

Dipl.-Kff. Perihan Cinibulak

**Analysemethoden sowie Konzeptausarbeitung für das
Forschungsprojekt ELOKOV**

ELOKOV-Projektbericht Nr. 1

PIM-Projektberichte

ISSN 2195-3627

**Analysemethoden sowie Konzeptausarbeitung für das
Forschungsprojekt ELOKOV**

(E-Logistics für regionale Güterverteilerverkehre zur Steigerung der
Wettbewerbsfähigkeit des Kombinierten Verkehrs)

gefördert durch:

Karl-Vossloh-Stiftung

Abstract

Das Forschungsprojekt „E-Logistics für regionale Güterverteilerverkehre zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Kombinierten Verkehrs“ (ELOKOV) fokussiert sich auf die Konzipierung und Implementierung einer Erweiterten Wirtschaftsanalyse für den Einsatz von Elektrofahrzeugen im regionalen Güterverkehr („City Logistics“). Der Gegenstandsbereich der Untersuchungen erstreckt sich vornehmlich auf den Kombinierten Verkehr mit dem Einsatz von relativ umweltfreundlichen Güterzügen oder Binnenschiffen im Hauptlauf sowie von wesentlich flexibleren Lastkraftwagen im Vor- und Nachlauf für die regionalen Güterverteilerverkehre. Dieses Konzept gilt weithin als das leistungsfähigste Verkehrskonzept zur Realisierung von „Green Logistics“.

Das Forschungsprojekt „E-Logistics für regionale Güterverteilerverkehre zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Kombinierten Verkehrs“ (ELOKOV) wird mit Finanzmitteln der Karl-Vossloh-Stiftung gefördert (Projektnummer: S047/10027/2012). Die Projektmitglieder danken für die großzügige Unterstützung ihrer Forschungsarbeiten.

Inhaltsverzeichnis

Seite

Abstract.....	I
Inhaltsverzeichnis	II
1 Ziele des Vorhabens.....	1
1.1 Realproblem und Stand der Forschung.....	1
1.2 Spezifizierung des Realproblems sowie Aufstellung der notwendigen Desiderate.....	2
2 Analysemethoden.....	5
2.1 Überblick über betriebswirtschaftliche Methoden für Wirtschaftlichkeitsanalysen.....	5
2.1.1 Einführung in betriebswirtschaftliche Entscheidungskonzepte.....	5
2.1.2 Theoretische Einordnungen	13
2.2 Beschreibung der Analysemethoden.....	16
2.2.1 Klassische MADM-Verfahren.....	16
2.2.1.1 AHP	16
2.2.1.2 ANP	19
2.2.2 Effizienzorientierte MADM-Verfahren.....	21
2.2.2.1 OCRA	21
2.2.2.2 TOPSIS.....	26
2.2.3 Entscheidungstechnologische MADM-Verfahren.....	28
2.2.3.1 ELECTRE.....	28
2.2.3.2 PROMETHEE	30
3 Bewertung der Analysemethoden.....	33
4 Fazit	35
5 Literaturverzeichnis	36

1 Ziele des Vorhabens

1.1 Realproblem und Stand der Forschung

Aufgrund des Klimawandels und steigender Öl-Preise gewinnt das Thema „Nachhaltigkeit“ für Industrie, Handel und Logistikdienstleister zunehmend an Bedeutung. Der Kombinierte Verkehr mit dem Einsatz von relativ umweltfreundlichen Güterzügen oder Binnenschiffen im Hauptlauf sowie von wesentlich flexibleren Lastkraftwagen (Lkw) im Vor- und Nachlauf für die regionalen Güterverteilerverkehre gilt weithin als das leistungsfähigste Verkehrskonzept zur Realisierung von „Green Logistics“. Allerdings leidet der Kombinierte Verkehr u.a. darunter, dass die ökologischen Vorteile von Gütertransporten per Eisenbahn oder Schiff durch die Umweltbelastungen von Lkw mit Dieselantrieb im Vor- und Nachlauf erheblich beeinträchtigt werden. Daher wird oftmals der Einsatz von Lkw mit Elektroantrieb (Elektro-Lkw) für die regionalen Güterverteilerverkehre des Kombinierten Verkehrs empfohlen. Dennoch wird der Einsatz von Elektro-Lkw für regionale Güterverteilerverkehre derzeit in der Regel als „zu teuer“ abgelehnt. Dieses Vorurteil, das ein wesentliches Hemmnis gegenüber Investitionen in E-Mobilität darstellt, beruht auf einer einseitigen Kostenfokussierung. Um dieses Investitionshemmnis zu überwinden, wird ein Konzept für eine Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse des Einsatzes von Elektro-Lkw im gewerblichen Güterverkehr entwickelt, das weithin übersehene Nutzenaspekte in den Mittelpunkt einer ganzheitlichen betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise rückt. Dieser Analyseansatz befähigt betriebliche Entscheidungsträger dazu nachzuweisen, unter welchen Bedingungen sich Elektro-Lkw für die regionalen Güterverteilerverkehre des Kombinierten Verkehrs wirtschaftlich vorteilhaft einsetzen lassen.

Der Stand der Forschung in der einschlägigen Fachliteratur zum Thema „E-Mobilität“ ist dadurch gekennzeichnet, dass hauptsächlich die Konstruktion von Elektroautos und die zugehörige technische Infrastruktur erörtert werden. Zwar wird oftmals erwähnt, wie wichtig die Anschaffungs- und die Betriebskosten für die zukünftige Entwicklung des Elektroautos sind, jedoch wird das betriebswirtschaftlich entscheidende Nutzen-Kosten-Verhältnis von Elektroautos nicht oder allenfalls in rudimentärer Weise betrachtet. Der Einsatz von Elektroautos bleibt in den vorherrschenden Darstellungen, die vornehmlich auf die „Weltsicht“ von Ingenieuren ausgerichtet sind, aus Sicht der Betriebswirtschaftslehre bis heute ein weitgehend unerforschtes Gebiet. Daher ist es großenteils noch unbekannt, wie sich der Einsatz von Elektroautos auf den wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen auswirkt.

Darüber hinaus wird das Thema „E-Mobilität“ überwiegend aus der Perspektive des Personenverkehrs behandelt. Der Einsatz von Elektrofahrzeugen im gewerblichen Güterverkehr, d. h. von Elektro-Lkw, wird in der einschlägigen Fachliteratur kaum aufgegriffen. Die noch seltenen Beiträge, die sich im Hinblick auf den gewerblichen Güterverkehr mit dem Thema „E-Logistics“ befassen, kon-

zentrieren sich auf die Beiträge von betriebswirtschaftlichen Konzepten des E-Business, nicht jedoch auf die betriebswirtschaftliche Beurteilung des Einsatzes von Elektro-Lkw im gewerblichen Güterverkehr.

Hinsichtlich des Aspekts regionaler Güterverteilerverkehre existiert zwar eine einschlägige Fachdiskussion, die sich unter das Thema „City Logistics“ subsumieren lässt. Diese Forschungsrichtung gilt als umstritten, weil sich die ursprünglich avisierten Fortschritte, insbesondere mithilfe von unternehmensübergreifenden Bündelungseffekten, in der betrieblichen Realität kaum realisieren ließen. Im Kontext des hier durchgeführten Forschungsprojekts ist vor allem herauszustellen, dass in Publikationen zum Thema „City Logistics“ der Einsatz von Elektrofahrzeugen im gewerblichen Güterverkehr bislang noch nicht in nennenswertem Umfang analysiert wurde.

Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass in der einschlägigen Fachliteratur zum Kombinierten Verkehr dessen ökologische Vorteilhaftigkeit gegenüber reinen Lkw-Transporten zwar immer wieder betont wird. Aber der kontraproduktive Beitrag des Einsatzes von Lkw mit (vorwiegend) Dieselantrieb oder Benzinantrieb im Vor- und Nachlauf wird kaum thematisiert, sondern anscheinend als „unvermeidliches Übel“ stillschweigend akzeptiert.

1.2 Spezifizierung des Realproblems sowie Aufstellung der notwendigen Desiderate

Der Einsatz von Elektro-Lkw auf der „ersten“ oder „letzten Meile“ des Kombinierten Verkehrs hat bislang im Stand der Forschung noch kaum Beachtung gefunden. Weiterhin ist festzustellen, dass es derzeit keine verlässlichen Erkenntnisse zur wirtschaftlichen Beurteilung des Einsatzes von Elektro-Lkw für die regionalen Güterverteilerverkehre im Vor- und Nachlauf des Kombinierten Verkehrs angeboten werden.

Um diese Wissenslücke zu schließen, bedarf es einer betriebswirtschaftlich verlässlichen Nutzen-Kosten-Analyse, um den Einsatz von Elektro-Lkw für die regionalen Güterverteilerverkehre im Vor- und Nachlauf des Kombinierten Verkehrs zu beurteilen. In methodischer Hinsicht existieren zwar durchaus Ansätze für eine solche Beurteilung. Dazu gehören vor allem Kostenvergleichsrechnungen, Scoring-Methoden sowie Cost-Effectiveness-Analysen. Die Kostenvergleichsrechnungen, die in der betrieblichen Praxis weit verbreitet sind, leiden unter der Ausblendung von Nutzenaspekten und führen daher zu einer systematischen Verzerrung der Beurteilungsergebnisse. Scoring-Methoden sind zwar darauf zugeschnitten, insbesondere auch Nutzenaspekte in ein betriebswirtschaftliches Entscheidungskalkül einzubeziehen, leiden jedoch unter erheblichen Manipulationsmöglichkeiten (z. B. in Bezug auf willkürlich festlegbare Kriteriengewichte und Schwellenwerte für Scoring-Skalen) sowie unter einem unvermeidbaren „Skalenbruch“ anlässlich der Transformation ursprünglich ordinaler Bewertungsurteile für einzelne Bewertungskriterien in kardinal aggregierte

Gesamturteile. Cost-Effectiveness-Analysen zeichnen sich zwar dadurch aus, dass sie sowohl Kosten- als auch Nutzenaspekte („Effectiveness“) berücksichtigen. Sie finden jedoch in der betrieblichen Praxis kaum Berücksichtigung, weil sie primär auf volkswirtschaftliche Kosten- und Nutzenabwägungen zugeschnitten sind und daher für betriebliche Praktiker weitgehend „unverständlich“ wirken.

Aus den vorgenannten Gründen besteht ein signifikanter Mangel an einem Konzept für Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalysen, die drei Anforderungen erfüllen:

- Sie müssen erstens neben Kosten- auch Nutzenaspekte umfassen, und zwar in möglichst zahlreichen Nutzendimensionen (Desiderat der Ganzheitlichkeit). Dies betrifft z. B. die Umweltverträglichkeit von Gütertransporten, den Reputationsgewinn eines Logistikdienstleisters aufgrund seiner Orientierung an Maximen der „Green Logistics“ mit entsprechenden Auftragsakquisition- und Mehrerlöspotenzialen sowie die Kompatibilität mit hoheitlich vorgegebenen Restriktionen, wie etwa emissionsbedingten Fahrverboten in Innenstadtbereichen für Lkw mit Dieselantrieb.
- Zweitens müssen die Erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalysen an die Bedürfnisse der betrieblichen Praxis hinsichtlich Begrifflichkeiten sowie Kostenarten und Nutzendimensionen angepasst sein, um hinreichende Akzeptanz finden zu können (Desiderat der Praktikabilität aus Unternehmenssicht).
- Drittens ist es erforderlich, dass die Erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalysen an die speziellen Kontextbedingungen des Einsatzes von Elektro-Lkw für die regionalen Güterverteilerverkehre im Vor- und Nachlauf des Kombinierten Verkehrs angepasst sind (Desiderat der Spezifität für E-Logistics).

Zur Erfüllung des Desiderats der Ganzheitlichkeit existieren in der einschlägigen Fachliteratur zu Erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalysen insbesondere drei Gruppen von Analysemethoden, die auch die Berücksichtigung verschiedener Nutzendimensionen erlauben:

- 1) weitgehend willkürfreie Analysemethoden mit hohem mathematischen Anspruch auf der Basis von Eigenwertanalysen, die kardinale Kosten- und Nutzenmessungen erfordern: dazu gehören vor allem der AHP (Analytic Hierarchy Process) und der ANP (Analytic Network Process);
- 2) Analysemethoden mit mittlerem mathematischen Anspruch, die weiterhin kardinale Kosten- und Nutzenmessungen erfordern, aber mehr Gewicht auf die „Praktikabilität“ im betrieblichen Alltag legen: dazu gehören Analysemethoden wie beispielsweise OCRA (Operational Competitiveness Ratings) und TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution);

- 3) Analysemethoden mit mittlerem mathematischen Anspruch, die mit weitgehend ordinalen Kosten- und Nutzenmessungen auskommen: dazu gehören vor allem Outranking-Analysemethoden, wie z.B. ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) und PROMETHEE (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation).

Der Stand der Forschung erlaubt jedoch keine Aussagen darüber, welche dieser Analysemethoden für das hier interessierende Problem, die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit des Einsatzes von Elektro-Lkw für regionale Güterverteilerverkehre im Vor- und Nachlauf des Kombinierten Verkehrs zu beurteilen, angesichts der o.a. drei Desiderate – Ganzheitlichkeit, Praktikabilität und Spezifität – am besten geeignet ist.

Ziel ist es, mit dem Forschungsprojekt diese vernachlässigten, aber notwendigen Desiderate in den Fokus zu rücken und den Entscheidungsträgern nachzuweisen, unter welchen Bedingungen sich Elektro-Lkw für die regionalen Güterverteilerverkehre des Kombinierten Verkehrs aus betriebswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft einzusetzen lassen oder nicht.

