variable; nicht-steigende; nicht-fallende) sowie weitere Annahmen abbilden zu können, die die Natur der Effizienzkriterien (Inputs und Outputs) und damit ihre Modellierung betreffen. Nicht nur die Tatsache, dass im Laufe der Zeit viele Varianten des ursprünglichen DEA-Modells entwickelt worden sind, sondern auch die Möglichkeit, eine große Anzahl an Effizienzkriterien (Inputs und Outputs) zu integrieren, prädestinieren die DEA zur Messung von Dienstleistungseffizienz. So sind bereits einige Studien auf Basis der DEA im Dienstleistungskontext durchgeführt worden. Anhand einer umfassenden Literaturrecherche der 160 relevantesten Artikel (entsprechend des EBSCO Relevance Score) mit den Schlagworten „DEA“ und „Service“ wurde analysiert, in welchen Dienstleistungsbranchen die DEA zum Einsatz gelangt ist. Tabelle 2.1 verdeutlicht, dass ein Großteil der Studien dem öffentlichen Sektor, dem Finanzsektor und der Gesundheitsbranche zuzuschreiben ist. Nur sehr wenige Studien beschäftigen sich mit Dienstleistungen des industriellen Sektors. In Anbetracht der anfänglich (Abschn. 2.1.1) geschilderten Bedeutung von industriellen Dienstleistungen wird es offensichtlich, dass es an Studien hierzu mangelt. Dies gilt insbesondere für Instandhaltungsdienstleistungen, welche in den nachfolgenden Abschnitten intensiver betrachtet werden.

Tab. 2.1 Auswertung der EBSCO-Literaturrecherche zum Thema DEA, eigene Darstellung

Gesundheits- sektor	Finanzsektor		Öffentliche Verwaltung			Industrie		Andere
	Banken	Andere	Verkehr	Bildung	Andere	Instand- haltung	Andere	
27	28	4	12	10	8	1	4	66

Obwohl die untersuchten Dienstleistungen der verschiedenen Branchen sehr unterschiedlich sind, wurden Vorgehensweisen und DEA-Varianten identifiziert, die für diese Analyse industrieller Dienstleistungen von Interesse sein könnten. So wird in der Literaturrecherche ersichtlich, dass in den Studien zum einen verschiedene konstitutive Merkmale von Dienstleistungen in der DEA Berücksichtigung fanden, und zum anderen diese auf unterschiedliche Art und Weise mittels weiterführender DEA-Varianten modelliert wurden.

Im weiteren Verlauf dieses Abschnittes werden solche Weiterentwicklungen bzw. Varianten der DEA vorgestellt, die aus konzeptioneller Sicht sinnvoll erscheinen, da sie die Besonderheiten, die durch den Anwendungskontext „Dienstleistungen“ entstehen, gewissermaßen adressieren. Dabei werden vor allem solche Artikel Erwähnung finden, die die Diskussion der DEA im Zusammenhang mit Anwendungen auf Dienstleistungen wesentlich geprägt haben. In diesem Sinne beinhaltet dieser Abschnitt also eine Aufarbeitung der DEA-Literatur hinsichtlich ihrer Behandlung des Themas „Dienstleistungsproduktivität“.⁴

In Abschn. 2.1.2 wurden Immaterialität und Kundenintegration als zentrale Besonderheiten von Dienstleistungen vorgestellt. Eine wesentliche Konsequenz der Immaterialität von Dienstleistungen bestand darin, dass subjektive Größen, und hier vor allem Kundenzufriedenheit bzw. die kundenseitige, subjektive Einschätzung der Dienstleistungsqualität, in den Blickpunkt der Konzeptualisierung des Outputs gelangen. In der Literatur wurde dieser Umstand auf zwei verschiedene Arten hinsichtlich Modellimplikationen diskutiert. Außerdem hat die Literatur der Tatsache Rechnung getragen, dass sich die (subjektive) Einschätzung der Servicequalität in nachgelagerten Perioden auf ökonomische Zielgrößen auswirkt. Schließlich ergibt sich aus der Immaterialität das Problem der Nicht-Lagerbarkeit von Dienstleistungen. Auch dieser Umstand sollte modelltheoretisch berücksichtigt werden können. Im Folgenden diskutieren wir folglich vier Modellimplikationen, die sich aus der Immaterialität von Dienstleistungen ergeben.

Zum einen wählen Kamakura et al. [35] die „service profit chain“ als konzeptionellen Rahmen und führen hierin die Unterscheidung von einem „Effizienzmodell“ und einem „Kundenverhaltensmodell“ ein, in denen separate Effizienzmessungen erfolgen. Durch die zweistufige Modellierung kommt zum Ausdruck, dass die Verwendung von Ressourcen bei der Erstellung von Dienstleistungen zunächst die (subjektive) Qualitätsbeurteilung der Kunden beeinflusst, die wiederum Ergebnisgrößen auf Unternehmensseite beeinflusst. Der

⁴ Im Wesentlichen sind die im Folgenden zusammengefassten Erkenntnisse in den Publikationen Backhaus et al. [3] und Backhaus, Bröker und Wilken [4] dargestellt.

„Clou“ besteht also darin, dass die Outputs der ersten Stufe (die Autoren sprechen hier von „quality efficiency“) – vor allem die Beurteilung der Servicequalität durch die Kunden – gleichzeitig als Input der zweiten Stufe („profitability efficiency“) fungieren. Die subjektive Wahrnehmung der Servicequalität (als potenzialbezogener Output) mediiert Bitte überprüfen Sie das vorherige Wort.folglich die Beziehung zwischen den Inputs und (ökonomischen, ergebnisbezogenen) Outputs des Dienstleistungsunternehmens. Derartige Effizienzkriterien werden in der DEA-Literatur als „intermediate outputs“ bezeichnet. Für die Modellierung ergibt sich, dass eine DEA solche „intermediate outputs“ abbilden können sollte. Eine solche Modellvariante wird als „two-stage DEA“ bezeichnet. Im Detail widmen sich Färe und Grosskopf [21] solchen Modellen. Im Dienstleistungskontext haben neben Kamakura et al. [35] Mukherjee, Nath und Pal [41] zweistufige DEA-Ansätze verwendet.

Zum anderen birgt die Berücksichtigung von kundenseitigen Wahrnehmungen (vor allem der Servicequalität) die Gefahr von Messfehlern. Anders ausgedrückt, ist die wahrgenommene Servicequalität keine deterministische, objektiv messbare Größe; stattdessen kann dieselbe Dienstleistung von unterschiedlichen Kunden auch unterschiedlich wahrgenommen werden, oder es kann dieselbe Dienstleistung von einem einzigen Kunden zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedlich wahrgenommen werden. Möchte man also Servicequalität als Effizienzkriterium verwenden, muss man Messfehler in Kauf nehmen, die beispielsweise von der Auswahl der Stichprobe (der befragten Kunden) und der Wahl des Befragungszeitraumes abhängen. Alternativ könnte man statt eines konkreten Wertes für die Servicequalität – die offenbar nur als Durchschnittswert über alle Befragten messbar ist – die Verwendung einer (Wahrscheinlichkeits-)Verteilung erwägen, so dass auch Varianzen in der Stichprobe modelliert werden können. Zur methodischen Umsetzung dieser Ideen hat die DEA-Literatur die sog. „Imprecise DEA“ (IDEA; siehe [58]) hervorgebracht. Die IDEA berücksichtigt beides, Messfehler und (nicht-entartete) Verteilungen. Allerdings ist zu konstatieren, dass die „Imprecise DEA“, obwohl unserer Ansicht nach grundsätzlich tauglich, bislang nicht auf Dienstleistungen angewandt worden ist.

Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, dynamische Aspekte der Dienstleistungserstellung und -beurteilung bei der Messung von Dienstleistungsproduktivität zu berücksichtigen, da die Outputs, etwa ökonomische Größen, nicht unmittelbar, sondern erst nachgelagert durch „intermediate outputs“ wie die (subjektive) Beurteilung der Servicequalität beeinflusst werden. Auch für derartige Sachverhalte hält die DEA-Literatur passende Modelle bereit. Eine Übersicht über dynamische Modelle findet sich bei Wilken [57]. Gewisse Verbreitung hat die sog. „Window Analysis“ (z. B. [13]) gefunden, die auch softwaretechnisch verfügbar gemacht worden ist. Die Window Analysis führt herkömmliche DEAs in sich überlappenden Zeitfenstern konstanter Breite durch, wobei die Fensterbreite so gewählt werden sollte, dass Effizienzveränderungen tatsächlich aufgedeckt werden können. In einer Window Analysis wird jede DMU pro Zeiteinheit als eine separate DMU betrachtet. Da die Analyse differenzierter wird, wenn das Verhältnis von DMU-Anzahl und Kriterienanzahl wächst, kann die um die Anzahl der Betrachtungsperioden vervielfachte DMU-Anzahl hilfreich sein, nämlich dann, wenn das Anwendungsbeispiel nur wenige Vergleichseinhei-

ten besitzt, bei der Effizienzmessung aber relativ viele Kriterien berücksichtigen möchte. Der wesentliche Nutzen einer Window Analysis besteht jedoch in der Abbildung von Effizienzentwicklungen.

Eine vierte Spezifität des zugrundeliegenden Dienstleistungskonzeptes ergibt sich aus dem Sachverhalt, dass Dienstleistungen nicht lagerbar sind. Für eine DEA-Analyse heißt dies, dass größere Outputmengen *ceteris paribus* nicht unbedingt eine höhere Produktivität bedeuten. Die Erzeugung von Outputs, welche über die jeweilige vorhandene Nachfrage hinausgeht, würde zur Verschwendung von Inputs führen und wäre somit nicht erstrebenswert. Für die DEA-Analyse bedeutet dies, dass sich Outputs nach oben hin begrenzen lassen müssen. Unabhängig davon, ob diese Beschränkung nur für eine oder für alle DMUs gilt, bietet sich hier die Anwendung von DEA-Modellen an, die „unerwünschte Outputs“ berücksichtigen können (vgl. hierzu z. B. [28]).

Neben der Immaterialität von Dienstleistungen spielt die Kundenintegration eine wesentliche Rolle. Durch die Integration der Kunden verliert das Dienstleistungsunternehmen die „Herrschaft“ über die Leistungserstellungsprozesse und damit auch über die Produktivität derselben. Die Kundenintegration hat also auch einen Einfluss auf die Dienstleistungsproduktivität, eine Erkenntnis, die zunächst im Widerspruch zur in der DEA gebräuchlichen Terminologie steht, die von „decision making units“ spricht. Bei der Aufstellung der Linearen Programme im Rahmen der DEA ist die Einteilung in Inputs und Outputs entscheidend. Hierbei ist stets zu fragen, ob ein Effizienzkriterium zu maximieren (Output) oder zu minimieren (Input) ist. Die Wirkungsrichtung der Kundenintegration ist allerdings nicht von vornherein klar, da sie effizienzsteigernd oder effizienzmindernd wirken kann. Bevor also ein Effizienzkriterium ins Modell einfließt, das die Kundenintegration abbildet, sollte man, beispielsweise mithilfe von Korrelationsanalysen, die Wirkungsrichtung bestimmen. Außerdem ist wünschenswert, die Kundenintegration beschreibenden Größen dahingehend zu überprüfen, ob sie tatsächlich die Produktivität beeinflussen. Diese Prüfung kann in einem zweistufigen Prozess erfolgen. Zunächst werden nur die beeinflussbaren Größen – also nicht die Kundenintegration beschreibenden Größen – in einer DEA berücksichtigt. Diese Ergebnisse (d. h. die Effizienzwerte dieses eingeschränkten Modells) werden anschließend auf Basis regressionsanalytischer Ansätze dahingehend überprüft, ob sie mit den nicht-beeinflussbaren Größen variieren. Im endgültigen DEA-Modell sollten nur diejenigen nicht-beeinflussbaren Größen Berücksichtigung finden, die die Produktivität der DMUs tatsächlich mindern oder steigern. Eine Beschreibung des methodischen Verfahrens findet sich bei Simar und Wilson [57]; eine Anwendung stellen Hammerschmidt, Wilken und Staat [32] vor.

Unabhängig von der Frage, ob eine bestimmte Größe der Kundenintegration produktivitätsbeeinflussend wirkt, kann festgehalten werden, dass Kundenintegration zumindest zu einem gewissen Grad vom Dienstleistungsunternehmen nicht kontrolliert bzw. nicht beeinflusst werden kann. Eine faire Effizienzbeurteilung würde also solche Kriterien, die im Verantwortungsbereich des Unternehmens liegen, von solchen Kriterien trennen, die sich einer Kontrolle durch das Unternehmen zumindest teilweise entziehen. In der DEA-Literatur sind daher Modelle entwickelt worden, die genau diese Unterscheidung vorneh-

men. Die nicht-beeinflussbaren Größen (Inputs oder Outputs) werden dabei als „non-discretionary variables“ bezeichnet. Sie fließen zwar ins Effizienzmaß ein, da sie die Produktivität der fraglichen DMU beeinflussen, werden jedoch nicht auf die im Linearen Programm auftretenden Parameter bezogen.

Zusammenfassend bieten sich aus konzeptionellen Überlegungen folgende DEA-Modelle zur Anwendung auf Dienstleistungen an: zweistufige DEA mit Zwischenoutputs; Imprecise DEA (IDEA); DEA mit nicht-beeinflussbaren Effizienzkriterien; dynamische DEA (vor allem Window Analysis) und DEA mit unerwünschten Outputs. Da sich im Laufe des Projektes herausgestellt hat, dass die Anwendbarkeit in der Praxis in hohem Maße von der Kommunizierbarkeit der Funktionsweise einer DEA sowie von den hohen Datenanforderungen beeinträchtigt wird und daher eher grundlegende Modelle einzusetzen waren, verzichten wir an dieser Stelle auf die Formulierung der mathematischen Modelle der hier vorgestellten Varianten der DEA.

2.1.3.3 Allgemeine Anforderungen bei Anwendungen der DEA

Die Abschn. 2.1.3.1 und 2.1.3.2 haben deutlich gemacht, dass die DEA eine flexible Methode der Effizienzmessung ist. Sie ist nicht nur in der Lage, eine Vielzahl an unterschiedlich skalierten Kriterien einzubeziehen, sondern kann durch Hinzufügen von Nebenbedingungen Besonderheiten von Anwendungskontexten berücksichtigen. Unabhängig vom gewählten DEA-Modell müssen jedoch vor Anwendung eine Reihe von Annahmen getestet bzw. Anforderungen an die Daten gestellt werden. In enger Anlehnung an Dyson et al. [20] werden hier drei dieser Anforderungskategorien zusammengefasst. Dieser Katalog wird auch in den Anwendungen der DEA in der Praxis eine große Rolle spielen.

Homogenität – Die DEA vergleicht DMUs miteinander auf Grundlage verschiedener Dimensionen bzw. Faktoren. Damit ein Vergleich sinnvoll ist, muss sich die Leistungserstellung sämtlicher DMUs auf Grundlage derselben Inputs und Outputs beschreiben lassen. Ebenso sollten die DMUs hinsichtlich der jeweiligen Rahmenbedingungen, unter denen sie operieren, und hinsichtlich der verfügbaren Ressourcen zur Erstellung der Dienstleistung prinzipiell vergleichbar sein. Durch eine Kombination von DEA-Modellen, die unterschiedliche Skalenertragsannahmen unterstellen, lassen sich ferner Skalenerträge bestimmen.

Auswahl von Effizienzkriterien – Das sog. „Faktorensatz“ beschreibt, welche Inputs und Outputs in einem Leistungserstellungsprozess eine Rolle spielen. Von Bedeutung für ein valides Produktivitätsbenchmarking ist hierbei, dass alle relevanten Ressourcen der Produktion und zudem alle Outputs der Dienstleistung, vorökonomische wie ökonomische, Beachtung finden. Allerdings sind perfekt zueinander korrelierte Faktoren vernachlässigbar, da sie dieselbe Information beinhalten. Wie oben angedeutet, muss ferner darauf geachtet werden, dass alle Faktoren von potenziellen Umwelteinflüssen „bereinigt“ werden. Unabhängig von diesen Fragen spielt bei jeder Anwendung auch die Zahl der zu berücksichtigenden Effizienzkriterien eine große Rolle. Damit die DEA Effizienzunterschiede aufdecken kann, muss die Anzahl der Vergleichseinheiten in einem günstigen Verhältnis zu den Effizienzkriterien stehen. In der Praxis gibt es häufig eine begrenzte Anzahl an Vergleichseinheiten,

so dass eine Effizienzmessung auf Basis sehr vieler Kriterien nicht sinnvoll erscheint. Als Daumenregel empfehlen Dyson et al. [20, S. 248], maximal so viele Input- und Outputfaktoren zu verwenden, dass das Produkt aus deren Anzahl die Hälfte der DMU-Zahl nicht überschreitet: Mindestanzahl DMU = $2 \times (\text{Anzahl Inputs} \times \text{Anzahl Outputs})$.

Messung von Effizienzkriterien – Ganz allgemein können nur intervallskalierte Daten in die Analyse eingehen. Darüber hinaus sollten Outputs und Inputs isotonisch sein, d. h. geringere Inputmengen bzw. größere Outputmengen erhöhen die Effizienz. Diese Anforderung legt nahe, dass die Kriterienart – Input oder Output – auf Grundlage der Richtung der Effizienzbeflussung gewählt werden sollte. Als Beispiel dienen Abgase, die in der Produktion entstehen. Grundsätzlich ist Abgasausstoß zu minimieren und reduziert die Effizienz. Insofern sollten Abgase als Input modelliert werden.

2.1.4 Bestimmung und Validierung von Input- und Outputfaktoren

Die Beschreibung der DEA-Methodik mag bereits einige Vorteile für eine Effizienzbewertung im Bereich industrieller Dienstleistungen aufgezeigt haben. Für die Implementierung der Methodik in der industriellen Praxis sind jedoch auch die der Analyse vorangehenden Arbeitsschritte zu erläutern. Es müssen Input- und Outputfaktoren identifiziert werden, die industrielle Dienstleistungen beschreiben und die eine Effizienzberechnung mithilfe der DEA ermöglichen. Eine zentrale Herausforderung dieses Beitrages ist somit in der kontextspezifischen Operationalisierung des Produktivitätskonzeptes zu sehen, welches in Abschn. 2.1.2 auf Basis der konstitutiven Charakteristika von Dienstleistungen entwickelt wurde. Dass diese Aufgabe alles andere als trivial ist, ergibt sich aus den verschiedenen **Anforderungen**, die an ein solches Faktorensatz gestellt werden und teilweise schwer vereinbar sind:

Inhaltliche Relevanz – All diejenigen Faktoren sollten aufgenommen werden, die für eine reale, vollständige Abbildung der Produktivität einer Betrachtungseinheit im spezifischen Kontext der industriellen Dienstleistung wesentlich sind.

Generalisierbarkeit – Gleichzeitig wird hier darauf geachtet, dass das Faktorensatz im Kontextrahmen industrieller Dienstleistungen möglichst verallgemeinerbar bleibt und somit auch Anregungen für die Effizienzmessung anderer Dienstleistungen und Unternehmen entstehen.

Verfügbarkeit der Daten – Da dieser Beitrag in erster Linie dazu dienen soll, die Effizienzmessung mittels DEA in der praktischen Anwendung zu beschreiben und zu evaluieren, muss das Faktorensatz gleichzeitig auf einer Datenbasis aufbauen, welche bestenfalls bereits in der Praxis verfügbar oder zumindest unter ökonomisch vertretbaren Umständen erfassbar ist. Andernfalls hätte man zwar ein theoretisch stimmiges Effizienzmessungskonzept, das in der Praxis jedoch keine Aussicht auf Implementierung hätte.

DEA-Kompatibilität – Des Weiteren sind die in Abschn. 2.1.3 abgeleiteten methodischen Anforderungen der DEA zu erfüllen. Insbesondere empfiehlt es sich dabei im Sinne der angestrebten Diskriminanz der Ergebnisse, nur eine eingeschränkte Zahl an Faktoren

aufzunehmen. Als Prinzip kann dabei gelten: So viele Faktoren wie nötig, so wenige wie möglich.

Um diese Anforderungen bei der Faktorenentwicklung zu erfüllen, ist ein systematisches und nachvollziehbares Vorgehen unerlässlich. Ausgangspunkt dieser Bemühungen ist eine Betrachtung der **wissenschaftlichen Literatur** und deren Herangehensweise bei der Identifikation von Input-/Outputfaktoren. Dazu wurden die 160 bereits in Abschn. 2.1.3 erwähnten wissenschaftlichen Beiträge herangezogen, von denen jedoch 116 Artikel keinerlei Angabe zu ihrem Vorgehen bei der Faktoridentifikation machen. Auch Casu et al. [12, S. 1364] stellen fest:

... most reported assessments of performance simply state the input-output variables used in the assessment rather than detail the process of their identification.

Die verbleibenden 44 Artikel, die zumeist aus dem Bankenkontext stammen, erwähnen zumindest gewisse Ansätze, die jedoch eine gemeinsame Schwäche aufweisen: Anstatt ein konkretes methodisches Vorgehen zur Faktoridentifikation zu bieten, handelt es sich eher um vage Leitlinien bzw. Heuristiken. Als Beispiele seien der „production approach“ („treats the financial services companies as producers“, [40, S. 528]) und der „profit-oriented approach“ („defines revenue components as outputs and cost components as inputs“ [26, S. 226]) genannt. DEA-Anwendungen sind hinsichtlich Faktorenauswahl meist durch Datenverfügbarkeit limitiert:

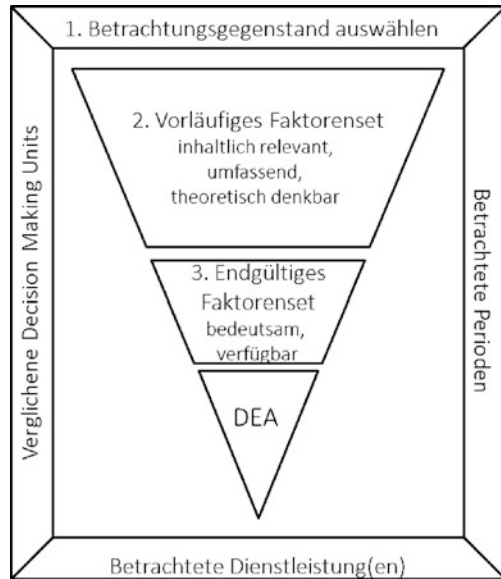
In summary, the literature encompasses a wide range of specifications which may have as much to do with data availability as with matters of principle [11, S. 11].

Insgesamt hat die bisherige Literatur kein übertragbares Gesamtkonzept zur Faktoridentifikation geliefert, das man auf den vorliegenden allgemeinen Untersuchungskontext industrieller Dienstleistungen übertragen könnte. Vielmehr erscheinen kontextspezifische Faktorenableitungen basierend auf sachlich-inhaltlicher Argumentation und praktischer Erfahrung als zielführend. Diesem Beitrag lag folglich eine eigene Vorgehensweise zugrunde, in die jedoch einige Empfehlungen der betrachteten Literatur einfließen.

Qualitative Ableitung relevanter Input- und Outputfaktoren Zur Identifikation der relevanten Faktoren wurde ein qualitativ-empirischer, praxisorientierter Ansatz gewählt. Dazu wurden in Fallstudien drei deutsche Investitionsgüterhersteller aus den Branchen Werkzeugmaschinenbau und Landtechnikmaschinenbau betrachtet. Zum Einsatz kamen dabei Workshops mit jeweils drei oder vier Vertretern des Unternehmens und mindestens zwei beteiligten Wissenschaftlern, aber auch Tiefeninterviews mit Schlüsselinformanten und Auswertungen von Unternehmensunterlagen.

Dieser qualitative Forschungsansatz birgt im Hinblick auf die oben explizit ausgewiesenen Anforderungen an das Faktorensatz sowohl Vor- als auch Nachteile. Hauptargument für die Verwendung eines explorativen und anwendungsnahen Ansatzes sind die detaillierten Informationen, die von den praktisch erfahrenen Gesprächspartnern zu erwarten

Abb. 2.4 Ablaufschema zur Vorbereitung der DEA-gestützten Effizienzanalyse, eigene Darstellung



sind und eine hohe **inhaltliche Relevanz** versprechen. Insbesondere in Anbetracht der im Rahmen der Literaturanalyse festgestellten Notwendigkeit eines starken fallspezifischen Kontextbezuges erscheint die Berücksichtigung praktischer Erfahrungswerte essenziell für die Vollständigkeit des Faktorensystems. Demgegenüber wäre bei einer quantitativen Herangehensweise anzunehmen, dass relevante Faktoren von vornherein unwissentlich außer Acht gelassen werden.

Ein weiterer Vorteil eines solchen Ansatzes besteht in der Sicherstellung von **Verfügbarkeit der Daten**. In der Diskussion mit Praktikern wird jeder potenzielle Faktor unweigerlich einer derartigen Prüfung unterzogen, was die Praxisrelevanz dieser Anforderung unterstreicht.

Mit der Wahl eines rein qualitativen Ansatzes gehen allerdings auch Einschnitte hinsichtlich der **Generalisierbarkeit** des Faktorensatzes einher [37, S. 198]. Die detaillierten Informationen, die einerseits die inhaltliche Relevanz gewährleisten, können andererseits nur für eine begrenzte Zahl an Unternehmen erhoben werden. Durch die unvermeidliche und gut begründete Fallspezifität der Faktorenherleitung ist eine Übertragbarkeit des resultierenden Faktorensatzes auf andere industrielle Dienstleistungen nicht ohne weiteres gegeben. Vielmehr kann das hier beschriebene Vorgehen an sich als wertvolle Anregung für andere industrielle Dienstleistungsfälle dienen.

Der qualitative Ansatz folgt bei der Operationalisierung des Produktivitätskonzeptes und der Vorbereitung der DEA-gestützten Effizienzanalyse einem dreiphasigen Ablaufschema (siehe Abb. 2.4).

Erste Phase: Betrachtungsgegenstand auswählen In der **ersten Phase** muss zunächst der **Betrachtungsgegenstand** ausgewählt, also die genaue Zielsetzung der Effizienzanalyse und die Rahmenbedingungen festgelegt werden. Darunter sind die grundlegenden und zusammenhängenden Fragen zu verstehen, welches Dienstleistungsspektrum überhaupt letztlich bewertet werden soll, welche Einheiten (DMUs) miteinander verglichen werden sollen, und auf welchen Zeitraum sich der Vergleich beziehen soll. Diese Entscheidung muss aufgrund ihres zielsetzenden Charakters auf höchster Ebene getroffen werden, wobei ein gewisses Maß an Verständnis für die methodischen Möglichkeiten und Anforderungen unabdingbar ist. Im vorliegenden Fall wurde der Betrachtungsgegenstand mit den Serviceleitern der Fallstudienunternehmen diskutiert und in Abwägung von inhaltlichem Erkenntniswert und Durchführbarkeit festgelegt. Übereinstimmend und unabhängig voneinander wurde in allen drei Unternehmen **Instandhaltungsdienstleistungen** als geeignete Dienstleistungskategorie für eine Effizienzbewertung angesehen. Gemäß DIN 31051 umfasst der Oberbegriff Instandhaltung die Dienstleistungsarten Inspektionen, Wartungen und Instandsetzungen [8, S. 143]. Inspektionen dienen der Festlegung und Beurteilung des Istzustandes technischer Systeme, während Wartungen und Instandsetzungen die Bewahrung bzw. die Wiederherstellung des Sollzustandes zum Ziel haben. Der Fokus auf Instandhaltungsdienstleistungen ist in zweierlei Hinsicht sinnvoll: Erstens wird diese Kategorie nicht nur in der Literatur [19, S. 550], sondern auch in den Fallstudienunternehmen als besonders wichtig wahrgenommen. Zweitens zeichnen sich diese Dienstleistungen, insbesondere Inspektionen und Wartungen, durch ein gewisses Maß an Prozessstandardisierung und somit Vergleichbarkeit aus, was wiederum die Effizienzmessung erleichtert. Da die Bedeutung von Hotlines und insbesondere Ferndiagnosen in der jüngeren Vergangenheit für die Instandhaltung zugenommen hat, sollen auch Leistungen des Innendienstes bei der Analyse berücksichtigt werden. Welche **DMU** als Vergleichseinheit für die Messung herangezogen werden sollen, hängt vom organisationalen Aufbau des betrachteten Unternehmens ab. So können beispielsweise verschiedene Serviceniederlassungen Deutschlands miteinander verglichen werden oder auch, sofern eine Mindestvergleichbarkeit sichergestellt ist, verschiedene internationale Servicegesellschaften. Zu beachten bleibt, dass es bei einer DEA zur Erzielung differenzierter Ergebnisse einer genügend großen Anzahl an Beobachtungen bedarf. Je mehr Beobachtungen verfügbar sind, desto detaillierter darf das Faktorensatz ausgestaltet sein bzw. desto mehr Diskriminanz ist zu erwarten. Gerade in Bezug auf diese Anforderung läge es nahe, individuelle Servicetechniker als DMUs zu wählen. Dagegen spricht jedoch, dass aus betriebsrechtlichen Gründen von einer Effizienzmessung auf individueller Mitarbeiterebene unbedingt abzusehen ist. Als Zeitraum der Betrachtung kommen üblicherweise **Perioden** wie Jahre, Quartale oder Monate in Frage. Die Auswahl ist im Hinblick auf Datenverfügbarkeit und Interpretierbarkeit zu treffen.

Zweite Phase: Vorläufiges Faktorensatz In der **zweiten Phase** der DEA-Vorbereitung wird zunächst ein vorläufiges Set von Faktoren erstellt, welche zumindest theoretisch als Input- oder Outputfaktoren in einer Effizienzanalyse berücksichtigt werden könnten. Die Anforderung der inhaltlichen Relevanz ist folglich in diesem Schritt der Anforderung einer

hohen Datenverfügbarkeit bzw. Datenerhebbarkeit übergeordnet. **Ziel** ist es, das Dienstleistungsspektrum der betrachteten DMU und den dafür angefallenen Ressourcenaufwand möglichst vollständig abzubilden. Faktoren, die in dieser frühen Phase der Analyse nicht aufgeworfen und diskutiert werden, dürften für gewöhnlich auch im weiteren Verlauf keine Berücksichtigung in der Effizienzberechnung finden. Insofern ist in dieser Phase eine schrittweise zunehmende inhaltliche Durchdringung der Dienstleistungserbringung mit steigendem Detaillierungsgrad erstrebenswert, wobei die letztendlich identifizierten DEA-Faktoren wieder auf die wesentlichsten Elemente abstrahiert und aggregiert werden müssen. Dieser Spagat zwischen einer ganzheitlichen Betrachtung der Dienstleistung und möglichst wenigen Faktoren im Sinne der Diskriminanz sollte bereits an dieser Stelle berücksichtigt werden.

