

**Seminar aus Informationswirtschaft  
im WS 2004 (LV-Nr. 0649)**

**LV-Leiter:  
o. Univ.Prof. Dr. Wolfgang Janko,  
Dipl.-Ing.Dr. Edward Bernroider**

## **BAKKALAUREATSARBEIT**

**zum Thema:**

Multi-attribute methods in decision making theory:

A comparison of scoring methods  
for MAD based IS decisions

Multi-attributive Verfahren der Entscheidungstheorie:

Eine Gegenüberstellung von  
Bewertungsmethoden für  
multi-attributive IS-Entscheidungen

**Verfasser:  
Regina Wieser (h0251534)**

## **Abstract**

The entrance into the topic is made by an introduction to the decision theory and their most important pioneers. Afterwards a description of the subrange of the multi-criteria Decision Making methods with a categorization of them takes place. Subsequently the methods Equal Weights / Total Sum, Simple Additives Weighting (SAW), Weighted Product (WPM), Minimax, Maximax and TOPSIS are described in more detail. All six methods are simulated on the basis of an ERP software acquisition. The results of the case study are analyzed critically and the won findings summarized.

**Keywords:** Equal Weights , Simple Additive Weighting, SAW, Weighted Product Method, WPM, Minimax, Maximax, TOPSIS, decision analysis, multi-criteria decision making, multi-attribute decision making, MADM

## **Zusammenfassung**

Der Einstieg in das Thema erfolgt über eine Einführung in die Entscheidungstheorie und deren wichtigster Pioniere. Danach wird eine Beschreibung des Teilbereichs der Multi-Criteria Decision Making Methoden mit einer Kategorisierung derselben vorgenommen. Im Anschluss werden die Ansätze Equal Weights / Total Sum, Simple Additive Weighting, Weighted Product (WPM), Minimax, Maximax und TOPSIS näher erläutert. Alle sechs Methoden werden anhand einer ERP-Software Anschaffung simuliert. Die Ergebnisse der Fallstudie werden kritisch analysiert, und die daraus gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst.

**Stichworte:** Equal Weights, Simple Additive Weighting, SAW, Weighted Product Methode, WPM, Minimax, Maximax, TOPSIS, Entscheidungstheorie, mehrkriterielle Entscheidungen, MADM

# Inhaltsverzeichnis:

<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>5</b>
1.1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIELE DER ARBEIT.....	5
1.2. METHODE BZW. VORGANGSWEISE.....	5
<b>2. HISTORISCHE GRUNDLAGEN DER ENTSCHEIDUNGSTHEORIE .....</b>	<b>5</b>
2.1. DANIEL BERNOULLI (1700 – 1782).....	6
2.2. THOMAS BAYES (1702 – 1761).....	8
2.3. FRANK PLUMPTON RAMSEY (1903 – 1930) .....	9
2.4. BRUNO DE FINETTI (1906 – 1985).....	9
2.5. JOHN VON NEUMANN (1903 – 1957).....	10
2.6. KENNETH JOSEPH ARROW (1921 - ).....	11
2.7. MAURICE ALLAIS (1911 - ).....	11
2.8. LEONARD JIMMIE SAVAGE (1917 – 1971).....	12
2.9. JOHN HARSANYI (1920 – 2000) .....	12
2.10. PETER FISHBURN .....	12
2.11. WILHELM WINKLER (1884 – 1984).....	12
2.12. AMOS TVERSKY UND DANIEL KAHNEMAN .....	13
2.13. THOMAS SAATY.....	14
<b>3. ÜBERBLICK MULTI-CRITERIA-DECISION MAKING METHODEN.....</b>	<b>14</b>
3.1. UNTERSCHIEDUNG DER METHODOLOGISCHEN EBENEN .....	14
3.2. UNTERSCHIEDUNG NACH DEM TYP DES ENTSCHEIDUNGSPROBLEMS .....	15
3.3. DEFINITION MULTI ATTRIBUTE DECISION MAKING (MADM) .....	16
3.4. DIE FORMULIERUNG DES MADM PROBLEMS.....	17
<b>4. SECHS MULTI-ATTRIBUTIVE BEWERTUNGSMETHODEN IM DETAIL.....</b>	<b>19</b>
4.1. EQUAL WEIGHTS METHODE / TOTAL SUM (TS).....	19
4.2. SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW) .....	20
4.3. WEIGHTED PRODUCT METHOD (WP) .....	21
4.4. MAXIMIN .....	22
4.5. MAXIMAX.....	22
4.6. TOPSIS .....	23
<b>5. ANWENDUNG DER METHODEN AM FALLBEISPIEL.....</b>	<b>25</b>
5.1. DIE FALLSTUDIE: ANSCHAFFUNG EINER ERP SOFTWARE.....	25
5.2. EQUAL WEIGHTS METHODE / TOTAL SUM.....	35
5.3. SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW) .....	37
5.4. WEIGHTED PRODUCT METHOD.....	39
5.5. MAXIMIN - VERFAHREN.....	41