2 Analysemethoden

2.1 Überblick über betriebswirtschaftliche Methoden für Wirtschaftlichkeitsanalysen

2.1.1 Einführung in betriebswirtschaftliche Entscheidungskonzepte

Die entscheidungsorientierte Betriebswirtschaftslehre definiert im Allgemeinen die Entscheidungstheorie als eine logische und empirische Analyse rationalen oder intendiert rationalen Entscheidungsverhaltens.¹ Den Ausgangspunkt der Analyse bilden die Entscheidungsträger und die Entscheidungssituation. Ziel ist es, aus mindestens zwei zur Verfügung stehenden Alternativen eine rationale Auswahl vorzunehmen. Um die Auswahl treffen zu können, werden Informationen mit Hilfe von Analysemethoden über die betrachteten Alternativen gesammelt, aufbereitet und bewertet.² Des Weiteren ist zu beachten, dass eine Interaktion zwischen Objekt- sowie Subjektsystemen in dem Entscheidungsprozess entspringt.³

Das Objektsystem beschreibt und strukturiert das Entscheidungsfeld. Dies beinhaltet die zur Verfügung stehenden Handlungsalternativen der Entscheidungsträger sowie die Bedingungskonstellationen.⁴ Zu dem Objektsystem zählen Bevölkerungsstruktur, Marktstruktur, Normen, Technologien, Kapazität der Produktionsfaktoren usw.⁵ Das Subjektsystem ordnet die Handlungsalternativen nach der Vorziehungswürdigkeit der Entscheidungsträger. Somit findet eine Selektion durch die persönlichen Präferenzen oder durch die Informationsverarbeitung gewonnenen Wissens der Entscheidungsträger statt, die den Endpunkt darstellt.⁶ Das Subjektsystem ist also als der „Horizont“ des Entscheidungsträgers zu verstehen.⁷

Um eine Handlung auswählen zu können, müssen dem Entscheidungsträger die Handlungsalternativen bekannt sein. Im Kontext des hier durchgeführten Forschungsprojekts ist vor allem herauszustellen, dass zum Thema „City Logistics“ der Einsatz von Elektro-Lkw im gewerblichen Güterverkehr bislang noch nicht in nennenswertem Umfang analysiert wurde. Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass in der einschlägigen Fachliteratur zum Kombinierten Verkehr dessen ökologische Vorteilhaftigkeit gegenüber reinen Lkw-Transporten zwar immer wieder betont wird. Aber der kontraproduktive Beitrag des Einsatzes von Lkw mit (vorwiegend) Dieselantrieb oder Benzinantrieb im Vor-

1) Vgl. BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 1; KÖNIG (2003), S. 136.

2) Vgl. BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 1.

3) Vgl. BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 1.

4) Vgl. BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 1; SCHNEEWEIß (1991), S. 54.

5) Vgl. BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 1.

6) Vgl. BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 3; SCHNEEWEIß (1991), S. 54.

7) Vgl. BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 3 f.

und Nachlauf wird kaum thematisiert, sondern anscheinend als „unvermeidliches Übel“ stillschweigend akzeptiert. Zur Vereinfachung der Analyse werden nur zwei Handlungsalternativen betrachtet, man spricht hier von einer binären Handlungsauswahl.

- die Handlungsalternative H_1 , dass Unternehmen ihre Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor (Benzin- oder Dieselmotor) durch Elektro-Lkw ersetzen (E-Logistics-Alternative), und
- die Handlungsalternative H_2 , dass Unternehmen ihre derzeit eingesetzten Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor beibehalten (Unterlassungsalternative).

Die Handlungsauswahl wird mithilfe von Zielsystemen ausgewählt, die Handlungsalternative wird ausgewählt, die hinsichtlich ihres Beitrages zur bestmöglichen Erreichung der Ziele führt. Die Ziele des Entscheidungsträgers werden repräsentiert durch ökonomische, ökologische sowie gesellschaftliche Ziele, die in der ersten Hierarchieebene auch Oberziele genannt werden. Anschließend werden die Oberziele mithilfe von Unterzielen oder Teilzielen konkreter spezifiziert, die somit die zweite Hierarchieebene, anschließend dritte Hierarchieebene usw. darstellen. So wird z.B. in der Abbildung 1 das ökonomische Ziel als ein Oberziel formuliert, und weiter spezifiziert in Umsatz und Kosten, wobei die Zielrichtungen (Umsatz: maximieren und Kosten: minimieren) entgegengesetzte Höhenpräferenzen haben. Weiterhin kann Umsatz in der dritten Hierarchieebene in Preis (maximieren) und Menge (maximieren) gespalten werden. Hierbei liegen identische Höhenpräferenzen vor. Kosten können in variable Kosten (minimieren) und fixe Kosten (minimieren) differenziert werden, auch hier liegen identische Höhenpräferenzen vor. Die variablen Kosten sind abhängig von der Menge: Je höher die Menge sind, desto höher sind auch die variablen Kosten. Daraus resultieren beispielweise in der dritten Hierarchieebene folgende Zielbeziehungen:

- Bei einer isolierten Betrachtung des Pfades ökonomisches Ziel, Umsatz und Menge ist eine komplementäre Zielbeziehung (Z_1) gegeben, da in allen Hierarchieebenen eine Steigerung der Menge zu einer Steigerung des Umsatzes führt und somit auch das ökonomische Ziel erfüllt wird.
- Bei einer isolierten Betrachtung des Pfades ökonomisches Ziel, Kosten und variable Kosten ist eine konkurrierende Zielbeziehung (Z_2) gegeben ist, da durch die Steigerung der variablen Kosten durch Steigerung der Menge das Oberziel, also hier das ökonomische Ziel, zu maximieren nicht realisiert wird.

sammenhang zueinander, wohingegen bei antinomischen Zielbeziehungen Ziele repräsentiert werden, die sich gegenseitig ausschließen.

- Bei der Betrachtung der ökologischen Zielgruppe mit dem Pfad Energieverbrauch, anschließend die Differenzierung in Erneuerbare Energie sowie Atomkraft und der gesellschaftlichen Zielgruppe mit dem Pfad Kultur, anschließend die Differenzierung in Transferleistungen und Courage besteht eine indifferente Zielbeziehung (Z_4) zwischen der Steigerung der Transferleistungen und dem Energieverbrauch an Erneuerbaren Energien oder Atomkraft von Logistikunternehmen.
- Bei der Betrachtung der ökonomischen Zielgruppe mit dem Pfad Kosten, anschließend die Differenzierung in variable Kosten sowie fixe Kosten und der ökologischen Zielgruppe mit dem Pfad Energie, anschließend die Differenzierung in Erneuerbare Energie sowie Atomkraft besteht eine antinomische Zielbeziehung (Z_5) zwischen der Erhöhung der Menge in der Fertigung und somit der Erhöhung der variablen Kosten sowie den Energieverbrauch für die benötigte Maschine zu senken.

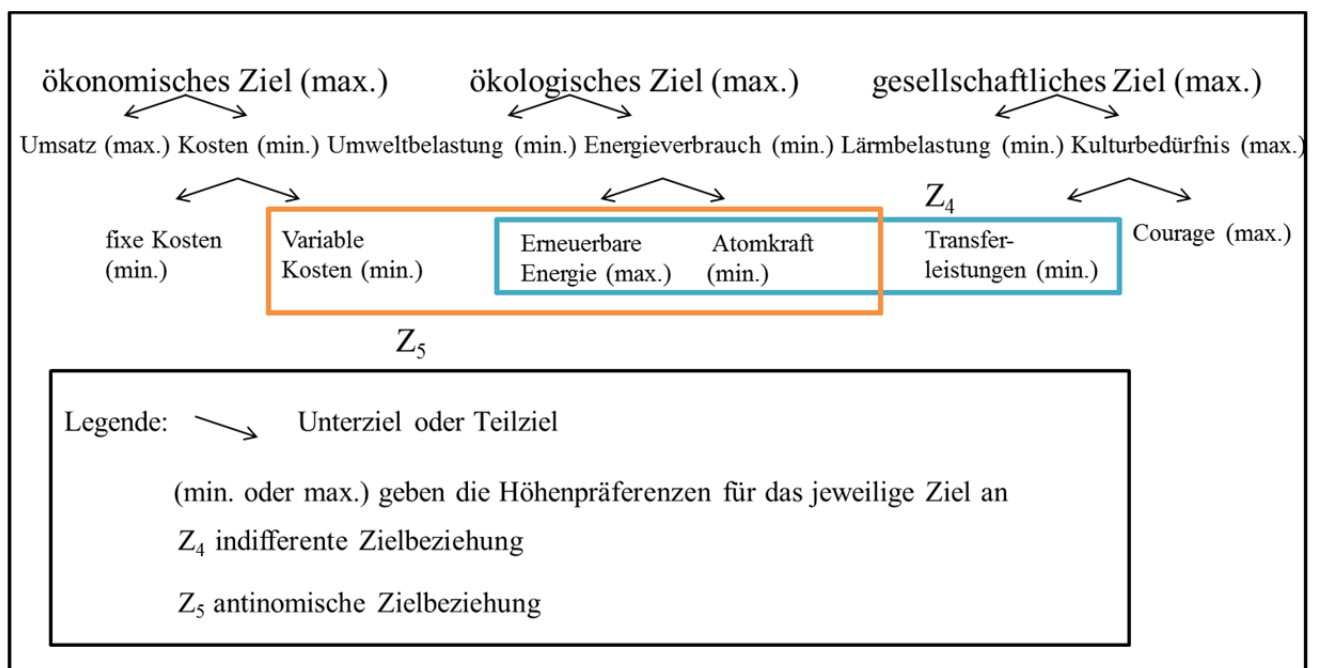


Abbildung 2: Exemplarische Zielbeziehungen¹ (2)

1) Unter der Ceteris-Paribus-Prämisse, also unter der Annahme, dass nur die genannten Ziele betrachtet sowie verändert werden Alle anderen Ziele oder Bestimmungskriterien werden als konstant unterstellt.

Um die Handlungsalternativen bewerten zu können, werden im Entscheidungsfeld Kriterien für die Handlungsalternativen herangezogen. Die Kriterien beschreiben die Eigenschaften der Handlungsalternativen und werden somit in der Literatur auch als Attribute oder Merkmale bezeichnet.¹ Die Kriterien können in drei Mess- oder Skalenniveaus eingeteilt werden:²

- Bei einem nominalen Skalenniveau werden lediglich qualitative Daten klassifiziert, die keine Rechenoperationen über die eindeutige Zuordnungen hinaus erlauben, was somit das niedrigste Skalenniveau darstellt. Mithilfe des nominalen Skalenniveaus können Häufigkeitsverteilungen ermittelt werden. Typische Beispiele in der Automobilbranche und Kriterien für die mögliche Handlungsauswahl wären z. B. Seriennummer, Chargennummer, Partienummer, Marke, Modell und Farbe. Die einzige Transformation stellt für das nominale Skalenniveau die Nominalzahl dar, z. B. kann das Kriterium Farbe anhand von Farbenanzahlen in entsprechende Klassifikationen unterteilt werden und anschließend den natürlichen Zahlen zugeordnet werden, beispielsweise 1 = Schwarz, 2 = weiß usw. Die notwendige Bedingung stellt beim nominalen Skalenniveau die eindeutige Zuordnung aller Handlungsalternativen auf die Messwerte der hier vorgegebenen Farben dar. Des Weiteren ist die Bezeichnung nominales *Skalenniveau* irritierend, da die nominale Skalierung keine Rangfolgen abbildet und keine Erkenntnisse über die Vorziehungswürdigkeit der Handlungsauswahl zulässt. Sie führt lediglich zu einer vergrößerten Klassifikation, indem mehrere Handlungsalternativen zusammengefasst werden.

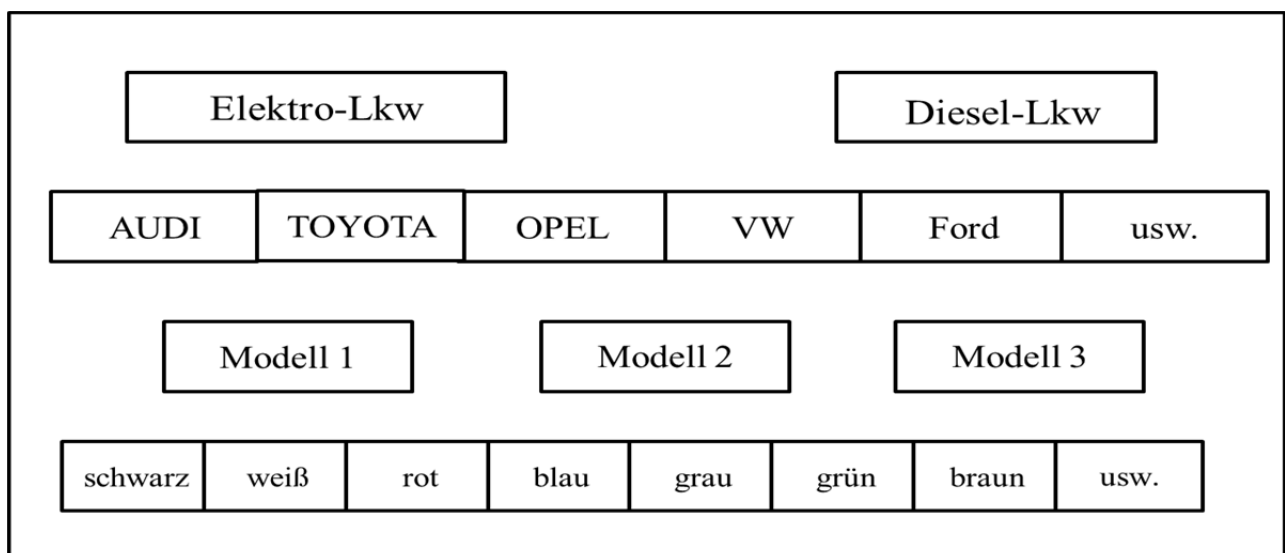


Abbildung 3: Nominales Skalenniveau

1) Vgl. SCHNEEWEIß (1991), S. 19.

2) Für die nachfolgenden Erklärungen der Skalenniveaus vgl. PFOHL/BRAUN (1981), S. 228 ff.; ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 11ff.; SCHNEEWEIß (1991), S. 40 ff.; KÖNIG/ROMMELFANGER/OHSE (2003), S. 148 ff.