Um diesem hohen Anspruch an die Durchdringung der Dienstleistung trotz oftmals komplexer Verkettung verschiedener Einzelprozesse gerecht zu werden, bietet sich die Prozessanalysemethode des **Service-Blueprinting** als Startpunkt an. Die grundlegende Intention des Service Blueprinting liegt in der Visualisierung eines Dienstleistungsprozesses unter expliziter Hervorhebung von Kundenkontaktpunkten, unterschiedlichen Rollen von Kunden und Angestellten sowie sichtbaren und unsichtbaren Teilen der Dienstleistungserbringung [10, S. 362]. Der Aufbau eines solchen Blueprints wird beispielhaft an einer vereinfachten Darstellung eines Reparaturfalles in Abb. 2.5 veranschaulicht. Derartige Blueprints wurden auch für die hier betrachteten Unternehmen erstellt.

Gemäß Fließ und Kleinaltenkamp [22, S. 396] weisen Service Blueprints üblicherweise zwei charakteristische Dimensionen auf: (1) die Chronologie der Dienstleistungsaktivitäten (chronology of actions) und (2) die involvierten Aktivitätsebenen (areas of action). Die chronologische Auflistung der Aktivitäten zur Erbringung und zum Konsum einer Dienstleistung wird auf der horizontalen Achse dargestellt und gibt somit für den hier vorliegenden Zweck eine Übersicht über erbrachte Teilleistungen und benötigte Ressourcen. Die Unterscheidung der dabei involvierten Aktivitätsebenen erfolgt auf der vertikalen Achse. Angepasst auf die hier vorliegende Zielsetzung werden in der folgenden Variante des Service Blueprints fünf Ebenen unterschieden, die durch fünf Linien klar voneinander abgegrenzt werden:

Die „line of interaction“ determiniert die unmittelbare Interaktion zwischen dem Dienstleister und dem Kunden. Alle Aktivitäten oberhalb der Linie werden vom Kunden selbst durchgeführt. Faktoren, die die Beteiligung des Kunden betreffen, sind somit im oberen Bereich zu identifizieren.

Die „line of visibility“ trennt die für den Kunden sichtbaren Aktivitäten des Dienstleisters von denen, die im Hintergrund ablaufen und für den Kunden nicht mehr beobachtbar sind. Erstgenannte Aktivitäten kommen demnach lediglich für eine kundenseitige Qualitätsbeurteilung in Frage.

Eine Adaption des klassischen Blueprinting-Konzeptes stellt die „line of responsibility“ dar, welche im Hinblick auf den Effizienzvergleich verschiedener Serviceeinheiten für eine faire und verantwortungsgerechte Bewertung sorgen soll. Backoffice-Aktivitäten, die von der betrachteten Serviceeinheit selbstständig und eigenverantwortlich erbracht wer-

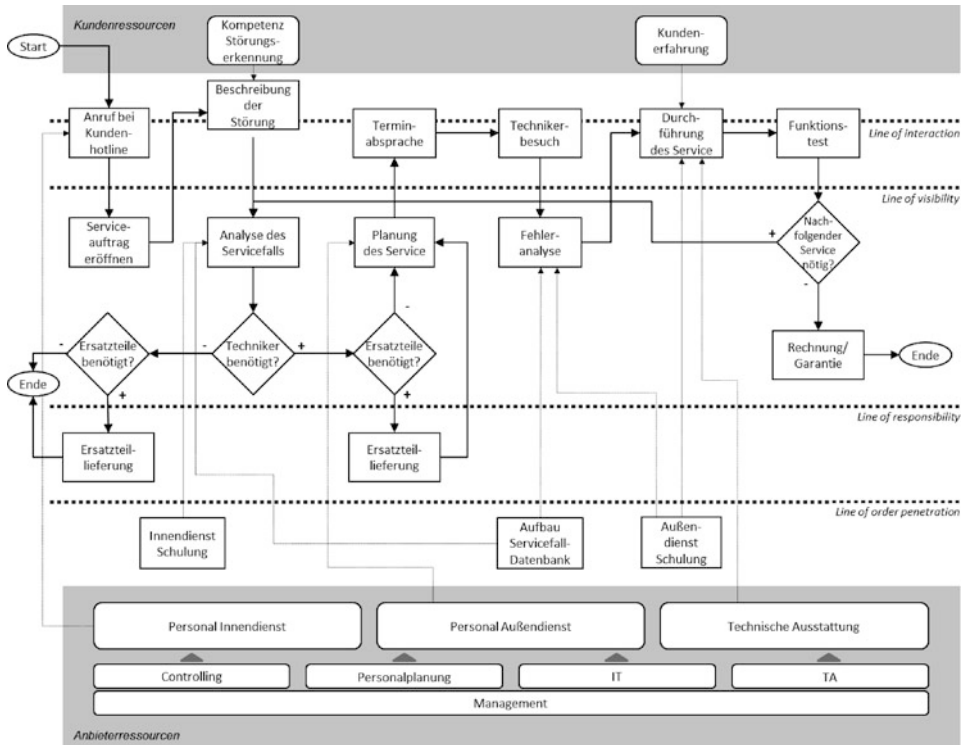


Abb. 2.5 Vereinfachte Darstellung eines Servicefall-Blueprints, eigene Darstellung

den können, sind oberhalb dieser Linie abzubilden. Demgegenüber können auch andere Abteilungen, beispielsweise eine übergeordnete Zentraleinheit, durch unterstützende Tätigkeiten Einfluss auf den Serviceerbringungsprozess nehmen. Dies muss bei einer Effizienzbewertung berücksichtigt werden, um keine Verzerrungen zu riskieren.

Die „line of order penetration“ gilt als Trennlinie zwischen kundeninduzierten Aktivitäten und solchen Aktivitäten, die von der Nachfrage des Kunden unabhängig sind und somit das Leistungspotenzial darstellen. Übertragen auf das Produktivitätskonzept bedeutet dies, dass Aktivitäten der Dienstleistungserstellungsphase auch grafisch von denen der Vorbereitungsphase separiert werden.

Neben den reinen Aktivitäten können in dem Schema auch anbieter- und kundenseitige Ressourcen und Fähigkeiten und deren Bezug zur Dienstleistungserstellung dargestellt werden. Es wird deutlich, dass die Methode des Service Blueprinting verschiedene Aspekte des zuvor abgeleiteten Produktivitätskonzeptes integrieren und explizit visualisieren kann. Insofern leistet es einen wertvollen Beitrag für die systematische Durchdringung industrieller Dienstleistungsprozesse in einer frühen Phase der Faktoridentifikation.

Auf Grundlage des in Abschn. 2.1.2 abgeleiteten Dienstleistungsproduktivitätskonzeptes und der aufgestellten Service Blueprints wurden Workshops mit den betrachteten Un-

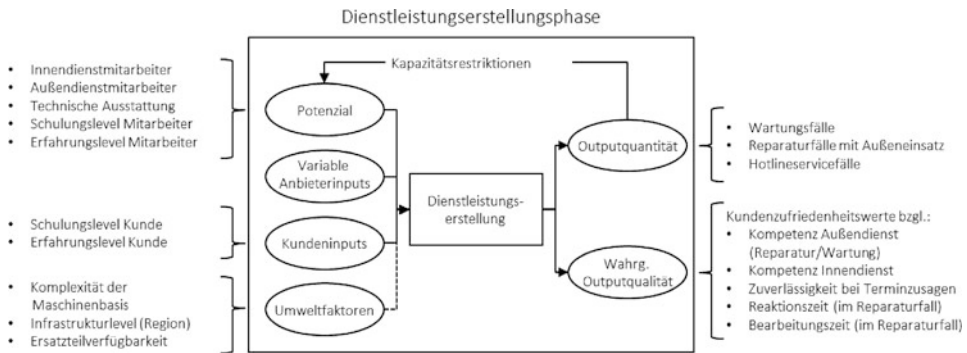


Abb. 2.6 Produktivitätskonzept mit relevanten Faktoren, eigene Darstellung

ternehmen geführt, wobei in dieser frühen Phase theoretisch sinnvolle Faktoren für eine Effizienzmessung mit der DEA gesammelt wurden. Im Folgenden sollen **Input- und Outputfaktoren sowie Umweltfaktoren** vorgestellt werden, die als **relevant** erachtet wurden. Dabei handelt es sich jedoch bereits um eine inhaltlich begründete Auswahl von Faktoren, die unternehmensübergreifend bei Instandhaltungsdienstleistungen vorzufinden sind. Insofern kann dieser erarbeitete Faktorenkatalog auch anderen industriellen Dienstleistungsunternehmen als Anregung für eine Faktorenidentifizierung dienen. Auf dieser Ebene eines vorläufigen Faktorensatzes kann demnach eine gewisse Generalisierbarkeit erreicht werden.

Zur Vereinfachung des Effizienzvergleiches wird an dieser Stelle die Vorbereitungsphase ausgeklammert. Diese Abstraktion und Konzentration auf die Dienstleistungserstellungsphase wird auf expliziten Vorschlag der Praxisvertreter hin vorgenommen, die für die eigentliche Dienstleistungserstellung wesentlich größere Effizienzpotenziale sehen als für die Vorbereitung des Dienstleistungspotenzials. Letztere sei aufgrund der erwartungsmäßig relativ geringen Heterogenität der betrachteten Serviceeinheiten eher nebensächlich.

Abbildung 2.6 ordnet die als relevant eingestuft Faktoren den Kategorien des Produktivitätskonzeptes zu, wobei die konkrete Operationalisierung im Sinne einer finalen Messgröße offen bleibt.

Auf der Outputseite gilt es zunächst, die erbrachten Dienstleistungen vollständig **quantitativ** abzubilden. Um differenzierte Erkenntnisse hinsichtlich proaktiver bzw. reaktiver Instandhaltungsstrategien zu erhalten, müssen Wartungs- und Reparaturfälle separat betrachtet werden. Diese Servicefälle wie im Kontext der Sachgüterproduktion einfach zu zählen, würde allerdings der eingangs betonten Heterogenität der Serviceerbringung nicht gerecht werden. So ist nicht allein die Anzahl, sondern auch die Komplexität des geleisteten Reparatur- oder Wartungsfalles ausschlaggebend für die Leistung der Serviceeinheit. Abhilfe könnte einerseits durch eine Gewichtung der erbrachten Servicefälle einer Periode mit dem jeweiligen Komplexitätsgrad geschaffen werden, der sich aus der Komplexität des Maschinentyps und der Serviceart ergibt. Alternativ könnten die in der Periode angefallenen Servicestunden gemessen werden, da die benötigte Zeit für einen Servicefall gleichsam

einen Indikator für dessen Komplexität darstellt. Die Summe der angefallenen Servicestunden bildet somit eine Kombination aus Fallzahl und Komplexität. Problematisch kann an dieser Stelle allerdings sein, dass die Deklaration von angefallenen Arbeitsstunden als zu maximierende Outputgröße intern zumindest nicht zu zeitlichen Effizienzbemühungen vor Ort beim Kunden incentiviert. Die Leistung des Innendienstes kann dagegen eher durch Zählen der abgeschlossenen Hotline-Servicefälle abgebildet werden, da dort die Heterogenität geringer ausgeprägt sein dürfte.

Wie bereits in Abschn. 2.1.2 deutlich geworden ist, spielt für Dienstleistungen die **Qualität** der Erbringung gerade langfristig eine große Rolle und darf daher auch als Output der Effizienzmessung nicht vernachlässigt werden. Ausschlaggebend bei der Qualitätsbeurteilung ist dabei die subjektive Kundenwahrnehmung und weniger die objektive bzw. anbieterinterne Qualität [37, S. 197]. Demzufolge sind als Messgrößen bevorzugt Kundenzufriedenheitswerte in die Effizienzbewertung einzubeziehen. Welche Aspekte des vielseitigen Qualitätskonzeptes dabei abzubilden sind, ergibt sich einerseits aus den im Blueprinting aufgedeckten Kontaktpunkten der Kunden mit dem Erbringungsprozess. Da andererseits die Wichtigkeiten jener potenziellen Qualitätsaspekte letztlich nur vom Kunden selbst determiniert werden können, wurde darüber hinaus eine Befragung von 168 Maschinenbaukunden vorgenommen, in der diese individuell die Bedeutsamkeit verschiedener Kundenzufriedenheitsitems angeben konnten. Besonders die Kompetenz der Servicemitarbeiter spielt für die Kunden dabei eine große Rolle. Sie stellt offenkundig ein besonders wichtiges Qualitätssurrogat für das Dienstleistungsergebnis dar. Eine weitere Pflichtvoraussetzung für Kunden scheint die Zuverlässigkeit bei Zusagen zu sein, sei es hinsichtlich Technikerterminen oder Hotline-Rückmeldungen. Darüber hinaus ist insbesondere die Bedeutung der zeitlichen Qualitätsdimension zu betonen. Diese basiert auf dem industriellen Kontext der Dienstleistungen. Da unerwartete Maschinenstillstandzeiten oftmals unmittelbar mit dramatischen Produktionsausfällen des Kunden einhergehen, sind dessen Instandhaltungsziele und Qualitätsbeurteilungskriterien in erster Linie an einer Minimierung von Stillstandzeiten ausgerichtet. Als Umsetzung dieser zeitlichen Dimension bieten sich auf der einen Seite objektive Messungen von Zeitstempeln an, die viele industrielle Dienstleister mittlerweile im Rahmen ihrer Dienstleistungsprozesse anlegen. Auf der anderen Seite lassen sich wiederum Kundenzufriedenheitswerte bezüglich Reaktionszeiten bis zum Eintreffen eines Außendienstmitarbeiters oder dessen Bearbeitungszeiten vor Ort erheben.

Auf der linken Seite der Abb. 2.6 sind zunächst Faktoren abgetragen, die sich auf das **Leistungspotenzial** beziehen und somit das Ergebnis der Vorbereitungsphase darstellen. Wie im Blueprint ersichtlich, bieten sich einerseits die Ressourcen der Innendienst- und Außendienstmitarbeiterkapazitäten sowie die technische Ausstattung der Serviceeinheiten an. Bei Mitarbeiterkapazitäten sind mengenmäßige Messgrößen wie Manntage den wertmäßigen Größen wie Personalbudgets vorzuziehen, um keine Verzerrungen durch heterogene Lohnstrukturen zuzulassen. Da die technische Ausstattung tendenziell einen aggregierten Wert für Werkzeuge, Fuhrpark und Ähnliches darstellen dürfte, erscheint eine monetäre Bewertung unumgänglich, wobei tendenziell auf standardisierte Preise der Zen-

traleinheit zurückgegriffen werden sollte. Diese drei knappen Anbieterressourcen können als klassische Inputfaktoren für eine DEA-Effizienzbewertung aufgefasst werden. Aus Effizienz Gesichtspunkten sollten diese Faktoren einer Serviceeinheit möglichst minimiert werden. Hierin wird der Unterschied zu den beiden Faktoren Schulungslevel bzw. Erfahrungslevel der Mitarbeiter deutlich. Zwar ist zu erwarten, dass diese den Instandhaltungsprozess beeinflussen und sich auch in der Verantwortung der Serviceeinheit befinden. Allerdings ist aus Unternehmenssicht nicht erstrebenswert, diese zu minimieren. Daher sollten sie nicht als DEA-Inputvariable in die Berechnung einfließen, können aber gegebenenfalls im Anschluss an die DEA-Berechnung als erklärende Variable in zusätzliche Analysen mit einfließen. Das durchschnittliche Schulungslevel einer Serviceeinheit könnte beispielsweise über in Anspruch genommene Schulungsstunden in den Vorjahren abgebildet werden, das Erfahrungslevel durch eine durchschnittliche Firmenzugehörigkeit der Mitarbeiter.

Relevante **variable Anbieterinputs**, die einzelnen Servicefällen zuzuordnen wären, werden von den Praxisexperten bei Instandhaltungsdienstleistungen nicht gesehen. Etwaige verbaute Ersatzteile sind dieser Kategorie nicht zuzuordnen, da diese dem Kunden in Rechnung gestellt werden und somit nicht ergebnismindernd wirken.

Die **Rolle des Kunden** reduziert sich bei Instandhaltungsdienstleistungen auf Störungsbeschreibungen sowie leichte, unterstützende Tätigkeiten vor Ort. Insofern ist mit einer für den Serviceanbieter einfacheren Leistungserbringung zu rechnen, wenn der Kunde ebenfalls ein bestimmtes Schulungs- und Erfahrungslevel aufweist. Wie bereits in Abschn. 2.1.2 angedeutet, sollten demnach systematische Unterschiede zwischen den Kundenstämmen der Serviceeinheiten abgebildet werden, um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Als Messgrößen kämen beispielsweise aggregierte Schulungsumsätze für den jeweiligen Kundenstamm oder die Intensität der Kundenbeziehung in Frage. Damit nehmen diese kundenbezogenen Faktoren die Rolle von **Umweltfaktoren** ein. Diesen sind des Weiteren das Komplexitätslevel der installierten Maschinenbasis zuzuordnen, auf denen die Instandhaltungsdienstleistungen vorgenommen werden, und die infrastrukturellen Bedingungen, mit denen die jeweiligen Serviceeinheiten in ihrer Region konfrontiert sind. Beide Faktoren vereinfachen oder erschweren den Serviceeinheiten die Leistungserbringung und könnten damit zu Vergleichbarkeitszwecken beobachtet werden. Ein letzter Faktor, der sich aus dem Service Blueprint ergibt, ist die Ersatzteilverfügbarkeit bzw. deren Auslieferungsgeschwindigkeit. So dürfte der Kunde diese in seinen Qualitätsbeurteilungen der Serviceeinheit bewusst oder unbewusst berücksichtigen, obwohl diese in der Verantwortung einer übergeordneten, zentralen Einheit liegt und für die betrachtete Serviceeinheit nicht oder nur sehr schwer kontrollierbar ist. Auch die Ersatzteilverfügbarkeit könnte somit als Umweltfaktor betrachtet werden.

Die auf Basis von Fallstudienunternehmen abgeleiteten Faktoren können durchaus zur Orientierung für andere Unternehmen innerhalb des Kontextes industrieller Instandhaltungsdienstleistungen dienen, weisen also eine gewisse Generalisierbarkeit auf. Allerdings sollten sie jedoch nicht ohne weiteres für andere Anwendungsfälle übernommen werden. Eine situationsspezifische Diskussion, wie sie auch hier vorgenommen wurde, bleibt notwendig.

Dritte Phase: Endgültiges Faktorensset Insbesondere die letztliche Reduktion des auf Vollständigkeit ausgerichteten vorläufigen Faktorenssets auf eine endgültige Auswahl ist situationsspezifisch vorzunehmen. Das generelle Vorgehen soll dennoch kurz umrissen werden. Die entscheidenden Anforderungen in dieser Phase sind die DEA-Kompatibilität und die Verfügbarkeit der Daten. Um diese Bedingungen zu erfüllen, wurden intensive Gespräche mit Mitarbeitern des Business Intelligence Bereiches der Fallstudienunternehmen geführt. Diese prüften in ihren Controllingsystemen, inwiefern die in der zweiten Phase definierten Wunschfaktoren in der vorhandenen Datenbasis abgebildet sind und ob diese die notwendigen statistischen Anforderungen an Input- und Outputfaktoren einer DEA erfüllen. Dieser Arbeitsschritt ist keinesfalls trivial, da die notwendigen Informationen oftmals aus verschiedenen Informationssystemen übertragen werden müssen, auf unterschiedlichen organisatorischen Ebenen angesiedelt sind und teilweise in sehr unterschiedlicher Datenqualität vorliegen. Bereits bei nur drei betrachteten Fallstudienunternehmen wurde die Heterogenität der vorhandenen Datenbasis deutlich. Während im vorliegenden Fallstudienkontext eine eigene Neuerhebung relevanter Faktoren aus zeitlichen Gründen ausgeschlossen war, sollte sich an dieser Stelle generell eine Diskussion über mögliche Anpassungen der zukünftigen Informationssammlung im Unternehmen anschließen.

Das verbleibende Faktorensset, welches nach der inhaltlichen Relevanzprüfung der ersten Phase auch die Anforderungen der Verfügbarkeit und DEA-Kompatibilität erfüllt hat, mag durchaus noch umfangreich sein. Wie in Abschn. 2.1.3 beschrieben, ist es je nach Anzahl der zu vergleichenden DMU erstrebenswert, dieses Set noch weiter zu reduzieren, um aussagekräftige DEA-Ergebnisse zu erhalten. Eine solche Reduktion sollte in erster Linie auf Basis inhaltlicher Überlegungen hinsichtlich der Bedeutsamkeit der Faktoren erfolgen [48]. Zu diesem Zweck bieten sich eine endgültige Auswahlrunde mit den beteiligten Entscheidungsträgern an.

2.1.5 Data Envelopment Analysis im Kontext industrieller Dienstleistungen

2.1.5.1 Problemstellung und Gegenstand der Fallstudie

Zur Anwendung der DEA im Kontext industrieller Dienstleistungen wird ein reales Unternehmen als **Betrachtungsgegenstand** definiert. Die dabei verwendeten Daten sind anonymisiert und zum Teil durch fiktive Daten ergänzt, wenn es der Darstellung der Potenziale der Methode dienlich war. Gegenstand der Fallstudie ist daher die Deutsche Maschinenbau AG (DMA), ein deutsches Traditionsunternehmen mit langjähriger Geschichte, das mit rund 10.000 Mitarbeitern global erfolgreich seine Produkte und Dienstleistungen vertreibt. Wie alle deutschen Maschinenbauer musste sich auch die DMA in der Vergangenheit zwei zentralen Herausforderungen stellen.

Erstens hat der Wettbewerbsdruck auf den Märkten zugenommen. Daraus resultiert zum einen ein hoher Innovationsdruck, zum anderen die Notwendigkeit der Erschließung

neuer Ertragspotenziale durch die Vermarktung von industriellen Dienstleistungen [2, S. 276 f.] Diese Dienstleistungen nehmen bei der DMA einen bedeutenden Anteil am Gesamtumsatz ein. Dabei sind im Rahmen des Produktlebenszyklus einer Maschine vor allem die **Instandhaltungsdienstleistungen** Reparatur und Wartung für die Kunden der DMA am bedeutsamsten, da sie fortwährende Einsatzfähigkeit der qualitativ hochwertigen Maschinen garantieren. Die Instandhaltungsdienstleistungen sind somit Kern der Effizienzanalyse.

Zweitens ist die weltwirtschaftliche Entwicklung in den vergangenen 60 Jahren geprägt von einem rapiden Anstieg des grenzüberschreitenden Handels von Unternehmen [42, S. 931]. Aus diesem Grund hat die DMA mittlerweile Servicegesellschaften (SG) in über 30 Ländern. Diese SG erbringen die Instandhaltungsdienstleistungen und sind jeweils auf die Bedürfnisse des nationalen Marktes ausgerichtet. Sie bilden damit das Bindeglied zwischen Markt und zentraler Organisation [48, S. 14]. Aufgrund der heterogenen Marktgegebenheiten unterscheiden sich die SG untereinander. Eine Auswahl von internationalen SG wird daher als Set von **Vergleichseinheiten** definiert, wobei eine vergleichende Analyse unterschiedliche Voraussetzungen der SG berücksichtigen können muss.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Erbringung der Instandhaltungsdienstleistungen im Hinblick auf die Menge ein vom Markt vorgegebenes Faktum darstellt. Das bedeutet, dass eine beliebige Mengenerhöhung (Outputerhöhung) nicht von den SG der DMA aktiv gesteuert werden kann. Vielmehr ist die Anpassung der Inputseite für die SG der entscheidende Stellhebel zur Steuerung der eigenen Performance im Vergleich zu anderen SG. Folglich wird die Output-Input-Relation im Rahmen einer **inputorientierte Analyse** der Effizienz betrachtet, um etwaige Einsparpotenziale der SG identifizieren zu können.

Während der Produktionssektor in den Jahren 2008–2009 durch die Folgen der amerikanischen Subprime Krise starken Schwankungen unterlegen war, stabilisierten sich in den Jahren 2010–2011 die Auftragszahlen der DMA. Bei der Festlegung des **Vergleichszeitraums** wird eine Betrachtung der Krisenjahre aufgrund der besonderen Einflüsse bei der Betrachtung daher ausgeblendet. Der Effizienzvergleich der SG erfolgt für die Jahre 2010–2011.

Die nachfolgende fallstudienartige Untersuchung setzt sich im Rahmen der Anwendung der DEA zum **Ziel**, die Performance der erbrachten Instandhaltungsdienstleistungen der einzelnen SG zu vergleichen, Best-Practices zu identifizieren sowie Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Effizienz für nicht effiziente SGs zu geben. Darüber hinaus sollen Erkenntnisse über die Effizienzentwicklung der DMA in den Betrachtungsperioden gewonnen werden.

Voraussetzungen für eine solche Untersuchung leiten sich aus den allgemeinen Anforderungen der DEA (vgl. Abschn. 2.1.3) und den speziellen Anforderungen an das zu untersuchende Faktorensatz (vgl. Abschn. 2.1.4) ab. Gemäß Schritt 1 des Ablaufschemas zur Vorbereitung der DEA-gestützten Effizienzanalyse ist der Betrachtungsgegenstand wie in Tab. 2.2 definiert.

Tab. 2.2 Charakterisierung des Betrachtungsgegenstandes, eigene Darstellung in Anlehnung an Hammerschmidt [86]

Vergleichseinheiten:	Internationale Servicegesellschaften
Vergleichsgegenstand:	Instandhaltungsdienstleistungen
Vergleichsrelation:	Output-Input-Relation
Vergleichszeitraum:	2010–2011
Vergleichsziele:	1. globale Aussagen zur Effizienzentwicklung der DMA 2. Identifizierung von Best-Practices 3. Ableitung von Handlungsempfehlungen

2.1.5.2 Faktorenauswahl und Datenaufbereitung

Während die Erstellung eines vorläufigen Faktorenssets zunächst von inhaltlicher Relevanz und Überlegungen zur Generalisierbarkeit geprägt ist, muss die Auswahl des endgültigen Faktorsets fallspezifisch erfolgen und sich vor allem auf Überprüfung der Datenverfügbarkeit/-erhebbarkeit sowie der Kompatibilität zu den Anforderungen der DEA konzentrieren. Mithilfe des allgemeinen Katalogs an Faktoren wurde in mehreren Gesprächsrunden mit Mitarbeitern des Business Intelligence Centers der DMA überprüft, welche Faktoren aufgrund der Datengleichheit und -verfügbarkeit für eine Effizienzanalyse mehrerer internationaler SG als geeignet zu kennzeichnen sind. Im Hinblick auf die Anforderung an diskriminante und interpretierbare DEA-Ergebnisse ist in einem ersten Schritt das **finale Auswahlset** bestehend aus sechs Outputs, zwei Inputs sowie zwei Umweltfaktoren ermittelt worden, die als wichtig für die Charakterisierung der SG-Performance gelten und mit vertretbarem Aufwand operationalisiert werden können.

Alle Instandhaltungsdienstleistungen werden im Kern von zwei unterschiedlichen Gruppen von Mitarbeitern erbracht. Innendienstmitarbeiter stehen als telefonische Ansprechpartner für Kunden zur Verfügung, während Außendienstmitarbeiter die eigentlichen Wartungen und Reparaturen an den Maschinen des Kunden vornehmen. Diese Mitarbeiter stellen das Leistungspotenzial der DMA dar und gelten somit als **Inputs** der Performance Messung. Zur Operationalisierung wird mit Hinweis auf unterschiedliche Lohnstrukturen in den unterschiedlichen Servicemärkten auf eine wertmäßige Abbildung der Inputs verzichtet. Anstatt dessen wird eine mengenmäßige Quantifizierung in Form von ganzen Mitarbeiterstellen vorgenommen, jeweils getrennt für Mitarbeiter im Innendienst und Mitarbeiter im Außendienst. Es ist zu konstatieren, dass die Performance der Mitarbeiter bei der Erbringung der Dienstleistung ebenfalls von der technischen Ausstattung der jeweiligen SG abhängig sein kann. Hierbei handelt es sich meist um einen aggregierten monetär bewerteten Betrag, der Werte für Werkzeuge und Fuhrpark enthält. Im Falle der DMA ist jedoch mit ausdrücklichem Hinweis auf die lückenhafte Datengrundlage bei einer Großzahl der internationalen SG nicht mit einem sinnvollen Beitrag zur Performancemessung zu rechnen. Aus diesem Grund wird die technische Ausstattung nicht als Input in die DEA-Analyse aufgenommen.

Anders verhält es sich bei den Potenzialfaktoren **Schulungslevel und Erfahrungslevel** der Mitarbeiter. Ist die Datengrundlage in diesen Fällen solide genug für eine Aufnahme der Faktoren als Inputs in die DEA-Analyse, kann eine Minimierung im Sinne der Effizienzbetrachtung dieser Faktoren nicht Ziel der Unternehmensführung sein. Eine Aufnahme als Input in die DEA-Analyse ist daher nicht gerechtfertigt, was in den Gesprächen mit den Vertretern der DMA wiederholt bekräftigt wurde. Gleichwohl kann vermutet werden, dass Schulungs- und Erfahrungslevel der Mitarbeiter einen erklärenden Charakter im Hinblick auf die Performance einer SG haben können. Eine Betrachtung dieser erklärenden Variablen ist daher im Rahmen einer Post-DEA-Analyse durchzuführen. Sowohl das Schulungslevel als auch das Erfahrungslevel eines Servicemitarbeiters sind im Gegensatz zu Anzahl der Mitarbeiterstellen aufwendiger abzugrenzende Konstrukte. Welche Daten in diese Konstrukte einfließen, hängt stark von der Qualität der vorliegenden Daten ab.