5.6.	MAXIMAX-VERFAHREN .....	43
5.7.	TOPSIS .....	45
<b>6.</b>	<b>SENSITIVITÄTSANALYSE .....</b>	<b>47</b>
<b>7.</b>	<b>VERGLEICH DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>47</b>
<b>8.</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK .....</b>	<b>49</b>
<b>9.</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>50</b>

# 1. Einleitung

## 1.1. Problemstellung und Ziele der Arbeit

Die vorliegende Arbeit soll einen Überblick über die Grundlagen der Entscheidungstheorie mit besonderem Schwerpunkt auf mehrkriteriellen Entscheidungsproblemen geben. Anhand eines konkreten Fallbeispiels über eine ERP Software Anschaffung wird eine Entscheidung für eines von drei möglichen Systemen wissenschaftlich begründet werden. Im Speziellen werden mehrere multi-attributive Methoden der Entscheidungstheorie angewendet, erläutert und analysiert werden. Im letzten Teil werden die Ergebnisse verglichen und wissenschaftlich diskutiert.

## 1.2. Methode bzw. Vorgangsweise

Ausgehend von einer kurzen Einführung in die historische Entwicklung der Entscheidungstheorie, wird ein Überblick über die vorhandenen Methoden und deren Einordnung gegeben. Danach werden fünf Methoden näher erklärt, und an einem Fallbeispiel angewendet. Die einzelnen Methoden werden auch einer Sensitivitätsanalyse unterzogen, um die Auswirkungen von Veränderungen einzelner Attribute auf das Gesamtergebnis abzuschätzen. Aus den analysierten Ergebnissen sollen Rückschlüsse auf Vor- und Nachteile der theoretischen Ansätze gezogen werden, und es wird eine kritischen Beurteilung folgen.

## 2. Historische Grundlagen der Entscheidungstheorie

In diesem einführenden Abschnitt sollen anhand der wichtigsten Pioniere der Entscheidungstheorie die die Entstehung der verschiedenen Methoden und deren Entwicklung im zeitlichen Ablauf erklärt werden. Die Tatsache, dass zwischen 1954 und 2003 alleine in der Fachzeitschrift *Management Science*<sup>1</sup> 590 Artikel zum Thema Entscheidungsanalyse