- Bei einem ordinalen Skalenniveau werden wie bei dem nominalen Skalenniveau qualitative Daten erfasst. Jedoch nennt das ordinale Skalenniveau nicht nur die Kriterien, sondern kann den Kriterien mit Hilfe von Größenrelationen den Handlungsalternativen eine Rangordnung konzedieren. Die Rangordnung wird aufgrund von Bewertungen wie z. B. „besser“ und „stärker“ oder „weniger“ und „schwächer“ ausgedrückt. Des Weiteren ist es möglich, mit Vorgabe von Rangpunkten eine numerische Darstellung des ordinalen Skalenniveaus zu transformieren, jedoch können keine Aussagen über die Größenunterscheidungen zwischen z. B. zwei Rangordnungen getroffen werden. Daraus resultiert, dass die Werte bei einem ordinalen Skalenniveau nicht addiert oder daraus Mittelwerte berechnet werden sollten. Ausschließlich sind nur Vergleiche und Häufigkeitsverteilungen zulässig. Typische Beispiele in der Automobilbranche und Ziele für die Handlungsauswahl sind Image und Fahrgefühl.
- Bei einem kardinalen Skalenniveau werden die Bewertungen quantitativ erfasst, somit ist es möglich, eine Rangfolge der Kriterien aufzustellen. Des Weiteren können jetzt auch Aussagen über die Größenunterschiede zwischen z. B. zwei Rangordnungen getroffen werden. Somit bildet das kardinale Skalenniveau das höchste Messbarkeitsniveau der betrachteten Skalenniveaus. Das kardinale Skalenniveau wird auch als metrisches Skalenniveau bezeichnet und weiterhin unterschieden in Intervall-Skalenniveau, Verhältnis-Skalenniveau und Absolutes Skalenniveau. Bei dem Intervall-Skalenniveau existieren die gleichen Abstände zwischen den Skaleneinheiten des zu betrachtenden Kriteriums, somit sind die Abstände eindeutig sowie willkürlich bestimmbar. Deswegen sind Rechenoperationen, wie z. B. Additionen und Subtraktionen sowie Mittelwerte, zulässig. Aufgrund der Willkür der Abstände zwischen den Skaleneinheiten ist es auch möglich, keinen oder einen willkürlichen Nullpunkt festzulegen. Das hat zur Folge, dass die Quotientenbildung unzulässig ist. Typische Beispiele in der Automobilbranche und Kriterien für die Handlungsauswahl sind, z. B. Datum und Zeit. Bei dem Verhältnisskalen, auch Rational-, Ratio- oder Proportionalskalen genannt, ist ein Nullpunkt vorgegeben und somit können jetzt auch Quotienten gebildet werden zuzüglich der oben genannten Rechenoperationen. Typische Beispiele in der Automobilbranche und Kriterien für die Handlungsauswahl sind z. B. Währungseinheiten, Gewichte und Strecken. Bei dem Absoluten Skalenniveau werden zusätzlich die Skaleneinheiten festgelegt, die aus reellen Zahlen bestehen, somit herrscht eine völlige Dimensionslosigkeit und alle Rechenoperationen sind zulässig. Das Absolute Skalenniveau stellt innerhalb des kardinalen Skalenniveaus die höchste Skalenebene dar. Typische Beispiele in der Automobilbranche und Kriterien für die Handlungsauswahl sind z. B. Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten.

Um die Kriterien bewerten zu können, wird der Bestimmtheitsgrad der Daten oder Informationsgrad genauer betrachtet. Die Informationen über die Kriterien können Unschärfe, Sicherheit und Unsicherheit beinhalten.

- Eine Unschärfe, oder auch Fuzziness genannt, der Information liegt dann vor, wenn auch mit einem weiteren und unmittelbaren Einholen von Informationen keine eindeutige Zuordnung, z.B. in Farben, getroffen werden kann.¹ Typische Beispiele in der Automobilbranche und Kriterium für die Handlungsauswahl werden im nominalen Skalenniveau das Kriterium Farbe ausgewählt sowie die Farbe: 1 = schwarz, 2 = grau und 3 = weiß als mögliche Ausprägungen des Kriteriums festgelegt. Eine Unschärfe wird aufgrund der subjektiven Einschätzungen von Farben auftreten und wegen der nicht möglichen Schärfe zwischen dunkelgrau oder schwarz.
- Eine Sicherheit oder auch deterministische Information liegt dann vor, wenn die Information zum betrachteten Zeitpunkt exakt bekannt ist.² Typische Beispiele in der Automobilbranche und Kriterium für die mögliche Handlungsauswahl sind z. B. Marke, Modelle, Farben und Anschaffungskosten.
- Eine Unsicherheit der Information liegt dann vor, wenn die Information zum betrachteten Zeitpunkt nicht exakt bekannt ist.³ Des Weiteren kann die Unsicherheit differenziert werden in Risiko und Ungewissheit.⁴ Bei Risiko können den Informationen z. B. zukünftige Umweltsituationen als Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden, diese werden als stochastische Informationen bezeichnet.⁵ Bei Ungewissheit können z. B. den zukünftigen Umweltsituationen keine Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden.⁶ Als typisches Beispiel in der Automobilbranche und Kriterium für eine Handlungsauswahl gilt z. B. Klimawandel minimieren sowie Umweltbelastungen minimieren. Die Folgen der langfristigen Klimaänderung können ökologischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Art sein. Hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels herrscht eine große Unsicherheit, aufgrund von zukünftigen Entwicklungen einzelner oder mehrerer Klimaparameter. Die Klimaparameter sind nicht fix, sondern unterliegen einem ständigen Wandel. Des Weiteren gibt es verschiedene Klimamodelle, z. B. globale und regionale, die auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.⁷ Den größten Unsicherheitsfaktor stellt der

1) Vgl. SCHNEEWEIB (1991), S. 37 ff.

2) Vgl. SCHNEEWEIB (1991), S. 35.

3) Vgl. SCHNEEWEIB (1991), S. 35 f.

4) Vgl. SCHNEEWEIB (1991), S. 35 f.

5) Vgl. SCHNEEWEIB (1991), S. 35 f.

6) Vgl. SCHNEEWEIB (1991), S. 35 f.

7) Vgl. BIRKMANN/BÖHM/BUCHHOLZ (2011), S. 11 ff.

Mensch bei aktuellen globalen Klimamodellen (Global Climate Models: GCM) dar. Der Mensch ist hier eine nicht prognostizierbare Größe und nötigt die Forscher, anhand von z. B. fiktiven Emissionsszenarien die nächsten 100 Jahre mit verschiedenen Einflussgrößen darzustellen.¹ Die Emissionsszenarien decken eine breite Spanne von Entwicklungen der Menschheit ab: von friedlich und ressourcenschonend bis kriegerisch und verschwenderisch.² Alle Szenarien werden als gleich realistisch angesehen.³ Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die in Kapitel 2.1.1 erörterten betriebswirtschaftlichen Entscheidungskonzepte.

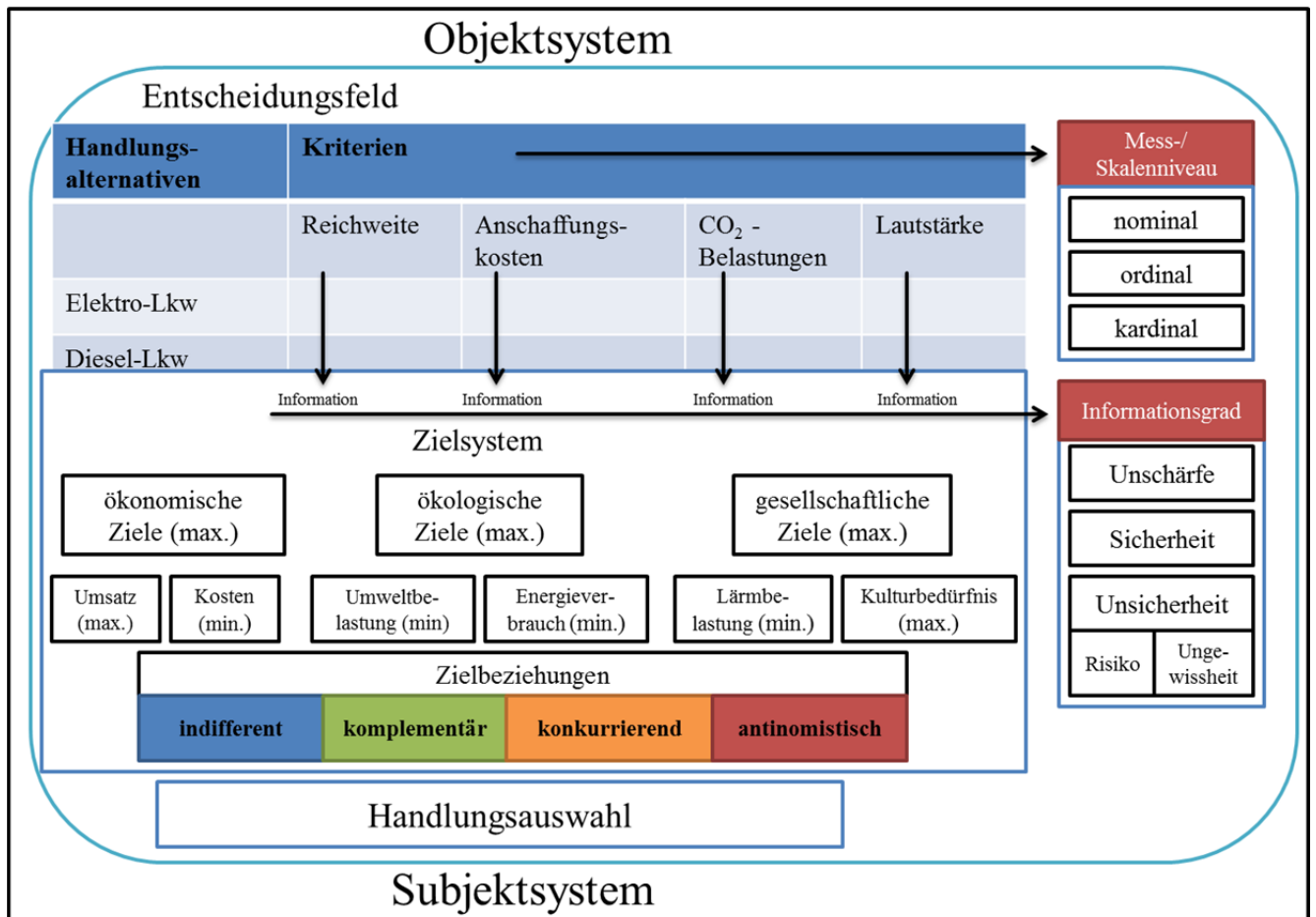


Abbildung 4: Entscheidungskonzept

1) Vgl. LANGKAMP/BÖHNER (2010), S. 9.

2) Vgl. LANGKAMP/BÖHNER (2010), S. 9.

3) Vgl. LANGKAMP/BÖHNER (2010), S. 9.

2.1.2 Theoretische Einordnungen

Die Entscheidungstheorie wird differenziert in normative, präskriptive und deskriptive Entscheidungstheorie.¹ Die normative und die präskriptive Entscheidungstheorie sind eine Formalwissenschaft, die mit Hilfe von Axiomen versucht, widerspruchsfreie Modelle mit logischen Schlussfolgerungen aufgrund der getroffenen Axiome zu entwickeln. Bei der normativen und der präskriptiven Entscheidungstheorie steht die Entscheidungslogik im Mittelpunkt, somit können die normative und präskriptive Entscheidungstheorie im Wesentlichen als Rationalitätsanalysen verstanden werden. Die normative Entscheidungstheorie beschäftigt sich hauptsächlich mit dem Aufstellen der Axiome, wohingegen die präskriptive Entscheidungstheorie mit Hilfe der normativen Vorgaben der Axiome Strategien und Methoden der jeweiligen Entscheidungsträger ausarbeitet. Die deskriptive Entscheidungstheorie, auch empirisch-kognitive Entscheidungstheorie genannt, ist eine Realwissenschaft, die wahre und neue Aussagen über die Realität erforscht. Die genauen Abgrenzungen zwischen der normativen, präskriptiven und deskriptiven Entscheidungstheorie sind nicht eindeutig bestimmbar.

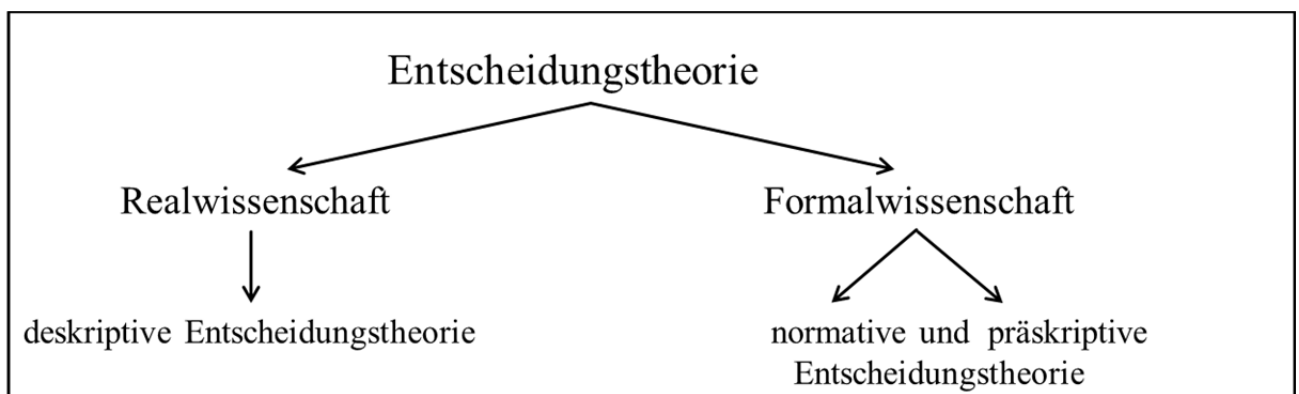


Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung der Entscheidungstheorie

Für die Handlungsauswahl über Investitionen in einen betrieblichen Fuhrpark wird ein Bewertungsverfahren eingesetzt. Das Bewertungsverfahren muss aufgrund der verschiedenen für ein Unternehmen relevanten Ziele ein multikriterielles Bewertungsverfahren sein, um in einem Auswahlprozess gleichzeitig mehrere Kriterien berücksichtigen zu können. Multikriterielle Entscheidungen beziehen sich auf Entscheidungsprozesse, die mehrere Ziele verfolgen. Die Ziele stehen oft in einem Konfliktverhältnis. Gewöhnlich werden die Kriterien auf unterschiedlichen Skalenniveaus gemessen, somit besteht die Gefahr, dass eine Unvergleichbarkeit zwischen den Handlungsalternativen besteht.² Zur Handlungsauswahl im Rahmen von multikriteriellen Entscheidungsprozessen werden in der Regel zwei Gruppen von Bewertungsverfahren differenziert:

1) Für die nachfolgenden Erklärungen der Entscheidungstheorie vgl. ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 1 ff.; SCHNEEWEIß (1991), S. 83 ff.; KÖNIG/ROMMELFANGER/OHSE (2003), S. 144 ff.; BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 1 ff.

2) Vgl. ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 21 f.