Im Falle des Schulungslevel der Mitarbeiter ist von einem akuten Einfluss der in einer Periode in Anspruch genommenen Schulungstage auf das Schulungslevel auszugehen. Des Weiteren muss berücksichtigt werden, dass das Schulungsniveau eines Servicemitarbeiters nicht nur Resultat der aktuellen Periode ist, sondern eine Verbindung der Schulungen vergangener Perioden sowie der aktuellen Periode darstellt. Es kann also von **Carry-Over-Effekten** vergangener Schulungsaktivitäten ausgegangen werden. Die Operationalisierung des Schulungslevels erfolgt daher wie folgt: Um Größenunterschiede zwischen der SG zu berücksichtigen, wird das Schulungslevel auf in Anspruch genommene Schulungstage pro Servicemitarbeiter festgelegt. In Anspruch genommene Schulungstage sind dabei definiert als: Schulungstage der Betrachtungsperiode (t_0) plus Schulungstage der sieben Vorperioden gewichtet mit sinkendem Einfluss (Periode $t_{-1} = 0,95$; $t_{-2} = 0,9$; ... ; $t_{-7} = 0,65$). Der entstehende Wert hat für eine einzelne SG wenig Aussagekraft, da er nur als Index im Vergleich mit anderen SG zu verstehen ist. Dieses Vorgehen hat sich nach intensiven Diskussionen über die Berücksichtigung der Nachhaltigkeit von Schulungsinvestitionen in der Diskussion mit den Verantwortlichen der DMA als suffizient erwiesen.

Das Erfahrungslevel eines Servicemitarbeiters ist ebenfalls ein Produkt der gesammelten Erfahrungen der aktuellen Periode sowie der Vorperioden. Jedoch ist ein ähnliches Vorgehen wie bei der Ermittlung des Schulungslevels nicht denkbar, da einzelne Erfahrungen von Servicemitarbeitern nicht Gegenstand der Datenerfassung und des Datencontrollings sind. Demzufolge muss eine näherungsweise Abbildung des Erfahrungslevels durch zur Verfügung stehende Daten realisiert werden. Eine Möglichkeit ist die Behandlung des **Spezialisierungsgrads** einer SG als Proxy für das Erfahrungslevel ihrer Mitarbeiter bei der Bearbeitung einzelner Maschinentypen. Je häufiger Servicemitarbeiter Instandhaltungen an dem gleichen Typ von Maschine vornehmen müssen, desto höher sind ihre Spezialisierung sowie die Erfahrung im Umgang mit diesem Typ. Der Spezialisierungsgrad wird daher definiert als Quotient aus der Anzahl der Servicefälle eines durchschnittlichen Servicemitarbeiters und der Anzahl an unterschiedlichen Maschinen, an denen diese Servicefälle aufgetreten sind. Die Kennzahl muss einen Wert größer gleich 1 annehmen. Je näher der Wert an 1 ist, desto diversifizierter die Struktur der Serviceeinsätze und desto weniger Erfahrung kann auf einem bestimmten Maschinentyp gesammelt werden.

Im Sinne des konstitutiven Dienstleistungscharakteristikums der Integrativität muss an dieser Stelle auch über die Möglichkeit der Abbildung von Schulungslevel und Erfahrungslevel des **Kunden** nachgedacht werden. Der hier vorliegende Fall zeichnet sich durch eine verhältnismäßig geringe Integration des Kunden in den Dienstleistungserstellungsprozess aus, da sich seine Beteiligung weitgehend auf die Initiierung der Dienstleistungserstellung beschränkt. Eine Modellintegration dieser Kundenfaktoren erscheint vor diesem Hintergrund nicht zielführend. Es sei dennoch darauf hingewiesen, dass dies ein Resultat des spezifischen Falles ist. Eine Berücksichtigung des Kundeninputs ist in jedem Fall auf seine Zweckmäßigkeit zu prüfen.

Neben den bereits genannten Inputfaktoren sowie den erklärenden Variablen müssen sowohl die Outputquantität als auch die Outputqualität vollständig abgebildet werden. Auf Seiten der **Outputquantität** ist von einer gemeinsamen Betrachtung der Wartungs- und Reparaturdienstleistungen abzusehen, um spezifischere Aussagen für die Leistung der SG hinsichtlich der beiden sich unterscheidenden Dienstleistungen durchführen zu können. Des Weiteren ist mit der Unterscheidung von Innen- und Außendienst auf der Inputseite auch eine Unterscheidung der Outputleistung nach diesen beiden Facetten erstrebenswert. Bezugnehmend auf den Input „Außendienstmitarbeiter“ zeigt das Ergebnis der Diskussion mit den Verantwortlichen der DMA, dass die quantitativen Outputs als geleistete Wartungs- und Reparaturstunden zu operationalisieren sind. Die Wahl der Arbeitsstunden als Operationalisierung wird der Anforderung einer fairen Bewertung jeder einzelnen SG gerecht, da somit zum einen die Komplexität der Servicefälle abgebildet wird. Zum anderen kann eine unterschiedliche Bepreisung der Dienstleistungen in den einzelnen Ländermärkten nicht zu einer Verzerrung der tatsächlichen Performance führen. Die Heterogenität der Leistung des Innendienstes erweist sich laut Aussage der DMA als gering. Aus diesem Grund ist eine einfache Zählung der angenommenen, bearbeiteten und abgeschlossenen Anrufe bei der Servicehotline ein geeignetes Maß zur Darstellung des quantitativen Outputs der Innendienstmitarbeiter.

Wie schon in Abschn. 2.1.2 gefordert, ist bei der Betrachtung von Dienstleistungen die **wahrgenommene Qualität** der Dienstleistungserbringung von besonderer Bedeutung. Eine Integration in das DEA-Modell ist daher sowohl aus wissenschaftlicher Sicht als auch nach Auffassung der Verantwortlichen der DMA unerlässlich. Die wahrgenommene Qualität kann durch bereits validierte Skalen, wie z. B. SERVQUAL [46], abgebildet werden. Idealerweise müsste dieser Erhebungsprozess nach jedem Servicefall durchgeführt werden, um eine genaue Zuordnung der Qualitätswahrnehmung zum gegebenen Servicefall vornehmen zu können. Dieser Prozess erfordert jedoch in der Praxis ein Vorgehen, das mit einem hohen Aufwand sowohl auf Seiten des Anbieters als auch auf Seiten des Nachfragers verbunden ist. Obwohl bei der DMA eine solide Datenbasis vorliegt, muss davon ausgegangen werden, dass dieses Vorgehen weder zweckgerecht noch praktisch realisierbar ist. Da eine Neuerhebung etwaiger Daten aus Kostengründen nicht in Frage gekommen ist, wird an dieser Stelle auf Daten aus der Kundenzufriedenheitsbefragung zurückgegriffen, die in jeder SG regelmäßig durchgeführt wird. Kritisch in der Wahrnehmung der Nachfrager der Instandhaltungsdienstleistungen sind zwei Komponenten. Zum einen dient die Kompetenz

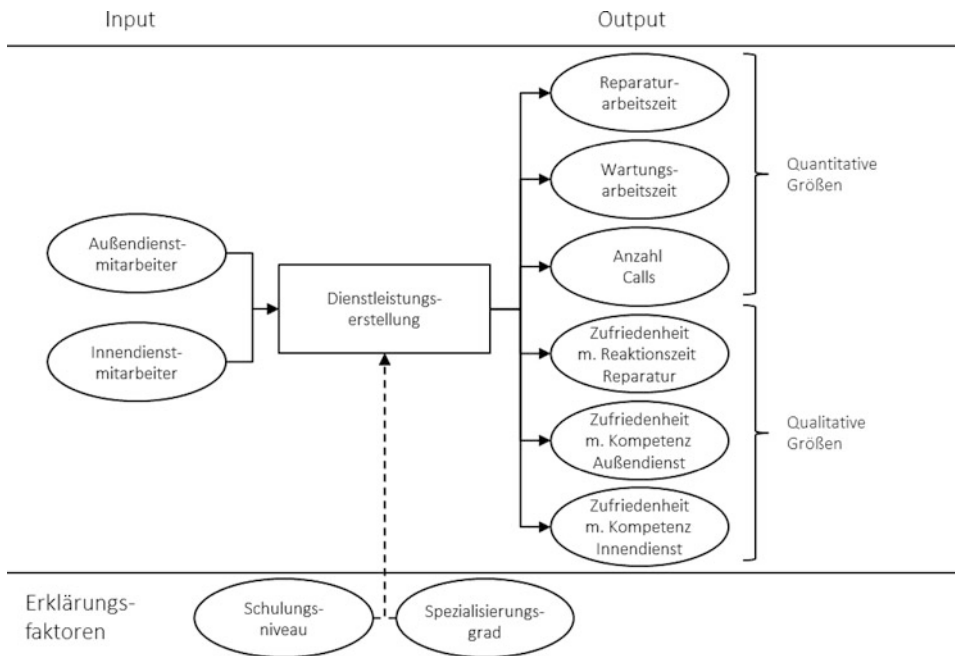


Abb. 2.7 Grundmodell der DEA-Analyse mit endgültigem Faktorensatz, eigene Darstellung

der Servicemitarbeiter als Qualitätssurrogat, zum anderen ist die Zeit zwischen Auftreten eines Störfalls und der Lösung des Problems durch einen Servicemitarbeiter unmittelbar erfolgswirksam, da Produktionsstillstand bei der DMA gleichbedeutend mit Produktionsausfall ist. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, müssen im Rahmen der qualitativen Outputs die Kundenzufriedenheit mit der Reaktionszeit bei einer Reparatur, die Kundenzufriedenheit mit der Kompetenz des Außendienstes und mit Verweis auf die Trennung von Innen- und Außendienst bei den Inputs und quantitativen Outputs auch die Kundenzufriedenheit mit der Kompetenz des Innendienstes abgebildet werden.

Die hier festgehaltenen Inputs, Outputs und erklärenden Variablen stellen zunächst das **Grundmodell** der Analyse dar (vgl. Abb. 2.7). Faktoren, die nicht im Einflussbereich der jeweiligen SG liegen, dennoch aber einen Einfluss auf die Performance einer SG haben können, werden als Umweltfaktoren bezeichnet. In den Diskussionen mit der DMA wurde deutlich, dass hinsichtlich des Einflusses von Umweltfaktoren ein gespaltenes Meinungsbild vorliegt. Es muss konstatiert werden, dass es sich nach der Definition von etwaigen Umweltfaktoren um eine Tatfrage handelt, ob diese einen Einfluss haben oder nicht.

SG unterscheiden sich hinsichtlich der Umwelt insbesondere durch zwei wesentliche Aspekte voneinander. Je nach Ländermarkt werden unterschiedliche Arten von Maschinen angeboten, deren Instandhaltungskomplexität deutlich variieren kann. Die Komplexität der installierten Maschinenbasis ist daher SG-spezifisch und muss als **Umweltfaktor** berücksichtigt werden. Zweitens unterscheiden sich die Ländermärkte durch die zur Verfü-

gung stehende Infrastruktur. Dazu zählt zum einen die Größe des Landes, zum anderen die Qualität des Verkehrsinfrastrukturnetzes. Beide Aspekte berücksichtigt die DMA bereits bei Ihren aktuellen Vergleichsbetrachtungen in Form eines Infrastrukturfaktors. Dieser Faktor setzt sich aus über 20 Einzelfaktoren zusammen und bildet einen auf 1 normierten Index, der eine Einschätzung erlaubt, ob eine SG überdurchschnittlich stark durch die Infrastruktur eines Landes herausgefordert wird oder nicht. Mit Fokus auf die Praxistauglichkeit der Methode und der Kommunikationsfähigkeit der Ergebnisse wurde in einem ersten Schritt nur das Grundmodell analysiert, um darauf aufbauend den Einfluss der Umweltfaktoren als Sensitivitätsanalyse auszuwerten. Bei dieser Auswertung ergab sich Klarheit darüber, dass die Aufnahme der Umweltfaktoren die Ergebnisse in ihrer Struktur nur minimalst verändern und somit die Gesamtaussagen die gleichen bleiben. Im Rahmen dieses Beitrags wird daher auf eine Darstellung der Auswertung von Umweltfaktoren verzichtet.

Nach der Auswahl geeigneter Faktoren erfolgte die **Datenerhebung und -aufbereitung**. Abbildung 2.8 gibt einen Überblick über die Schritte der Datenerhebung und -aufbereitung. Auf Basis des definierten Grundmodells sind SG-spezifische Parameter als Datenauszüge aus den Business Intelligence Systemen der DMA erstellt worden. Diese Parameter umfassen die verschiedenen Kundenzufriedenheitswerte, die Anzahl der Mitarbeiter getrennt nach Innen- und Außendienst, Schulungstage der Servicetechniker und den Spezialisierungsgrad der Servicetechniker.

Die Outputs wurden gesammelt als Liste aller Servicefälle und aller Anrufe bei der DMA erfasst. Eine eindeutige Zuweisung zu einer SG war dabei Grundvoraussetzung für die spätere Datenverknüpfung. Diese ging einher mit der Überprüfung der Datenqualität. Bei der Verknüpfung der unterschiedlichen Datenpunkte stellte sich heraus, dass nicht für alle SG eine vollständige Datenverfügbarkeit gewährleistet werden kann. Da aber eine lückenlose Existenz von Daten eine Voraussetzung der DEA darstellt, musste bereits hier ein Ausschluss nicht untersuchungsfähiger SG erfolgen. Des Weiteren gab das vorhandene Datenniveau einen Handlungsrahmen vor. In den Jahren 2010–2011 waren für alle definierten Inputs, quantitativen Outputs, erklärenden Variablen und Umweltfaktoren lückenlose Werte auf Monatsbasis vorhanden. Im Falle der Schulungstage reichten diese sogar bis in das Jahr 2008 zurück. Lediglich die Kundenzufriedenheitswerte standen nur auf Quartalsbasis zur Verfügung. Aus diesem Grund ist das niedrigste Datenniveau auf Quartalsebene festgelegt worden. Diese Entscheidung ist mit der Mindestanzahl an DMU für eine DEA mit 2 Inputs und 6 Outputs konform, so dass eine DMU als SG in einem Betrachtungsquartal definiert ist. Es ergeben sich durch die Datenverfügbarkeit 11 SG, deren Daten auf Quartalsebene für den Zeitraum 2010–2011 aggregiert wurden. Damit standen der DEA-Modellrechnung 88 DMUs (11 SG, 8 Quartale) zur Verfügung.

2.1.5.3 Durchführung der Analyse und Interpretation der DEA-Ergebnisse

Der nachfolgende Abschnitt beschäftigt sich mit der Durchführung der DEA und der Analyse der Ergebnisse. Dafür werden in einem ersten Schritt die Daten anhand deskriptiver Statistiken charakterisiert, um darauf basierend die Divergenz von Einzelkennzahlen bei

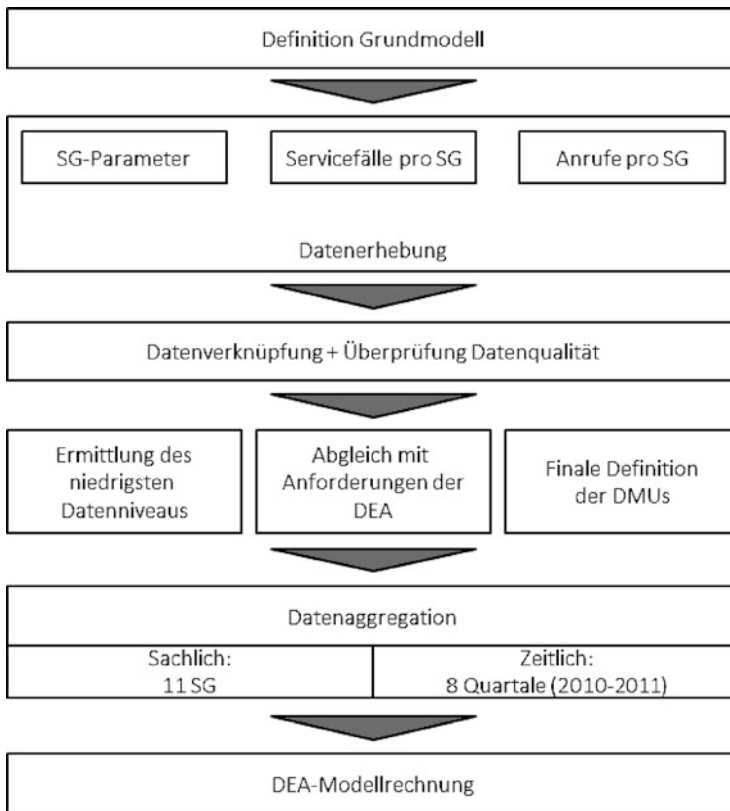


Abb. 2.8 Schritte der Datenerhebung und -aufbereitung, eigene Darstellung

der Steuerung von Zielvorgaben zu verdeutlichen. Im Anschluss daran werden anhand der Skaleneffizienz erste Erkenntnisse zu größenbedingten Ineffizienzen dargelegt. Die sich daran anschließende Analyse der DEA-Ergebnisse findet in vier Schritten statt, die unterschiedliche Betrachtungsebenen betreffen. Zuerst erfolgt eine Betrachtung der Effizienzentwicklung der DMA auf Unternehmens- und auf Einzel-SG-Ebene in den jeweiligen Betrachtungsperioden (Quartalen). Darauf folgend werden zweitens die SG anhand ihrer durchschnittlichen Performance im Gesamtzeitraum miteinander verglichen und beurteilt, inwiefern sie als Best-Practice dienen können. Drittens kann anhand des DEA-Ergebnisses erläutert werden, welche Strategien die unterschiedlichen SG bei der Ressourcenallokation aufweisen. Abschließend wird für eine beispielhafte SG, die im letzten Betrachtungsquartal nicht effizient war, ein Verbesserungsvorschlag hinsichtlich einer Inputreduktion unterbreitet, der sich an der von der DEA ermittelten Benchmark-SG orientiert. An diese Analyse schließt sich die Betrachtung der zuvor definierten erklärenden Variablen an.

Wie in Abschn. 2.1.3 dargestellt, gibt es eine Vielzahl von Varianten der DEA, die unterschiedlichen Zwecken dienen und den Anforderungen der Dienstleistungsproduktivi-

	Inputs		Outputs					
	Außendienst- mitarbeiter	Innendienst- mitarbeiter	Reparatur- arbeitszeit (Minuten)	Wartungs- arbeitszeit (Minuten)	Anrufe (Anzahl)	Zufriedenheit Reaktionszeit Reparatur	Zufriedenheit Kompetenz Außendienst	Zufriedenheit Kompetenz Innendienst
Mittelwert	45,0	11,2	316.882	139.335	3.617	75,4	86,0	74,9
Median	28,7	6,5	228.389	76.733	1.673	78,3	87,6	77,5
Min	14,1	2,8	47.859	305	295	41,6	49,8	43,0
Max	164,0	49,0	1.114.911	695.975	16.099	94,4	97,8	97,9
Std.- Abw.	41,05	12,33	277.675	169.492	4.092	11,3	9,8	11,4

Abb. 2.9 Deskriptive Statistiken der DMA, eigene Darstellung

tätsmessung gerecht werden können. Im Rahmen der hier vorgestellten Analyse wird jedoch auf eine einfache Form der DEA zurückgegriffen, da sich in den Gesprächen mit der DMA herausstellte, dass die Methode an sich von Entscheidungsträgern in Frage gestellt wird, wenn die einfache Ergebniskommunikation nicht mehr ohne detaillierte Fachkenntnisse der Methode möglich ist. Der praktischen Implementierbarkeit einer grundlegenden DEA-Variante im Kontext industrieller Dienstleistungen wurde daher der Vorzug vor noch detaillierteren und facettenreicheren Erkenntnisgewinnen weiterentwickelter DEA-Varianten gegeben. Die nachfolgenden Ergebnisse und Auswertungen stellen zudem nur einen Bruchteil möglicher Auswertungen dar, sollen aber die generellen Analysemöglichkeiten der Methode verdeutlichen.

Charakterisierung der Daten Die sachliche Definition der Untersuchungseinheiten ergibt in Kombination mit dem Betrachtungszeitraum und der Datenverfügbarkeit 11 SG, deren Performance miteinander verglichen werden soll. Da es sich bei diesen 11 SG um Organisationseinheiten handelt, die in unterschiedlichen Ländermärkten tätig sind, schafft eine Charakterisierung mithilfe deskriptiver Statistik einen ersten Überblick über die Diversität der SG-Ausgestaltung. Abbildung 2.9 zeigt, dass die Größenverhältnisse auf der Inputseite zwischen den landesspezifischen Serviceeinheiten stark schwanken. Damit gehen ebenfalls Schwankungen bei den quantitativen Outputs einher. Die Gegenüberstellung von Mitarbeiterzahlen im Innen- und Außendienst mit der benötigten Reparatur-/Wartungszeit sowie den bearbeiteten Anrufen weist darauf hin, dass die Mitarbeiterzahl entscheidend für die Erwirtschaftung der Outputs ist und damit für die Effizienzanalyse notwendig erscheint. Während die Varianz dieser Daten mit der Größe des Ländermarktes zu erklären ist, muss bei den qualitativen Outputs festgehalten werden, dass auch diese stark schwanken. Dies kann aber nicht unmittelbar mit der Größe des Ländermarktes zusammenhängen.

Die Diversität an Ausprägungen der Inputs und Outputs über alle SG hinweg deutet an, wie schwierig eine Steuerung der SG durch die Vorgabe von einzelnen Zielwerten sein muss. Jede Vorgabe muss SG-individuell geprüft werden und ggf. mit Vorgaben anderer Kennzahlen im Rahmen eines Kennzahlensystems in Einklang gebracht werden. Diese Art der Steuerung muss hinsichtlich Ihrer Zweckmäßigkeit stark hinterfragt werden.

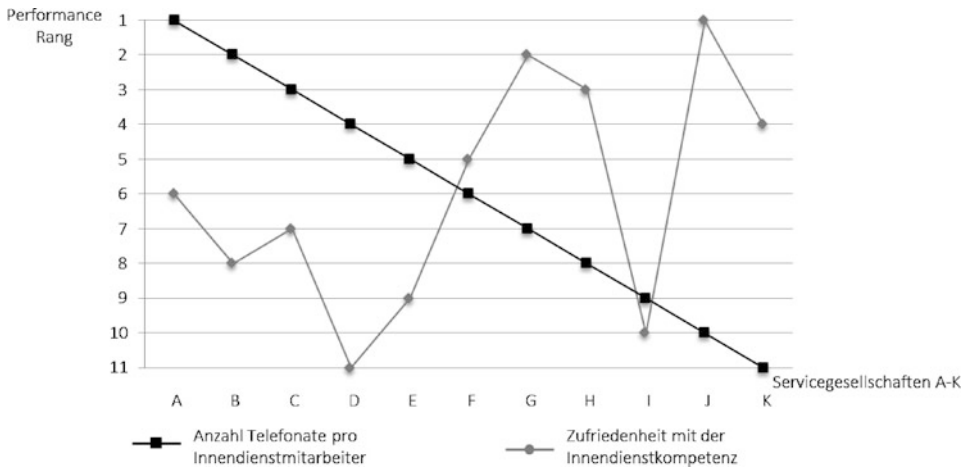


Abb. 2.10 Divergenz von Einzelkennzahlen hinsichtlich der Zielvorgaben, eigene Darstellung

Divergenz von Einzelkennzahlen hinsichtlich der Zielvorgaben Die Verwendung von Einzelkennzahlen und Kennzahlensystemen bringt zwei wesentliche Probleme mit sich. Zum einen kann eine Vorgabe von Richt- oder Zielwerten bei der Betrachtung von Einzelkennzahlen zu gegensätzlichen Handlungsempfehlungen der Effizienzsteigerung führen. Zum anderen kann bei einer Rechtfertigung der SG über bereits erbrachte Leistung immer die Leistung bei einer anderen Einzelkennzahl angeführt werden, um das etwaige schlechtere Abschneiden bei einer anderen zu rechtfertigen. Abbildung 2.10 stellt diese Tatsache an dem hier vorliegenden Fall dar.

Auf der Ordinate sind die Ränge von 1–11 abgetragen, wobei 1 dem besten und 11 dem schlechtesten Rang entspricht. Die Abszisse dient dazu, die SG voneinander abgetrennt darzustellen. Betrachtet wird eine Rangreihung der SG nach der Kennzahl „Anzahl der Telefonate pro Innendienstmitarbeiter“. Des Weiteren ist jeweils der Wert der entsprechenden Qualitätskennzahl „Zufriedenheit mit der Innendienstkompetenz“ für jede SG abgetragen. In beiden Fällen handelt es sich um Durchschnittswerte über den betrachteten Zeitraum von 2010–2011. Es wird deutlich, dass diese zwei Kennzahlen zu stark unterschiedlichen Leistungsbeurteilungen einzelner SG führen. Während SG A pro Mitarbeiter den höchsten quantitativen Output erreicht, liegt die Kundenzufriedenheit mit der Leistung dieser SG nur im Mittelfeld. Gegenteiliges ist bei SG J zu beobachten, die mit der quantitativen Leistung im Vergleich mit den anderen SG am unteren Ende des Performance-Rankings zu finden ist, während die Kundenzufriedenheit mit der Leistung der SG J den besten Wert gegenüber den anderen SG darstellt. Die Effizienzmessung und Steuerung anhand von nur einer Einzelkennzahl würde folglich einige SG benachteiligen, da deren Stärken nicht berücksichtigt würden. Als Alternative stehen in der Praxis lediglich aggregierte Scoringmodelle zur Verfügung, die jedoch durch die festzulegenden Gewichtungsfaktoren von einer hohen Subjektivität der Entscheidungsträger geprägt sind.

SG	Ø Gesamt- effizienz (CCR-Score)	Ø technische Effizienz (BCC-Score)	Ø Skaleneffizienz (CCR-Score/ BCC-Score)	Summe λ	Skalenerträge
SG 1	64,40%	76,69%	83,98%	<1	steigend
SG 2	36,76%	78,68%	46,72%	<1	steigend
SG 3	72,36%	87,11%	83,06%	<1	steigend
SG 4	80,30%	83,65%	96,00%	≈ 1	konstant
SG 5	82,13%	83,51%	98,34%	≈ 1	konstant
SG 6	92,02%	93,29%	98,64%	≈ 1	konstant
SG 7	86,87%	87,08%	99,76%	≈ 1	konstant
SG 8	74,71%	97,93%	76,29%	<1	steigend
SG 9	72,11%	89,92%	80,19%	<1	steigend
SG 10	70,78%	90,67%	78,07%	>1	fallend
SG 11	87,26%	93,27%	93,55%	>1	fallend

Abb. 2.11 Darstellung der Skaleneffizienz verschiedener SG, eigene Darstellung

Die DEA umgeht diese Schwächen und ermöglicht es jeder SG stattdessen, die Gewichtung der einzelnen Faktoren so zu wählen, dass eine hohe Effizienzkennzahl entsteht. Der Effizienzvergleich mit den anderen SG wird über den Effizienzscore ausgedrückt. Ein Effizienzscore kleiner 1 bedeutet, dass es trotz günstigster Faktorengewichtung mindestens eine andere SG oder eine (virtuelle) Kombination aus mehreren SG gibt, die mit einem geringen Set an Inputs den gleichen Output erreichen konnte bzw. könnte. Der Effizienzscore spiegelt somit den Fairnessgedanken wieder, da in ihm bereits ausgedrückt wird, dass jede SG sich in ihrem besten Lichte zeigen konnte. Im Umkehrschluss bedeutet dies jedoch auch, dass keine SG ihren etwaigen niedrigen Effizienzwert über eine vermeidlich „unfaire“ Gewichtung von Einzelaspekten rechtfertigen kann.

Skaleneffizienz als erster Hinweis auf Ineffizienzen Bei der Diskussion von DEA-Ergebnissen muss immer berücksichtigt werden, um welche Art von Analyse es sich handelt. Die in Abschn. 2.1.3.1 erläuterte Version der CCR-DEA (konstante Skalenerträge) stellt die Gesamteffizienz einer Untersuchungseinheit dar. Diese besteht im Kern aus der Skaleneffizienz und der technischen Effizienz. Die Skaleneffizienz ist ein Ausdruck für den Optimalitätsgrad der SG-Größe, während die technische Effizienz Merkmal der effizienten Arbeitsweise der SG darstellt. Eine erweiterte DEA-Variante (BCC-DEA: variable Skalenerträge) erlaubt, nur die technische Effizienz zu beurteilen. Eine Darstellung der Ineffizienz bedingt durch die falsche Größe einer SG kann somit durch die Bildung des Quotienten aus CCR-Score und BCC-Score erreicht werden. Abbildung 2.11 stellt die Ergebnisse der beiden Modelle gegenüber und weist den errechneten Quotient als Skaleneffizienzscore aus.

Bei den hier ausgewiesenen Werten handelt es sich um Durchschnittswerte für jede SG über alle betrachteten Quartale. SG sind dann skaleneffizient, wenn der CCR-Score (eindeutig) kleiner als der BCC-Score ist. Der Quotient weist somit aus, zu welchem Anteil eine SG skaleneffizient ist und damit die richtige Größe besitzt. Zunächst gibt dieser Wert aber nur an, ob eine SG ihre Effizienz durch Größenänderung steigern kann, jedoch nicht in wel-

cher Richtung diese Änderung erfolgen sollte. SG sind tendenziell zu klein, wenn steigende Skalenerträge festgestellt werden können und tendenziell zu groß, wenn fallende Skalenerträge auszuweisen sind. Anhand des λ -Wertes⁵ kann ermittelt werden, ob Skalenerträge steigend, fallend oder konstant sind. Die Analyse der DMA zeigt, dass die SG 4 bis 7 konstante Skalenerträge aufweisen und somit größenineffizient sind. SG 1–3 und SG 8 sowie 9 sind tendenziell als zu klein einzuschätzen, da sie sich im Bereich steigender Skalenerträge befinden. Diese SG haben die Möglichkeit, mit einer Steigerung der Inputs effizienter zu operieren. Für die SG 10 und 11 ist dagegen festzuhalten, dass sie tendenziell zu groß sind. Das bedeutet, dass sie ihre Effizienz steigern können, indem sie Inputs verringern.