---

<sup>1</sup> Vgl. [SmWi04], S. 561

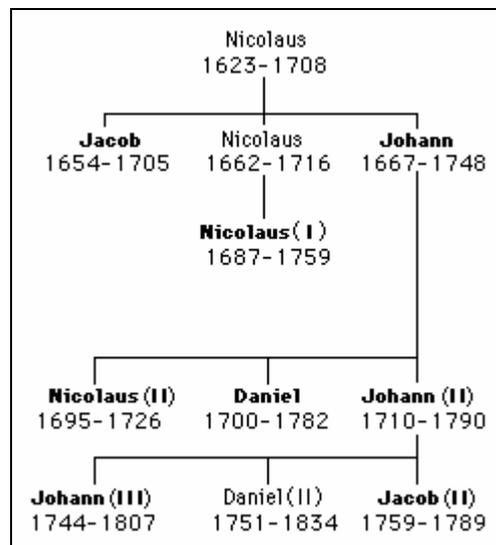
veröffentlicht wurden, zeigt die Bedeutung und das Interesse an dieser Disziplin. Weiter untermauert wird die Relevanz durch weitere 811 Artikel in 269 Journalen<sup>2</sup> im Zeitraum von 1994 bis 1998. Obwohl das Forschungsinteresse in den letzten Jahrzehnten so enorm war und immer noch ist, basieren die meisten heute bekannten Methoden auf bereits Mitte des 18. Jahrhunderts und in Folge entwickelten Theorien, die im Laufe der Zeit erweitert und verbessert wurden. Diese spannende Entstehungsgeschichte soll im Folgenden anhand der bedeutendsten Vertreter beschrieben werden.

## 2.1. Daniel Bernoulli (1700 – 1782)

Daniel Bernoulli stammt aus einer Mathematiker-Familie, die über mehrere Generationen hinweg immer wieder bedeutende Wissenschaftler hervorgebracht hat. Alle im folgenden Stammbaum fett gedruckten Familienmitglieder waren auch herausragende Mathematiker.



**Abbildung 1:**  
**Daniel Bernoulli**



**Abbildung 2: Der Stammbaum der Bernoullis**

<sup>2</sup> Vgl. [SmWi04], S. 571

1700 in Groningen in den Niederlanden geboren, übersiedelte Daniel Bernoulli später nach Basel in die Schweiz. Dort übernahm er nach seiner Rückkehr aus St. Petersburg 1733 den Lehrstuhl für Anatomie und Botanik. 1738 erschien sein Hauptwerk, die *Hydrodynamica*. Darin erklärte er erstmals makroskopische Eigenschaften eines Gases durch die mikroskopischen Bewegungen seiner Moleküle und initiierte damit die kinetische Gastheorie. Das so genannte Bernoullische Strömungsgesetz (Energiesatz für stationäre Strömungen) gilt bis heute als allgemeine Grundlage für die Hydrodynamik und Aerodynamik und damit auch für die Technologie der Luftfahrt. Erst 1750 konnte Daniel Bernoulli auf den gewünschten Lehrstuhl der Mathematik und Physik wechseln, wo er durch seinen Ruf als hervorragender Experimentator 26 Jahre lang zahlreiche Hörer anzog.

Auf dem Gebiet der Wahrscheinlichkeitstheorie ist Daniel Bernoulli durch seine Entdeckungen im Zusammenhang mit dem Petersburger Paradoxon in die Geschichte eingegangen. Das Petersburger Paradoxon basiert auf dem Petersburger Spiel. Das Petersburger Spiel ist ein Glücksspiel, bei dem eine (ideale) Münze so lange geworfen wird, bis zum ersten Mal Kopf erscheint. Geschieht das sofort beim ersten Wurf, erhält der Spieler 2 Geldeinheiten (GE) von der Bank. Erscheint der Kopf erst beim zweiten Wurf, so zahlt die Bank den doppelten Einsatz, also 4 GE usw. Der Erwartungswert  $E(X)$  und damit auch der theoretische Einsatz des Spieles ist wie folgt zu berechnen:

$$E(X) = \frac{1}{2} * 2 + \frac{1}{4} * 4 + \frac{1}{8} * 8 + \dots + \frac{1}{2^n} * 2^n + \dots = \infty .$$

Durch Kürzen dieser Formel erhalten wir:

$$E(X) = 1 + 1 + 1 + \dots + 1 + \dots = \infty .$$

Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass irgendjemand bereit ist, einen unendlich großen Geldbetrag für die Teilnahme an diesem Spiel einzusetzen. Zumal die Wahrscheinlichkeit mit zunehmender Länge der Spielseerie abnimmt. Als Wahrscheinlichkeit im klassischen Sinne bezeichnet man die auf Laplace zurückgehende Definition als Quotient aus der Anzahl der günstigen Fälle und der Anzahl aller möglichen Fälle.