- Die einen Bewertungsverfahren beziehen sich auf Auswahlprozesse, bei denen mehrere, aber endlich viele diskrete Handlungsalternativen zur Auswahl stehen, mehrere Ziele zur Bewertung der Handlungsalternativen berücksichtigt werden müssen und sich keine der Handlungsalternativen als eine dominante Handlungsalternative erweist. In diesem Fall wird von Bewertungsverfahren für Multi-Attributentscheidungen – auf Englisch „Multi Attribute Decision Making (MADM)“ – gesprochen.¹
- Die anderen Bewertungsverfahren erstrecken sich auf Auswahlprozesse, bei denen nicht endlich viele diskrete Handlungsalternativen bekannt sind, sondern die innerhalb eines kontinuierlichen Handlungsraumes liegen und durch situationsspezifische Nebenbedingungen definiert werden. In diesem Fall liegen Bewertungsverfahren für Multi-Objektentscheidungen – auf Englisch „Multi Object Decision Making (MODM)“ – vor.²

Die Zuordnung der Bewertungsverfahren ist nicht immer eindeutig, da bei den Bewertungsverfahren verschiedene Varianten existieren, die im Bereich MADM-Verfahren und MODM-Verfahren Überschneidungen aufweisen.³ Weiterhin eignen sich einige MODM-Verfahren zur Lösung von Handlungsalternativen mit diskreten Handlungsalternativen, da diese durch abstandsorientierte Verfahren in einem stetigen Lösungsraum den minimalen Abstand zu einer vorgegebenen idealen Lösung berechnen.⁴ Die Zielfunktion ist typischerweise ein euklidischer Abstand (euklidischer Abstand ist in einem mehrdimensionalen Lösungsraum der Abstand zwischen zwei Punkten, die Anzahl der Mehrdimensionalität entspricht jener der betrachteten Kriterien) des Lösungsvektors von dem vorgegebenen Zielvektor.⁵ In der einschlägigen Literatur wird beispielweise das TOPSIS-Verfahren dem MADM-Verfahren wie auch dem MODM-Verfahren zugeordnet.⁶ Das TOPSIS-Verfahren wird aufgrund seiner in Kapitel 2.2.2.2 dargestellten und definierten Variante von der Verfasserin als MADM-Verfahren aufgeführt.

Da in Kapitel 2.1.1 eine binäre Handlungsalternative zur Handlungsauswahl steht und die nachfolgend angeführte E-Logistics-Handlungsalternative im Rahmen des hier skizzierten Forschungsprojektes ELOKOV in eine größere – aber endliche und weiterhin diskrete – Anzahl von Subalternativen ausdifferenzieren ist werden sich, diese Subalternativen beispielsweise auf unterschiedliche Typen von Elektro-Lkw (Substitutionsart), auf unterschiedliche Anzahlen einerseits ersetzter Last-

1 Vgl. KÖNIG (2003), S. 158; ZIMMERMANN (1991), S. 260.

2 Vgl. GÖTZE (2008), S. 173; KÖNIG (2003), S. 158; ZIMMERMANN (1991), S. 260.

3) Vgl. RUHLAND (2004), S. 11; ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 30 f.

4) Vgl. RUHLAND (2004), S. 11; ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 30 f.

5) Vgl. RUHLAND (2004), S. 11; PETERS/ZELEWSKI (2007), S. 12.

6) Vgl. RUHLAND (2004), S. 11; ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 30 f.; GÖTZE (2008), S. 178; GELDERMANN (2012), o. S.

kraftwagen mit Verbrennungsmotor und andererseits neu angeschaffter Elektro-Lkw (Substitutionsausmaß) sowie auf unterschiedliche Zeitpunkte des Ersatzes von Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor durch Elektro-Lkw (Substitutionstermine) erstrecken. Um im letztgenannten Fall des Substitutionstermins in der Gruppe der MADM-Bewertungsverfahren zu verbleiben, muss allerdings vorausgesetzt werden, nur eine endliche Anzahl von Substitutionszeitpunkten auf einer diskreten Zeitskala als Handlungsalternativen zu berücksichtigen. Diese Einschränkung erweist sich aus der Perspektive des hier untersuchten Realproblems als unwesentlich. Daher werden die Bewertungsverfahren aus der MADM-Gruppe angewendet, die im Folgenden der Einfachheit halber als MADM-Verfahren bezeichnet werden. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die in Kapitel 2 betrachteten MADM-Verfahren.

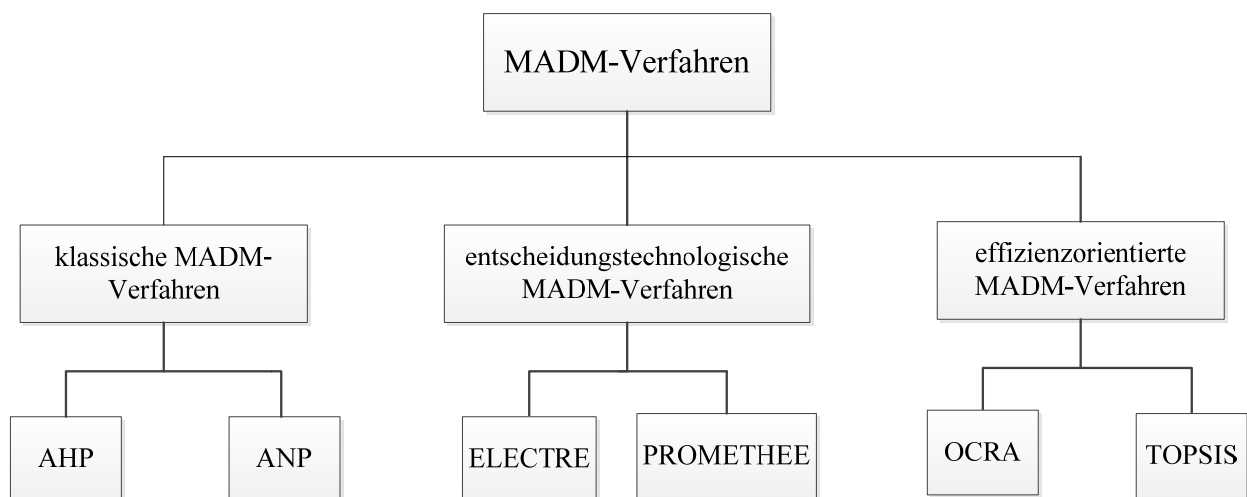


Abbildung 6: Einteilung der MADM-Verfahren¹

1) In Anlehnung an ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 25 ff. Die in der Abbildung 6 aufgeführten MADM-Verfahren sollen nur einen groben Überblick über die MADM-Verfahren vermitteln und weiterhin den Aufbau des folgenden Kapitels darlegen. Ziel ist es hier nicht, sämtliche MADM-Verfahren aufzuführen und zu erörtern, da dies den Rahmen des Forschungsprojektes ELOKOV sprengen würde.

2.2 Beschreibung der Analysemethoden

2.2.1 Klassische MADM-Verfahren

2.2.1.1 AHP

Anfang der 70 er Jahre entwickelte THOMAS L. SAATY das Analytic Hierarchy Process (AHP)¹-Verfahren² zur Analyse von komplexen Entscheidungen.³ Hierbei handelt es sich nicht um ein generell neues Verfahren, sondern um eine Variante der Nutzwertanalyse.⁴ Die Nutzwertanalyse geht auf ZANGEMEISTER zurück. ZANGEMEISTER definiert die Nutzwertanalyse als: „Die Methodik zur Ableitung einer optimalen Ordnung von Alternativen auf der Basis des Nutzenkonzepts soll hier Nutzwertanalyse genannt werden. (...) Nutzwertanalyse ist die Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung dieser Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Alternativen.“⁵ Die Nutzwertanalyse ist in der Praxis weit verbreitet und ein sehr beliebtes Aggregationsverfahren.⁶ Synonyme Redeweisen in der Fachliteratur sind Nutzbewertungen, Punktwertverfahren, Punktbeurteilungsverfahren oder Scoring-Modell. Um eine Entscheidung treffen zu können, folgt hier binäre Handlungsauswahl:⁷

- die Handlungsalternative H_1 , dass Unternehmen ihre Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor (Benzin- oder Dieselmotor) durch Elektro-Lkw ersetzen (E-Logistics-Alternative), und
- die Handlungsalternative H_2 , dass Unternehmen ihre derzeit eingesetzten Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor beibehalten (Unterlassungsalternative).

1) Vgl. SAATY (1980); SAATY (1986), S. 841 ff.; SAATY (1994a), S. 426 ff.; SAATY (1994b), S. 19 ff.; ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 65 ff.; SCHNEEWEIB (1991), S. 157 ff.; Weber (1993), S. 73 ff.; GÖTZE (2008), S. 188 ff.

2) In dem vorliegenden Forschungsprojektbericht wird das klassische AHP-Verfahren dargestellt und untersucht. In der Literatur existieren Modifikationen, die hier nicht weiter betrachtet werden.

3) Vgl. SAATY (1980); ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 65 ff.; SCHNEEWEIB (1991), S. 157 ff.

4) Vgl. SCHNEEWEIB (1991), S. 157.

5) ZANGEMEISTER (1976), S. 45.

6) Vgl. SCHNEEWEIB (1991), S. 157.

7) Bei den Handlungsalternativen sollte berücksichtigt werden, dass mit jeder zusätzlichen Handlungsalternative der Arbeitsaufwand steigt. Deshalb wird empfohlen, bei Vorliegen von vielen Handlungsalternativen mit Hilfe von K.o.-Kriterien eine kleinere Handlungsalternative zu realisieren. Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2003), S. 1214.

Im Rahmen des AHP-Verfahrens wird das Gesamtziel in Teilziele differenziert, weiterhin werden die Teilziele in Subziele aufgespalten und mithilfe von Kriterien repräsentiert.¹ Die Kriterien für die Handlungsauswahl können in beliebig viele Subkriterien unterteilt werden. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass der Arbeitsaufwand mit jedem weiteren Subkriterium oder jeder zusätzlichen Ebene eines weiteren Subkriteriums steigt.² Ferner werden die Kriterien, die sich auf der untersten Hierarchiestufe befinden, mit der Handlungsalternative H_1 und der Handlungsalternative H_2 in einem paarweisen Vergleich bewertet sowie beurteilt. Ziel des AHP-Verfahrens ist, aufgrund von Paarvergleichen einen multikriteriellen Handlungsprozess so zu gestalten, dass durch die Paarvergleiche eine Reduktion und somit eine vereinfachte Betrachtungsweise für den Entscheidungsträger aufbereitet wird in Bezug auf die Handlungsauswahl.

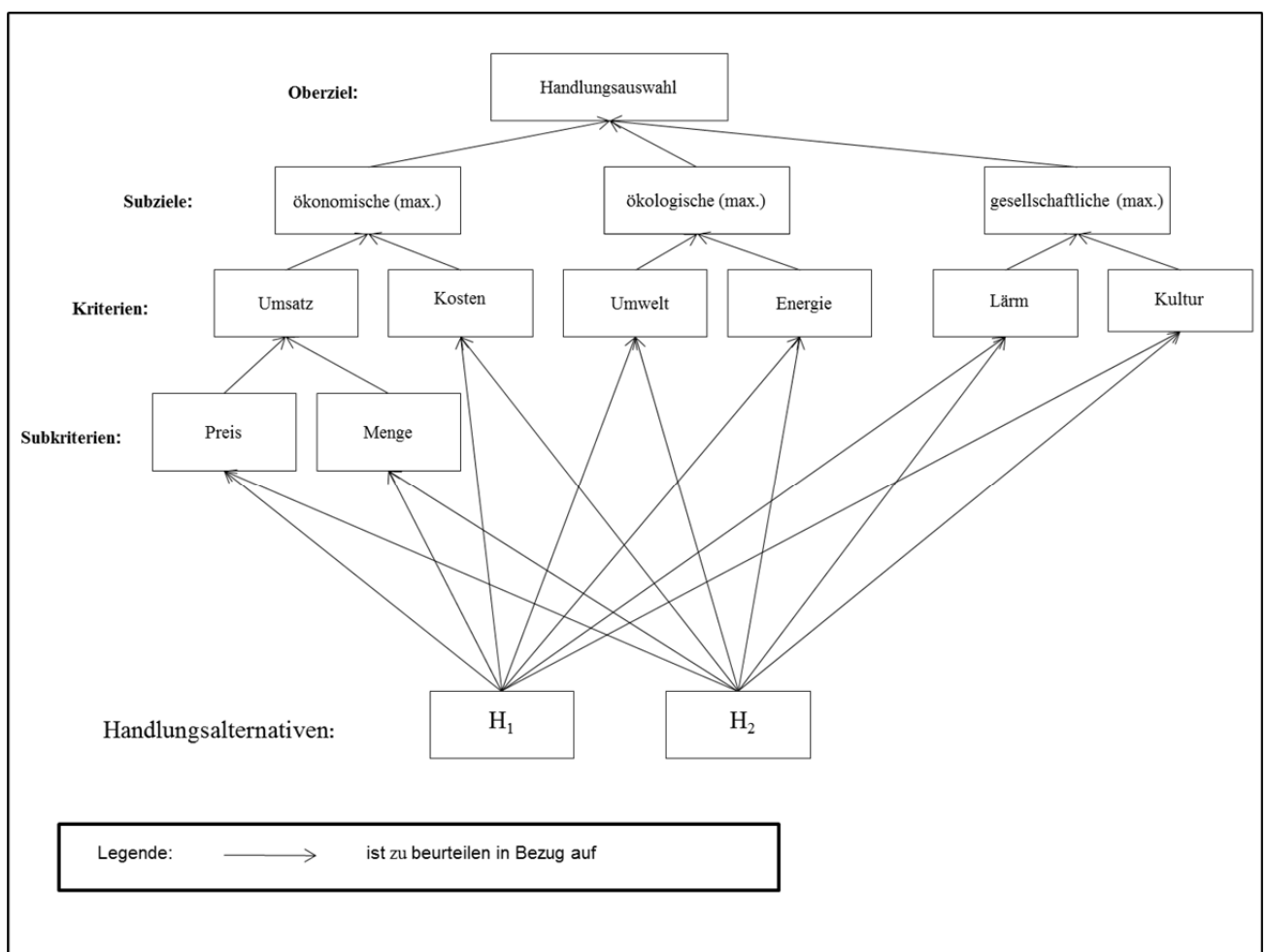


Abbildung 7: Exemplarische Darstellung der Hierarchie

1) Zu den nachfolgenden Darstellungen und Erklärungen zur AHP-Methode vgl. SAATY (1980); SAATY (1986), S. 841 ff.; SAATY (1994a), S. 426 ff.; SAATY (1994b), S. 19 ff.; ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 65 ff.; SCHNEEWEIß (1991), S. 157 ff.; WEBER (1993), S. 73 ff.; GÖTZE (2008), S. 188 ff.

2) Vgl. ZELEWSKI/PETERS (2003), S. 1210.