Dabei muss beachtet werden, dass die Größe einer SG nicht unmittelbar durch deren Führung steuerbar ist, sondern von deren Marktgröße definiert und darauf aufbauend von der zentralen Unternehmensführung der DMA als Managemententscheidung gesteuert wird. Die hier gegebenen Empfehlungen haben somit einen strategischen Charakter. Zur weiteren Betrachtung der SG wird im Folgenden mit den Ergebnissen einer BCC-DEA argumentiert, da die technische Ineffizienz unmittelbar auf das Handeln der SG-Verantwortlichen zurückgeführt werden kann.

Effizienzentwicklung der DMA Bevor eine individuelle Betrachtung der Performance einzelner SG vollzogen wird, ist eine Einschätzung der SG-übergreifenden Effizienzentwicklung in den Betrachtungsperioden hilfreich. Auf Basis dieser Betrachtung lassen sich SG-spezifische Erkenntnisse besser in den Gesamtkontext der DMA einsortieren. Abbildung 2.12 stellt die Effizienzentwicklung der DMA als aggregierten DEA-Effizienzscore aller SG über den Betrachtungszeitraum hinweg dar.

Es wird ersichtlich, dass die DMA im Verlauf des Jahres 2010 eine leicht negative Effizienztendenz zeigt, die aber durch die deutlich positive Entwicklung im Jahr 2011 kompensiert wird. Das bedeutet, dass sich die einzelnen SG hinsichtlich ihrer Effizienzbemühungen in 2011 besser darstellen konnten als im Vorjahr. Am Ende des Betrachtungszeitraums kann aber immer noch nicht von 100 % Effizienz gesprochen werden, da sich das Effizienzniveau knapp unter 98 % befindet. Diese Betrachtung an sich darf jedoch tatsächlich nur unter dem Gesichtspunkt eines ersten allgemeinen Überblicks erfolgen. Zur Herleitung detaillierterer Erkenntnisse ist diese Darstellung zu stark aggregiert. Einzelne SG können trotz der hier dargestellten positiven Gesamtentwicklung deutlich voneinander abweichen und für sich genommen stark schwankende Effizienzwerte aufweisen, wie Abb. 2.13 verdeutlicht.

SG 10 weist ein konstantes Effizienzniveau von 100 % auf mit einer Ausnahme im Quartal 2 des zweiten Betrachtungsjahres. Demgegenüber zeigt SG 4 starke Schwankungen des Effizienzscore über den Betrachtungszeitraum hinweg. Diese Darstellung wirft zwei zentrale Fragen auf, die zunächst redundant klingen. Erstens: Welche SG trägt über den gesamten Betrachtungszeitraum am meisten zur durchschnittlichen Gesamteffizienz der DMA bei?

⁵ Zu einer Erklärung des λ -Wertes vgl. Banker, Charnes und Cooper [5].

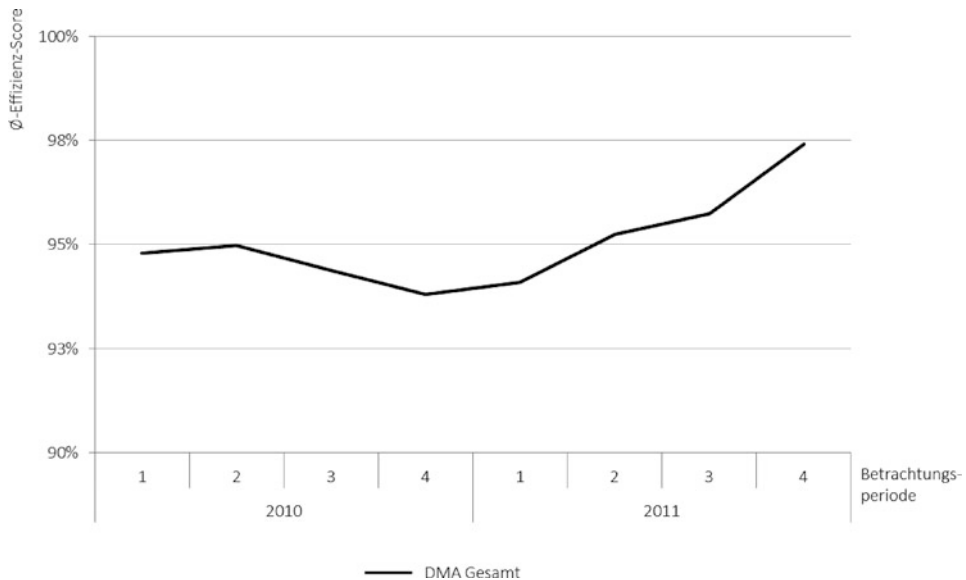


Abb. 2.12 Effizienzentwicklung der DMA in den Betrachtungsperioden, eigene Darstellung

Zweitens: An welchen SG sollen sich andere SG in welchem Maße orientieren, damit sie in Zukunft effizienter sind?

Effiziente SG und Benchmark-SG Gemeinhin kann vermutet werden, dass die SG, welche am meisten zur Gesamteffizienz der DMA beiträgt, auch als Benchmark für alle anderen SG dienen könnte. Das kann jedoch nicht bestätigt werden, wie Abb. 2.14 zeigt.

Die Grafik gibt eine Rangreihung der SG nach ihren durchschnittlichen Effizienzscores über die betrachteten Quartale an (schwarze Kurve). Zu erkennen ist, dass SG 10, 8 und 3 nahe dem Optimum von 100 % liegen. Des Weiteren liegen SG 11, 9, 7 und 6 im Mittelfeld, während SG 1, 2, 4 und 5 deutliche Ineffizienzen aufweisen. Die zweite Kurve (graue Kurve) verdeutlicht, wie häufig die DEA Quartalswerte einer SG als Benchmark für ineffiziente SG herangezogen hat. SG 10 ist zwar im Durchschnitt annähernd effizient, dient aber nur selten als Vergleichseinheit für andere SG. Bei SG 6 ist hingegen zu beobachten, dass sie trotz ihrer durchschnittlich mittelmäßigen Effizienz in einigen Quartalen sehr häufig als Vergleichseinheit für andere SG herangezogen wird. Da es sich hier um eine Durchschnittsbetrachtung über alle Quartale handelt, muss berücksichtigt werden, dass SG in einzelnen Quartalen durchaus 100 % effizient sein können. Dies führt auch dazu, dass die SG 6 in mindestens einem Quartal 100 % effizient war, da nur effiziente Einheiten als Vergleichseinheiten ausgewiesen werden. Die Zusammensetzung von Inputs und Outputs der SG 6 in diesem Quartal diene anderen SG häufig als Benchmark. Diese Tatsache ist von entscheidender Bedeutung, da hieran das Fairnessprinzip der DEA unmittelbar erkennbar wird. Die DEA vergleicht nur solche Entscheidungseinheiten miteinander, die aufgrund

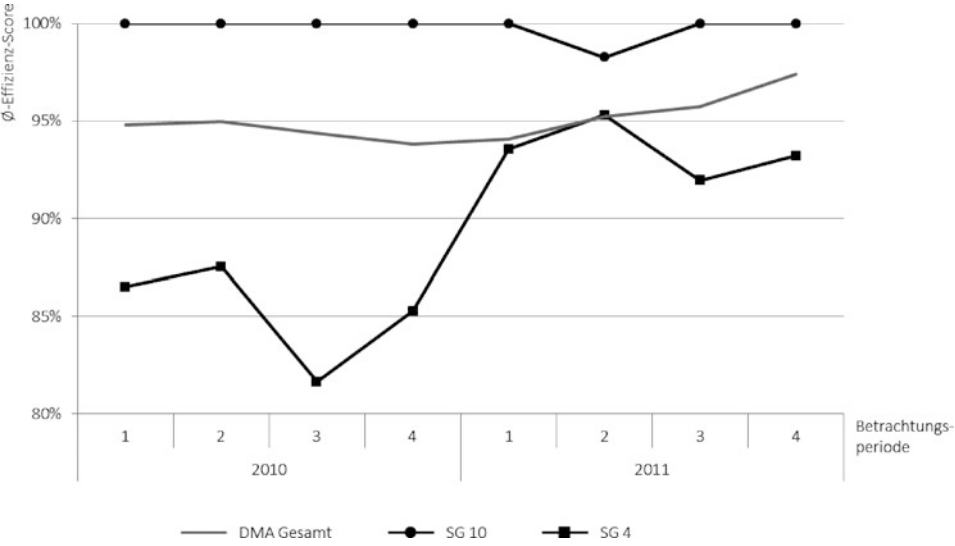


Abb. 2.13 Effizienzentwicklung der DMA gegenüber ausgewählten SG, eigene Darstellung

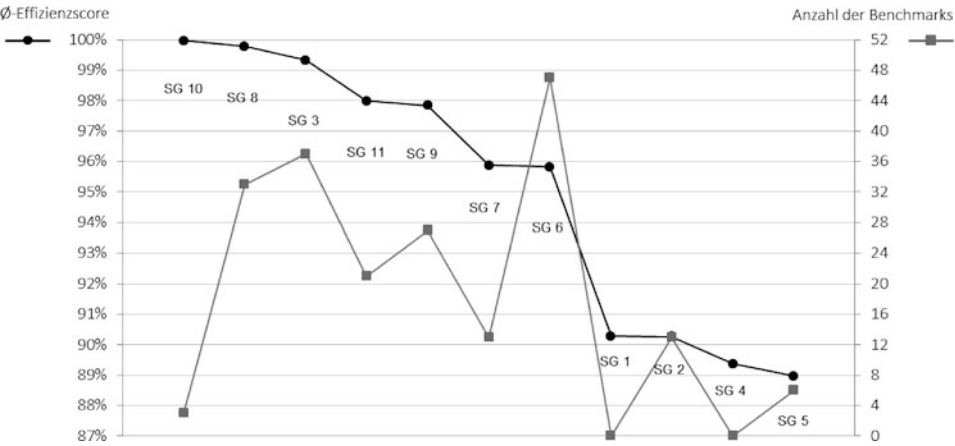


Abb. 2.14 Darstellung des Unterschieds zwischen effizienten SG und Benchmark-SG, eigene Darstellung

ihrer Konstellation von Inputs und Outputs ähnlich und somit auch tatsächlich vergleichbar sind. SG 10 leistet zwar den größten Beitrag zur Gesamteffizienz der DMA, ist aber aufgrund der Natur ihrer Inputs und Outputs anderen SG so unähnlich, dass sie nur selten als Vergleichseinheit dienen kann.

Dies kann zwei Ursachen haben. Zum einen kann bei einem erheblichen Größenunterschied der Vergleichseinheiten eine Vergleichbarkeit durch die DEA verwehrt werden. Auf der anderen Seite können unterschiedliche Strategien im Einsatz der Inputs zu einer

Abb. 2.15 Bedeutung der Inputgewichte, eigene Darstellung

SG	Ø Effizienz-Score	Inputs	
		Außendienstmitarbeiter	Innendienstmitarbeiter
SG 1	90,28%	1,00000	0,00000
SG 2	90,27%	0,45875	0,54125
SG 3	99,33%	0,78625	0,21375
SG 4	89,38%	0,98125	0,01875
SG 5	88,98%	0,14875	0,85125
SG 6	95,82%	0,19875	0,80125
SG 7	95,87%	0,94750	0,05250
SG 8	99,78%	0,37750	0,62250
SG 9	97,84%	0,63750	0,36375
SG 10	99,98%	0,48625	0,51375
SG 11	97,99%	0,24000	0,76000

einmaligen Konstellation von Inputs und Outputs führen, sodass ein Vergleich mit anderen Einheiten das Fairnessprinzip der DEA verletzen würde. Im Rahmen der angewandten Variante der BCC-DEA ist insbesondere letzteres von Interesse bei der Analyse der Ergebnisse.

Strategien der SG Strategien der einzelnen SG schlagen sich in der Allokation der Inputfaktoren nieder. Die inputorientierte DEA fokussiert sich auf Effizienzsteigerungspotenziale bei den Inputs. Zur Abbildung des Gesamtinputs werden inputspezifische Gewichte pro SG ermittelt, d. h. jeder SG wird zugestanden, sich bestmöglich darzustellen. Die Strategien der einzelnen SG werden durch die DEA sichtbar (vgl. Abb. 2.15): Ausgehend von einem mit dem optimalen Gewicht bewerteten Input (sog. „virtueller Input“) wird deutlich, welchen Beitrag dieser Input zum Gesamtinput liefert. Ein Vergleich der virtuellen Inputs ermöglicht somit eine SG-spezifische Stärken- und Schwächenanalyse. Je größer ein virtueller Input, desto eher liegt die Stärke der SG in diesem (sparsam) verwendeten Input. Je kleiner ein virtueller Input, desto eher liegt eine Schwäche der SG in diesem (verschwendend) verwendeten Input.

Die besondere Stärke der SG 1 liegt in der Optimierung des Außendienstes; der virtuelle Input „Außendienstmitarbeiter“ beträgt hier 100 %. Eine Rangreihung der SG nach der Höhe des virtuellen Faktors „Außendienstmitarbeiter“ lässt eine Gruppierung der SG hinsichtlich unterschiedlicher Strategien zu (vgl. Abb. 2.16). Die Gesellschaften 1, 3, 4 und 7 sind demnach eher als „außendiensteffizient“ zu kennzeichnen, SG 5, 6, 8 und 11 hingegen präsentieren sich eher als „innendiensteffizient“. Bei den übrigen SG liegt ein relativ ausgewogenes Verhältnis zwischen Außen- und Innendienst vor. Ihre Stärke ist die simultane Gestaltung von Innen- und Außendienst.

Die bisherige Darstellung erlaubt zwar eine Einschätzung der relativen Stärken und Schwächen einer SG, weist jedoch noch nicht auf die expliziten Schwächen einer nicht effizienten SG hin. Für diese Art der Analyse muss die aggregierte Betrachtungsebene über alle Quartale verlassen und die SG in einem einzelnen Quartal in den Fokus gerückt werden, um Aussagen über eine Verbesserung der Effizienz im Zeitablauf tätigen zu können.

Abb. 2.16 Darstellung der Strategien unterschiedlicher SG anhand der Inputgewichte, eigene Darstellung

SG	Ø Effizienz-Score	Inputs	
		Außendienst-mitarbeiter	Innendienst-mitarbeiter
SG 1	90,28%	1,00000	0,00000
SG 4	89,38%	0,98125	0,01875
SG 7	95,87%	0,94750	0,05250
SG 3	99,33%	0,78625	0,21375
SG 9	97,84%	0,63750	0,36375
SG 10	99,98%	0,48625	0,51375
SG 2	90,27%	0,45875	0,54125
SG 8	99,78%	0,37750	0,62250
SG 11	97,99%	0,24000	0,76000
SG 6	95,82%	0,19875	0,80125
SG 5	88,98%	0,14875	0,85125

Abb. 2.17 Darstellung der λ -Werte für die ineffiziente SG mit Referenzwerten der Benchmark SG, eigene Darstellung

Benchmarks				Referenzwerte der Benchmark-SG	
SG	Jahr	Quartal	λ	Inputs	
				Außendienst-mitarbeiter	Innendienst-mitarbeiter
SG 5	2011	2	0,67	36,50	7,00
SG 6	2011	3	0,17	30,00	6,00
SG 7	2011	1	0,01	42,33	12,58
SG 9	2011	3	0,15	20,50	3,50

Erkenntnisse für nicht-effiziente SG Bei der folgenden Analyse handelt es sich um eine SG-individuelle ex-post Analyse der Effizienz. Die DEA analysiert jede nicht-effiziente SG in jedem Quartal und gibt Anhaltspunkte, wie Effizienz hätte erreicht werden können. Dafür präsentiert sie eine (virtuelle) Kombination von Benchmark-SG, die den gleichen Output bei gleichzeitig geringerem Inputeinsatz hätten erreichen können. Aus dieser Aussage lässt sich ceteris paribus eine Handlungsempfehlung zur Reduktion des Inputs für eine kommende Periode ableiten. Interessant ist eine solche Aussage vor allem für das letzte Betrachtungsquartal, da von diesem Zeitpunkt an die zukünftige Entwicklung gesteuert werden kann. Das allgemeine Vorgehen zur Ableitung von Handlungsempfehlungen wird nun beispielhaft an SG 5 im jüngsten Analysequartal dargestellt.

Fünf der zehn SG der DMA waren im letzten Quartal nicht effizient. SG 5 erreichte nur einen Effizienzscore von 77,01 % und war damit relativ deutlich ineffizient. Dieses Ergebnis zeigt auf, dass es mindestens eine SG oder eine idealtypische Kombination aus mehreren SG in dem Betrachtungszeitraum gegeben hat, die die gleichen Outputwerte mit einem um rund 23 % geringeren Inputeinsatz realisieren konnte.

Die DEA weist explizit aus, aus welchen Benchmark-DMU sich diese idealtypische Kombination zusammensetzt (vgl. Abb. 2.17).

Die Referenz für SG 5 im letzten Quartal setzt sich somit aus der eigenen Performance im Quartal 2 desselben Geschäftsjahres sowie aus drei anderen SG zu unterschiedlichen Zeitpunkten zusammen. Die zugehörigen λ -Werte beschreiben das Gewicht einer realen

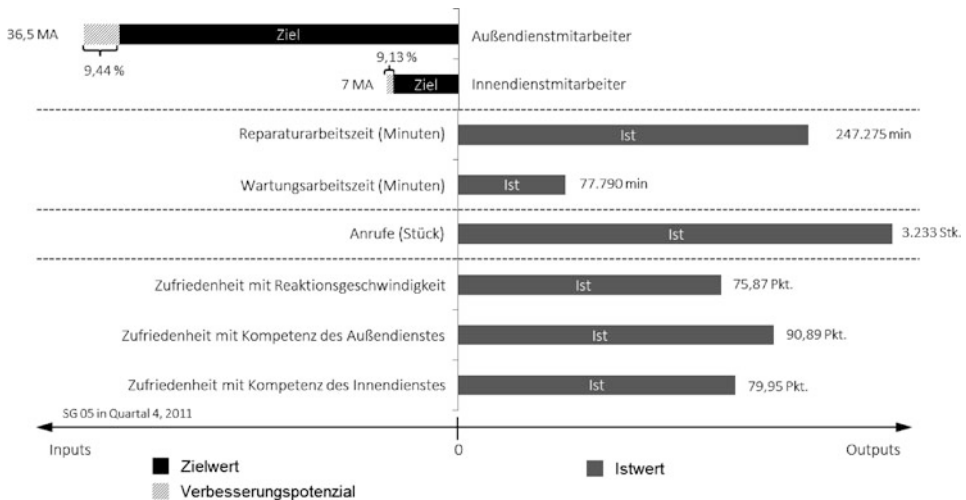


Abb. 2.18 Darstellung Inputs mit Verbesserungspotenzial und der Outputs für SG 5, eigene Darstellung

Benchmark-Einheit am Referenzpunkt für die ineffiziente Einheit. Die Referenz für SG 5 im letzten Quartal des Betrachtungszeitpunkts setzt sich also zu 67 % aus SG 5 im 2. Quartal 2011, zu 17 % aus SG 6 im 3. Quartal 2011, zu 1 % aus SG 7 im 1. Quartal 2011 und zu 15 % aus SG 9 im 3. Quartal 2011 zusammen. Aus dieser Aussage lässt sich auch eine einfache Handlungsempfehlung hinsichtlich Effizienzsteigerungen ableiten. Die Multiplikation der λ -Werte mit den jeweiligen Inputwerten der Benchmark-SG ergibt den Zielwert für die ineffiziente SG 5 im letzten Betrachtungsquartal. Aus einem Vergleich dieser Zielwerte mit den tatsächlichen Inputs und Outputs der ineffizienten SG lassen sich input- und outputspezifisch notwendige Verbesserungen ermitteln, so wie sie Abb. 2.18 grafisch veranschaulicht.

Die Leistung der SG 5 im vierten Quartal 2011 lässt sich wie folgt zusammenfassen: Mit 36,5 Innendienstmitarbeitern und 7 Außendienstmitarbeitern wurde eine Reparaturarbeitszeit von 247.275 min., eine Wartungsarbeitszeit von 77.790 min. und eine Bearbeitung von 3.233 Anrufen realisiert. Dabei war die Zufriedenheit mit der Reaktionszeit der Reparatur mit 75,87 Punkten durchschnittlich, die Zufriedenheit mit der Kompetenz des Außendienstes mit 90,89 Punkten überdurchschnittlich und die Zufriedenheit mit der Kompetenz des Innendienstes mit 79,95 Punkten leicht überdurchschnittlich. Abbildung 2.18 zeigt, dass mit einer Reduktion der Inputs um 9,44 % (Außendienstmitarbeiter) bzw. 9,13 % (Innendienstmitarbeiter) 100 % Effizienz bei gegebenem Output für die SG 5 realisierbar gewesen wäre. Es muss festgehalten werden, dass diese Erkenntnisse für nicht-effiziente SG einen kurzfristigen Charakter aufweisen. Die Aussagen zur Effizienzverbesserung lassen sich immer nur auf das Betrachtungsquartal beziehen. Für eine

	Ø - Effizienzscore	Signifikanz
Untersuchungseinheiten mit überdurchschnittlichem Schulungsniveau	97,5	p<0,001
Median: 17,24 Schulungstage/Mitarbeiter		
Untersuchungseinheiten mit unterdurchschnittlichem Schulungsniveau	91,8	p<0,001
Median: 17,24 Schulungstage/Mitarbeiter		
Untersuchungseinheiten mit überdurchschnittlichem Spezialisierungsgrad	97,9	p<0,001
Median: 17,24 Schulungstage/Mitarbeiter		
Untersuchungseinheiten mit unterdurchschnittlichem Spezialisierungsgrad	91,9	

Abb. 2.19 Ergebnisse der einfachen ANOVA für die erklärenden Variablen, eigene Darstellung

strategische, langfristige Planung sind Variablen, die die Effizienz dauerhaft beeinflussen und nicht direkt in die Effizienzbewertung einfließen von hoher Bedeutung.

Schulungsniveau und Spezialisierungsgrad als Erklärungsvariablen Wie in Abschn. 2.1.5.2 erläutert, sind das Schulungsniveau sowie der Spezialisierungsgrad als Surrogat für die Erfahrung der Servicemitarbeiter Potenzialfaktoren, deren Minimierung durch die Aufnahme als Inputfaktor in die DEA nicht im Sinne des Managements sein kann. Nichtsdestotrotz sind Schulungen und die Spezialisierung der Mitarbeiter strategische Investitionen, die zum einen eine Serviceverbesserung bewirken, zum anderen aber auch langfristig die Kosten der Dienstleistungserstellung senken sollen. Daher ist eine Untersuchung der Wirkung dieser Investitionen auf die Dienstleistungseffizienz unerlässlich.

Basis der Untersuchung sind folglich die DEA-Effizienzscores der Untersuchungseinheiten, um herauszufinden, ob ein systematischer Zusammenhang zwischen Schulungsniveau bzw. Spezialisierungsgrad und DEA-Effizienzscore besteht. Dafür wurden die 88 Untersuchungseinheiten mittels Mediansplit in jeweils 2 Gruppen (44 DMUs) pro Potenzialfaktor eingeteilt. Für das Schulungslevel lag der Median bei 17,24 Schulungstagen pro Mitarbeiter und für den Spezialisierungsgrad bei 1,887 Servicefällen pro Maschinentyp. Abbildung 2.19 stellt die Ergebnisse einer einfachen Varianzanalyse für die beiden Potenzialfaktoren dar.

Sowohl Unterschiede im Schulungsniveau als auch im Spezialisierungsgrad haben einen hochsignifikanten Einfluss auf den Effizienzscore. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage nach der Handlungsempfehlung, die ohne eine weitere Betrachtung des Zusammenspiels dieser beiden Potenzialfaktoren nicht abschließend beantwortet werden kann. Daher werden die beiden Faktoren in Abb. 2.20 gegenüber gestellt. Dabei wird deutlich, dass die SG, die sowohl ein überdurchschnittliches Schulungsniveau als auch einen überdurchschnittlichen Spezialisierungsgrad aufweisen können, hochsignifikant bessere

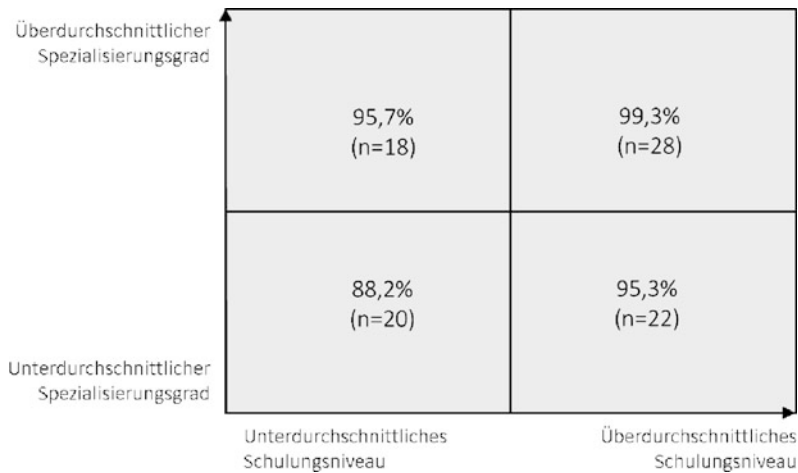


Abb. 2.20 Ergebnisse der Mehrgruppenanalyse für erklärende Variablen, eigene Darstellung

Effizienzscores erreichen als SG, deren Potenzialfaktoren unterdurchschnittlich ausgeprägt sind.⁶

Um langfristig Effizienzziele zu erreichen, kann daher die Empfehlung ausgesprochen werden, das Schulungsniveau anzuheben und eine hohe Spezialisierung der Mitarbeiter anzustreben.

Mit der Vorstellung der DEA-Anwendung am Praxisfall der DMA wurde deutlich, welche Potenziale die Methode bereits in ihrer Basisvariante birgt. Dennoch ist zu konstatieren, dass mit der Durchführung dieser Methode einige Anforderungen verknüpft sind und einige Herausforderungen an Praxis und Wissenschaft erwachsen.

2.1.6 Potenziale und Herausforderungen

Die DEA als Methode zur Messung der Dienstleistungseffizienz Wie das praktische Anwendungsbeispiel gezeigt hat, birgt der Einsatz der DEA als Methode zur Messung der Dienstleistungseffizienz einige Vorteile. Die DEA ermöglicht es, verschiedene Input- und Outputfaktoren der Dienstleistungserbringung gemeinsam zu verarbeiten, und in einer einheitlichen Kennzahl abzubilden. Gegenüber der einfachen Produktivitätsmessung mit Einzelkennzahlen bestimmter Input-Output-Relationen hat dies den Vorteil, dass widersprüchliche Teilaussagen und Empfehlungen, wie in Abschn. 2.1.5.3 gezeigt, vermieden werden. In einer solchen gemeinsamen Kennzahl können Daten verschiedener Dimen-

⁶ An dieser Stelle wurde ebenfalls eine einfache Varianzanalyse mit anschließendem Posthoc-Test durchgeführt. Während sich die Maximalausprägungen hochsignifikant ($p < 0,001$) von einander und sehr signifikant ($p = 0,001$) von den Mischgruppen unterscheiden, sind letztere untereinander statistisch als nicht unterschiedlich einzustufen.

sionen wie z. B. Reparaturarbeitsstunden und Kundenzufriedenheitswerte berücksichtigt werden, ohne dass eine Vereinheitlichung der Bewertungsdimensionen hierbei erforderlich ist. Insbesondere erscheint aus konzeptioneller Sicht die Einbindung qualitativer Daten zwingend erforderlich zu sein, um eine faire Gesamtbeurteilung zu erreichen. Da die DEA keine exogenen Zielvorgaben voraussetzt, sondern diese aus den in der Realität beobachteten Daten generiert, zeichnen sich die Ergebnisse durch ein hohes Maß an Fairness aus und sind gegenüber den Parteien gut zu kommunizieren. Dennoch hat sich gerade in den Gesprächen mit diversen Unternehmen und im Rahmen der durchgeführten Fallstudie gezeigt, dass mit der Durchführung der DEA einige Herausforderungen erwachsen, die adressiert werden müssen.

Herausforderungen des Datenmanagements für die Praxis Die Fallstudie hat gezeigt, dass zur Durchführung von detaillierten Effizienzanalysen eine umfassende Datenbasis unabdingbar ist. Eine gute theoretische Konzeption zur Messung von Effizienz hat keinen Bestand, wenn Sie nicht durch entsprechend verfügbare Daten abgebildet werden kann. Im Wesentlichen konnten dabei folgende Herausforderungen an die Datenerhebung identifiziert werden.

Um ein funktionsfähiges Datenmanagement zu etablieren, muss a priori festgelegt werden, welche Prozesse und Produkte in welchen Zeitintervallen verglichen werden sollen, damit entsprechende Datenpunkte identifiziert und erfasst werden können. Doch selbst dann ist die Datenerhebung in Unternehmen nicht trivial, besonders wenn es um die Erhebung von Daten in verschiedenen Business Units oder Gesellschaften geht. Häufig verfügen die unterschiedlichen Unternehmensteile über verschiedene Prozesse, Strukturen und Erfassungssysteme, die nicht selten auf die entsprechenden Gegebenheiten der jeweiligen Umwelt, wie dem Land, dem Markt etc. individuell angepasst sind. Um diese Units aber vergleichen zu können, müssen identische Datenpunkte auch auf vergleichbare Weise erfasst werden. Dies ist vor allem eine Frage der systemischen Durchsetzung in allen Teilbereichen einer Unternehmung und damit Entscheidungsgegenstand der Unternehmensführung. So hat sich im Verlauf der Erstellung des Datensets in der Fallstudie gezeigt, dass nicht alle internationalen SG eine solide Datenbasis aufweisen, um miteinander verglichen zu werden. Bewertungen der Gesamteffizienz einer Unternehmung sind dann nur eingeschränkt aussagefähig. Darüber hinaus liegt es auf der Hand, dass Daten auch über die Zeit vergleichbar sein müssen, wenn ein zeitlicher Vergleich angestrebt wird. Auch dies ist für Firmen nicht einfach zu bewerkstelligen, da der Markt ständig Neuerungen fordert, neue Produkte eingeführt werden und dies des Öfteren auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten in den jeweiligen Regionen. Hinzu kommt, dass sich auch die informationstechnischen Möglichkeiten weiter entwickeln und eine gleichbleibende Datenerfassung erschweren. Größere Schwierigkeiten haben Unternehmen des Weiteren bei der Erhebung externer Daten, die regelmäßig nicht der eigenen Kontrolle unterliegen, aber notwendig sind, um ein ganzheitliches Effizienzbild zu erhalten. Als Beispiel hierfür dienen kundenspezifische Informationen wie die wahrgenommene Qualität. Um diese zu beurteilen, muss der Kunde regelmäßig in die Datenerhebung miteinbezogen werden. Dies kann u. a. über Befragungen

von Kunden geschehen. Größere Herausforderungen sind allerdings zu bewältigen, wenn das Zutun des Kunden im Leistungserstellungsprozess erfasst und beurteilt werden muss. Zusammenfassend zeigt sich, dass ein erfolgreiches und aussagekräftiges Benchmarking nicht nur von der theoretischen Konzeption und Durchführung abhängt, sondern auch ein entsprechendes Datenmanagement notwendig macht. Für eine suffiziente Durchführung eines Benchmarkings der Dienstleistungserstellung müssen Unternehmen daher ein Datenmanagement etablieren, das allen Untersuchungseinheiten eine gleiche Datenerhebungsmethodik vorgibt, zeitlich konstant ist und es schafft, externe Daten (Kundeninputs) adäquat und vergleichbar abzubilden.