Bernoulli erklärte das St. Petersburger Paradoxon mit der Annahme, daß die entscheidenden Faktoren für die Bewertung einer Lotterie nicht die Auszahlungen selbst seien, sondern der subjektiv empfundene Wert oder Nutzen, den die Person von einer Auszahlung hat. Demzufolge ist das angemessene Kriterium zur Beurteilung einer Lotterie nicht der

Erwartungswert der Auszahlung selbst, sondern der Erwartungswert des Nutzens der möglichen Auszahlung. Nach Bernoulli kann der Nutzen einer Auszahlung durch den Logarithmus des erreichten Endvermögens beschrieben werden. Unter diesen Annahmen kam Bernoulli zu einer Erklärung des St. Petersburger Paradoxons. Das Prinzip, Geldlotterien nach dem erwarteten Nutzen zu beurteilen, wird als Erwartungsnutzen-Prinzip bezeichnet. Zu Ehren Bernoullis ist insbesondere in der deutschen Literatur der Begriff Bernoulli-Prinzip verbreitet. Bernoulli hat also mit dem Petersburger Paradoxon die den meisten Menschen inhärente Risikoaversion und das Prinzip des abnehmenden Grenznutzen erkannt.

Die wissenschaftlichen Leistungen von Daniel Bernoulli wurden schon zu seinen Lebzeiten erkannt und gewürdigt. 10 Mal bekam er den Preis der Pariser Akademie der Wissenschaften zuerkannt. Einmal davon ex-equo mit seinem Vater, was ihm einen nicht wieder gutzumachenden Familienzweist einbrachte.

## 2.2. Thomas Bayes (1702 – 1761)

Der Englische Mathematiker Thomas Bayes wurde 1702 als Sohn eines presbyterianischen Pfarrers in London geboren, und starb 1761 in Tunbridge Wells. Er legte seine Theorie der Wahrscheinlichkeit 1764 in dem Essay "towards *solving a problem in the doctrine of chances*" dar.



Abbildung 3:  
Thomas Bayes

Der nach ihm benannte bayessche Wahrscheinlichkeitsbegriff interpretiert Wahrscheinlichkeit als Grad persönlicher Überzeugung. Er sollte nicht mit dem Satz von Bayes (auch: Bayes-Theorem) verwechselt werden, der ebenfalls auf Thomas Bayes zurückgeht, und in der Statistik breite Anwendung findet. Das Bayes-Theorem gibt an, wie man mit bedingten Wahrscheinlichkeiten rechnet. Die Erkenntnisse von Bayes wurden von Condorcet wiederentdeckt, von Laplace 1781 bestätigt, und blieben unbestritten, bis Boole sie in Frage stellte. Seitdem sind die Bayesschen Techniken Gegenstand vieler wissenschaftlicher Diskussionen.

### 2.3. Frank Plumpton Ramsey (1903 – 1930)

Frank Ramsey wurde 1903 in Cambridge geboren, wo er 1923 am Trinity College sein Studium der Mathematik abschloss. Nach einem kurzen Aufenthalt in Wien wurde Ramsey 1924 zunächst Dozent am King's College, und dort später Studienleiter für Mathematik. Trotz seines frühen Todes im Alter von nur 26 Jahren, vollendete Ramsey bedeutende wissenschaftliche Beiträge in vielen Bereichen. Auf dem Gebiet der Graphentheorie und der Kombinatorik entwickelte er die nach ihm benannte Ramsey-Theorie und veröffentlichte mehrere bedeutende Arbeiten zu den Grundlagen der Logik.