Mithilfe des Paarvergleichs werden z. B. die Handlungsalternative H_1 und die Handlungsalternative in Bezug auf ein Kriterium oder Ziel beurteilt. Hierbei wird die Präferenz des Entscheidungsträgers aufgezeigt. Das AHP-Verfahren setzt voraus, dass die Entscheidungsträger über präzise Vorstellungen hinsichtlich der Kriterienerfüllungen durch unterschiedliche Handlungsalternativen sowie hinsichtlich der Gewichtung der Kriterien verfügen und jedes Kriterium durch ein Verhältnisskalenniveau messbar ist. SAATY empfiehlt, bei der Skaleneinteilung eine 9-Punkte-Skala zu verwenden, um die Präferenzen der Entscheidungsträger auf die Handlungsalternativen in Bezug auf das Kriterium zu präsentieren.¹

Werte für Paarvergleiche	Beurteilung von Handlungsalternativen in Bezug auf ein Kriterium
1	gleiche Kriterienausprägung der beiden Handlungsalternative H_1 und Handlungsalternative H_2 (Indifferenz)
3	etwas höhere Kriterienausprägung der Handlungsalternative H_1 in Bezug auf Handlungsalternative H_2
5	deutlich höhere Kriterienausprägung der Handlungsalternative H_1 in Bezug auf Handlungsalternative H_2
7	viel höhere Kriterienausprägung der Handlungsalternative H_1 in Bezug auf Handlungsalternative H_2
9	sehr viel höhere Kriterienausprägung der Handlungsalternative H_1 in Bezug auf Handlungsalternative H_2
2, 4, 6, 8	Zwischenwerte
$1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9$	Reziprokwerte

Tabelle 1: 9-Punkte-Skala²

Weiterhin wird unterstellt, dass zwischen den Kriterien keine Abhängigkeit vorliegt. Das AHP-Verfahren ist geprägt durch einen hohen mathematischen Anspruch auf der Basis von Eigenwerten und Eigenvektoren sowie Konsistenzüberprüfungen von Präferenzurteilen.³

1) Vgl. SAATY (1983), S. 76; SAATY (1994b), S. 26; SAATY (2001), S. 73.

2) Vgl. SAATY (1983), S. 76; SAATY (1994b), S. 26; SAATY (2001), S. 73.

3) Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2004), S. 296.

2.2.1.2 ANP

Das Analytic Network Process (ANP)¹-Verfahren wurde ebenfalls von THOMAS L. SAATY konzipiert und stellt eine Abstraktion des AHP-Verfahrens dar.² Eine entscheidende Veränderung stellt in dem ANP-Verfahren die Berücksichtigung von Abhängigkeiten zwischen den Kriterien dar. Dies wird dadurch ausgedrückt, dass die Anordnung der Kriterien netzartig erfolgt und nicht hierarchisch wie bei dem AHP-Verfahren. Durch die netzartige Aufstellung ist es dem ANP-Verfahren möglich, Abhängigkeiten zu berücksichtigen. Weiterhin kann unterschieden werden in folgende Abhängigkeiten:

- äußere Abhängigkeit: Bei der Betrachtung von zwei unterschiedlichen Zielen existiert mindestens eine Abhängigkeit zwischen den Kriterien, die die unterschiedlichen Ziele repräsentieren. Diese Abhängigkeit kann unterschieden werden in:
 - a) einseitige Abhängigkeit: Das Kriterium (1) ist abhängig von einem anderen Kriterium (2), aber das Kriterium (2) ist nicht abhängig von Kriterium (1).
 - b) wechselseitige Abhängigkeit: Das Kriterium (1) ist abhängig von einem anderen Kriterium (2) und das Kriterium (2) ist abhängig von Kriterium (1).
- innere Abhängigkeit: Innerhalb eines Ziels existiert eine Abhängigkeiten zwischen mindestens zwei Kriterien, die das Ziel repräsentieren.

Für das Forschungsprojekt ELOKOV wird angenommen, dass für die Ziele (ökonomisch, ökologisch sowie gesellschaftlich) oder Subziele folgende Abhängigkeiten zwischen den Kriterien vorliegen:

Ziele	Kriterien	Abhängigkeit der Kriterien
ökonomisch (max.)	Umsatz (max.)	Kosten
	Kosten (min.)	Umsatz, Umweltbelastung, Energieverbrauch
ökologisch (max.)	Umweltbelastung (min.)	Kosten, Energieverbrauch, Kulturbedürfnis
	Energieverbrauch (min.)	Kosten, Umweltbelastung
gesellschaftlich (max.)	Lärmbelastung (min.)	-
	Kulturbedürfnis (max.)	Umweltbelastung

Tabelle 2: Exemplarische Darstellung der Abhängigkeiten von Kriterien

1) In dem vorliegenden Forschungsprojektbericht wird das klassische ANP-Verfahren dargestellt und untersucht. In der Literatur existieren Modifikationen, die hier nicht weiter betrachtet werden

2) Die nachfolgenden Darstellungen und Erklärungen zur ANP-Verfahren vgl. SAATY(2001); PETERS/ZELEWSKI (2008), S. 475 ff.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die grafische Darstellung der inneren sowie äußeren Abhängigkeiten zwischen den Kriterien zur Repräsentation der Ziele. Hierzu werden die Ziele, die in der Tabelle 2 aufgeführt sind, in die für das ANP-Verfahren typische Netzart überführt. Die Abhängigkeiten werden durch gerichtete Kanten dargestellt und die Kriterien werden durch die Knoten veranschaulicht.

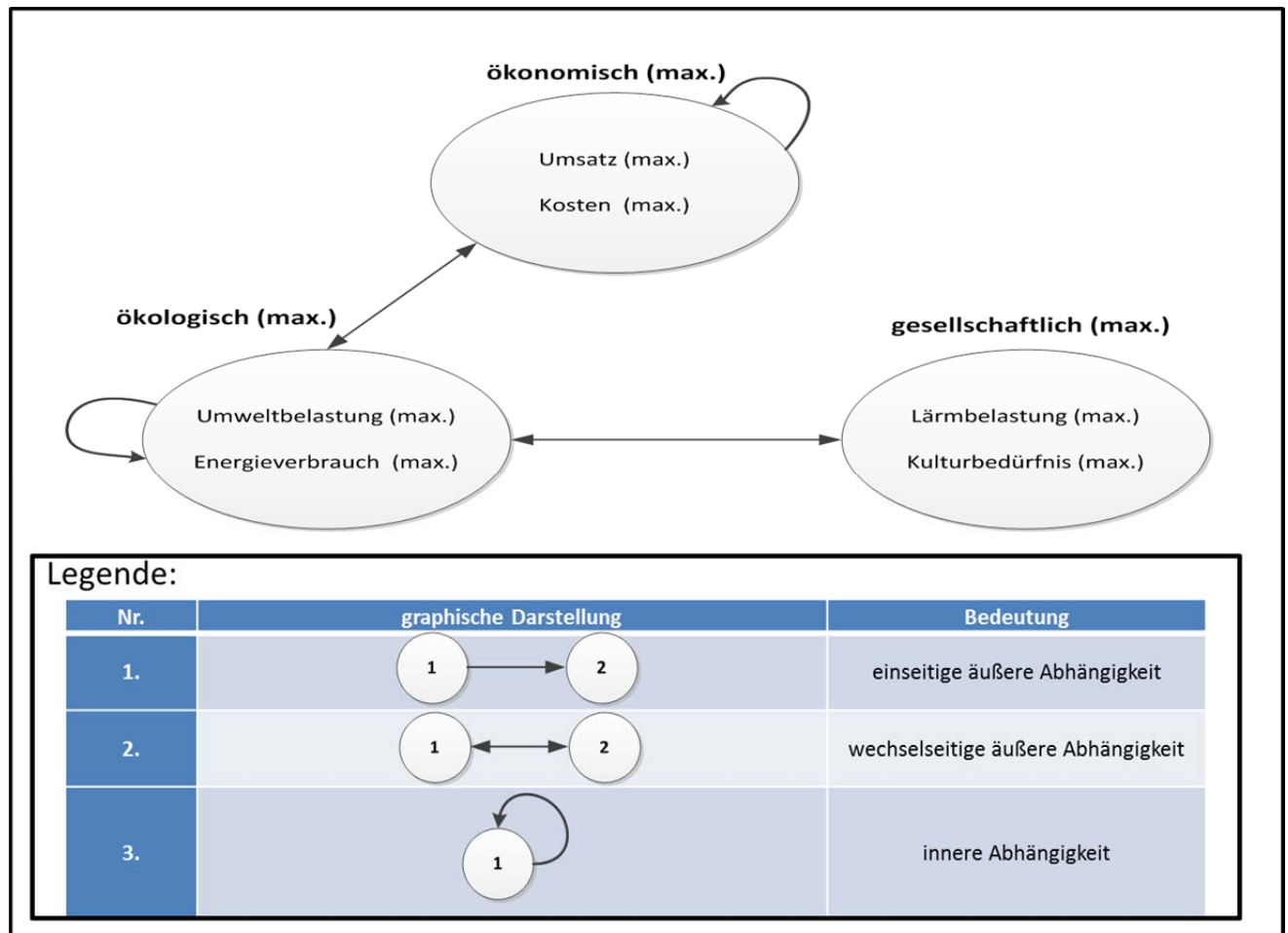


Abbildung 8: Exemplarische netzartige Darstellung der Abhängigkeiten zwischen Kriterien

Auch das ANP-Verfahren setzt voraus, dass die Entscheidungsträger über präzise Vorstellungen hinsichtlich der Kriterienerfüllungen durch unterschiedliche Handlungsalternativen sowie hinsichtlich der Gewichtung der Kriterien verfügen und jedes Kriterium durch eine Verhältnisskala messbar ist. Weiterhin ist auch das ANP-Verfahren durch einen sehr hohen mathematischen Anspruch geprägt, der ohne eine spezielle ANP-Software kaum zu bewältigen ist. Aufgrund des sehr hohen mathematischen Anspruchs wird das ANP-Verfahren in der betrieblichen Praxis kaum eingesetzt. Aus theoretischem Standpunkt ist das ANP-Verfahren eine sehr gute und elegante Möglichkeit, um bei multikriteriellen Entscheidungen eine Handlungsauswahl zu treffen.

2.2.2 Effizienzorientierte MADM-Verfahren

2.2.2.1 OCRA

Im Jahr 1994 konzipierte CELIK PARKAN das Operational Competitiveness Rating (OCRA)¹-Verfahren, das die Effizienz wie auch die Ineffizienz von Handlungsalternativen² in einem Verhältnis zu den anderen zu bewertenden Handlungsalternativen beurteilt.³ Durch die steigende Globalisierung der Wirtschaft und Gesellschaft wird die Effizienz bzw. die Ineffizienz von Unternehmen immer stärker in den Vordergrund gerückt.⁴ Umso erstaunlicher ist es, dass sich weder in der einschlägigen Fachliteratur noch in der Praxis eine eindeutige Begriffsdefinition für Effizienz bzw. Ineffizienz befindet. Des Weiteren folgen Schlagwörter wie z. B. Effektivität (Effektivität ist eine rein outputorientierte Betrachtung, d. h. nur der Grad der Zielerreichung wird gemessen und die benötigten Inputs werden vernachlässigt⁵) und Produktivität (Produktivität wird als das Verhältnis von Output zu Input verstanden⁶), die oft als Synonyme verwendet werden. Darüber hinaus existiert eine Vielzahl von Ausprägungen für z. B. Produktivität, die sich nur schwer voneinander abgrenzen lassen, wie z. B. Mengenproduktivität, Wertproduktivität, gemischte Produktivität, Aufwandsproduktivität usw. Aufgrund des Begriffspluralismus und der konzeptionellen Diversität von Effizienzverfahren entsteht für Theorie und Praxis eine schwierige Situation, da eine Messbarkeit der Erfüllung von Beurteilungskriterien sowie eine Vergleichbarkeit von Studien erschwert werden. Zusätzlich wird seit Anfang der 1980er Jahre immer stärker eine Abgrenzung zwischen Effizienz und Produktivität vorangetrieben.⁷ CANTNER/KRÜGER/HANUSCH grenzen die Effizienz und Produktivität wie folgt voneinander ab: „Effizienz beinhaltet allgemein eine Gegenüberstellung von Zielen und deren zur Erreichung dieser Ziele erforderlichen Mitteln. Effizienz orientiert sich dabei an den unterschiedlichen Ausprägungen des ökonomischen Prinzips, indem entweder mit den gegebenen Mitteln der höchste Zielertrag (Maximum-Prinzip) oder ein gegebenes Ziel mit dem geringsten Mitteleinsatz erreicht wird (Minimum-Prinzip). Je nachdem wie man diese Ziele und Mittel inhaltlich spezifiziert, erhält man eine Fülle verschiedener Effizienzkonzepte. Eines dieser Effizienzkonzepte

-
- 1) In dem vorliegenden Forschungsprojektbericht wird das klassische OCRA-Verfahren dargestellt und untersucht. In der Literatur existieren Modifikationen, die hier nicht weiter betrachtet werden.
 - 2) PARKAN/WU verwenden die Bezeichnung Produktionseinheiten (production units (PU)); vgl. PARKAN/WU (1999), S. 505. Weiterhin verwendet DYCKHOFF die Bezeichnung Entscheidungseinheiten; vgl. DYCKHOFF (2006), S. 177 und ALLEN verwendet die Bezeichnung Vergleichseinheiten; vgl. ALLEN (2002), S. 2.
 - 3) Vgl. PARKAN (2003), S. 731.
 - 4) Vgl. CANTNER/KRÜGER/HANUSCH (2007), S. V.
 - 5) Vgl. CANTNER/KRÜGER/HANUSCH (2007), S. 3.
 - 6) Vgl. COOPER/SEIFORD/TONE (2004), S. 1 ff.
 - 7) Vgl. LOVELL (1993), S. 43.

ist die Produktivität, resultierend aus der Gegenüberstellung von realem Output und realem Input. Damit kann man Produktivität als eine spezifische inhaltliche Ausprägung von Effizienz ansehen.“¹

Das OCRA-Verfahren ist ein nicht parametrisches Verfahren.² Weiterhin wird unterschieden zwischen parametrischen Verfahren und nicht parametrischen Verfahren. Bei den parametrischen Verfahren liegen Strukturannahmen vor, die z.B. mit Produktionsfunktionen dargestellt werden, um die Effizienzlinie a priori aufzuzeigen,³ wohingegen bei nicht parametrischen Verfahren keine Annahmen über die Struktur oder Produktionsfunktion benötigt werden, da die Effizienzlinie auf Basis von vorliegenden Daten und deren Durchschnittswerten oder Extremwerten (basiert die Ermittlung auf Extremwerten, stellt die Randfunktion (Frontier) die Effizienzlinie dar) abgeleitet werden.⁴ Eine weitere Differenzierung innerhalb des parametrischen Verfahrens und des nicht parametrischen Verfahrens besteht in der Unterscheidung zwischen dem deterministischen parametrischen Verfahren und dem stochastischen parametrischen Verfahren sowie dem deterministischen nicht parametrischen Verfahren und dem stochastischen nicht parametrischen Verfahren. Die Unterscheidung besteht in dem Umgang mit Messfehlern, die in den jeweiligen Verfahren unterschiedlich berücksichtigt werden.⁵ Bei deterministischen Verfahren wird z. B. die Randfunktion durch Input-Output- Abstände definiert, alle Abweichungen werden als Ineffizienz gekennzeichnet. Die stochastischen Verfahren hingegen berücksichtigen weiterhin Störvariablen (z. B. durch Wettereinflüsse). Dadurch werden Verteilungsannahmen hinsichtlich statistischer Messfehler berücksichtigt.⁶ Die Effizienz wird durch das Verhältnis von Output zu Input für die hier betrachteten Handlungsalternativen (die Handlungsalternative H_1 und die Handlungsalternative H_2) repräsentiert. Das OCRA-Verfahren ist nur dann anwendbar, wenn für alle Inputs und Outputs bei kardinalem Skalenniveau⁷ die Ausprägungen der Inputs und Outputs positiv sind.⁸ Des Weiteren ist es notwendig, mindestens ein Input zu mindestens einem Output in einem Verhältnis zu repräsentieren. Ebenfalls ist es möglich, mehrere Inputs zu einem Output zu analysieren oder einen Input zu mehreren Outputs zu analysieren. Ferner ist es auch möglich, mehrere unterschiedliche Inputs mit unterschiedlichen Outputs zu vergleichen. Für alle genannten Input-Output-Analysen besteht allerdings die Voraussetzung, dass alle

1) CANTNER/KRÜGER/HANUSCH (2007), S. 3.