Vorzug einfacher DEA-Varianten und Notwendigkeit von einfachen Analysetools Neben der systematischen Erhebung der Daten stellt die Aufbereitung und Analyse der Daten die zweite zentrale Herausforderung dar. Hier muss ein Gleichgewicht zwischen wissenschaftlich geforderter Präzision und praktischer Umsetzbarkeit gefunden werden. Komplexe und allumfassende theoretische Konzeptionen und Methoden mögen zwar aus wissenschaftlichen Gesichtspunkten wünschenswert sein, sind aber häufig durch einen Mangel an entsprechender Datenmenge und -qualität nicht realisierbar. Darüber hinaus stellt ein hoher Komplexitätsgrad auch hohe Anforderungen an die beteiligten Personen. Zum einen müssen Praktiker sich der Funktionsweise der DEA-Methodik klar werden und über das detaillierte Methodenwissen verfügen, um es richtig anwenden und die Ergebnisse interpretieren zu können. Zum anderen zeigt die Zusammenarbeit im Rahmen der Fallstudie, dass die Akzeptanz und das Vertrauen der Entscheidungsträger ab einem bestimmten Modellumfang und der damit einhergehenden Komplexität eher sinkt. Stichprobenartig durchgeführte Vergleiche der Ergebnisse unterschiedlich komplexer DEA-Varianten legen nahe, dass der Informationszugewinn für den Praktiker den damit einhergehenden Mehraufwand der Analysen zumindest in einer frühen Phase der DEA-Verbreitung nicht rechtfertigt. Aus diesem Grund wurde auch in diesem Beitrag die Fallstudienanwendung unter Rückgriff auf eine Basisvariante der DEA geschildert und weiterführende Varianten mit ihren Mehrwerten für die Messung der Dienstleistungseffizienz lediglich in Abschn. 2.1.3.2 angerissen. Um die DEA als Messansatz in der Praxis implementierbar zu machen, reicht eine praxisorientierte Anwendungsbeschreibung, wie sie hier angestrebt wurde, vermutlich nicht aus. Vielmehr bedarf es einer informationstechnischen Umsetzung für den konkreten Kontext industrieller Dienstleistungen in Form eines anwendungsfreundlichen Analysetools. Aufbauend auf einem Grundverständnis der Analyseform sollte ein solches Tool den Nutzer im vollständigen Analyseprozess unterstützen – nicht nur bei der DEA-Anwendung selbst, sondern bereits bei der vorbereitenden Identifikation der relevanten Input- und Outputfaktoren. An dieser Stelle soll auf den Beitrag von Becker et al. [9] in diesem Buch verwiesen werden, die sich im Rahmen des gemeinsamen ServDEA-Projekts mit genau dieser Problemstellung beschäftigen.

2.1.7 Zusammenfassung

Der hier vorliegende Beitrag stellt ein Teilergebnis der Forschungsbemühungen im Rahmen des Projektes ServDEA zur Ergründung der Einsatzmöglichkeiten der DEA bei der Effizienzmessung industrieller Dienstleistungen dar. Ziel des Beitrags war es, ein geeignetes Konzept zur Abbildung der Produktivität industrieller Dienstleistungen zu finden und die Methodik der Data Envelopment Analysis (DEA) anhand eines Fallstudienbeispiels aus der Praxis industrieller Dienstleistungen vorzustellen.

Mit der Erläuterung der konzeptionellen Grundlagen zum Effizienzbegriff und der Ableitung eines eigenen Dienstleistungsproduktivitätskonzeptes wurde ein Handlungsrahmen zur Anwendung der DEA geschaffen. Effizienz ist dabei als normatives Konzept zum bewertenden Vergleich mehrerer Untersuchungseinheiten und ihrer Produktivität zu verstehen. Im Rahmen der Ableitung eines dienstleistungsspezifischen Produktivitätskonzeptes wird deutlich, dass insbesondere eine reine Betrachtung von outputbasierten Einzelkennzahlen die konstitutiven Merkmale von Dienstleistungen nur unzureichend abbilden kann. Daher ist der weitere Handlungsrahmen beispielsweise durch die ausdrückliche Berücksichtigung qualitativer Aspekte geprägt. Er kann je nach Grad der angestrebten Detaillierungstiefe (und damit Komplexität) mit unterschiedlichen DEA-Varianten ausgefüllt werden. Die Literatur zeigt, dass dies in vielen Fällen bereits schon geschieht, jedoch maßgeblich im Banking- und Finance-Sektor. Der Literaturstrang zu industriellen Dienstleistungen und insbesondere Instandhaltungsdienstleistungen weist dagegen einen klaren Rückstand hinsichtlich DEA-Anwendungen auf. Die Vorstellung verschiedener DEA-Modellvarianten zeigt das große Potenzial der DEA, besondere dienstleistungsspezifische Facetten der Effizienzmessung abzubilden.

Auf Basis der methodischen Grundlagen und den damit verbundenen Anforderungen wird das abgeleitete Produktivitätskonzept für die praxisrelevante Gruppe der Instandhaltungsdienstleistungen mit Leben gefüllt und somit die DEA-Anwendung vorbereitet. Diese Vorbereitung und insbesondere die Identifikation relevanter Input- und Outputfaktoren werden dabei in einem phasenweisen Prozess ausführlich dargelegt, um als Leitfaden für weitere praktische DEA-Anwendungen dienen zu können. Es ergibt sich im Zuge dessen ein vorläufiges Faktorensatz, das durchaus für Instandhaltungsdienstleistungen generalisierbar ist, jedoch noch einer anwendungsfallspezifischen Konkretisierung bedarf.

Diese endgültige Auswahl der Faktoren wird anhand eines Fallstudienbeispiels dargestellt und eine einfache DEA-Analyse an dem konkreten Sachverhalt des Effizienz-Benchmarking der Instandhaltungsdienstleistungen verschiedener Servicegesellschaften durchgeführt. Anhand der konkreten Anwendung der DEA an diesem Praxisbeispiel wird deutlich, welche Potenziale und Herausforderungen für ein Unternehmen im Prozess der Datenerhebung, -aufbereitung und Analyse der DEA-Ergebnisse erwachsen können. Die dargestellten Analyseschritte bieten einen umfänglichen Einblick in die Möglichkeiten, die bei der Effizienzmessung mit der DEA entstehen: von der Auswirkung von Größenunterschieden auf die Effizienz bis hin zur detaillierten Verbesserungsvorschlägen für jede einzelne nicht-effiziente Untersuchungseinheit. Jedoch ist auch zu konstatieren, dass

die Anwendung der DEA einige Herausforderungen mit sich bringt. Zum einen muss ein über alle Untersuchungseinheiten einheitliches und zeitlich konstantes Datenmanagement etabliert werden, das auch in der Lage ist, Kundeninputs adäquat zu erfassen und in die Berechnung der DEA mit einfließen zu lassen. Zum anderen müssen dem Management anwendungsfreundliche Analysetools an die Hand gegeben werden, die es ermöglichen, ein solches Benchmarking mit geringem Aufwand durchführen zu können. Dies ist Gegenstand des nachfolgende Beitrags, der ein weiteres Teilprojekt innerhalb des ServDEA-Projektes darstellt.

2.2 Produktivitätsbenchmarking von Dienstleistungen mit dem Softwareassistenten ServDEA⁷

Jörg Becker, Ralf Knackstedt, Daniel Beverungen, Dominic Breuker, Hanns-Alexander Dietrich und Hans Peter Rauer

Zusammenfassung

Der vorliegende Abschnitt fungiert als Abschlussbericht für das Teilprojekt „Informationstechnische Umsetzung des Produktivitätsbenchmarks von Dienstleistungen“ des Forschungsprojektes ServDEA, ausgeführt vom Institut für Wirtschaftsinformatik der WWU Münster. Gegenstand des Teilprojektes war insbesondere die Konzeption und prototypische Implementierung eines Softwareassistenten zur Formulierung und Berechnung von Produktivitätsmodellen für Dienstleistungen mit der Data Envelopment Analysis (DEA). Der entwickelte Softwareassistent stellt Funktionen bereit, mit denen der im vorhergehenden Abschnitt beschriebene DEA-basierte Benchmarking-Ansatz erfolgreich angewendet werden kann. Durch das angeleitete Entwickeln und Berechnen eines Produktivitätsmodells befähigt der Softwareassistent auch Analysten, die nur wenig Vorwissen über die DEA besitzen, dazu, aussagekräftige Produktivitätsanalysen zu konzipieren und durchzuführen. Hierdurch soll die entwickelte Analyseverfahren einer möglichst großen Anzahl von Unternehmen zugänglich gemacht werden. Nach einer Diskussion ausgewählter Grundlagen des Produktivitätsbenchmarks von Dienstleistungen stellt der vorliegende Beitrag insbesondere die Architektur und Funktionsweise des Softwareassistenten in den Vordergrund. Die Anwendung des Softwareassistenten wird an-

⁷ Dieser Beitrag stellt einen Teilbeitrag des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderrichtlinie: „Produktivität von Dienstleistungen“ geförderten Verbundprojektes ServDEA dar. Die Autoren Backhaus/Wilken/Bröcker/Brüne/Reichle. leisten mit dem Artikel „Effizienzmessung industrieller Dienstleistungen mittels Data Envelopment Analysis – Projekt ServDEA“ innerhalb dieser Sammelveröffentlichung einen weiteren Beitrag zum Verbundprojekt ServDEA.

hand einer Produktivitätsanalyse im erfundenen Unternehmen „G&D Robotics AG“ veranschaulicht. Durch seine modulare Architektur und seine Erweiterbarkeit kann der Softwareassistent darüber hinaus auf eine Vielzahl unterschiedlicher Dienstleistungsszenarien angepasst werden. Dies eröffnet vielfältige Nutzungs- und Evaluationsmöglichkeiten für die Projektergebnisse.

2.2.1 Informationstechnische Aspekte des Produktivitätsbenchmarking von Dienstleistungen

Zur Integration der DEA in betriebliche Anwendungssoftware wurde eine Studie durchgeführt [60], die dokumentiert, dass viele verschiedene Varianten der DEA bereits mithilfe von Software implementiert wurden. Diese Softwarelösungen umfassen hauptsächlich Expertensysteme, die entsprechend ausgebildeten Analysten umfangreiche Einstellungsmöglichkeiten bei der Durchführung der DEA zur Verfügung stellen. Keine existierende Softwarelösung jedoch bietet eine vollumfängliche Unterstützung des betrieblichen Anwenders bei der Formulierung und Berechnung einer Produktivitätsanalyse mit der DEA.

Jedoch ist zu erwarten, dass nur sehr wenige Unternehmen über Mitarbeiter verfügen, die so detaillierte Kenntnisse der DEA besitzen, dass sie diese Softwarewerkzeuge zur Durchführung realer Produktivitätsanalysen einsetzen können. Die Lösungsidee des Teilprojekts besteht darin, die mathematischen Details der DEA möglichst gut vor dem Anwender zu verbergen. Vielmehr soll die Unterstützung des Analysten sich auf die Entwicklung von Modellen beschränken, auf deren Grundlage die weiteren Schritte der DEA automatisiert ausgeführt werden können. Diese sog. Produktivitätsmodelle beschreiben die genaue Spezifikation der Input- und Outputfaktoren, die einer Produktivitätsanalyse zugrunde gelegt werden. Anders ausgedrückt bestimmt der Analyst mithilfe eines Produktivitätsmodells, was „Produktivität“ im betrachteten Kontext überhaupt bedeutet.

Die Entwicklung geeigneter Produktivitätsmodelle stellt sich im Kontext von Dienstleistungen jedoch aus verschiedenen Gründen als besonders schwierig heraus, so dass der Prozess der Modellierung durch einen Softwareassistenten angeleitet werden muss. Der Softwareassistent muss auf der einen Seite sicherstellen, dass ein inhaltlich sinnvolles Produktivitätsmodell entwickelt wird, dass den Informationsbedarf des Analysten deckt. Auf der anderen Seite muss das Produktivitätsmodell zur Durchführung der DEA geeignet sein.

Zur Erfüllung beider Anforderungen basiert der entwickelte Softwareassistent auf Prinzipien der **systematischen Modellierung**, des **Wissensmanagement** und der **Modelltransformation** [64]. Die grundsätzliche Prämisse dabei lautet, dass durch die Vorgabe detaillierter Strukturen zum Aufbau eines Produktivitätsmodells die Modellqualität gesteigert wird [61]. Aus diesem Grund steht dieses Konstrukt im Zentrum der Softwarelösung [68]. Die Bereitstellung einer Wissensdatenbank motiviert sich aus der grundsätzlichen Prämisse, dass sich die Qualität der Produktivitätsmodelle durch die kontextuell angepasste

Bereitstellung inhaltlicher Referenzlösungen steigern lässt. Die Transformationsroutine beruht auf der Annahme, dass durch die Automatisierung der Überführung des Produktivitätsmodells in eine DEA-Berechnungsumgebung Fehler bei der mathematischen Beschreibung der DEA oder bei der Auswahl von Modellvarianten vermieden werden können. Darüber hinaus wird verhindert, dass sich der Nutzer in mathematische Spezialsoftware und komplexe Optimierungsprobleme einarbeiten muss. Dies trägt zur Überwindung von Akzeptanzbarrieren bei. Das fertiggestellte Produktivitätsmodell wird mit Hilfe der Transformationsroutine automatisch in ein lösbares DEA-Modell überführt, das die speziellen Anforderungen, die sich z. B. aus der Abbildung von Qualitätsfaktoren oder Skaleneffekten ergeben, berücksichtigt. Durch diese drei Funktionalitäten wird ein in der Anwendung der DEA unerfahrener Benutzer bei der Analyse unterstützt. Darüber hinaus bildet der Softwareassistent die Grundlage für die detaillierte Evaluation der Wirksamkeit dieser Ansätze, indem er vielfältige Funktionskonfigurationen unterstützt, die dadurch einzeln auf ihre Effektivität und Effizienz geprüft werden können.

Der Beitrag ist wie folgt organisiert. In Abschn. 2.2.2 werden theoretisch begründete Anforderungen an eine Modellierungsunterstützung zur Darstellung von Dienstleistungsproduktivität diskutiert. Folglich stellt sich die Frage, ob diese theoretischen Anforderungen bereits von vorhandenen Prozess- als auch Produktdatenmodellierungssprachen erfüllt werden können. Daher wird anhand der identifizierten Anforderungen eine theoriegeleitete Bewertung von bestehenden Modellierungssprachen für Produktivitätsmodelle durchgeführt. Anschließend wird die Modellierung von Produktivitätsmodellen mit der ServDEA-Modellierungssprache dargestellt. Diese Modellierungssprache ermöglicht die Abbildung sämtlicher theoretischer Konzepte. In Abschn. 2.2.3 wird gezeigt, wie der algorithmische Kern des Projekts implementiert worden ist. Ziel hierbei ist es, die Produktivitätsmodelle, die ein Anwender erstellt hat, so in die DEA zu überführen, dass die Komplexität der Methode so weit wie möglich vor dem Anwender verborgen wird. Anschließend wird in Abschn. 2.2.4 erläutert, wie die Entwicklung des ServDEA-Softwareassistenten erfolgte. In Abschn. 2.2.5 wird die Verwendung des Softwareassistenten anhand eines fiktiven Anwendungsfalls illustriert. Abschließend wird in Abschn. 2.2.6 ein Ausblick auf die Anwendung der entwickelten Softwareunterstützung für das Produktivitätsbenchmarking von Dienstleistungen sowie auf Potenziale zur wissenschaftlichen Weiterentwicklung der Projektergebnisse gegeben.

2.2.2 Modellierung von Dienstleistungsproduktivität

2.2.2.1 Theoriegeleitete Anforderungsanalyse

Produktivität ist als Verhältnis von Output zu Input definiert [85]. Die Produktivität „einer“ Dienstleistung stellt in der Praxis wie auch in der Theorie ein schwer greifbares Konzept dar. Ursächlich sind zahlreiche dienstleistungsspezifische Eigenheiten, die bei herkömmlichen Produktivitätsbetrachtungen außer Acht gelassen werden. Die am weitesten verbreitete Konzeption dieser Phänomene erfolgt durch die sog. IHIP-Kriterien [109]. Dabei werden

Dienstleistungen von Sachleistungen anhand von vier Kriterien unterschieden. Zum einen sind Dienstleistungen intangibel (d. h. nicht physisch greifbar), heterogen (d. h. zusammen mit dem Kunden individuell erstellt und daher in jeder Dienstleistungsinstanz einzigartig), unteilbar (d. h. Dienstleistungen werden sofort verbraucht bzw. konsumiert wenn sie erbracht wurden) und verderblich (d. h. ungenutzte Dienstleistungen bzw. die Ressourcen zu deren Erstellung gehen unwiederbringlich verloren, weil Dienstleistungen nicht wie Produktleistungen gelagert werden können).

Diese IHIP-Kriterien finden sich in zahlreichen Arbeiten, die sich mit Dienstleistungen beschäftigen, wieder, auch wenn sie nicht für alle Dienstleistungen in gleicher Weise zutreffen [92]. In Bezug auf die Konzeption der Dienstleistungsproduktivität wurden in der Literatur verfeinernde Konzepte identifiziert, die die Produktivität von Dienstleistungen näher untersuchen. Konkret wurden diese Konzepte in Tab. 2.3 ermittelt und aus verschiedenen Theorien konsolidiert [76, 85, 91, 93, 94, 104].

Die Berücksichtigung der Auswirkungen von **Nachfrageeffekten** ist eine der Hauptherausforderungen bei der Konzeption von Dienstleistungsproduktivität [93, 104]. Hervorgerufen durch die Intangibilität und Verderblichkeit von Dienstleistungen ist es wichtig, die Schwankungen der Produktivität zu trennen: Einerseits kann fehlende Nachfrage eine Ursache sein, andererseits kann auch eine ineffiziente Ressourcentransformation im Dienstleistungsprozess zu Problemen führen.

Der Grad der **Kundenpartizipation (auch: Kundenintegration)** am Prozess der Dienstleistung selbst ist ein weiteres wichtiges Konzept, das die Produktivität beeinflusst. Beispielsweise kann anhand dieses Konzepts die Unterscheidung zwischen Produkten und Dienstleistungen demonstriert werden. Obwohl in beiden Fällen Kundenwünsche berücksichtigt werden, werden im Fall von Dienstleistungen die Wünsche oder Kundenspezifika erst zur Leistungserbringung in den Prozess integriert. Daher müssen Kundenanforderungen und -spezifika in Form von speziellen Charakteristika der Inputfaktoren in einen Ansatz zum Benchmarking integriert werden.

Ein **segmentierter Dienstleistungsprozess** unterscheidet Dienstleistungseinheiten nach den beiden Bereichen „Frontstage“ und „Backstage“ [75, 84, 89, 100]. Aktivitäten im Frontstage sind geprägt durch die Interaktionen zwischen Mitarbeitern und Kunden. Für Aktivitäten im Backstage hingegen werden Materialien oder Informationen, die von der vorderen Stufe benötigt und dort vom Kunden spezifiziert wurden, verarbeitet. Es gilt nun beide Stufen zusammen zu betrachten und hinsichtlich der Produktivität zu optimieren.

Ebenso wichtig ist auch die Berücksichtigung der **Dienstleistungsqualität**. Qualität bezeichnet hierbei die objektiv messbare Güte der beteiligten Faktoren. Lovelock und Gummesson [92] kommen zu dem Schluss, dass es schwierig ist, die Servicequalität (im Gegensatz zur Produktqualität) zu kontrollieren, wenn Kunden aktiv am Produktionsprozess beteiligt sind. Durch die Einflussnahme des Kunden auf den Produktionsprozess fehlt vielen Dienstleistungsprozessen eine ähnliche Vergleichsbasis. Aus diesem Grund schlagen Corsten et al. [76] Indikatoren zur Messung der Qualität der eingegebenen Faktoren aus einer neutralen, quantitativen Perspektive vor. Es sollen objektive Qualitätsmerkmale in einen Ansatz zur Berechnung der Serviceproduktivität einbezogen werden [76].

Tab. 2.3 #L, Konzepte der Dienstleistungsproduktivität vgl. [63]

Konzepte der Dienstleistungsproduktivität nach Becker et al. [65]	Nachfrage	Kundenpartizipation	Segmentierter Dienstleistungsprozess	Dienstleistungsqualität	Kundenwahrnehmung	Faktorenvollständigkeit
Corsten et al.	X	X	X	X		
Grönroos et al.	X	X		X	X	
Kleinaltenkamp et al.		X				X
Lovelock et al.	X	X		X	X	X
Parasuraman et al.		X		X	X	X
Vuorinen et al.	X	X		X	X	X

Ein häufiges Problem dabei ist jedoch die korrekte Messung der Qualitätsmerkmale. Daher nutzen die meisten Ansätze die **Kundenwahrnehmung** (oder Zufriedenheit) als Index, um das Ergebnis einer Dienstleistung zu erfassen. Problematisch bei der Nutzung der Zufriedenheit ist die Tatsache, dass die Aufmerksamkeit der Kunden oft auf eine kleine Anzahl von Faktoren festgelegt wird [109]. Darüber hinaus verstehen Vuorinen et al. [104] Kundenzufriedenheit eher als operationale Formulierung der Dienstleistungsqualität. Es wird daher empfohlen, beide Sichtweisen (objektiv und subjektiv durch den Kunden) in die Beobachtung des Service-Prozesses zu integrieren. Aufgrund dieser Tatsache, folgen wir Parasuramans Vorschlag und zeigen, sofern möglich, je separat beide Sichten. Die bisher angeführten Autoren nennen in ihren Publikationen eine Reihe von Faktoren als Inputs (verwendete Ressourcen) oder Outputs (erreichte Ziele) eines Dienstleistungsprozesses. Zum Beispiel erwähnt Sink [101] Faktoren in Kategorien wie Arbeit, Kapital, Energie, Materialien und Daten. Diese Kategorien können als Referenz in Form von Katalogen oder Listen verwendet werden, um die Vollständigkeit der Messung zu gewährleisten. Ziel dabei ist es, eine größtmögliche **Faktorenvollständigkeit** zu erreichen.

Alle genannten Konzepte können mit der DEA mathematisch abgebildet werden, wenn die Produktivität von Dienstleistungen berechnet werden soll [96]. Daher eignet sich die DEA zur Berechnung der Dienstleistungsproduktivität. Herausfordernd ist jedoch der Umgang mit der DEA als eine Methode, die ein umfangreiches Hintergrundwissen des Analysten voraussetzt. Deshalb hat die DEA zwar in Form von einmaligen Berichten und Benchmarks Einzug in die unternehmerische Praxis gehalten, eine Integration in operative Dienstleistungsprozesse oder in die betriebliche Anwendungssoftware konnte allerdings bis jetzt kaum beobachtet werden.

2.2.2.2 Bewertung bestehender Modellierungssprachen

Ein Produktivitätsmodell spezifiziert, welche Input- und Output-Faktoren für die Berechnung einer Produktivitätsanalyse verwendet werden. Bei der Auswahl der Faktoren ist auf eine vollständige Abbildung aller verwendeter Ressourcen und erbrachter Leistungen zu achten [79]. Daher ist es wünschenswert, Information aus bereits in bestehenden Prozess- und Produktdatenmodellen hierfür zu nutzen. Prozessmodelle dienen dazu, in Dienstleistungsprozessen durchzuführende Aktivitäten sachlogisch darzustellen. Produktmodelle formalisieren die Struktur von Sachgütern, Dienstleistungen oder hybriden Leistungsbündel [80]. Mithilfe solcher Modelle kann die Identifikation relevanter Input- und Output-Faktoren erleichtert werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die benötigten Informationen für Produktivitätsmodelle auch tatsächlich in Prozess- und Produktdatenmodellen abgebildet sind. Es werden daher in diesem Abschnitt existierende Modellierungstechniken identifiziert und im Rahmen eines mehrstufigen Verfahrens auf die Möglichkeit zur Abbildung der Produktivität von Dienstleistungen und hybriden Leistungsbündeln überprüft. Darüber hinaus wird erörtert, inwiefern die Modellierungskonstrukte das Berechnen von Produktivitätsmetriken unterstützen. Es wurden, durch Verknüpfung mit gängigen Dienstleistungstheorien (siehe Abschn. 2.2.2.1), zahlreiche fehlende Konstrukte identifiziert.

Im Rahmen dieser Analyse wurde eine vergleichende metamodellbasierte Gegenüberstellung existierender Modellierungstechniken zur Abbildung von Produktmodellen für Sachleistungen, Dienstleistungen und hybride Leistungsbündel erstellt [67]. Folgende Modellierungssprachen wurden gegenübergestellt: die Unified Modeling Language (UML), H2-ServPay, die e³-Sprachfamilie, die Technik des Service Networks Modeling (SNM), die Unified Service Description Language (USDL) in Version 3.0, das Molekular Modell, die erweiterte Ereignis-Prozess-Kette (eEPK) sowie die Business Process Model and Notation (BPMN) in Version 2.0. Die Gegenüberstellung anerkannter Theorien zur Dienstleistungsproduktivität [74, 81, 85, 92, 94, 104] ergab Defizite bei Prozess- als auch Produktdatenmodellierungssprachen [67]. Diese Defizite betreffen hauptsächlich Konstrukte die zur Messung der Produktivität dienen und die in den untersuchten Modellierungstechniken fehlen (siehe das folgende Beispiel). In solchen Fällen, in denen Konstrukte zur Abbildung der Realität fehlen, spricht man von einem *construct deficit* [97].

Beispiel

Die theoriegeleitete Anforderungsanalyse [67] ergab, dass ein wesentliches Konzept der Modellierung von Dienstleistungsproduktivität die Darstellung von Output-Qualität ist [85]. Die Output-Qualität lässt sich weiterhin in zwei unterschiedliche Arten der Messung unterteilen: technisch bzw. objektiv gemessene Qualität und durch den Kunden wahrgenommene, also durch die Zufriedenheit des Kunden geprägte Qualität. Folglich wurde ermittelt, in welchem Ausmaß bspw. UML oder H2-ServPay Konstrukte bereitstellen, um dies zu modellieren. Weil die UML in allen drei Fällen kein dediziertes Konstrukt bereit hält, sich UML Klassendiagramme aber anpassen lassen, wurde die Unterstützung leicht negativ bewertet. Die Untersuchung von H2-ServPay führte zum gleichen Ergebnis, jedoch mit dem Unterschied, dass die objektive Qualität mit den Konstrukten *Outcome Hierarchy* und *Attribute* darstellen lässt.

Da die untersuchten Modellierungssprachen (in unterschiedlichen Ausmaßen) von diesen fehlenden Konstrukten betroffen sind, kann für alle Sprachen eine mangelnde Eignung zur Abbildung von theoretisch relevanten Informationen zur Berechnung von Dienstleistungsproduktivität festgestellt werden. Dieser Umstand und die strukturelle Unterscheidung zwischen einerseits Prozess- und Produktdatenmodellen und andererseits Produktivitätsmodellen zur Darstellung von Faktoren führten zur Konzeption einer neuartigen Modellierungssprache zur Darstellung von Produktivitätsmodellen. Dabei werden Produktivitätsmodelle als Informationsstruktur eingeführt, um die benötigten Informationen zur Berechnung der Dienstleistungsproduktivität darzustellen [62, 68]. Die Struktur der Produktivitätsmodelle wird im folgenden Abschnitt erläutert.

2.2.2.3 Modellierung von Produktivitätsmodellen mit der ServDEA-Modellierungssprache

In Abschn. 2.2.2.2 wurde gezeigt, dass bisherige Modellierungssprachen nicht die in Abschn. 2.2.2.1 ermittelten Konzepte von Dienstleistungen berücksichtigen. Aus diesem

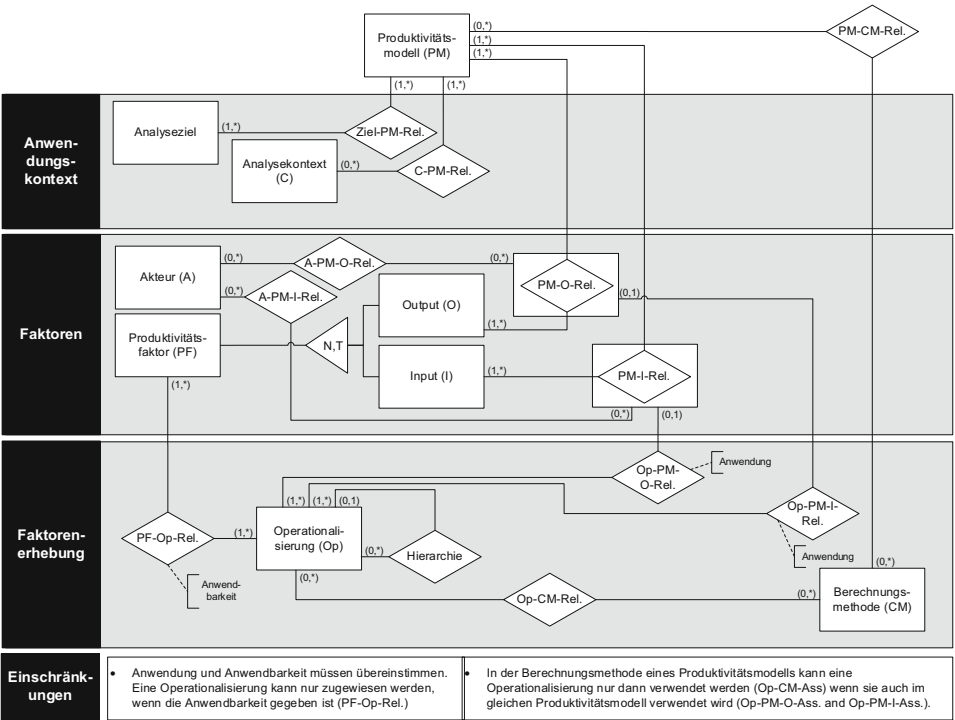


Abb. 2.21 Vereinfachtes Metamodell der ServDEA-Modellierungssprache#L

Grund sollen in einer neuartigen Modellierungssprache diese Konzepte berücksichtigt werden. Diese Modellierungssprache bildet die Konstrukte und Ihr Verhältnis zueinander ab. Dadurch unterstützt sie das **systematische Modellieren** wenn sie im Modellierungswerkzeug implementiert wird.