**Abbildung 4:**  
**Frank P. Ramsey**

Die Ramsey-Theorie behandelt die Frage, wieviele Elemente aus einer mit einer gewissen Struktur versehenen Menge ausgewählt werden müssen, damit eine bestimmte Eigenschaft erfüllt ist. Als einfaches Beispiel gilt das Schubfachprinzip: Angenommen, man hat  $n$  Schubfächer. Wieviele Kugeln muss man auf die Schubfächer verteilen, damit in wenigstens einer Schublade mindestens 2 Kugeln liegen? Offensichtlich muss für  $m$  mindestens  $n+1$  gewählt werden.

### 2.4. Bruno de Finetti (1906 – 1985)

Bruno de Finetti wurde am 13. Juni 1906 in Innsbruck geboren und starb am 20 July 1985 in Rom. Obwohl in Österreich geboren, stammte seine Familie ursprünglich aus Italien ab, wohin de Finetti nach seiner Ausbildung übersiedelte. Schon während seines Studiums in Mailand war er fasziniert von der Mathematik, der er sein Leben widmen wollte, wie folgendes Zitat aus einem Brief an seine Mutter zeigt:

*“...Mathematics is not by now a field already explored, just to learn and pass on to posterity as it is. It is always progressing, it is enriching and lightening itself, it is a lively and vital creature, in full development and just for these reasons I love it, I study it and I wish to devote my life to it... “*

Nach Abschluss seines Doktoratstudiums wartete bereits eine Stelle am Italienischen Statistischen Zentralamt in Rom auf de Finetti, wo er bis 1931 blieb. Danach wechselte er

zu der Versicherungsgesellschaft "Assicurazioni Generali" in Triest. Ab 1946 konzentrierte er sich verstärkt auf seine akademischen Aktivitäten, und bekam schließlich 1947 eine ordentliche Professur an der Universität von Triest. 1954 wechselte er an die "La Sapienza" Universität in Rom, wo er bis zum Ende seiner Karriere blieb.

De Finetti war am produktivsten in der Zeit von 1926 bis 1931. Damals entstand auch seine berühmte subjektive Theorie der Wahrscheinlichkeit, die er mit folgendem Aphorismus beschrieb: „Probability does not exist“. Was er damit meinte, war jedoch, dass es keine objektive, für sich stehende Wahrscheinlichkeit gibt, sondern nur eine subjektive, durch Individuen empfundene Wahrscheinlichkeit. Eine Zusammenfassung der revolutionären Ideen von Bruno de Finetti zur Wahrscheinlichkeit ist in seinem bekanntesten Buch, der *Teoria della Probabilità* (1970, Deutsch: Theorie der Wahrscheinlichkeit) nachzulesen, das 1975 auch ins Englische übersetzt wurde.

## 2.5. John von Neumann (1903 – 1957)

János Lajos Neumann wurde am 28. Dezember 1903 in Budapest geboren. Er war Chemiker, Mathematiker und Physiker. Während er in Deutschland lebte, nannte er sich Johann von Neumann. Heute ist er vorwiegend unter seinem später in den USA gewählten Namen John von Neumann bekannt.



**Abbildung 5: John von Neumann**

Er entstammte einer jüdischen Bankiersfamilie. Schon als Kind glänzte er durch phänomenale Intelligenz. Als Sechsjähriger konnte er mit erstaunlicher Geschwindigkeit 8-stellige Zahlen im Kopf (!) dividieren. Er besaß ein fotografisches Gedächtnis, das ihm erlaubte, den Inhalt einer Buchseite, nach einem kurzen Blick darauf, präzise wiederzugeben. Nach dem Abitur am Gymnasium in Budapest besuchte von Neumann verschiedene Universitäten in Europa. Von 1926 bis 1930 war er der jüngste Privatdozent der Humboldt-Universität zu Berlin, ab 1930 an der Universität Princeton. Wie sein Kollege Albert Einstein emigrierte auch von Neumann nach der Machtübernahme Hitlers dauerhaft in die USA.