2) Vgl. PARKAN/WU (1999), S. 505.

3) Vgl. PETERS (2008), S. 716 ff.; BURGER (2008), S. 46 ff.; MUBHOFF/HIRSCHAUER/HERINK (2009), S. 115 f.

4) Vgl. BURGER (2008), S. 47.

5) Vgl. LOVELL (1993), S. 19.

6) Vgl. BURGER (2008), S. 47 ff.; MUBHOFF/HIRSCHAUER/HERINK (2009), S. 115 f.

7) Das OCRA-Verfahren setzt ein kardinales Skalenniveau voraus, da es bei z. B. ordinalem Skalenniveau bei der späteren Berechnung von Abständen zu einem Skalenbruch kommt; vgl. PETERS/ZELEWSKI (2010), S. 225.

8) PARKAN/WU (1999), S. 505.

betrachteten Inputs unabhängig voneinander sind und ebenso auch die betrachteten Outputs voneinander unabhängig sind.

Handlungsalternative H ₁	Zielrichtung	Input-Output-Beziehungen	
	Ziele	Inputs	Outputs
	ökonomisch (max.)	Kosten	Umsatz
	ökologisch (max.)	CO ₂ -Ausstoß Energieverbrauch	Green Logistics
gesellschaftlich (max.)	Lärmbelastungen	Lebensqualität	
		Image	

Tabelle 3: Exemplarische Darstellung der Input-Output-Beziehungen

Für die Unternehmen stellt die Wirtschaftlichkeit ein Maß für die Effizienz bzw. Ineffizienz dar. Die Wirtschaftlichkeit kann durch das Verhältnis von Output zu Input gemessen werden. Nach dem Wirtschaftlichkeitsprinzip (synonyme Redeweise in der Fachliteratur ist das ökonomische Prinzip) ist eine Handlungsoption auszuwählen, die für das Verhältnis von Output zu Input den größten Wert annimmt. Prinzipiell folgt daraus, dass der Effizienzwert steigt, je kleiner der Inputwert und desto größer der Outputwert ist. Folglich sind die in der Tabelle 4 betrachteten Inputfaktoren zu minimieren und die betrachteten Outputs zu maximieren. Das Wirtschaftlichkeitsprinzip gibt für das Verständnis und die Beurteilung der Angemessenheit von Wirtschaftlichkeitsanalysen keine inhaltlichen Bewertungsmaßstäbe vor. Infolgedessen bleiben die Art und die Anzahl der Ziele und der daraus abzuleitenden Kriterien für die Bewertung von Handlungsalternativen offen.¹

Im Rahmen des OCRA-Verfahrens werden für die Inputs und Outputs Bedeutungsgewichtungen von dem Entscheidungsträger festgelegt, um die Vergleichbarkeit von Effizienzwerten zu gewährleisten.² Die Bedeutungsgewichte a_m für die Inputs und die Bedeutungsgewichte b_h für die Outputs werden zu einem Wert von Eins aufaddiert. Bei Bewertungstechniken, die sich direkt nicht auf Eins aufaddieren lassen, wie für das OCRA-Verfahren gefordert, kann durch Aufsummierung der Bedeu-

1) Vgl. ZANGEMEISTER (2000), S. 2 ff.

2) Zu den nachfolgenden Darstellungen und Erklärungen zur OCRA-Verfahren vgl. PARKAN/WU (1999), S. 505 ff.; PARKAN (2003), S. 733; PETERS/ZELEWSKI (2010), S. 225 ff.

tungsgewichte und anschließend es Dividieren der einzelnen Bewertungsgewichte durch die Summe der Wert Eins realisiert werden.¹

$$\sum_{m=1}^M a_m + \sum_{h=1}^H b_h = 1$$

Bei dem OCRA-Verfahren kann der Entscheidungsträger folgende Bewertungsakzente setzen:

- gleich hohe Bewertung von Input und Output
- Output wird höher bewertet als Input
- Input wird höher bewertet als Output

Anschließend wird ein unskalierter Inputindex i^k für jede der Handlungseinheiten K ermittelt. Hierfür wird zunächst für jeden Inputfaktor ein Abstandsmaß berechnet, indem die Inputmenge X_m^k der Handlungseinheit k von der maximalen Inputmenge $\max_{n=1,\dots,K} (X_m^n)$ aller betrachteten Handlungseinheiten subtrahiert wird. Des Weiteren wird das Abstandsmaß normiert. Dazu wird durch die minimale Menge $\min_{n=1,\dots,K} (X_m^n)$ des jeweils betrachteten Inputfaktors aller Entscheidungseinheiten dividiert. Das Ergebnis ist ein Quotient, der mit dem Bedeutungsgewicht a_m für den jeweiligen Inputfaktor multipliziert wird. Das resultierende Produkt ist ein normiertes, gewichtetes Inputfaktorabstandsmaß und wird für alle Inputfaktoren und für alle Handlungseinheiten berechnet. Aus diesen normierten, gewichteten Inputabstandsmaßen lässt sich für jede Entscheidungseinheit der unskalierte Inputindex i^k ermitteln:

$$i^k = \sum_{m=1}^M a_m \frac{\max_{n=1,\dots,K} (X_m^n) - X_m^k}{\min_{n=1,\dots,K} (X_m^n)} \quad \forall n = 1, \dots, K : X_m^n > 0 \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Weiterhin erfolgt die Skalierung des Inputindex, indem von einem Inputindex einer Handlungseinheit ein minimaler Inputindex subtrahiert wird:

$$I^k = i^k - \min_{n=1,\dots,K} (i^n) \quad \forall k = 1, \dots, K$$

1) Vgl. PETERS/ZELEWSKI (2010), S. 225.

Analog werden für die Outputs die Outputindizes o^k berechnet. Dies erfolgt nach demselben Prinzip wie für die Inputindizes.

$$o^k = \sum_{h=1}^H b_h \frac{Y_h^k - \min_{n=1,\dots,K} (Y_h^n)}{\min_{n=1,\dots,K} (Y_h^n)} \quad \forall n = 1, \dots, K : Y_h^n > 0 \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Weiterhin erfolgt die Skalierung der Outputindizes, indem von einem Outputindex einer Handlungseinheit ein minimaler Outputindex subtrahiert wird:

$$O^k = o^k - \min_{n=1,\dots,K} (o^n) \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Am Ende wird der Effizienzwert E^k für die jeweilige Handlungsalternative K ermittelt. Hierfür werden die skalierten Input- I^k und Outputindizes O^k erst summiert, um somit die unskalierten Effizienzindizes für die betrachtete Handlungsalternative zu erhalten. Anschließend erfolgt eine Skalierung des Effizienzwertes, indem der niedrigste Inputindex und Outputindex subtrahiert werden.

$$E^k = I^k + O^k - \min_{n=1,\dots,K} (I^n + O^n) \quad \forall k = 1, \dots, K$$

Wie schon eingangs erörtert, ist es möglich, sowohl die Effizienz als auch die Ineffizienz von Handlungsalternativen durch das OCRA-Verfahren zu ermitteln:

- Bei der Ermittlung der Effizienz für die Handlungsalternativen hat die schlechteste Handlungsalternative eine Ausprägung von Null und die beste Handlungsalternative hat den höchsten Wert. Somit ist es auch möglich, eine Rangfolge für die betrachteten Handlungsalternativen aufzuzeigen.
- Bei der Ermittlung der Ineffizienz für die Handlungsalternativen hat die beste Handlungsalternative eine Ausprägung von Null und die schlechteste Handlungsalternative den höchsten Wert. Auch hier ist es möglich, eine Rangfolge für die betrachteten Handlungsalternativen aufzuzeigen.

2.2.2.2 TOPSIS

Im Jahr 1981 konzipierten HWANG und YOON das Technique for Order Preference by Similary to Ideal Solution (TOPSIS)¹-Verfahren.² Das TOPSIS-Verfahren ist ein nicht parametrisches Verfahren, das die Effizienz von mindestens zwei Handlungsalternativen durch die Messung der Abstände zu zwei virtuellen Handlungsalternativen analysiert. Die zwei virtuellen Handlungsalternativen symbolisieren:

- zum einen die Handlungsalternative mit der bestmöglichen Kriteriums k Ausprägung, also die virtuell beste Handlungsalternative A^+ . Hierbei berücksichtigt das TOPSIS-Verfahren unterschiedliche Höhenpräferenzen, z. B. Umsatz zu maximieren K und Lärmbelastigung zu minimieren K' .

$$\begin{aligned} A^+ &= \left\{ \left(\begin{matrix} \max \\ i \end{matrix} \{v_{ik} | k \in K\} \right), \left(\begin{matrix} \min \\ i \end{matrix} \{v_{ik} | k \in K'\} \right) \mid i = 1, \dots, n \right\} \\ &= \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_k^+, \dots, v_m^+\} \end{aligned}$$

- und zum anderen die Handlungsalternative mit der schlechtestmöglichen Kriteriums k Ausprägung, also die virtuell schlechteste Handlungsalternative A^- .

$$\begin{aligned} A^- &= \left\{ \left(\begin{matrix} \min \\ i \end{matrix} \{v_{ik} | k \in K\} \right), \left(\begin{matrix} \max \\ i \end{matrix} \{v_{ik} | k \in K'\} \right) \mid i = 1, \dots, n \right\} \\ &= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_k^-, \dots, v_m^-\} \end{aligned}$$

Für jede betrachtete Handlungsalternative werden die Abstände zu der virtuell besten Handlungsalternative und zu der virtuell schlechtesten Handlungsalternative ermittelt. Die effizienteste Handlungsalternative hat bei der Ermittlung der Effizienz-Indizes den höchsten Wert. Da die Effizienzlinie auf Basis von vorliegenden Daten und deren Extremwerten (virtuell beste Handlungsalternative und virtuell schlechteste Handlungsalternative) basiert, stellt die Randfunktion (Frontier) die Effizienzlinie dar. Alsdann wird angenommen, dass die virtuell beste Handlungsalternative die Randfunktion darstellt. Weiterhin gilt, dass die Handlungsalternative je näher sie bei den virtuell besten Handlungsalternativen liegt und je weiter sie von den virtuell schlechtesten Handlungsalternativen entfernt ist und somit den größten Wert annimmt, die effizientere Handlungsalternative repräsentiert. Um diese Betrachtungsweise der virtuellen Handlungsalternativen und der Zuordnung von

1) In dem vorliegenden Forschungsprojektbericht wird das klassische TOPSIS-Verfahren dargestellt und untersucht. In der Literatur existieren Modifikationen, die hier nicht weiter betrachtet werden.
 2) Für die nachfolgenden Darstellungen und Erklärungen zum TOPSIS-Verfahren vgl. HWANG/YOON (1981), S. 128 ff.; PETERS/ZELEWSKI (2007), S. 9 ff.

Abständen der betrachteten Handlungsalternativen, um die Effizienz zu bestimmen, weicht das TOPSIS-Verfahren von der klassischen oder weitverbreiteten Betrachtungsweise zur Bestimmung der Effizienz ab. Die weitverbreitete Betrachtungsweise für den Effizienz-Index ist das Verhältnis von Output (im Zähler) zu Input (im Nenner), somit steigt die Effizienz mit der Steigerung des Outputs oder der Senkung des Inputs. Bei dem TOPSIS-Verfahren wird der Effizienz-Index C_{i+} durch den Abstand der Handlungsalternative von der virtuell schlechtesten Handlungsalternative S_{i-} (im Zähler) zu der Summe der betrachteten Handlungsalternativen der virtuell besten Handlungsalternative S_{i+} und der virtuell schlechtesten Handlungsalternative S_{i-} (im Nenner) ermittelt.

$$C_{i+} = \frac{S_{i-}}{S_{i+} + S_{i-}} \quad \text{mit} \quad 0 \leq C_{i+} \leq 1 \quad \forall i = 1, \dots, n$$

Weiterhin folgt daraus, dass die beste Handlungsalternative den Effizienz-Index eins annimmt, wenn die beste Handlungsalternative gleich der virtuell besten Handlungsalternative ist, somit der Abstand gleich Null ist.

$$C_{i+} = \frac{S_{i-}}{0 + S_{i-}} = 1$$

Analog hierzu nimmt der Effizienz-Index den Wert Null an, wenn die betrachtete Handlungsalternative mit der virtuell schlechtesten Handlungsalternative zusammenfällt und der Abstand zu dieser somit gleich Null ist. Daraus resultiert, dass der Effizienz-Index-Wert im aller besten Fall die Ausprägung eins oder im aller schlechtesten Fall die Ausprägung Null annimmt.

$$C_{i+} = \frac{0}{S_{i+} + 0} = 0$$

Das TOPSIS-Verfahren wird durch das Verhältnis von Output zu Input für die hier betrachteten Handlungsalternativen (die Handlungsalternative H_1 und die Handlungsalternative H_2) repräsentiert. Daraus folgt, dass die Tabelle 3, die als exemplarische Darstellung der Input-Output-Beziehungen in dem OCRA-Verfahren dargestellt wurde, auch im TOPSIS-Verfahren die gleiche Ausprägung von Input und Output haben kann. Weiterhin setzt das TOPSIS-Verfahren ein kardinales Skalenniveau bei den Kriteriumsausprägungen voraus, da es sonst bei z. B. ordinalem Skalenniveau bei der späteren Berechnung der Abstände zwischen den Handlungsalternativen und den virtuellen Handlungsalternativen, also den Effizienz-Indizes, zu einem Skalenbruch kommt.