Die ServDEA-Modellierungssprache wurde in mehreren Schritten aus bestehenden Metamodellierungssprachen entwickelt. In Rauer [95] wurden die Produktivitätsmodelle mit Faktoren versehen, die sich als Input- oder als Output-Faktor ausdragen können. Zusätzlich wurde zwischen den einzelnen Faktoren ein Rang-System implementiert, um die unterschiedliche Priorität der Faktoren zwischen einander bestimmen zu können. So kann bspw. festgelegt werden, dass der Einfluss eines Faktors in einem Produktivitätsmodell immer größer sein soll als der eines anderen Faktors. In [62] wurde außerdem ermittelt, dass inhaltliche Modellerweiterungen vorgenommen werden müssen.

Jede Modellerweiterung muss durch mindestens ein neues Konstrukt repräsentiert werden (siehe Abb. 2.21).

- Das „Produktivitätsmodell“ (*productivity model*) ist das zugrundeliegende Basiskonstrukt, welches die verschiedenen Konzepte der Produktivitätsanalyse verbindet.

- Das Konstrukt „Produktivitätsfaktor“ (*productivity factor*) gestaltet ein Produktivitätsmodell aus. Es ist entweder als Input (verbrauchte Ressource) oder Output (erbrachte Leistung) ausgeprägt.
- Das Konstrukt „Akteur“ (*actor*) beschreibt zu einzelnen Faktoren die jeweils am Dienstleistungsprozess teilhabende Gruppen (Anbieter, Nachfrager, Gemeinsam) oder es können Faktoren als „extern gegeben“ und damit als nicht beeinflussbar markiert werden. So kann bspw. abgebildet werden, dass Faktoren von einem Anbieter einer Dienstleistung beeinflusst werden (zur Verfügung gestelltes Personal), vom Kunden abhängen, (Aufwand für die Interaktion zur Dienstleistungsspezifikation) oder ob nichts davon der Fall ist (Wetter, Umgebungseinflüsse).
- Mit dem Konstrukt „Berechnungsmethode“ (*calculation method*) werden methodenspezifische Informationen abgebildet (z. B. Gewichtungsbegrenzungen bei der DEA).
- Die Zielsetzung eines Produktivitätsmodells wird mit dem Konstrukt „Analyseziel“ modelliert. Dadurch wird das Ziel der Analyse geklärt und expliziert [68].
- Der „Analysekontext“ wurde eingeführt, um die Rahmenbedingungen der Analyse offen zu legen. Je nachdem welche Domäne zugrunde liegt, können vorgegebene Kriterien wie z. B. Branche, Prozessstyp, Region, etc. das Konstrukt bestimmen.

Durch die strukturelle Einteilung in (Produktivitäts-) Faktoren und Faktorerhebungen wird das Konzept der Trennung realisiert: Während Analyseziel und -kontext übergeordnete Konzepte darstellen, können mittels Produktivitätsfaktoren abstrakte Konzepte modelliert werden, wie z. B. Arbeitseinsatz, Materialeinsatz oder Kundenzufriedenheit und diese dann kontextabhängig in den Erhebungen quantifiziert werden. So wird der Produktivitätsfaktor Kundenzufriedenheit mithilfe vorgegebener Kennzahlen wie z. B. „Erwartung/Erfüllung-Gap“ gemessen. Diese und weitere Konstrukte konnten in einem ER-Modell abgebildet werden (siehe Abb. 2.21).

Dieses Modell wurde anschließend im Modellierungswerkzeug H2 als Sprachdefinition abgebildet, um die Konsistenz und Logik der Sprache zu demonstrieren (siehe Abb. 2.22). Dies stellt einen Zwischenschritt auf dem Weg zur Implementierung der Sprache im Softwareassistent dar. Der H2-Editor, ein Metamodellierungswerkzeug zum Entwurf von Modellierungssprachen, ist hierfür in zwei Bereiche eingeteilt worden [77]. Die Objekttypen im linken Bereich „Objekttypen“ sind die einzelnen Konstrukte, die modelliert werden. Diese Konstrukte werden dann im rechten Bereich „Kontexte“ in Bezug zueinander gesetzt. Dieser Bezug kann auch hierarchisch sein und ist daher dazu geeignet, verschiedene Arten von Relationen zwischen den Konstrukten darzustellen. Um die so beschriebene Modellierungssprache zu implementieren wurden sogenannte Kontexte genutzt, die in zukünftigen Modellierungsprojekten wiederverwendet werden können. Die dargestellten Kontexte in Abb. 2.22 sind folglich Produktivitätsmodell, Produktivitätsfaktor und Operationalisierung. Sie stellen die schichtenartige Struktur des Modells aus Abb. 2.21 in drei Ebenen dar. Die Modellierungsmöglichkeiten, die sich mit dem H2-Editor und der dargestellten Modellierungssprache bieten, sind sehr flexibel. Sie können zu sehr vielen unterschiedlichen

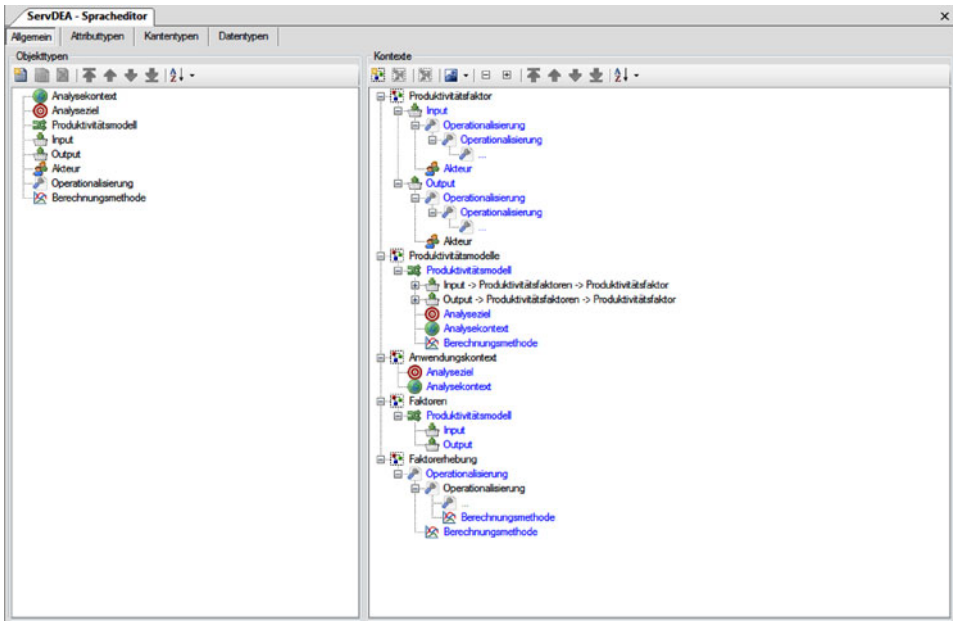


Abb. 2.22 Sprachdefinition im Modellierungswerkzeug H2#X: 63 Y: 171,4

Produktivitätsmodellen führen. Dies wurde bspw. anhand eines Anwendungsbeispiels im Facility Management dargestellt [61, 62].

2.2.3 Implementierung des algorithmischen Kerns zur Berechnung von Produktivitätsmodellen mit der DEA

2.2.3.1 Anforderungsanalyse

Zur Durchführung einer Analyse mit der DEA sind mehrere Schritte durchzuführen. Zunächst ist es notwendig, ein unter Berücksichtigung der Analyseziecke angemessenes mathematisches Optimierungsproblem auszuwählen. Auf Basis entsprechender Daten wird es konkretisiert und gelöst. So können die Effizienzen einzelner Analyseeinheiten, welche in der DEA-Terminologie *Decision Making Units* (DMUs) genannt werden (vgl. Abschn. 2.1.3.1), miteinander verglichen werden.

Aus diesem Ablauf ergeben sich Anforderungen, die der algorithmische Kern mindestens erfüllen muss. Die Optimierungsprobleme unterscheiden sich von Fall zu Fall einerseits in ihren generellen Strukturen, zum Beispiel weil vom Analysten entweder variable oder konstante Skalenerträge für die der Analyse zugrunde liegende Form der Produktionsfunktion angenommen werden, andererseits aber auch in ihren Dimensionen, weil verschiedene Anzahlen von Input- oder Outputfaktoren zu verwenden sind. Aus diesem

Grund muss die Formulierung des Optimierungsproblems flexibel anzupassen sein. Darüber hinaus sind Analysen oftmals so durchzuführen, dass dasselbe mathematische Modell auf verschiedene Datensätze angewendet wird. Die Daten gehen jedoch direkt in die konkrete Formulierung des Optimierungsproblems ein, was beide Teile eng aneinander koppelt. Eine entsprechende Kapselung durch Platzhalter ist vonnöten, um final zu entwickelnden Softwareassistenten die geforderte Flexibilität bieten zu können.

Schlussendlich muss das durch Daten konkretisierte Optimierungsproblem gelöst werden. Dabei ist nicht nur der Optimalwert, welcher in der Regel die Effizienz einer DMU im Vergleich zu einer Menge anderer Einheiten bezeichnet, von Interesse. Ebenso sind weitere Resultate auszulesen, die beispielsweise die Gewichtung einzelner Input- oder Outputfaktoren beschreiben oder angeben, welche DMU im Falle von Ineffizienz als Referenz herangezogen werden kann. Dies bedeutet, dass im algorithmischen Kern umfassende Ausgabemöglichkeiten zu implementieren sind, so dass dem Analysten das Maximum an Informationen bereitgestellt werden kann.

Um die Optimierungsprobleme, welche im Kontext der DEA üblicherweise auftreten, lösen zu können, wird ein sogenannter „LP Solver“ benötigt [73]. Dieser muss dazu in der Lage sein, lineare Zielfunktionen in beliebig vielen Variablen unter Beachtung einer unbestimmten Menge an linearen Nebenbedingungen zu optimieren. Diese Nebenbedingungen können dabei entweder in sogenannter „Gleichungsform“ oder in „Ungleichungsform“ vorliegen. Übliche Verfahren zur Lösung dieser Optimierungsprobleme sind der Simplex-Algorithmus [103], welcher den Raum der möglichen Lösungen Ecke für Ecke absucht bis die Optimallösung gefunden ist, Innere-Punkte-Verfahren [108], welche sich der Optimallösung schrittweise aus dem Innern des Lösungsraums annähern, indem nach jedem Schritt die vielversprechendste Richtung gewählt wird, oder die Ellipsoidmethode [69], welche das originale Problem in ein äquivalentes Problem überführt, bei dem innere Punkte eines Polyeders zu suchen sind. Neben diesen inhaltlichen Anforderungen sind weitere implementierungstechnische Randbedingungen zu beachten. Insbesondere muss die Integrierbarkeit des algorithmischen Kerns in den Softwareassistenten gewährleistet sein.

2.2.3.2 Umsetzung

Im Rahmen der Umsetzung wurde zunächst eine Reihe von Szenarien zur Implementierung des algorithmischen Kerns betrachtet, um diese im Hinblick auf die Anforderungen zu evaluieren. Im Anschluss daran wurde das favorisierte Szenario softwaretechnisch umgesetzt und im Projekt zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt. Die einzelnen Szenarien werden im Folgenden vorgestellt und bewertet. Besondere Aufmerksamkeit muss dem konkreten Lösungsverfahren beigemessen werden, welches zuvor gesondert diskutiert wird.

Das traditionelle Verfahren zum Lösen linearer Optimierungsprobleme ist das Simplex-Verfahren. Es durchläuft systematisch die Ecken des durch die Nebenbedingungen definierten zulässigen Bereichs, welcher aufgrund der Linearität der Nebenbedingungen die Form eines Simplex hat. Bei jedem Schritt wird der Zielwert verbessert, bis keine Verbesserung mehr zu erreichen ist. Neben dem Simplex-Algorithmus existieren eine Reihe alternativer

Verfahren. Zu prüfen ist, ob eines dieser Verfahren der traditionellen Variante vorzuziehen ist.

Da die lineare Optimierung ein Spezialfall der konvexen Optimierung darstellt, ist der Simplex-Algorithmus genau wie alle anderen Verfahren dazu in der Lage, das globale Optimum eines Optimierungsproblems zu finden [72]. Die Güte der Lösung fällt damit als Vergleichskriterium weg. Die Verfahren unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer Laufzeitkomplexität. Eine Analyse mit der DEA kann leicht sehr umfangreiche Optimierungsprobleme erzeugen, da jede DMU mindestens eine Nebenbedingung zum Problem hinzufügt. Erschwerend kommt hinzu, dass jeweils ein Optimierungsproblem dieser Größe pro DMU (bspw. pro durchgeführtem Serviceprozess) zu lösen ist, was den komplexitätssteigernden Effekt noch potenziert. Der Aspekt der Laufzeitkomplexität bedarf daher besonderer Aufmerksamkeit. Aus theoretischer Sicht ist die Laufzeitkomplexität des Simplex-Algorithmus exponentiell, was im Allgemeinen die Anwendbarkeit auf große Probleminstanzen stark beeinträchtigen kann. Prohibitiv langsame Probleminstanzen sind hinreichend bekannt (vgl. beispielsweise Klee-Minty-Würfel [90]), kommen bei der Anwendung in der Praxis jedoch faktisch nicht vor [103], was die Beliebtheit des Algorithmus erklärt. Unter der Annahme, dass reale Probleminstanzen das Resultat stochastischer Zufallsprozesse sind, ist eine schnelle Laufzeit sogar theoretisch zu erklären [71]. Dies gilt selbst für nur leicht perturbierte, aber ansonsten sehr rechenintensive Probleminstanzen [102].

Alternative Verfahren weisen oft eine weitaus bessere theoretische Laufzeitkomplexität auf. Sowohl die Ellipsoidmethode als auch das Innere-Punkte-Verfahren können Probleme in polynomieller Laufzeit optimieren [107]. Erstere ist jedoch nur auf sehr kleine Probleminstanzen anwendbar und in praktischer Anwendung nur selten schneller als der Simplex-Algorithmus, weshalb die Ellipsoidmethode zum Lösen von DEA Problemen ungeeignet erscheint. Ein ernsthafter Konkurrent findet sich hingegen im Innere-Punkte-Verfahren. Hier kann keine allgemeine Aussage darüber getroffen werden, ob eine gegebene Pro-

bleminstanz mit dem einen oder anderen Verfahren schneller gelöst werden kann. Die Performanz ist in der Regel ähnlich [103]. In experimentelle Studien wurde herausgefunden, dass für DEA Optimierungsprobleme der Simplex-Algorithmus oftmals überlegen ist, in Einzelfällen jedoch die Anwendung des Innere-Punkte-Verfahrens vorzuziehen ist [78]. Eine generelle Präferenz kann also nicht formuliert werden, es erscheint jedoch am sinnvollsten, auf das traditionelle Simplex-Verfahren zu setzen. Um Flexibilität in der späteren Anwendung und Evaluation sicherzustellen wurde als Sekundärziel angestrebt, eine einfache Umstellung auf das Innere-Punkte-Verfahren im Notfall zu ermöglichen. Dies war in der Implementierung des algorithmischen Kerns entsprechend zu berücksichtigen.

Um die Grundfunktionalität der DEA innerhalb des algorithmischen Kerns zu implementieren und zur Verfügung zu stellen haben wir eine Reihe verschiedener Szenarien in Betracht gezogen. Eine Möglichkeit wäre es gewesen, die Algorithmik des Simplex-Verfahrens vollständig selbst zu entwickeln. Alternativ dazu hätte die Funktionalität in eine Tabellenkalkulationssoftware (bspw. Microsoft Excel) integriert werden können. Darüber hinaus war auch die Verwendung einer dedizierten LP-Software in Kombination

mit einer Web-Service-Schnittstelle denkbar. Letztlich wurde letztere Variante gewählt. Als Vorteil einer Eigenentwicklung wäre zum einen das Lizenzrecht zu nennen gewesen, da so vollständige Freiheit bei der Verwendung des Codes und Flexibilität bei der Umsetzung bestünde. Die Optimierungsprobleme der DEA können jedoch weitgehend mit LP-Standardfunktionalität berechnet werden und das Angebot existierender LP-Solver breit gefächert ist. Daher wurde sich gegen diese Umsetzungsvariante entschieden. Sie wäre mit großem Aufwand für Entwicklung und insbesondere für das Testen verbunden gewesen. Das Angebot an LP-Solvern ist mit mehreren ausgereiften Open-Source-Produkten und einer Reihe kommerzieller Produkte sehr umfangreich, so dass für jeden Anwendungsfall die richtige Software zu finden ist.

Die Integration in ein Tabellenkalkulationsprogramm wäre insbesondere aus Praxis-sicht interessant gewesen, da insbesondere Microsoft Excel ein omnipräsentes Softwareprodukt ist und, entsprechende Erfahrung beim Anwender vorausgesetzt, die Einarbeitungszeit in eine DEA Analysesoftware so kürzer ausfallen könnte als dies bei Eigenentwicklungen der Fall wäre. Da jedoch die Integration in das finale Analysewerkzeug in diesem Fall nur schwer umsetzbar gewesen wäre wurde sich gegen diese Möglichkeit entschieden. Auch ist das Angebot an in Tabellenkalkulationssoftware integrierbaren LP-Solvern eher gering. Die Bereitstellung der Funktionalität eines LP-Solvers über einen Webservice hat den Vorteil, dass dieser leicht in eine Webapplikation einzubinden ist. Dies stellte im frühen Stadium des Projektes sicher, bei der Implementierung des finalen Analysewerkzeugs ein hohes Maß an Flexibilität bestand. Aus diesem Grund haben wir uns für die Umsetzung dieses Szenarios entschieden. Konkret wurde für das Softwareprodukt als LP-Solver das *GNU Linear Programming Kit* (GLPK)⁸ verwendet, da es eine frei zu verwendende und zugleich ausgereifte Software ist. GLPK unterstützt die oben beschriebene Trennung zwischen einem abstrakten Optimierungsproblem und den konkreten Daten. Beides wird dem Solver in Form von Texteingaben übergeben, welche gemäß des *GNU Math Prog* Standards erstellt sein müssen. Dieser entspricht einer Teilmenge des AMPL-Standards⁹, was die einfache Austauschbarkeit des LP-Solvers sicherstellt. Durch diese strikte Trennung ist es möglich, das konkret verwendete DEA-Modell schnell und einfach auszutauschen. Der *GNU Math Prog* Standard ist eine deklarative Beschreibungssprache, die der üblichen mathematischen Beschreibung von DEA-Modellen sehr ähnlich ist. Der Aufwand zur Umstellung auf ein neues DEA-Modell bewegt sich dann (je nach Erfahrung des DEA-Modellerstellers) zwischen wenigen Minuten bis Stunden.

⁸ <http://www.gnu.org/software/glpk/>.

⁹ <http://www.ampl.com/>.

2.2.4 Entwicklung des Softwareassistenten ServDEA

2.2.4.1 Problemstellung

Finales Ziel des Projekts war die Entwicklung eines einfach zu benutzenden Softwareassistenten, mit dem DEA-Produktivitätsmodelle für Dienstleistungen im Rahmen eines angeleiteten Prozesses formuliert und berechnet werden können.

Bestehende DEA-Software lässt sich in die drei Kategorien *Kommandozeilen-Programme*, *Erweiterungen für Tabellenkalkulationen* und *eigenständige Anwendungen* einteilen. Zu den Kommandozeilen-Programme gehören Implementierungen, die im Zuge eines wissenschaftlichen Artikels entstanden sind [59] sowie Pakete für statistische Programmiersprachen, die in einer Kommandozeilenumgebung, wie bspw. R, ablaufen (z. B. [70]). Darüber hinaus existieren Erweiterungen für Tabellenkalkulationen, mit deren Hilfe sich ein DEA-Modell innerhalb der Tabellenkalkulation berechnen lässt [110]. Die Kategorie der eigenständigen Anwendungen umfasst Programme, die primär für den Zweck der DEA-Berechnung mit einer grafischen Benutzeroberfläche entwickelt wurden (z. B. [87]). Detaillierte Evaluationen von DEA-Software findet sich in der Literatur [60, 111].

Bestehende DEA-Software ist im Allgemeinen in der Lage, Inputs und Outputs entgegen zu nehmen und damit ein DEA-Modell zu berechnen. Jedoch wird die Entwicklung und Spezifikation passender Inputs und Outputs für ein DEA-Modell nicht durch die Software unterstützt und muss somit manuell durch den Anwender erfolgen. Genau an diesem Punkt setzt der entwickelte Forschungsprototyp des Softwareassistenten an und unterstützt den Anwender bei der Entwicklung passender Inputs und Outputs sowie der Auswahl eines adäquaten DEA-Modells zur Berechnung eines Produktivitätsmodells für Dienstleistungen.

2.2.4.2 Fachkonzeption

Um einen adäquate Softwareassistenten zur Formulierung und Berechnung eines Produktivitätsmodells für Dienstleistungen zu entwickeln wurden zuerst Anforderungen in Form eines Meta-Designs [105, 106] erhoben (vgl. im Folgenden [64, 68]). Ein Meta-Design für Software beschreibt eine Klasse von Anwendungen, nicht eine konkrete Implementierung. Es ist daher möglich, die erhobenen Anforderungen durch unterschiedliche Implementierungen umzusetzen oder auch nur eine Auswahl der Anforderungen zu implementieren. Das entwickelte Meta-Design (vgl. Abb. 2.23 sowie [64, 68]) wurde anschließend im Forschungsprototyp ServDEA teilweise umgesetzt. Die primären Komponenten des Meta-Designs, bestehend aus der Modellierungsumgebung, der Dokumentationskomponente, der Wissensdatenbank und der DEA-Transformationsroutine wurden implementiert (vgl. Abb. 2.23 sowie [68]).

Die *Modellierungsumgebung* stellt sowohl eine grafische Benutzeroberfläche zum Anlegen und Verändern von Produktivitätsmodellen als auch ein Repository für die erstellten Produktivitätsmodelle dar (vgl. im Folgenden [64, 68]). Die Modellierungssprache zur Definition von Produktivitätsmodellen entspricht der in Abschn. 2.2.2.3 beschriebenen Spezifikation und besteht aus drei Ebenen. Auf der ersten Ebene wird der *Anwendungskontext*

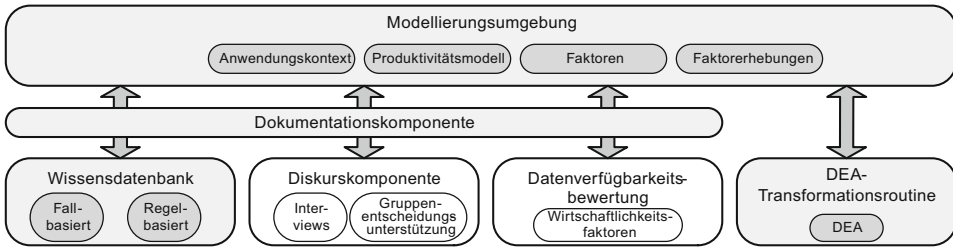


Abb. 2.23 Meta-Design des Softwareassistenten in Anlehnung an [67]

des Produktivitätsmodells und somit der Betrachtungsgegenstand beschrieben. Hierfür wird die Zielsetzung textuell dargestellt und der Anwendungskontext durch auswertbare Attribute, wie bspw. Branche und Unternehmensgröße, charakterisiert. Des Weiteren wird das *Produktivitätsmodell* beschrieben, das eine mögliche Variante der Produktivität in einem Anwendungskontext repräsentiert. Auch für ein Produktivitätsmodell können auswertbare Attribute definiert werden. Die zweite Ebene beschreibt die abstrakten Input- und Output-*Faktoren* eines Produktivitätsmodells. Diese werden auf der dritten Ebene durch konkrete *Faktorerhebungen* ausgestaltet und mit Berechnungsvorschriften versehen.

Die *Dokumentationskomponente* dient zum Festhalten von Entscheidungen, die auf den drei Ebenen der Modellierungsumgebung getroffen wurden (vgl. im Folgenden [62, 64, 68]). Dies kann bspw. durch die textuelle Beschreibung der verwendeten Konzepte geschehen oder durch eine explizite Historie von Argumentationen, die zur Aufnahme oder der Ablehnung eines Konzeptes auf den drei Ebenen geführt hat. Die Dokumentation dient der Nachvollziehbarkeit des Produktivitätsmodells für die Entwickler als auch die Nutzer. Dadurch wird die Glaubwürdigkeit der entwickelten Produktivitätsmodelle verbessert.

Die *Wissensdatenbank* umfasst Referenzlösungen auf Ebene der Anwendungskontexte, der Produktivitätsmodelle, der Faktoren und der Faktorerhebungen (vgl. im Folgenden [64, 68]). Eine Referenzlösung beschreibt eine idealtypische Lösung bzw. Formulierung eines Produktivitätsmodells für eine Klasse von Dienstleistungen. Die Referenzlösungen sollen als Inspiration dienen, um so letztendlich die Qualität der Produktivitätsmodelle zu erhöhen. Zur Ermittlung von gleichen bzw. ähnlichen Referenzlösungen auf den drei unterschiedlichen Ebenen kann sowohl regelbasierte Konfiguration als auch fallbasiertes Schließen verwendet werden. Beim fallbasierten Schließen werden Referenzlösungen durch einen Analogieschluss ermittelt (Vgl. im Folgenden [99]). Hierzu wird eine Falldatenbank mit der Problembeschreibung und der Problemlösung aufgebaut, in der anschließend ähnliche Fälle durch Analogien ermittelt werden können. Ausgehend von den ermittelten Fällen kann eine Referenzlösung für den aktuellen Fall erstellt werden, die wiederum in die Falldatenbank aufgenommen wird. Hingegen wird bei der regelbasierten Konfiguration der Suchraum durch das hinzufügen weiterer Parameter, die durch die Regeln ausgewertet werden, eingegrenzt. Die Regeln bestehen aus „wenn ... dann“-Aussagen und repräsentieren Gebote oder Verbote.

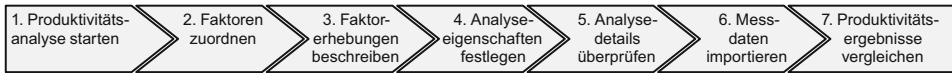


Abb. 2.24 Phasenmodell [67]

Die *DEA-Transformationsroutine* erlaubt eine automatische Transformation des Produktivitätsmodells in ein adäquates DEA-Modell (vgl. im Folgenden [64, 68]). Dabei werden besondere Eigenschaften des Produktivitätsmodells, wie bspw. die Nichtbeeinflussbarkeit von Faktoren, automatisch berücksichtigt. Dies geschieht durch eine manuelle Annotation von generellen Eigenschaften an das Produktivitätsmodell und spezifischen Eigenschaften an die jeweiligen Faktoren bzw. Faktorerhebungen. Darauf aufbauend werden aus der Gesamtmenge von DEA-Modellen kompatible DEA-Modelle ermittelt und zur Durchführung der Berechnung vorgeschlagen. Unter Zuhilfenahme des algorithmischen Kerns (vgl. Abschn. 2.2.3) wird das DEA-Modell berechnet.

Des Weiteren wurde, aufbauend auf dem Meta-Design, für den Ablauf des Softwareassistenten ein Phasenmodell (vgl. Abb. 2.24) entwickelt (vgl. im Folgenden [64, 68]). Das Phasenmodell stellt die einzelnen Schritte der Modellierungsmethode zur Entwicklung eines Produktivitätsmodells mit der ServDEA-Modellierungssprache (vgl. Abschn. 2.2.2.3) dar. Das sieben Schritte enthaltende Phasenmodell leitet den Nutzer durch die Erstellung eines Produktivitätsmodells bis hin zur Präsentation der Auswertungsergebnisse. Der erste Schritt „Produktivitätsanalyse starten“ beinhaltet die Beschreibung des Anwendungskontextes als auch des Produktivitätsmodells. Im zweiten Schritt werden die abstrakten Input- und Output-Faktoren definiert. Diese werden im dritten Schritt „Faktorerhebungen beschreiben“ durch konkrete Faktorerhebungen ausgeprägt. Die ersten drei Phasen werden durch die Wissensdatenbank unterstützt, sodass der Benutzer jederzeit nach ähnlichen Anwendungsszenarien, Produktivitätsmodellen, Faktoren oder Faktorerhebungen suchen kann. Im vierten Schritt werden allgemeine, für die Berechnung des Produktivitätsmodells mit der DEA notwendige Eigenschaften abgefragt. Basierend auf den definierten Eigenschaften wird automatisch ein entsprechendes DEA-Modell durch die DEA-Transformationskomponente ausgewählt. Im fünften Schritt werden die bis dahin getätigten Eingaben im Überblick dargestellt, um diese überprüfen und ggf. korrigieren zu können. Im sechsten Schritt können die Daten je DMU für die konkreten Faktorerhebungen eingegeben werden. Das DEA-Modell und die eingegebenen Daten werden im siebten Schritt durch die DEA-Transformationskomponente berechnet, woraufhin das Ergebnis grafisch dargestellt wird.