John von Neumann erbrachte auf vielen Gebieten der Mathematik besondere Leistungen. Berühmt geworden ist er vor allem durch das mit Co-Autor Oskar Morgenstern 1944

veröffentlichte Buch "The Theory of Games and Economic Behavior". Er wurde damit zum Begründer der sogenannten Spieltheorie.

Zudem gilt von Neumann als einer der Väter der Informatik. Nach ihm wurde die Von-Neumann-Architektur benannt, ein Computer, in dem Daten und Programm binär codiert im selben Speicher liegen. Beinahe alle modernen Rechner basieren auf von Neumanns Idee.

## **2.6. Kenneth Joseph Arrow (1921 - )**

Kenneth Joseph Arrow, amerikanischer Ökonom und Nobelpreisträger (1972), ist mit seinen Überlegungen zum Unmöglichkeitstheorem berühmt geworden. Er hatte es während seiner Doktorarbeit ausgearbeitet, und 1951 veröffentlicht. Es zeigt, dass es unmöglich ist, ein Regelwerk aufzustellen, nach dem man gesellschaftliche Entscheidungen über eine Anzahl von vernünftigen Kriterien fällt. Dieser Sachverhalt wird auch als Arrow-Paradoxon bezeichnet, und bildet die Grundlage der modernen Sozialwahltheorie (Social Choice Theory), die sich damit befasst, wie kollektive Entscheidungen auf der Basis individueller Präferenzen bzw. Wertvorstellungen zu treffen sind.

## **2.7. Maurice Allais (1911 - )**

Maurice Allais, ein französischer Ingenieur und Wirtschaftswissenschaftler, wurde 1988 mit dem Wirtschaftsnobelpreis ausgezeichnet. Er bekam ihn für "seine bahnbrechenden Beiträge zur Theorie der Märkte und der effizienten Nutzung von Ressourcen" wie es in der Eröffnungsrede hieß.



**Abbildung 6:**  
**Maurice Allais**

Bekannt geworden ist Maurice Allais durch das nach ihm benannte Allais Paradoxon. Er beschreibt, dass Menschen, je nachdem ob sie sich in einer Gewinn- oder Verlustsituation befinden, nicht immer rational entscheiden.

## 2.8. Leonard Jimmie Savage (1917 – 1971)

Leonard Jimmie Savage wurde 1917 in Detroit, Michigan, USA geboren. Nach seinem Studium der Mathematik arbeitete er von 1941-1942 an der Princeton Universität, und wechselte 1944 zur Columbia Universität, um sich auf das Gebiet der Statistik zu konzentrieren. 1954 erschien sein Hauptwerk "Die Grundlagen der Statistik", worin er aus 6 Axiomen eine subjektive Wahrscheinlichkeit und eine Nutzenfunktion ableitet. Seine Arbeit wurde stark durch von Neumann und Morgenstern beeinflusst. In weiteren Artikeln behandelt Savage auch den Ansatz von Bayes.



Abbildung 7:  
L. J. Savage

## 2.9. John Harsanyi (1920 – 2000)

John Charles Harsanyi war ein amerikanischer Wirtschaftswissenschaftler ungarischer Abstammung. Gemeinsam mit John Forbes Nash Jr. und Reinhard Selten bekam er 1994 den Wirtschaftsnobelpreis für seine Verdienste auf dem Gebiet der Spieltheorie bei unvollständiger Information.

## 2.10. Peter Fishburn

Peter Fishburn verdanken wir die Simple Additive Weighting (SAW) Methode zur Beurteilung mehrkriterieller Entscheidungsprobleme, die später noch näher beschrieben wird.