2.2.3 Entscheidungstechnologische MADM-Verfahren

2.2.3.1 ELECTRE

Im Jahr 1966 begründeten BENAYON, ROY und SUSSMANN einen europäischen Ansatz der multikriteriellen Bewertungsverfahren, das Outranking, im deutschsprachlichem Raum Prävalenzverfahren und im französischen Raum *approche de surclassement* genannt.¹ Das Outranking wird bewusst als Entscheidungstechnologie verstanden, die primär das Ziel der Entscheidungshilfe in den Vordergrund stellt. Dem Entscheidungsträger wird nicht wie in den klassischen Verfahren eine strenge Ordnung der Handlungsalternativen und somit eine optimale Handlungsalternative (bei den MADM-Verfahren und der Entscheidungsfindung existieren keine perfekten Handlungsalternativen, da bezüglich aller Kriterienausprägungen gleichzeitig ein Optimum vorliegen muss) präsentiert.² Dem Entscheidungsträger werden im Outranking befriedigende Handlungsalternativen (befriedigende Handlungsalternativen sind Handlungsalternativen, die alle Anspruchsniveaus des Entscheidungsträgers erfüllen, somit als akzeptabel angesehen werden; sie müssen nicht pareto-optimale, nicht-dominierte bzw. funktional-effiziente Handlungsalternativen bzw. Lösungen repräsentieren) aufgezeigt, wobei der Entscheidungsträger selbst die Entscheidung der Handlungsalternative auswählt.³ Das Elimination Et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE)⁴-Verfahren ist das älteste und bekannteste Outranking-Verfahren, das auf ROY zurückgeht.⁵ Mithilfe des ELECTRE-Verfahrens werden Kriterien in Paarvergleichen in Bezug auf die betrachteten Handlungsalternativen (Handlungsalternative H_1 und Handlungsalternative H_2) beurteilt, hierbei wird die Präferenz des Entscheidungsträgers aufgezeigt. Im Gegensatz zu dem AHP-Verfahren wird bei dem ELECTRE-Verfahren nicht vorausgesetzt, dass die Entscheidungsträger über präzise Vorstellungen hinsichtlich der Kriterienerfüllungen durch unterschiedliche Handlungsalternativen sowie hinsichtlich der Gewichtung der Kriterien verfügen.⁶ Das ELECTRE-Verfahren ist aus einer grundsätzlichen Kritik an den klassisch geprägten MADM-Verfahren hervorgegangen.⁷ Bei dem ELECTRE-Verfahren wird davon ausgegangen, dass ein Entscheidungsträger in der Regel Kriterienerfüllungen sowie Kriteriengewichte nicht präzise zu beurteilen bzw. festzulegen vermag.⁸ Daher werden bei dem

1) Vgl. ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 204.

2) Vgl. ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 37 und 202.

3) Vgl. ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 37 und 204.

4) In dem vorliegenden Forschungsprojektbericht wird das klassische ELECTRE-Verfahren dargestellt und untersucht. In der Literatur existieren Modifikationen, die hier nicht weiter betrachtet werden.

5) Vgl. ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 207.

6) Vgl. Kapitel 2.2.1.1 AHP.

7) Vgl. GELDERMANN (2005), S. 124.

8) Vgl. GELDERMANN (2005), S. 124; KÖNIG (2003), S. 160; ROY (1980), S. 465 ff.

ELECTRE-Verfahren spezielle Konstrukte wie „Unvergleichbarkeiten“, „schwache Präferenzen“ und „graduelle Prävalenzrelation“ eingeführt,¹ die eine Annäherung an die betriebliche Realität nur unpräzise („vage“) verfügbarer Informationen ermöglichen, aber auch zu relativ anspruchsvollen, „elaborierten“ Bewertungsverfahren führen. Im Rahmen des ELECTRE-Verfahrens ist weiterhin zu beachten, dass keine Kompensation zwischen den Kriterien zugelassen wird, d. h. ein ungünstiger Wert bei einem Kriterium kann nicht durch einen guten Wert bei einem anderen Kriterium ausgeglichen werden. Somit wird eine Trade-off-Situation für den Entscheidungsträger ausgeschlossen.² Eine Kompensation ist z. B. typisch beim AHP-Verfahren.³ Hier kann z. B. bei den Handlungsalternativen das Kriterium Kosten durch ein anderes Kriterium, z.B. CO₂-Ausstoß, kompensiert werden.

BAMBERG/COENENBERG/KRAPP skizzieren kurz mit folgenden Punkten das ELECTRE-Verfahren:⁴

- Für alle betrachteten Handlungsalternativen und alle betrachteten Ziele repräsentiert durch Kriterien wird eine Nutzenmatrix (Matrix der Score-Werte) aufgestellt. Weiterhin wird unterstellt, dass zwischen den Kriterien keine Abhängigkeit vorliegt.
- Für alle betrachteten Kriterien wird ein Gewicht, das die Bedeutung der jeweiligen Kriterien widerspiegelt, festgelegt.
- Für jedes Kriterium wird eine Indifferenzschwelle oder Indifferenzschwellenfunktion festgelegt, von der abgeleitet werden kann, welche Score-Werte noch als gleichwertig betrachtet werden.
- Für jedes Kriterium wird eine Präferenzschwelle oder Präferenzschwellenfunktion festgelegt, von der abgeleitet werden kann, wann ein Score-Wert strikt besser als ein anderer ist.
- Für jedes Kriterium wird eine Vetoschwelle oder Vetoschwellenfunktion festgelegt, von der abgeleitet werden kann, wann ein Score-Wert erheblich besser als ein anderer ist.
- Aufgrund der oben aufgeführten Präferenzschwellenwerte und Indifferenzschwellenwerte wird eine graduelle Präferenzrelation berechnet, die jedem Paar von Handlungsalternativen einen Wert zwischen Null und Eins zuordnet. Hiermit wird der Glaubwürdigkeitsgrad der Hypothese ausgedrückt, dass die Handlungsalternative H_1 mindestens so gut wie die Handlungsalternative H_2 bezüglich des betrachteten Kriteriums ist. Diese Relation wird auch Konkordanz ge-

1) Vgl. GELDERMANN (2005), S. 124; KÖNIG (2003), S. 160; ROY (1980), S. 465 ff.

2) Vgl. ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 27 f.; GÖTZE (2008), S. 173 ff.; RUHLAND (2004), S. 10 ff.

3) Vgl. RUHLAND (2004), S. 10 ff.

4) Für die folgenden Darstellungen bzw. Erklärungen vgl. ROY (1980), S. 471 ff.; ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 207 ff.; BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 61 ff.

nannt. Je größer der Konkordanz-Wert ist, desto verlässlicher ist die Aussage. Anschließend kann eine Konkordanz-Matrix aufgestellt werden.

- Analog wird aus den Präferenzschwellenwerten und Vetoschwellenwerten ermittelt, ob die Handlungsalternative H_1 nicht mindestens so gut wie die Handlungsalternative H_2 bezüglich des betrachteten Kriteriums ist. Diese Relation wird Diskordanz genannt. Anschließend kann eine Diskordanz-Matrix aufgestellt werden.
- Alsdann werden die Konkordanz-Dominanz-Matrix sowie die Diskordanz-Dominanz-Matrix aufgestellt und anschließend wird die aggregierte Dominanz-Matrix abgeleitet, um am Ende die dominierten Handlungsalternativen zu ermitteln.
- Das Ergebnis kann durch einen gerichteten Graphen dargestellt werden: Der Pfeil bedeutet, dass die Handlungsalternative H_1 die Handlungsalternative H_2 im Sinne des ELECTRE-Relation dominiert.

Handlungsalternative H_1 \longrightarrow Handlungsalternative H_2

2.2.3.2 PROMETHEE

Im Jahr 1986 konzipierten BRANS/VINCKE/MARSHAL das Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)-Verfahren.¹ Das PROMETHEE-Verfahren gehört auch zu den Outranking-Verfahren und ist zusammen mit dem ELECTRE-Verfahren eines der bekanntesten und verbreitetsten Outranking-Verfahren.² Aufgrund der Kritikpunkte³ des ELECTRE-Verfahrens insbesondere in den folgenden Bereichen wurde das PROMETHEE-Verfahren bezogen auf folgende Punkte modifiziert:

- Die Handlungsauswahl ist von den gewählten Schwellenwerten abhängig. Diese werden aber willkürlich festgelegt und sind nicht unabhängig von den betrachteten Kriterien.
- Die Auswertung von Konkordanz und Diskordanz ist für den Entscheidungsträger kaum nachvollziehbar, somit wirkt das ELECTRE-Verfahren komplex und weniger intuitiv.

1) In dem vorliegenden Forschungsprojektbericht wird das klassische PROMETHEE-Verfahren dargestellt und untersucht. In der Literatur existieren Modifikationen, die hier nicht weiter betrachtet werden.

2) Für die folgenden Darstellungen bzw. Erklärungen vgl. BRANS/VINCKE (1985), S. 647 ff.; BRANS/VINCKE/MARSHAL (1986), S. 228 ff.; ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 207 ff.; RUHLAND (2004), S. 25 ff.; GELDERMANN (2005), S. 126 ff.; GÖTZE (2008), S. 217 ff., BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 61 ff.

3) Für Details zu den Kritikpunkten wird auf die Literatur, z. B. ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 212 f.; GELDERMANN (1999), S. 102 ff.; RUHLAND (2004), S. 26; BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012), S. 61 verwiesen.

Diese Kritikpunkte versucht das PROMETHEE-Verfahren zu beseitigen, indem es statt Schwellenwerte verallgemeinerte Kriterien verwendet. Der Vorteil der verallgemeinerten Kriterien liegt darin, dass die Entscheidungsträger diese leicht bilden können, da sie in natürlicher Weise die jeweiligen Präferenzen wiedergeben und folglich eine reale wirtschaftliche Bedeutung haben. Zur mathematischen Modellierung der Präferenzen werden die verallgemeinerten Kriterien von dem Entscheidungsträger für die Kriterien $k = 1, \dots, K$ festgelegt. Die Verallgemeinerung der Kriterien durch PROMETHEE findet durch die Verwendung von reellwertigen Präferenzfunktionen anstelle von reellen Zahlen für die betrachteten Handlungsalternativen für das jeweilige Kriterium statt, deren Ausprägungen zwischen Null und Eins liegen können. Die Präferenzfunktionen können folgende Präferenzen darstellen:

- Null: Es besteht eine Indifferenzbeziehung zwischen der Handlungsalternative H_1 und der Handlungsalternative H_2 .
- Je kleiner die Werte sind, also je näher sie bei Null liegen, desto schwächer ist die Präferenz der Handlungsalternative H_1 gegenüber der Handlungsalternative H_2 .
- Je größer die Werte sind, also je näher sie bei Eins liegen, desto stärker ist Präferenz der Handlungsalternative H_1 gegenüber der Handlungsalternative H_2 .
- Eins: Es besteht eine strenge Präferenz von der Handlungsalternative H_1 gegenüber der Handlungsalternative H_2 .

BRANS/VINCKE/MARSHAL schlagen sechs vordefinierte Präferenzfunktionen vor.

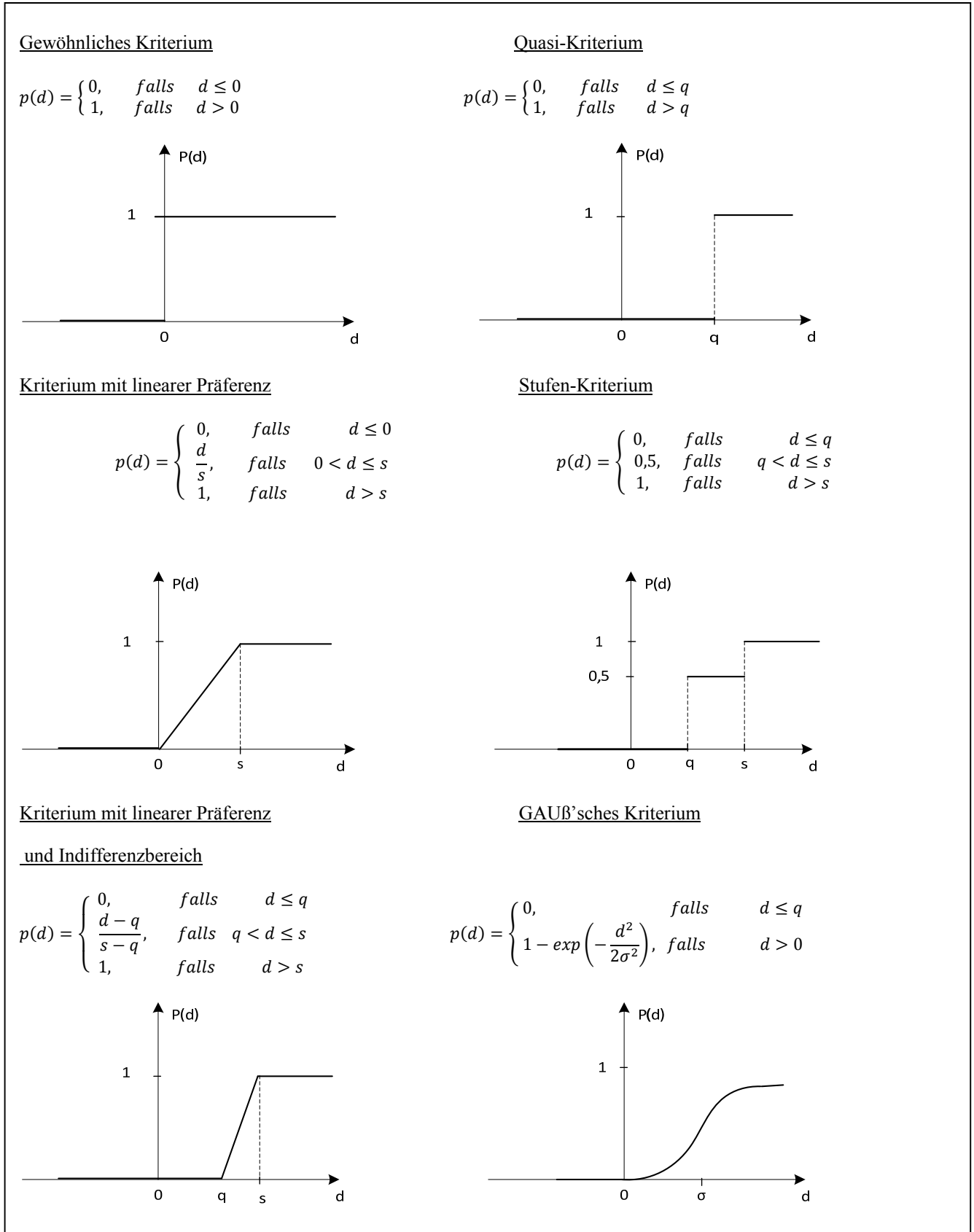


Abbildung 9: Sechs vordefinierte Präferenzfunktionen ¹

1) BRANS/VINCKE/MARSHAL (1986), S. 228 ff.; ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991), S. 207 ff.