2.2.4.3 Implementierung

Bei der Implementierung des Softwareassistenten wurden zuerst die grundlegende Modellierungsumgebung und anschließend die darauf aufbauende DEA-Transformationsroutine, die Wissensdatenbank und die Dokumentationskomponente implementiert. Dabei wurde ein inkrementelles Vorgehensmodell für die Softwareentwicklungsprozesse verwendet.

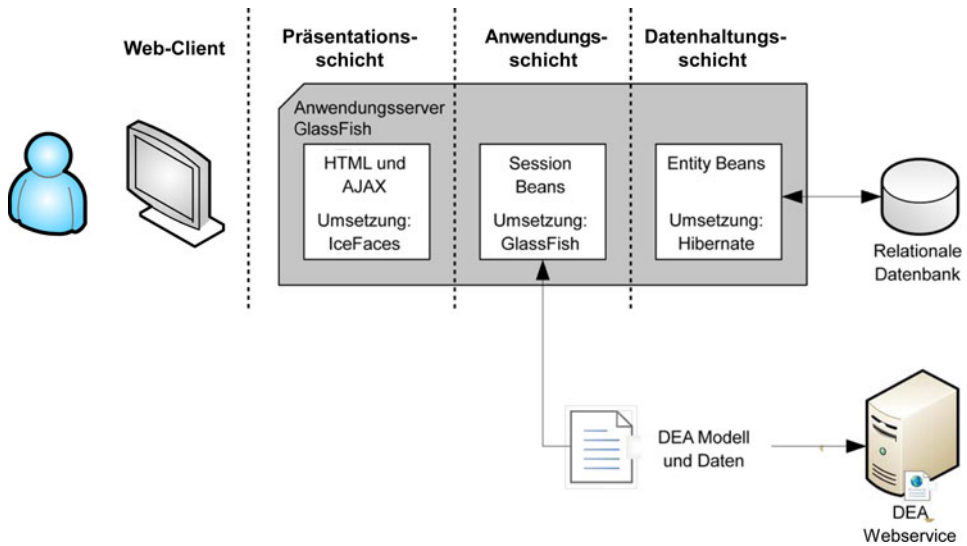


Abb. 2.25 Architektur des Softwareassistenten

Die zuvor beschriebenen primären Komponenten des Meta-Designs wurden in Form einer dreischichtigen Web-Anwendung implementiert (vgl. im Folgenden [68]). Die dabei verwendete Drei-Schichten-Architektur entspricht dem *Core J2EE Modell* [82] bestehend aus der Datenhaltungs-, Anwendungs- und Präsentationsschicht (vgl. Abb. 2.25). Die Implementierung des Forschungsprototyps erfolgte mit der *Java Platform, Enterprise Edition, v 6* (Java EE 6) Architektur sowie dem *GlassFish* Anwendungsserver. Die Datenhaltungsschicht wurde mit *Entity Beans* umgesetzt und gewährleistet die Austauschbarkeit der darunterliegenden relationalen Datenbank. Mit Hilfe von *Session Beans* wurde die Geschäftslogik für die Erstellung und Verwaltung von Produktivitätsmodellen, der Wissensdatenbank und der DEA-Transformationsroutine umgesetzt. Auf der Präsentationsschicht der Web-Anwendung wurden *HTML* und *AJAX* (Asynchronous JavaScript and XML) durch die Verwendung des *IceFaces* Frameworks eingesetzt. Durch die Kombination dieser beiden Technologien kann unnötiges erneutes Laden der Webseiten im Browser vermieden werden, wodurch die Reaktionszeit der Anwendung wesentlich erhöht wird.

Als Datenschnittstelle zu den betrieblichen Datenbanken, die die konkreten Werte der Inputs und Outputs für jede DMU enthalten, wird das weitverbreitete *Comma-Separated Values* (CSV) Dateiformat verwendet. Diese Datenschnittstelle kann über eine Webseite in der Präsentationsschicht verwendet werden. Die DEA-Transformationskomponente in der Anwendungsschicht überträgt diese Daten an den DEA-Webservice und nimmt anschließend die DEA-Ergebnisse als Resultat entgegen.

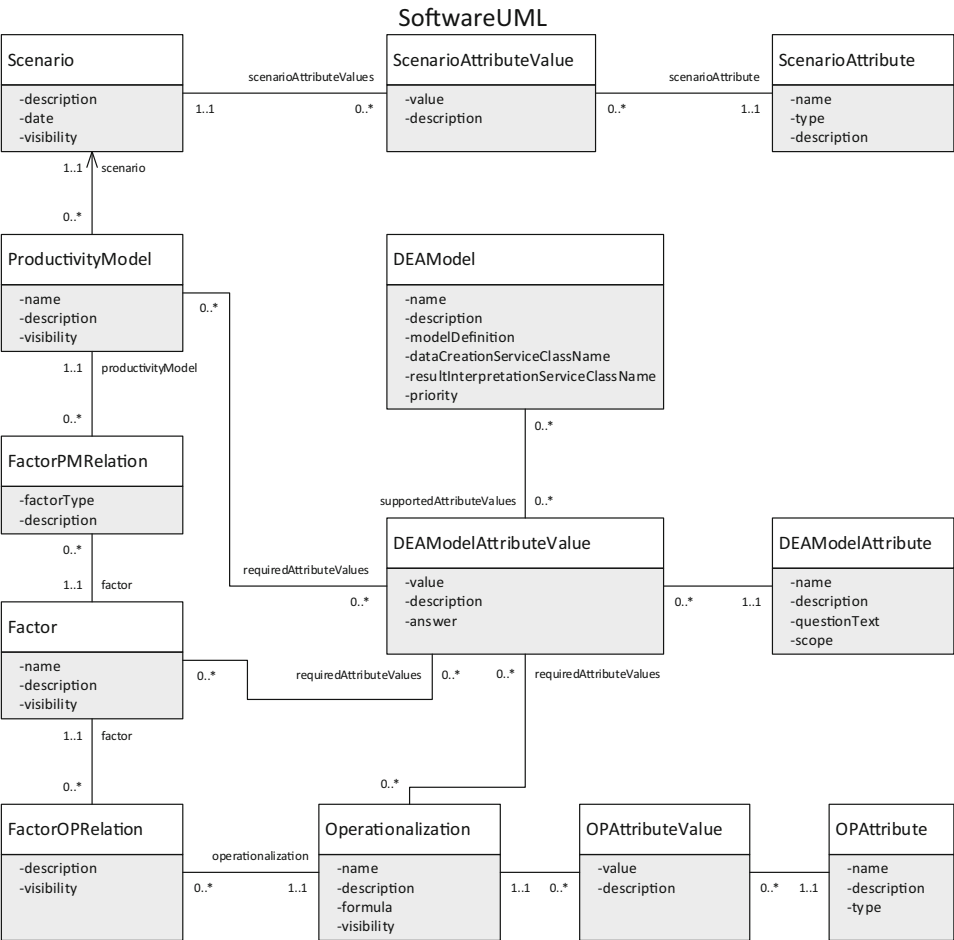
Für die Implementierung der Modellierungsumgebung wurden zuerst die drei Ebenen der Modellierungssprache umgesetzt. Das UML Klassendiagramm in Abb. 2.26 stellt die Abbildung der Modellierungssprache auf objektorientierte Klassen sowie die relationale

Datenbank dar. Der Aufbau und das Zusammenspiel der Modellierungssprache soll im folgendem Anhand dieser Abbildung beschrieben werden. Der Anwendungskontext (vgl. *Scenario* und folgende englische Begriffe in Abb. 2.26) der im ersten Schritt des Phasenmodells (vgl. Abb. 2.24) erstellt wird, speichert die genaue textuelle Beschreibung in dem Attribut Beschreibung (*description*). Da je nach Einsatzzweck und Branche unzählige weitere Merkmale einen Anwendungskontext zu charakterisieren helfen, ist die Definition weiterer Attribute dynamisch. Das bedeutet, dass zur Laufzeit, also nach der Entwicklung und dem Deployment, weitere Attribute für einen Anwendungskontext erstellt werden können. Dafür wird ein Anwendungskontextattribut (*ScenarioAttribute*) mit einem Namen (*name*), einem Typ (*type*) sowie einer Beschreibung (*description*) erstellt. Beispiele hierfür sind eine Branche oder der Kontinent, in dem die Produktivitätsanalyse durchgeführt wird. Der Typ gibt an, ob es sich um ein Freitextattribut wie die Branche oder um eine vorher definierte Auswahl wie den Kontinent handelt. Die konkreten Werte für ein Anwendungskontextattribut, wie die Branche „Energieversorgung“ werden in der Klasse Anwendungskontextattributwert (*ScenarioAttributeValue*) im Attribut Wert (*value*) gespeichert.

Das Produktivitätsmodell, das ebenfalls im ersten Schritt des Phasenmodells beschrieben wird, hat eine eindeutige Zuordnung zu dem vorher definierten Anwendungskontext. Des Weiteren werden der Name und die Beschreibung gespeichert. Die Faktoren (*Factor*), die im zweiten Schritt des Phasenmodells definiert werden, sind über die Faktor-Produktivitätsmodell-Beziehung (*FactorPMRelation*) eindeutig dem Produktivitätsmodell zugeordnet. Da ein Faktor in unterschiedlichen Produktivitätsmodellen sowohl als Input als auch als Output verwendet werden kann, ist die Faktor-Produktivitätsmodell-Beziehung notwendig. Der Faktortyp (*factorType*) dieser Beziehung gibt an, ob es sich um einen Input- oder Outputfaktor handelt. Da die Beschreibung des Faktors ebenfalls abhängig vom Produktivitätsmodell ist, ist die Beschreibung ebenfalls in der Faktor-Produktivitätsmodell-Beziehung gespeichert. Die Faktoren speichern daher nur ihren eigenen Namen. Da Faktoren durch unterschiedliche Faktorerhebungen (*Operationalization*) ausgeprägt werden können und umgekehrt Faktorerhebungen für unterschiedliche Faktoren verwendet werden können, wird auch hier eine Faktor-Faktorerhebung-Beziehung eingeführt (*FactorOPRelation*). Auch in dieser Beziehung wird wieder die Beschreibung, die innerhalb eines Produktivitätsmodells genutzt wird, gespeichert.

Für die Faktorerhebungen, die im dritten Schritt des Phasenmodells ausgeprägt werden, wird der Name, die Beschreibung und die mathematische Formel (*formula*) gespeichert. Da es analog zu den Anwendungskontexten weitere Merkmale gibt, ist es auch für die Faktorerhebungen möglich, dynamisch weitere Attribute zu spezifizieren. Hierfür sind die Klassen Faktorerhebungsattribut (*OPAttribute*) und Faktorerhebungsattributwert (*OPAttributeValue*) notwendig.

Aufbauend auf der Modellierungsumgebung wurde die DEA-Transformationskomponente implementiert. Dafür notwendig war die Definition von unterschiedlichen DEA-Modellvarianten, wie bspw. das CCR- oder BCC-Modell, die durch das DEA-Modell (vgl. *DEAModel* und folgende englische Begriffe in Abb. 2.26) repräsentiert werden.



Abkürzungen
PM: ProductivityModel
OP: Operationalization

Abb. 2.26 Ausschnitt aus dem UML Klassendiagramm des Softwareassistenten

Ein DEA-Modell besteht aus einem Namen, einer Beschreibung und der mathematischen Modelldefinition (*modelDefinition*) der DEA-Modellvariante, die in der GNU Math Prog Sprache beschrieben wird (vgl. Abschn. 2.2.3). Zusätzlich zur Modelldefinition müssen die eingegebenen Daten aus einem anwendungsinternen Format an das erwartete Format der Modelldefinition angepasst werden und letztendlich auch die resultierenden Ergebnisse wieder in ein anwendungsinternes Format überführt werden. Um dies im Softwareassistenten automatisch durchführen zu können, bedienen wir uns der Fabrikmethode [83], die eine entsprechende Klasse zur Datenerstellung und zur Ergebnisinterpretation zur Laufzeit erstellt. Die Namen der entsprechenden Klassen werden

in den Attributen Datenerstellungsservice-Klassenname (*dataCreationServiceClassName*) und Ergebnisinterpretationsservice-Klassenname (*resultInterpreationServiceClassName*) gespeichert. Des Weiteren kann eine Priorität (*priority*) definiert werden, wenn ein DEA-Modell einem anderen vorgezogen werden soll.

Um eine automatische Auswahl eines adäquaten DEA-Modells in Abhängigkeit von den jeweiligen unterstützten Eigenschaften zu ermöglichen, wurden DEA-Modellattribute (vgl. *DEAModelAttribute* und folgende englische Begriffe in Abb. 2.26) eingeführt. Analog zu den Attributen des Anwendungskontextes gibt es ein DEA-Modellattribut, das den Namen und eine Beschreibung definiert. Im Gegensatz zu den Attributen des Anwendungskontextes werden für DEA-Modellattribute Fragen (*questionText*) und die möglichen DEA-Modellattributwerte (*DEAModelAttributeValue*) in Form von Antworten (*answer*) gleichzeitig definiert. Jedes DEA-Modellattribut prüft somit eine Eigenschaft des DEAModells in Form einer Frage ab. Die möglichen Antworten auf die Frage sind in den DEA-Modellattributwerten hinterlegt. Des Weiteren gibt es generelle Eigenschaften eines DEA-Modells, die beim jeweiligen Produktivitätsmodell als erforderliche Eigenschaften (*requiredAttributeValues*) hinterlegt werden. Zu diesen Eigenschaften gehört, ob ein DEA-Modell eine input- oder outputorientierte Optimierung vornimmt oder ob Skaleneffekte bei der Produktivitätsanalyse beachtet werden sollen. Neben den generellen Eigenschaften gibt es noch spezielle Eigenschaften, die den Faktoren bzw. Faktorerhebungen zugeordnet werden. Bspw. wird direkt am Faktor in Form einer erforderlichen Eigenschaft (*requiredAttributeValues*) hinterlegt, ob ein Faktor durch die Handlungen der DMUs beeinflusst bzw. kontrolliert werden kann. Analog wird auf der Ebene der Faktorerhebungen bspw. hinterlegt, ob es sich um eine Indexkennzahl handelt oder nicht. Um zu wissen, welche Eigenschaft auf welcher Ebene abgefragt werden muss, hat jedes DEA-Modellattribut einen Geltungsbereich (*scope*), der angibt, ob dieses auf Ebene der Produktivitätsmodelle, der Faktoren oder Faktorerhebungen abgefragt wird.

Die Integration der DEA-Transformationskomponente in das gesamte Phasenmodell wird im Folgenden näher beschrieben. Die DEA-Modellattribute werden durch die Anzeige der Fragen und die Auswahl einer Antwort in das Phasenmodell integriert. Dies geschieht für Eigenschaften, die Faktoren betreffen, im zweiten Schritt und für Eigenschaften, die Faktorerhebungen betreffen, im dritten Schritt. Die Eigenschaften, die das gesamte Produktivitätsmodell betreffen, werden im vierten Schritt abgefragt. Daher kann nach dem vierten Schritt mit Hilfe der definierten erforderlichen Eigenschaften automatisch ein adäquates DEA-Modell ausgewählt werden. Hierfür werden bei der Erstellung von DEA-Modellen alle unterstützten Eigenschaften (*supportedAttributesValues*) eines DEA-Modells in Form von DEA-Modellattributwerten definiert. Dadurch kann ein automatischer Abgleich von erforderlichen zu den unterstützten Eigenschaften eines DEA-Modells stattfinden und so ein DEA-Modell ausgewählt werden. Dieser Abgleich geschieht durch eine regelbasierte Konfiguration in der Wissensdatenbank. Das automatisch ermittelte DEA-Modell kann im fünften Schritt ggf. geändert werden. Die im sechsten Schritt eingegebenen Daten werden zur Berechnung der DEA durch die Datenerzeugungsklasse angepasst, an den DEA-Webservice (vgl. Abb. 2.25) geschickt und das Resultat anschließend durch

die Ergebnisinterpretationsklasse wieder in das anwendungsinterne Format umgewandelt. Diese Ergebnisse werden anschließend im siebten Schritt angezeigt.

Die Dokumentationskomponente wurde durch die Namen, die Beschreibungen und ggf. die dynamische Erstellung von weiteren Attributen für die Klassen des Anwendungsszenarios, des Produktivitätsmodells, der Faktoren und der Faktorerhebungen umgesetzt. Im Softwareassistenten wurde für die Wissensdatenbank sowohl ein fallbasiertes Schließen als auch ein regelbasiertes Konfigurieren implementiert. Das fallbasierte Schließen versucht automatisch ähnliche Referenzlösungen durch Analogiebildung zu ermitteln. Dafür werden zuerst Informationen benötigt um eine Analogie herstellen zu können. Deshalb benutzt das fallbasierte Schließen im ersten Schritt des Phasenmodells (vgl. Abb. 2.24) die eingegebenen Informationen wie die Branche, die Region, den DMU Typ des Anwendungskontextes als auch den Namen und die Beschreibung des Produktivitätsmodells, falls diese angegeben wurden. Ausgehend von diesen Informationen werden ähnliche Produktivitätsmodelle bspw. anhand der Branche oder der Region ermittelt und zur näheren Untersuchung und Inspiration angeboten. Im zweiten und dritten Schritt werden Faktoren bzw. Faktorerhebungen aus den so identifizierten Produktionsmodellen zur Wiederverwendung angeboten. Zusätzlich werden im zweiten und dritten Schritt des Phasenmodells Faktoren bzw. Faktorerhebungen mit Hilfe von Netzwerkanalyse-Algorithmen vorgeschlagen. Hierfür werden die Faktoren bzw. Faktorerhebungen als Netzwerk interpretiert. Dabei repräsentieren Knoten die Faktoren bzw. Faktorerhebungen und gewichtete Kanten die Anzahl der Verwendung der beiden verbundenen Knoten in einem Produktivitätsmodell. Werden die bereits definierten Faktoren bzw. Faktorerhebungen als Parameter an die Netzwerkanalyse-Algorithmen übergeben, so wird der Suchraum mit Hilfe der Netzwerkanalyse-Algorithmen (bspw. durch Suche nach direkten Nachbarn im Netzwerk) eingeschränkt und als Ergebnis zurückgeliefert. Dadurch werden bereits in anderen Produktivitätsmodellen zusammen verwendete Faktoren bzw. Faktorerhebungen ermittelt. Die regelbasierte Konfiguration wurde für die Ermittlung eines passenden DEA-Modells implementiert. Mit Hilfe von „wenn ... dann“-Regeln werden die erforderlichen Eigenschaften eines Produktivitätsmodells ausgewertet, um die passenden DEA-Modelle zu identifizieren und zur Berechnung anzubieten.

Initialisiert wurde die Wissensdatenbank mit den Daten aus 236 Publikationen aus dem wissenschaftlichen Umfeld. Hierfür wurden zuerst aus 12 mit A oder A+ bewerteten internationalen Journals 625 Publikationen mit dem Suchbegriff DEA extrahiert. Beiträge ohne Produktivitätsmodelle und reine mathematische Beiträge wurden übergangen, sodass schlussendlich Produktivitätsmodelle aus 236 Publikationen in die Wissensdatenbank überführt wurden. Insgesamt umfasst die Wissensdatenbank 282 Anwendungskontexte mit 384 Produktivitätsmodellen sowie 1188 in Produktivitätsmodellen verwendete Faktoren.

2.2.5 Produktivitätsbenchmarking von Dienstleistungen mit dem Softwareassistenten ServDEA – Ein Fallbeispiel

In diesem Abschnitt wird in einem fiktiven Szenario beschrieben, wie ein Unternehmen den Softwareprototypen ServDEA für die vergleichende Bewertung einsetzen könnte. Es folgt eine Erläuterung, wie der Prozess der Formulierung und Berechnung mit DEA eines Produktivitätsmodells für Dienstleistungen, unterstützt durch den Softwareprototypen ServDEA, ablaufen könnte.

Beispiel

Das Unternehmen G&D Robotics AG ist ein international operierender und europaweit führender Hersteller von High-Tech-Robotern für komplizierte Fertigungsaufgaben mit Hauptsitz in Münster. Die AG besitzt weltweit aktive Servicegesellschaften, deren Mitarbeiter die Instandhaltung und Instandsetzung beim Kunden vor Ort erledigen. Aufgrund des steigenden Konkurrenzdrucks und dem damit verbundenen Kostendruck in Europa möchte die G&D Robotics AG die Produktivität der Dienstleistungen der lokalen Servicegesellschaften analysieren und die Effizienz der Instandhaltung und Instandsetzung steigern.

Die Produktivitätsanalyse im ServDEA-Prototypen findet in sieben Schritten statt, durch die der Nutzer bzw. Analyst Schritt für Schritt geleitet wird. Diese Schritte sind in Abb. 2.24 dargestellt. In den ersten fünf Schritten wird das Produktivitätsmodell definiert. In den letzten beiden Schritten werden die Messdaten importiert und die Produktivität einzelner DMUs (Decision Making Unit) berechnet. Eine DMU kann im Beispiel der G&D Robotics AG eine regionale Servicegesellschaft sein, die Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten beim Kunden durchführt.

Aufgrund der oben genannten Beispieldaten der G&D Robotics AG kann mit dem ersten Schritt der Analyse im Softwareprototyp ServDEA begonnen werden. Im Schritt „Produktivitätsanalyse starten“ soll der Analyst den Betrachtungsgegenstand der Produktivitätsanalyse eingrenzen. Neben textuellen Beschreibungen, die beispielsweise für den Kontext und die Ziele genutzt werden, stehen dem Nutzer vordefinierte Kriterien wie die Branche und die Region zur Verfügung, um das Produktivitätsmodell zu beschreiben. Durch die Vorgabe dieser Struktur soll eine detailreichere, zutreffendere und für Dritte besser nachvollziehbare Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes erreicht werden. Folglich lassen sich die Konstrukte „Analysekontext“ und „Analyseziel“ aus dem oben beschriebenen Szenario herleiten als „industrielle Dienstleistungen im Anlagenbau“ und „Produktivitätsmessung der lokalen Servicegesellschaften innerhalb von Europa“. Für dieses Szenario wird eine Produktivitätsanalyse mit dem ServDEA-Prototypen durchgeführt.

Beispiel

Der Leiter der Servicesparte der G&D Robotics AG, als Auftraggeber der Analyse, soll nun festlegen welche Faktoren ihm für die Bestimmung der Effizienz der lokalen Ser-

vicegesellschaften wichtig sind. Er führt gegenüber dem Analysten an, dass die Budgets für die Technikerteams, welche die Serviceeinsätze durchführen, und die Budgets für das Hotline-Team, welches den telefonischen Kundenservice durchführt, häufig verhandelt werden. Sie sind auf jeden Fall Teil der Analyse, genau wie die pro Jahr für Weiterbildungen ausgegeben Mittel. Die wichtigen Ziele einer jeden lokalen Servicegesellschaft sind stets das Bearbeiten von Kundenaufträgen (Instandhaltung und Instandsetzung). Auch die Zeit, in der die Aufträge durchgeführt werden, hält er für wichtig.

Auf Grund der Aussagen des Leiters der Servicesparte aus dem Beispielabschnitt kann der zweite Modellierungsschritt „Faktoren zuordnen“ durchgeführt werden. Da die drei genannten Budget-Größen als verwendete Ressourcen in die Dienstleistungserbringung eingehen, werden sie als Input-Faktoren modelliert. Das Bearbeiten von Kundenaufträgen ist das primäre Ziel der analysierten Dienstleistung, welches für die Wartungstechniker und das Hotline-Team getrennt gemessen wird. Daher werden sie als separate Output-Faktoren dargestellt. Nachdem eine erste Zusammenstellung von wichtigen Faktoren durch den Leiter der Servicesparte ermittelt wurde, sollen weitere Faktoren mit der Inspirationsfunktion des Softwareprototypen identifiziert werden. Ausgehend von den Informationen aus den Konstrukten „Analysekontext“ und „Analyseziel“ werden ähnliche Produktivitätsmodelle ermittelt und zur Inspiration angeboten. Aus den vorgeschlagenen Faktoren werden zusätzlich zu den o. g. noch die Verfügbarkeit von Ersatzteilen (als Input) und die Einbeziehung der Kundenzufriedenheit (als Output) herangezogen. In der linken Hälfte von Abb. 2.27 wurde dieser zweite Schritt zusammen mit dem nun vollständigen Produktivitätsmodell abgebildet. Da das Produktivitätsmodell mit den Konstrukten „Analysekontext“ und „Analyseziel“ assoziiert ist, steht es nach der Analyse in der Wissensdatenbank für zukünftige Analysen zur Verfügung. Auch in zukünftigen Produktivitätsmodellen wird so der Nutzer bei der Wahl von Faktoren inspiriert.

In der rechten Hälfte von Abb. 2.27 wird dargestellt, wie die regelbasierte Wissensdatenbank im Softwareprototypen Parameter zur Spezifikation der DEA abfragt. Der vorgeschlagene Faktor, der die Verfügbarkeit von Ersatzteilen darstellt, liegt außerhalb des Entscheidungsbereichs der lokalen Servicegesellschaften. Folglich muss diesem Umstand Rechnung getragen werden, indem nur solche lokalen Servicegesellschaften mit vergleichbaren Ersatzteilverfügbarkeiten verglichen werden. Dies wird gewährleistet, indem ein Anwender den Faktor als nicht-kontrollierbar kennzeichnet. Dadurch kann durch die regelbasierten Konfiguration ein passendes DEA-Modell ermittelt werden. Die Regel besteht in diesem Fall aus der Aussage „*wenn* ein nicht-kontrollierbarer Faktor spezifiziert wurde, *dann* verwende nur DEA-Modelle, die mit diesem Faktor korrekte Effizienzwerte berechnen können“.

Beispiel

Nachdem der Leiter der Servicesparte der G&D Robotics AG dem Analysten sein Einverständnis für die weiteren Faktoren gegeben hat, stellt sich die Frage, wie die Faktoren erhoben werden sollen. Um die drei Inputs, die das Budget messen, zu operationa-

Produktivitätsanalyse Arbeitsbereich Langzeitwissen Einstellungen Abmelden

1. Produktivitätsanalyse starten 2. Faktoren zuordnen 3. Faktorerhebungen beschreiben 4. Analyseigenschaften festlegen 5. Analysedetails überprüfen 6. Messdaten importieren 7. Produktivitätsergebnisse vergleichen

Faktoren zuordnen

Suche nach bestehenden Faktoren
Suche und Inspiration durch bestehende Analysen
Faktorempfehlungen

Inputfaktoren

Neuer Inputfaktor

Budget Technikerteam	x
Budget Hotline-Team	x
Schulungsbudget	x
regionale Ersatzteilverfügbarkeit	x

Outputfaktoren

Neuer Outputfaktor

Gelöste Instandhaltungsfälle	x
Gelöste Instandsetzungsfälle	x
Bearbeitungszeit eines Auftrags	x
Kundenzufriedenheit	x

Legen Sie bitte alle Eigenschaften des Faktors fest

Handelt es sich um einen kontrollierbaren oder nicht-kontrollierbaren Faktor?
Hier können Sie festlegen, ob es sich der betrachtete Faktor von Ihnen beeinflussen lässt

☐ 1. Es handelt sich um einen kontrollierbaren Faktor
Wählen Sie diese Einstellung, wenn es sich um einen kontrollierbaren Faktor handelt. Kontrollierbare Faktoren sind nicht durch externe Gegebenheiten festgelegt, sondern lassen sich direkt durch das Unternehmen bzw. dessen Leitung beeinflussen. Beispiele sind Budgets (für Technikerteams, Hotline-Teams, Schulungsbudgets, etc.).

☒ 2. Es handelt sich um einen nicht-kontrollierbaren Faktor
Wählen Sie diese Einstellung, wenn es sich um einen nicht-kontrollierbaren Faktor handelt. Nicht-kontrollierbare Faktoren sind durch externe Gegebenheiten festgelegt, lassen sich somit nicht direkt durch das Unternehmen bzw. dessen Leitung beeinflussen und werden oft als Umweltfaktoren bezeichnet. Beispiele hierfür sind die regionale Infrastruktur, die allgemeine Wirtschaftslage (Kaufkraft, etc.) oder relevante gesetzliche Anforderungen. Nicht-kontrollierbare Inputfaktoren eines outputorientierten Modells werden demnach nicht wie kontrollierbare Inputfaktoren minimiert, sondern dienen nur als reiner Vergleich. Dies gilt dementsprechend auch für nicht-kontrollierbare Outputfaktoren eines inputorientierten Modells.

Zurück Zurücksetzen Speichern Weiter

Abb. 2.27 Erstellung eines Produktivitätsmodells im ServDEA-Softwareassistenten#L

lisieren, können die Volumina der Budgets auf Monatsbasis aus dem internen Rechnungswesen herangezogen werden. Die Instandhaltung und Instandsetzung soll jeweils mit der Anzahl der erfolgreich bearbeiteten Kundenaufträgen operationalisiert werden, da nur das korrekte abschließen eines Auftrags Ziel einer lokalen Servicegesellschaften sein darf. Für die übrigen drei Faktoren (Ersatzteilverfügbarkeit, Bearbeitungszeit und Kundenzufriedenheit) fällt dem Leiter der Servicesparte keine passende Operationalisierung ein.

Im dritten Schritt „Faktorerhebungen beschreiben“ wird modelliert, wie die definierten Faktoren genau erhoben werden sollen. Den Input- und Output-Faktoren, die im zweiten Schritt benannt wurden, müssen nun passende Operationalisierungen gegenüber gestellt werden. Die Faktoren können konkretisiert werden, indem die Art und Einheit der Messung sowie Berechnungsvorschriften festgelegt werden. Ähnlich wie auf der Ebene der Faktoren kann auch auf Ebene der Operationalisierungen die Inspirationskomponente genutzt werden, um passende Vorschläge zu unterbreiten. Im vorliegenden Fall wurden durch die Suchfunktion die Faktoren Ersatzteilverfügbarkeit, Bearbeitungszeit und Kundenzufriedenheit jeweils mit der mittleren Lieferzeit, dem Kehrwert der durchschnittlichen Auftragsbearbeitungszeit und der durchschnittlichen Kundenzufriedenheitsbewertung operationalisiert.

Im vierten Schritt „Analyseeigenschaften festlegen“ muss festgestellt werden, ob Skaleneffekte berücksichtigt werden sollen oder nicht. Im Fall von konstanten Skalenerträgen

unterstellt die DEA einen linearen Zusammenhang zwischen großen und kleinen Servicegesellschaften. Die Annahme ist, dass bei gleichem Verhältnis der optimal gewichteten Input- und Outputfaktoren auch die Effizienz der untersuchten Servicegesellschaften stets identisch ist. Diese Annahme gilt nicht bei Berücksichtigung von Skaleneffekten (variable Skalenerträge). Es können auf diese Art große Servicegesellschaften berücksichtigt werden, die nur durch ihre Größe bessere Effizienzwerte aufweisen. Weiterhin kann zwischen einer Input- und einer Output-orientierten Analyseart gewählt werden. Inputorientiert bedeutet, dass bei gegebenen Ressourcen Ziele maximal erreicht werden sollen. Wenn eine outputorientierte Analyse durchgeführt wird ist analog die Zielgröße vorgegeben, welche dann mit minimalem Ressourceneinsatz erreicht werden soll. Obwohl ein Nutzer mit diesen Einstellungsmöglichkeiten Parameter an die DEA-Transformationsroutine übermittelt ist diese Komplexität vollkommen vor dem Nutzer verborgen. Stattdessen wird ein Nutzer durch intuitive Beschreibungen und Grafiken durch diesen Schritt geleitet.

Im fünften Schritt kann eine Übersicht über das spezifizierte Modell angezeigt werden. Damit können eingegebene Daten überprüft werden. Ebenso ist ein direkter Rücksprung zum entsprechenden Schritt möglich, um Änderungen schnell einpflegen zu können.

Im sechsten Schritt werden die operationalisierten Daten des Beispiels in den Assistent geladen. Dafür kann eine Eingabemaske zum manuellen Eingetragen oder der Import einer CSV-Datei genutzt werden. Mit Hilfe der Importschnittstelle werden die benötigten Daten, die aus dem Enterprise Resource Planning (ERP) System oder anderen Anwendungssystemen in eine CSV-Datei exportiert worden sind, eingelesen.

Der siebte und letzte Schritt, die Auswertung der Produktivitätsanalyse, wird in Abb. 2.28 gezeigt. Zur Anzeige dieser Analyseergebnisse wurde zunächst die Transformationsroutine genutzt, um, verborgen vor dem Nutzer, ein vorab spezifiziertes DEA-Modell zu berechnen. Anschließend wird in diesem letzten Schritt die Visualisierung der Analyseergebnisse präsentiert, zusammen mit detaillierten Ergebnissen für jede einzelne lokale Servicegesellschaft. In Abb. 2.28 ist eine solche Auswertung für die Servicegesellschaft in Birmingham (GBR) dargestellt. Die Gesellschaft in Birmingham wird als, zu 94 % effizient dargestellt, liegt also relativ nahe an den anderen effizienten Servicegesellschaften (effizienter Rand). Gleichzeitig wird empfohlen, die beiden deutschen Gesellschaften in Berlin und Dortmund zu konsultieren. Diese sind effizienter bei der Umwandlung von Ressourcen (Inputs) in Ziele (Outputs) und könnten zur Kommunikation von Best-Practices herangezogen werden.

2.2.6 Zusammenfassung und Ausblick

Das Hauptergebnis des Teilvorhabens „Informationstechnische Umsetzung des Produktivitätsbenchmarks von Dienstleistungen“ im Projekt ServDEA ist ein Softwareassistent, mit dessen Hilfe ein Analyst ein Produktivitätsmodell zur Analyse der Produktivität von Dienstleistungen spezifizieren kann. Der Softwareassistent unterstützt den Analysten im Rahmen eines siebenstufigen Prozesses bei der Spezifikation eines geeigneten Produktivi-

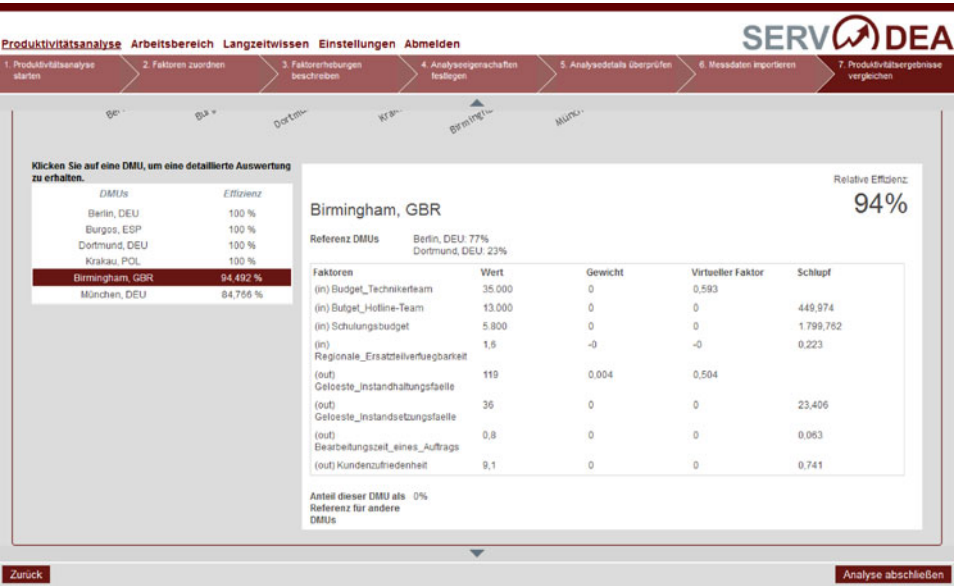


Abb. 2.28 Analysedetails einer DMU prüfen#L

tätsmodelles, bei der Transformation des Modells in ein durch die DEA lösbares Modell, und bei der Berechnung und Visualisierung der Ergebnisse. Der Softwareassistent basiert auf einer im Projekt entwickelten Modellierungssprache, mit der Produktivitätsmodelle unter Berücksichtigung der charakteristischen Eigenschaften von Dienstleistungen entwickelt werden können. Eine solche Modellierungssprache lag in der Literatur bis dahin nicht vor, was durch eine umfangreiche theoriegeleitete Analyse bestehender Modellierungssprachen festgestellt wurde. Die Berechnung der Dienstleistungsproduktivität erfolgt auf Basis von Echtdaten aus einem Unternehmen vor dem Hintergrund des zuvor entwickelten Produktivitätsmodells. Hierzu bindet der Softwareassistent den LP-Solver des GNU Linear Programming Kit dynamisch ein. Entsprechend der DEA-Methode ist das Ergebnis der Berechnung die Effizienz aller betrachteten Vergleichseinheiten (z. B. Wartungsprozesse als industrielle Dienstleistungen). Während einige der Vergleichseinheiten als effizient zu betrachten sind, werden für die ineffizienten Vergleichseinheiten die nächstliegenden effizienten Vergleichseinheiten sowie die Distanz zum effizienten Rand berechnet. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse können nachfolgend Gründe für die Ineffizienz gefunden sowie Strategien zur Verbesserung der Effizienz entwickelt werden. Auf diese Art und Weise kann die Produktivität der Dienstleistungen kontinuierlich verbessert werden.

Die Anwendbarkeit der entwickelten Methode wurde in Kooperation mit den am Projekt ServDEA beteiligten Unternehmen bereits prototypisch demonstriert. Nachfolgende Untersuchungen werden eine umfangreiche theoriegeleitete Evaluation des Softwareassistenten sowie dessen Anwendung in weiteren Unternehmen zum Gegenstand haben. Dieses

Vorgehen steht im Einklang mit dem Paradigma gestaltungsorientierter Forschung [88], das zyklisch die Entwicklung, Anwendung und Evaluation von Forschungsergebnissen vorsieht. Insbesondere ist im Rahmen dieser Evaluationen nachzuweisen, dass der Softwareassistent von Analysten verwendet werden kann, die keine vertieften Kenntnisse in der Funktionsweise der DEA besitzen. Ein Nachweis der Vorteilhaftigkeit einzelner Komponenten des Softwareassistenten kann erfolgen, indem Experimente durchgeführt werden, in denen Gruppen von Anwendern jeweils unterschiedliche Versionen des Softwareassistenten verwenden [68]. Anhand einer vergleichenden Analyse der jeweils entwickelten Produktivitätsmodelle zeigt sich daraufhin der Lösungsbeitrag der einzelnen Komponenten des Softwareassistenten, so dass vorteilhafte Konfigurationen des Softwareassistenten für bestimmte Einsatzszenarien in der Praxis empfohlen werden können.

Literatur

- [1] Backhaus, K., O. Bröker, P. Brüne, F. Reichle und R. Wilken. 2011. Measuring service productivity with Data Envelopment Analysis (DEA). RESER Conference.
- [2] Backhaus, Klaus, O. Bröker und R. Wilken. 2011. Produktivitätsmessung von Dienstleistungen mit Hilfe von Varianten der DEA. In: *Dienstleistungsproduktivität*, 225–245. Wiesbaden: Gabler.
- [3] Backhaus, K. und C. Kleikamp. 2001. Marketing von investiven Dienstleistungen. In *Handbuch Dienstleistungsmanagement*, Hrsg. M. Bruhn, H. Meffert, 73–101. Wiesbaden: Gabler.
- [4] Backhaus, K. und M. Voeth. 2010. *Industriegütermarketing*, 9. Aufl., Wiesbaden: Gabler.
- [5] Banker, R.D., A. Charnes, und W.W. Cooper. 1984. Models for the estimation of technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30:1078–1092.
- [6] Barth, K., M. Hartmann, und H. Schröder. 2007. *Betriebswirtschaftslehre des Handels*, 6. Aufl., Wiesbaden: Gabler.
- [7] Bartsch, S., M. F. Demmelmair, und A. Meyer. 2011. Dienstleistungsproduktivität – Stand der Forschung und Zusammenhang zu zentralen vorökonomischen Größen im Dienstleistungsmarketing. In *Dienstleistungsproduktivität – Management, Prozessgestaltung, Kundenperspektive*, Hrsg. M. Bruhn, K. Hadwisch, 35–58. Wiesbaden: Gabler.
- [8] Baumbach, M. 2004. *After-sales-Management im Maschinen- und Anlagenbau*. Regensburg: Transfer Verlag.
- [9] Becker, J., D. Beverungen, D. Breuker, H.-A. Dietrich, R. Knackstedt, und H. P. Rauer. Produktivitätsbenchmarking von Dienstleistungen mit dem Softwareassistenten ServDEA. In XXX, Hrsg. K. Möller, SS–SS. VERLAG.
- [10] Bitner, M. 1993. Managing the Evidence of Service. In *The Service Quality Handbook*, Hrsg. E. Scheuing, W. Christopher, 358–370. New York: Amacom.
- [11] Brown, R., R. Brown, und I. O'Connor. 1999. Efficiency, bond of association and exit patterns in credit unions: Australian evidence. *Annals of Public and Cooperative Economics* 70(1):5–23.
- [12] Casu, B., D. Shaw, und E. Thanassoulis. 2005. Using a group support System to aid input-output identification in DEA. *Journal of the Operational Research Society* 56(12):1363–1372.
- [13] Charnes, A., T. Clark, W. W. Cooper, und B. Golany. 1985. A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in U. S. Air Forces. In *Annals of Operational Research*, Hrsg. R. Thompson, R.M. Thrall 2(1):95–112.

- [14] Charnes, A., W. W. Cooper, und E. Rhodes. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2(6):429–444.
- [15] Coelli, T. J., D. S. P. Rao, C. J. O'Donnell, und G. E. Battese. 2005. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2. Aufl. New York: Springer.
- [16] Cooper, W.W., L.M. Seiford, und K. Tone. 2006. *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses. With DEA-Solver Software and References*. New York: Springer.
- [17] Cooper, W.W., L.M. Seiford, und J. Zhu. 2004. Data Envelopment Analysis: History, Models and Interpretations. In *Handbook on Data Envelopment Analysis*, Hrsg. W. W. Cooper, L. M. Seiford, und J. Zhu, 1–39. Boston: Kluwer Academic.
- [18] Corsten, H. 1994. Produktivitätsmanagement bilateraler personenbezogener Dienstleistungen. In *Dienstleistungsproduktion*, 43–77. Wiesbaden: Gabler.
- [19] Dauben, S. A. 2000. Monetäre Bewertung der Qualitätsfehlerfolgen von Dienstleistungen im Industriegüterbereich. In *Dienstleistungsqualität: Konzepte – Methoden – Erfahrungen*, Hrsg. M. Bruhn, B. Stauss, 3. Aufl., 547–572. Wiesbaden: Gabler.
- [20] Dyson, R.G., R. Allen, A.S. Camanho, V.V. Podinovski, C.S. Sarrico, und E.A. Shale. 2001. Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research* 132(2):245–259.
- [21] Färe, R. und S. Grosskopf. 2000. Network dea. *Socio-economic planning sciences* 34(1):35–49.
- [22] Fließ, S. und M. Kleinaltenkamp. 2004. Blueprinting the service company – Managing service processes efficiently. *Journal of Business Research* 57(4):392–404.
- [23] Førsund, F.R. und L. Hjalmarsson. 1974. On the Measurement of Productive Efficiency. *The Swedish Journal of Economics* 76(2):141–154.
- [24] Freiling, J. 2004. Performance Contracting. In *Handbuch Industriegütermarketing: Strategien – Instrumente – Anwendungen*, Hrsg. K. Backhaus, M. Voeth, 679–695. Wiesbaden: Gabler.
- [25] Frohs, M. 2010. *Recommender Systeme für produktbegleitende Dienstleistungen*. Hamburg: Kovac.
- [26] Gaganis, C. und F. Pasiouras. 2009. Efficiency in the Greek Banking Industry: A Comparison of Foreign and Domestic Banks. *International Journal of the Economics of Business* 16(2):221–237.
- [27] Garbe, B. 1998. *Industrielle Dienstleistungen*. Wiesbaden: Gabler.
- [28] Gomes, E. G. und M. P. E. Lins. 2008. Modelling undesirable outputs with zero sum gains DEA models. *Journal of the Operational Research Society* 59(5):616–623.
- [29] Grönroos, C. und K. Ojasalo. 2004. Service Productivity: Toward a conceptualization of the Transformation of Inputs into Economic Results in Services. *Journal of Business Research* 57(4):414–423.
- [30] Gummesson, E. 1992. Quality dimensions: what to measure in service organizations. *Advances in services marketing and management* 1:177–205.
- [31] Gutenberg, E. 1975. *Einführung in die Betriebswirtschaftslehre*. Wiesbaden: Gabler.
- [32] Hammerschmidt, M., R. Wilken, und M. Staat. 2009. Methoden zur Lösung grundlegender Probleme der Datenqualität in DEA-basierten Effizienzanalysen, in: *Die Betriebswirtschaft* 69(2):291–312.
- [33] Homburg, C. und H. Krohmer. 2009. *Marketingmanagement: Strategie – Instrumente – Umsetzung – Unternehmensführung*, 3. Aufl., Wiesbaden: Gabler.
- [34] Homburg, C. und B. Garbe. 1996. Industrielle Dienstleistungen: Bestandsaufnahme und Entwicklungsrichtungen. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 3:253–282.

- [35] Kamakura, W. A., V. Mittal, F. de Rosa, und J. A. Mazzon. 2002. Assessing the service profit chain. *Marketing Science* 21(3):294–317.
- [36] Kleinaltenkamp, M. 2001. Begriffsabgrenzungen und Erscheinungsformen von Dienstleistungen. In *Handbuch Dienstleistungsmanagement. Von der strategischen Konzeption zur praktischen Umsetzung*, Hrsg. M. Bruhn, H. Meffert, 27–50. Wiesbaden: Gabler.
- [37] Kutsch, H., M. Bertram, und H. von Kortzfleisch. 2013. DEA als Lösungsansatz zur Messung der Produktivität von B2B-Dienstleistungen? Evaluation der Data Envelopment Analysis (DEA) als Messmethode für die Dienstleistungsproduktivität auf Basis einer qualitativen Studie in der B2B-Softwarebranche. In *Dienstleistungsmodellierung 2012 – Product-Service Systems und Produktivität*, Hrsg. O. Thomas, M. Nüttgens, 192–207. Wiesbaden: Springer.
- [38] Lange, I.C. 2009. *Leistungsmessung industrieller Dienstleistungen*. Zürich: ETH Zürich.
- [39] Lasshof, B. 2006. *Produktivität von Dienstleistungen*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- [40] Lin, L. und C.-Y. Huang. 2009. Optimal size of the financial services industry in Taiwan: a new DEA-option-based merger simulation approach. *The Service Industries Journal* 29(4):523–537.
- [41] Mukherjee, A., P. Nath, und M. Pal. 2003. Resource, service quality and performance triad: a framework for measuring efficiency of banking services. *The Journal of the Operational Research Society* 54 (7):723–735.
- [42] Macharzina, K. und J. Wolf. 2008. *Unternehmensführung: das internationale Managementwissen – Konzepte, Methoden, Praxis*. Wiesbaden: Springer.
- [43] Nachum, L. 1999. Measurement of Productivity of Professional Services. An Illustration on Swedish Management Consulting Firms. *International Journal of Operations & Production Management* 19(9):922–949.
- [44] Niederauer, C. 2009. *Messung von Zahlungsbereitschaften bei industriellen Dienstleistungen*. Wiesbaden: Gabler.
- [45] Ojasalo, K. 1999. Conceptualizing Productivity in Services. *Swedish School of Economics and Business Administration* 71
- [46] Parasuraman, A., V. A. Zeithaml, und L. L. Berry. 1988. Servqual. *Journal of retailing* 64(1):12–40.
- [47] Ray, S. C. 2004. *Data Envelopment Analysis. Theory and Techniques for Economics and Operations Research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [48] Scheel, H. 2000. *Effizienzmaße der Data Envelopment Analysis*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- [49] Sharma, A. und G. R. Iyer. 2011. Are pricing policies an impediment to the success of customer solutions? *Industrial Marketing Management* 40(5):723–729.
- [50] Sherman, H. D. und J. Zhu. 2006. *Service Productivity Management – Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA)*. New York: Springer.
- [51] Simar, L. und P. W. Wilson. 2007. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics* 136(1):31–64.
- [52] Sink, D. S. 1985. *Productivity Management: Planning, Measurement and Evaluation, Control and Improvement*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [53] Ulaga, W. und W. J. Reinartz. 2011. Hybrid Offerings: How Manufacturing Firms Combine Goods and Services Successfully, *Journal of Marketing* 75(6):5–23.
- [54] Vargo, S.L. und R.F. Lusch. 2004. Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. *Journal of Marketing* 68(1):1–17.

- [55] Walter, P. 2010. Technische Kundendienstleistungen: Einordnung, Charakterisierung und Klassifikation. In *Hybride Wertschöpfung. Mobile Anwendungssysteme für effiziente Dienstleistungsprozesse im technischen Kundendienst*, 24–58. Heidelberg: Springer.
- [56] Weddeling, M. 2010. *Performance contracting für hybride Produkte*. Hamburg: Kovač.
- [57] Wilken, R. 2007. *Dynamisches Benchmarking. Ein Verfahren auf Basis der Data Envelopment Analysis*. Wiesbaden: Springer.
- [58] Zhu, J. 2003. Imprecise data envelopment analysis (IDEA): A review and improvement with an application. *European Journal of Operational Research* 144(3):513–529.
- [59] Barr, R. und M. Durchholz. 1997. Parallel and Hierarchical Decomposition Approaches for Solving Large-Scale Data Envelopment Analysis Models. *Annals of Operations Research* 73:339–372.
- [60] Barr, Richard S. 2004. DEA Software Tools and Technology: A State-of-the-Art Survey. *International Series in Operations Research & Management Science* 71:539–566.
- [61] Becker, Jörg, Torben Bernhold, Daniel Beverungen, Nina Kalling, Ralf Knackstedt, Vanessa Lellek und Hans Peter Rauer. 2012. Construction of Productivity Models – A Tool Supported Approach in the Area of Facility Management. *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures* 7(1):26–40.
- [62] Becker, Jörg, Torben Bernhold, Daniel Beverungen, Nina Kalling, Vanessa Lellek, Hans Peter Rauer und Ralf Knackstedt. 2012. Softwaregestützte Konstruktion von Produktivitätsmodellen Im Facility Management. In *Dienstleistungsmodellierung*, 1:1–17. Bamberg.
- [63] Becker, Jörg, Daniel Beverungen, Dominic Breuker, Hanns-Alexander Dietrich und Hans Peter Rauer. 2012. Guidelines for Reporting Productivity Studies: A Review of the Reproducibility of DEA in the Service Sector. *International Journal of Services and Operations Management* 16(3):407–425.
- [64] Becker, Jörg, Daniel Beverungen, Dominic Breuker, Hanns-Alexander Dietrich, Ralf Knackstedt und Hans Peter Rauer. 2011. How to Model Service Productivity for Data Envelopment Analysis? A Meta Design Approach. In *Proceedings of European Conference in Information Systems*. Helsinki.
- [65] Becker, Jörg, Daniel Beverungen, Ralf Knackstedt, Hanns-Alexander Dietrich, Dominic Breuker, Hans Peter Rauer und Daniel Sigge. 2011. Do We Need New Theories on Service Productivity? – Status Quo and Implications from Contemporary Research. In *International RESER Conference*, 1–20. Hamburg.
- [66] Becker, Jörg, Daniel Beverungen, Ralf Knackstedt, Hans Peter Rauer und Daniel Sigge. 2012. Service Productivity Management – Status Quo and Directions for the Design of Conceptual Modeling Grammars. In *Hawaii International Conference on System Sciences*, 1522–1531.
- [67] Becker, Jörg, Daniel Beverungen, Ralf Knackstedt, Hans Peter Rauer und Daniel Sigge. 2013. On the Ontological Expressiveness of Conceptual Modeling Grammars for Service Productivity Management. *Information Systems and E-Business Management* forthc. (April 2). doi:10.1007/s10257-013-0219-y. <http://link.springer.com/10.1007/s10257-013-0219-y>.
- [68] Becker, Jörg, Hanns-Alexander Dietrich, Ralf Knackstedt, Daniel Beverungen, Dominic Breuker und Hans Peter Rauer. 2012. Ansätze Zur Methodischen Unterstützung Der Konstruktion von Produktivitätsmodellen Für Die Data Envelopment Analysis – Entwicklung Eines Softwareprototypen Zur Umsetzung Und Evaluation. In *Proceedings of Multikonferenz Wirtschaftsinformatik*. Braunschweig.
- [69] Bland, R. G., D. Goldfarb und M. J. Todd. 1981. The Ellipsoid Method: A Survey. *Operations Research* 29(6):1039–1091.
- [70] Bogetoft, Peter, und Lars Otto. 2011. *Benchmarking with Data Envelopment Analysis, Stochastic Frontier Analysis and R*, 1. Aufl. New York: Springer.

- [71] Borgward, K.H. 1986. *The Simplex Method: A Probabilistic Analysis*. Heidelberg, Berlin, Germany: Springer.
- [72] Boyd, S. und L. Vandenberghe. 2004. *Convex Optimization*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [73] Cook, Wade D. und Larry M Seiford. 2009. Data Envelopment Analysis (DEA) – Thirty Years On. *European Journal Of Operational Research* 192:1–17. doi:10.1016/j.ejor.2008.01.032.
- [74] Corsten, Hans. 1994. Produktivitätsmanagement Bilateralen Personenbezogener Dienstleistungen. In *Dienstleistungsproduktion*, Hrsg. H. Corsten, W. Hilke, 52:43–77. Wiesbaden: Gabler.
- [75] Corsten, Hans, and R. Gössinger. 2007. *Dienstleistungsmanagement*, 5. Aufl. München: Oldenbourg.
- [76] Corsten, Hans und Ralf Gössinger. 2003. Rahmenkonzept Zur Integrativen Modellierung von Dienstleistungen. Kaiserslautern.
- [77] Delfmann, P., C. Janiesch, R. Knackstedt, T. Rieke und S. Seidel. 2006. Towards Tool Support for Configurative Reference Modeling-Experiences from a Meta Modeling Teaching Case. In *2nd International Workshop on Meta-Modelling*, 61–83. Karlsruhe, Germany.
- [78] Dulá, J. H. 2008. A Computational Study of DEA with Massive Data Sets. *Computers & Operations Research* 35(4):1191–1203.
- [79] Dyson, Robert G., Rachel Allen, Ana S. Camanho, Victor V. Podinovski, Claudia S. Sarrico und Estelle A Shale. 2001. Pitfalls and Protocols in DEA. *European Journal of Operational Research* 132(2):245–259 (July). [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1).
- [80] Fähnrich, K.P. und T. Meiren. 1998. Service Engineering: State of the Art and Future Trends. Edited by Dieter Spath and Klaus-Peter Fähnrich. *Offene Systeme* 7:145–151.
- [81] Fließ, S. und Michael Kleinaltenkamp. 2004. Blueprinting the Service Company: Managing Service Processes Efficiently. *Journal of Business Research* 57(4):392–405.
- [82] Fowler, Martin 2002. *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Source Bd. 48. Boston: Addison-Wesley.
- [83] Gamma, Erich, Richard Helm, Ralph Johnson, und John Vlissides. 1995. *Design Patterns. Elements* Bd. 47. Amsterdam: Addison Wesley.
- [84] Glushko, R. J. und L. Tabas. 2009. Bridging the ‚Front Stage‘ and ‚Back Stage‘ in Service Systems Design. *Service Systems Design* 7(4):407–427.
- [85] Grönroos, Christian und Katri Ojasalo. 2004. Service Productivity – Towards a Conceptualization of the Transformation of Inputs into Economic Results in Services. *Journal of Business Research* 57(4):414–423 (April). doi:10.1016/S0148-2963(02)00275-8.
- [86] Hammerschmidt, Maik. 2006. Effizienzanalyse im Marketing. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag GWV Fachverlage GmbH.
- [87] Hussain, Asia, und Matthew Jones. 2010. *An Introduction to Frontier Analyst* 4. Banxia Software Ltd.
- [88] Hevner, A. R., March, S. T., Park, Jinsoo und Ram, Sudha. 2004. Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly* 28(1):75–105.
- [89] Kingman-Brundage, J. 1989. The ABC’s of Service System Blueprinting. In *Designing a Winning Service Strategy* Hrsg. M.J. Bitner und L. Crosby, 30–33. Chicago, AMA.
- [90] Klee, V. und G. Minty. 1972. How Good Is the Simplex Algorithm. In *Inequalities-III*, Hrsg. O. Shisha, 159–175. New York: Academic Press.

- [91] Kleinaltenkamp, Michael. 2000. Blueprinting – Grundlage Des Managements von Dienstleistungsunternehmen. In , Hrsg. H. Woratschek, 3–28. Wiesbaden, Germany: Gabler.
- [92] Lovelock, Christopher und Evert Gummesson. 2004. „Wither Service Marketing? In Search of New Paradigm and Fresh Perspectives. *Journal of Service Research* 47(1):9–20. doi:10.1177/1094670504266131.
- [93] Lovelock, Christopher, and L. Wright. 2001. *Principles of Service Marketing and Management*, 2. Aufl. New Jersey: Prentice Hall.
- [94] Parasuraman, Anantharathan. 2010. Service Productivity, Quality and Innovation: Implications for Service-design Practice and Research. *Int. J. Quality and Service Sciences* 2(3):277–286.
- [95] Rauer, Hans Peter. 2011. A Method-engineering Approach to Obtain Long-term Knowledge in Service Productivity Management. In *International RESER Conference*, 1–21. Hamburg.
- [96] Rauer, Hans Peter. 2014. Measuring Service Productivity: The Case of a German Mobile Service Provider. In *Hawaii International Conference on System Sciences*, 1–10. Waikaloa: IEEE Comput. Soc.
- [97] Recker, Jan, Michael Rosemann, Peter Green und Marta Indulska. 2011. Do Ontological Deficiencies in Modeling Grammars Matter? *MISQ* 35(1):57–79.
- [98] Richter, M. M. 2003. Fallbasiertes Schließen. In *Handbuch Der Künstlichen Intelligenz*, Hrsg. G. Görz, C. Rollinger und J. Schneeberger, 407–430. München, Wien: Oldenbourg Verlag.
- [99] Russel, S. 2010. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3. Aufl., Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- [100] Shostack, G.L. 1982. How to design a service. *European Journal of Marketing* 16(1):49–63.
- [101] Sink, D.S. 1985. *Productivity Management: Planning, Measurement and Evaluation, Control and Improvement*. New York: Wiley.
- [102] Spielmann und Teng. 2009. Smoothed Analysis: An Attempt to Explain the Behavior of Algorithms in Practise. *Communications of the ACM* 52(10):72–84.
- [103] Vanderbei, R.J. 2008. *Linear Programming*. New York: Springer Science+Business Media.
- [104] Vuorinen, Ismo, Rajia Järvinen und Uolevi Lehtinen. 1998. Content and Measurement of Productivity in the Service Sector: A Conceptual Analysis with an Illustrative Case from the Insurance Business. *International Journal of Service Industry Management* 9(4):377–396.
- [105] Walls, Joseph G, George R. Widmeyer und Omar A. El Sawy. 2004. Assessing Information Systems Design Theory in Perspective. *Journal of Information Technology Theory and Application* 6(2):43–58.
- [106] Walls, Joseph G., George R. Widmeyer und Omar A. El Sawy. 1992. Building Information System Design Theory for Vigilant EIS. *ISR* 3(1):36–59.
- [107] Wrigth, M. H. 2004. The Interior-point Revolution in Optimization: History, Recent Developments und Lasting Consequence. *Bulletin of the American Mathematical Society* 42(1):39–56.
- [108] Ye, Y. 1997. *Interior Point Algorithms – Theory and Analysis*. New York: John Wiley & Sons.
- [109] Zeithaml, Valerie A., A. Parasuraman und Leonard L. Berry. 1985. Problems and Strategies in Services Marketing. *Journal of Marketing* 49(2):33–46.
- [110] Zhu, Joe 2002. *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets*, 1. Aufl. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- [111] Zhu, Joe. 2009. Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking – Data Envelopment Analysis with Spreadsheets. *International Series in Operations Research & Management Science* 126:14–40.