3 Bewertung der Analysemethoden

Bei dem vorliegenden Realproblem, Entscheidungen über Investitionen in einen betrieblichen Fuhrpark methodisch fundiert zu treffen, werden die drei Anforderungen, die zu Beginn erörtert wurden, unmittelbar für die jeweiligen Analysemethoden geprüft.

- Sie müssen erstens neben Kosten- auch Nutzenaspekte umfassen, und zwar in möglichst zahlreichen Nutzendimensionen (Desiderat der Ganzheitlichkeit).

Die erste Anforderung wird von allen betrachteten Analysemethoden erfüllt. Allerdings wird weiterhin gefordert, dass die Analysemethode alle Ziele (ökonomisches Ziel, ökologisches Ziel und gesellschaftliches Ziel) gleichwertig bewerten soll. Damit ist die Forderung nach Verfahren, die keine Kompensation oder eine eingeschränkte Kompensation zwischen den Kriterien zulassen, gewünscht. Allein das ELECTRE-Verfahren sowie das PROMETHEE-Verfahren lassen aufgrund der Schwellenwerte für die Diskordanz und Konkordanz bei dem ELECTRE-Verfahren bzw. bei dem PROMETHEE-Verfahren durch die Schwellenwerte für die Abgrenzung von Präferenz- und Indifferenzbereichen ausgedrückt durch die verallgemeinerten Kriterien keine bis nur eingeschränkte Kompensation zwischen den Kriterien zu.

- Zweitens müssen die Analysemethoden an die Bedürfnisse der betrieblichen Praxis hinsichtlich Begrifflichkeiten sowie Kostenarten und Nutzendimensionen angepasst sein, um hinreichende Akzeptanz finden zu können (Desiderat der Praktikabilität aus Unternehmenssicht).

Wie schon eingangs sowie in den jeweiligen Analysemethoden erörtert, sind die betrachteten klassischen MADM-Verfahren durch einen hohen mathematischen Anspruch gekennzeichnet und werden kaum in der Praxis eingesetzt, wohingegen die betrachteten effizienzorientierten MADM-Verfahren und die betrachteten entscheidungstechnologischen MADM-Verfahren weitgehend einen mittleren mathematischen Anspruch erfordern und der Fokus in Bereich Praktikabilität für den betrieblichen Alltag gelegt wird. Besonders das PROMETHEE-Verfahren setzt mit den verallgemeinerten Kriterien auf eine Praktikabilität für die Unternehmen, da es zum einen durch die vordefinierten Präferenzfunktionen eine erhebliche Erleichterung des Arbeitsaufwands für die Unternehmen darstellt und zum anderen die Präferenzen eine reale wirtschaftliche Bedeutung haben, somit für die Unternehmen leichter und verständlicher wiedergegeben werden können.

- Drittens ist es erforderlich, dass die Erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalysen an die speziellen Kontextbedingungen des Einsatzes von Elektro-Lkw für die regionalen Güterverteilerverkehre im Vor- und Nachlauf des Kombinierten Verkehrs angepasst sind (Desiderat der Spezifität für E-Logistics).

Um die speziellen Kontextbedingungen beurteilen zu können, ist es wichtig, den benötigten Informationsgrad der Kriterien für die betrachteten Analysemethoden zu untersuchen. Sowohl die betrachteten klassischen MADM-Verfahren als auch die effizienzorientierten MADM-Verfahren gehen bei ihrer Analyseverfahren von einer Sicherheit der Informationen aus. Da aber, wie schon in Kapitel 2.1.1 zur Einführung in betriebliche Entscheidungskonzepte dargestellt wurde, die Kontextbedingungen für die Informationen hauptsächlich eine Unsicherheit für die Informationen fordern und nur die entscheidungstechnologischen MADM-Verfahren diese gewährleisten, ist aus speziellen Kontextbedingungen der Vorzug den entscheidungstechnologischen MADM-Verfahren zu geben. Hinzu kommt, dass bei simultaner Entscheidungsrelevanz von „harten“ und „weichen“ Kriterien sogar eine Unvergleichbarkeit vorliegt, die sich ausschließlich durch die entscheidungstechnologischen MADM-Verfahren berücksichtigen lassen.

4 Fazit

Das entscheidungstechnologische MADM-Verfahren wird bevorzugt, weil es aus den vorgenannten Gründen eine größere Realitätsadäquanz aufweist als die klassischen sowie effizienzorientierten MADM-Verfahren. Des Weiteren wird das PROMETHEE-Verfahren dem ELECTRE-Verfahren vorgezogen, da das PROMETHEE-Verfahren für die Unternehmen aufgrund der verallgemeinerten Kriterien zu einem besseren Verständnis durch die reale Bedeutung der Kriterien führt. Dadurch können Unternehmen viel bewusster und schneller die Analysen für ihre Entscheidungen treffen und gleichzeitig eine Transparenz schaffen. Die Konzipierung einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse, die sich auf das PROMETHEE-Verfahren stützt, stellt eine wesentliche *Innovation* des hier skizzierten Forschungsvorhabens dar. Diese Verfahrensgruppe wurde bisher nur in eng begrenzten „wissenschaftlichen Nischen“ diskutiert. Sie hat in Konzepten für erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalysen, die offensichtlich nur die klassisch geprägten MADM-Verfahren zu kennen scheinen, bislang noch keine nennenswerte Beachtung gefunden.

5 Literaturverzeichnis

Vorbemerkungen:

- Alle Quellen werden im Literaturverzeichnis wie folgt aufgeführt: In der ersten Zeile wird der *Referenztitel* der Quelle angegeben. Er entspricht der Form, die im Text Verwendung findet, wenn auf die Quelle hingewiesen wird.
- Bei der Vergabe der Referenztitel wird bei *einem* Autor dessen Nachname, gefolgt von dem Erscheinungsjahr der Quelle in Klammern, verwendet. Existieren *zwei* oder *drei* Autoren, werden diese getrennt von einem Schrägstrich („/“) aufgeführt. Bei mindestens *vier* Autoren werden nur die ersten drei Autoren mit dem Zusatz „et al.“ aufgeführt.
- Zu *Internetquellen* wird die dafür verantwortliche Instanz aufgeführt. Dies können sowohl natürliche als auch juristische Personen sein. Zu den Internetquellen werden die zum Zugriffsdatum gültige Internetadresse (URL) und das Zugriffsdatum angegeben.

ALLEN (2002)

ALLEN, K.: Möglichkeiten und Grenzen einer Messung ökologischer Effizienz mittels Data Envelopment Analysis . Dissertation an der Technischen Hochschule Aachen 2002. Wiesbaden 2012.

BAMBERG/COENENBERG/KRAPP (2012)

BAMBERG, G.; COENENBERG, A.; KRAPP, M.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 15. Aufl., München 2012.

BIRKMANN/BÖHM/BUCHHOLZ (2010)

BIRKMANN, J.; BÖHM, A.; BUCHHOLZ, F.: Klimawandel und Raumentwicklung. E-Paper der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Nr. 10. Online-Dokument, im Internet unter der URL <http://shop.arl-net.de/glossar-klimawandel-raumentwicklung.html> (letzter Zugriff am 17.08.2011).

BRANS/VINCKE (1985)

BRANS, J. P.; VINCKE, P.: A Preference Ranking Organisation Method. In: Management Science, Vol. 31 (1985), No. 6, S. 647-656.

BRANS/VINCKE/MARESCHALE (1986)

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHALE, B.: How to select and how to rank projects. In: European Journal of Operational Research, Vol. 24 (1986), S. 228-238.

BURGER (2008)

BURGER, A.: Produktivität und Effizienz in den Banken – Terminologie, Methoden und Status Quo. E-Paper der Frankfurt School of Finance & Management, Nr. 92. Online-Dokument, im Internet unter der URL <http://www.frankfurt-school.de/dms/Arbeitsberichte/Arbeits92.pdf> (Letzter Zugriff: 15.01.2013).

CANTNER/KRÜGER/HANUSCH (2007)

CANTNER, U.; KRÜGER, J.; HANUSCH, H.: Produktivität- und Effizienzanalyse – Der parametrische Ansatz. Heidelberg/Berlin 2007.

COOPER/SEIFORD/TONE (2004)

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K.: Data Envelopment Analysis – A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. 5 Aufl., Bosten/London 2004.

DYCKHOFF (2006)

DYCKHOFF, H.: Produktionstheorie – Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft. 5. Aufl., Berlin 2006.

GELDERMANN (2005)

GELDERMANN, J.: Mehrzielentscheidungen in der industriellen Produktion. Habilitation an der Universität Karlsruhe 2005. Karlsruhe 2005.

GELDERMANN (2012)

GELDERMANN, J.: Multikriterielle Optimierung. In: Kurbel, K.; Becher, J.; Gronau, N.; Sinz, N.; Suhl, S. (Hrsg.): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik. Im Internet unter der URL <http://www.encyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-encyklopaedie/lexikon/technologien-methoden/Operations-Research/Mathematische-Optimierung/Multikriterielle-Optimierung> (letzter Zugriff: 15.12.2012).

GÖTZE (2008)

GÖTZE, U.: Investitionsrechnung – Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. 6. Aufl., Heidelberg 2008.

JAYANTHI/KOCHA/SINHA (1999)

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

KÖNIG (2003)

KÖNIG, W.; ROMMELFANGER, H.; OHSE, D.; WENDT, O.; HOFMANN, M.; SCHWIND, M.; SCHÄFER, K.; KUHNLE, H.; PFEIFER, A.: Taschenbuch der Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsmathematik. 2. Aufl., Frankfurt am Main 2003.

LANGKAMP/BÖHNER(2010)

LANGKAMP, T.; BÖHNER, J.: Eine Einführung in die computergestützte Analyse des Klimawandels. In: BÖHNER, J.; RATTER, B.M.W. (Hrsg.): Klimawandel und Klimawirkung. Hamburger Symposium Geographie, Band 2. Hamburg 2010, S. 9-26.

LOVELL (1993)

LOVELL, C. A. K.: Production Frontiers and Productive Efficiency. In: FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S.S. (Hrsg.): The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications. Oxford 1993. S. 2-67.

MUBHOFF/HIRSCHAUER/HERINK (2009)

MUBHOFF, O.;HIRSCHAUER, N.; HERINK, M: Bei welchen Problemstrukturen sind Data-Envelopment-Analysen sinnvoll? Eine kritische Würdigung. In: German Journal of Agricultural Economics (2009), 58 Jg. Heft 2, S. 114-124.

PARKAN (2003)

PARKAN, C.: Measuring the effect of a new point of sale system on the performance of drugstore operations. In: Computer & Operations Research, Vol. 30 (2003), No. 5, S. 729-744.

PARKAN/WU (1999)

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

PETERS (2008)

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

PETERS/ZELEWSKI (2004)

PETERS, M.L.; ZELEWSKI, S.: Möglichkeiten und Grenzen des „Analytic Hierarchy Process“(AHP) als Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Wirtschaftlichkeitsanalyse. In: Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung, 15 Jg., S. 295-324.

PETERS/ZELEWSKI (2008)

PETERS, M.L.; ZELEWSKI, S.: Der Analytic Network Process (ANP) als Technik zur Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten zwischen Kriterien. In: Wirtschaftswirtschaftliches Studium, 37 Jg. Heft 9, S. 475-482.

PFOHL/BRAUN (1981)

PFOHL, H.-C.; BRAUN, G.: Entscheidungstheorie – Normative und deskriptive Grundlagen des Entscheidens. München 1981.

ROY (1980)

ROY, B.: Selektieren, Sortieren und Ordnen mit Hilfe von Prävalenzrelationen: Neue Ansätze auf dem Gebiet der Entscheidungshilfe für Multikriterien-Probleme. In: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 32. Jg. (1980), S.465-497.

SAATY (1980)

SAATY, T. L.: The Analytic Hierarchy Process – Planning, Priority, Setting, Resource Allocation. New York 1980.

SAATY (1983)

SAATY, T. L.: Conflict Resolution and the Falkland Islands Invasions. In: Interfaces, Vol.13, No.6, S. 68-83.

SAATY (1986)

SAATY, T. L.: Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. In: Management Science, Vol. 32, No. 7, S.841-855.

SAATY (1994a)

SAATY, T. L.: Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process. In: European Journal of Operational Research, Vol. 74, No. 3, S.426-447.

SAATY (1994b)

SAATY, T. L.: How to Make a Decision – The Analytic Hierarchy Process. In: Interface, Vol. 24, No. 6, S. 19-43.

SAATY (2001)

SAATY, T. L.: How to Make for Leaders – The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World.

SAATY (2001a)

SAATY, T. L.: Decision Making with Dependence and Feedback – The Analytic Network Process. Pittsburgh 2001.

SCHNEEWEIß (1991)

SCHNEEWEIß, C.: Planung 1. Systemanalyse und entscheidungstheoretische Grundlagen. Berlin 1991.

WEBER (1993)

WEBER, K.: Mehrkriterielle Entscheidungen Planung. München 1993.

ZANGEMEISTER (1976)

ZANGEMEISTER, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik– Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. Berlin 1976.

ZELEWSKI/PETERS (2003)

ZELEWSKI, S.; PETERS, M.L.: Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme mit Hilfe des Analytical Hierarchy Process (AHP). In: Das Wirtschaftsstudium, 32 Jg. Heft 10, S.1210-1218.

ZIMMERMANN/GUTSCHE (1991)

ZIMMERMANN, H.-J.; GUTSCHE, L.: Multi-Criteria Analyse – Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzungen. Berlin/Heidelberg 1991.

ZANGEMEISTER (2000)

ZANGEMEISTER, C.: Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse (EWA) – Grundlagen, Leitfaden und PC-gestützte Arbeitshilfen für ein „3-Stufen-Verfahren“ zur Arbeitssystembewertung. In: Zeitschriftreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Forschung: Fb 879. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund 2000.

Autorin:

Dipl.-Kffr. Perihan Cinibulak

Wissenschaftliche Mitarbeiterin des Instituts für
Produktion und Industrielles Informationsma-
nagement

Tel: +49(0)201/183-4919

Fax: +49(0)201/183-4017

E-Mail: Perihan.Cinibulak@pim.uni-due.de

Impressum:

Institut für Produktion und
Industrielles Informationsmanagement (PIM)

Universität Duisburg-Essen, Campus Essen
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Universitätsstraße 9, 45141 Essen

Website (PIM): www.pim.wiwi.uni-due.de

ISSN: 2195-3627

Universität Duisburg-Essen – Campus Essen
Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement

Projektberichte des Forschungsprojekts ELOKOV

ISSN2195-3627

- Nr. 1 Perihan Cinibulak: Analysemethoden sowie Konzeptausarbeitung das Forschungsprojekt ELOKOV. ELOKOV-Projektbericht Nr.1. Essen 2013.