## 2.11. Wilhelm Winkler<sup>3</sup> (1884 – 1984)

Wilhelm Winkler wurde 1884 als viertes von acht Kindern in Prag geboren. Er studierte Jus an der Karl Friedrich Universität in Prag. Nach einem Jahr



Abbildung 8:  
Wilhelm Winkler

---

<sup>3</sup> Copyright des um 1925 entstandenen Fotos: Bildarchiv der Österreichischen Nationalbibliothek, Wien

Militärdienst begann er 1909 Mathematik zu studieren und besuchte Seminare in Statistik sowie höhere Mathematik an der Technischen Hochschule von Prag. Dass er mit dem Fortschritt auf dem Gebiet der Statistik in Zentraleuropa nicht zufrieden war zeigt ein Auszug aus seinen Memoiren:

*I soon found out that the German statistical literature did not offer too many ideas. New life came into statistics from England and Russia.*

Ab 1920 arbeitete Winkler im Bundesamt für Statistik, und 1921 wurde er als Privatdozent an die Universität Wien berufen. Beide Karrieren entwickelten sich herausragend. 1925 wurde er Leiter der österreichischen Volkszählung und 1929 wurde er außerordentlicher Professor an der Universität Wien. Seine Arbeiten auf dem Gebiet der Statistik erreichten internationale Anerkennung. Wilhelm Winkler war der Gründer der österreichischen statistischen Gesellschaft und deren langjähriger Präsident.

Er veröffentlichte 20 Bücher und verfasste ungefähr 200 wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der theoretischen und angewandten Statistik. Winkler war schon zu Lebzeiten ein angesehener Statistiker und erhielt viele österreichische und internationale Auszeichnungen und Ehrungen.

## **2.12. Amos Tversky und Daniel Kahneman**

Bei der von Daniel Kahneman und Amos Tversky 1979 begründeten Prospect Theory handelt es sich um eine deskriptive Entscheidungstheorie, die eine Alternative zur Erwartungsnutzentheorie darstellt. Sie kann Abweichungen wie das Allais Paradoxon abbilden. Bei der Prospect Theory werden Gewinne und Verluste zur Bewertung einer Lotterie herangezogen und nicht das Endvermögen wie bei der Erwartungsnutzentheorie.

Die entscheidenden Aspekte der Prospect Theory sind:

⇒ Betrachtung von Gewinnen und Verlusten

⇒ Unterschiedliche Einstellungen zum Risiko: Im Gewinnbereich werden Risiken

gemieden und im Verlustbereich sind die Entscheider risikofreudig.

- ⇒ Die Wertfunktion verläuft unterhalb des Referenzpunktes steiler, was bedeutet dass Verluste schwerer wiegen als Gewinne, ein Phänomen das auch als Verlustaversion bezeichnet wird.
- ⇒ Die Wahrscheinlichkeiten der einzigen Alternativen werden nicht als solche übernommen sondern in einem Zwischen schritt nicht-linear transformiert. Kleine Wahrscheinlichkeiten werden dabei übergewichtet und mittlere und große Wahrscheinlichkeiten untergewichtet. Wodurch z.B. die Teilnahme an Lotterien und der gleichzeitige Abschluss von Versicherungen erklärt werden kann.

Die Prospect Theory wurde 1992 zur Cumulative Prospect Theory weiterentwickelt, um einige Schwächen der originalen Theorie zu beseitigen.

## **2.13. Thomas Saaty**

Der **Analytic Hierarchy Process** (AHP) ist eine von dem Mathematiker Thomas Saaty entwickelte Methode, um bei mehrstufigen Zielhierarchien Entscheidungsprozesse zu unterstützen. Sie unterstützt vor allem die Gewichtung der einzelnen Kriterien zur Beurteilung der Handlungsalternativen.

Es gäbe noch eine Vielzahl weiterer Personen, die wesentlich zur Entwicklung der Entscheidungstheorie beigetragen haben, und es immer noch tun. Eine vollständige Aufzählung wäre aber nicht Sinn und Ziel dieser Arbeit, und sie wäre auch unüberschaubar lang. Deshalb wenden wir uns nun dem nächsten Abschnitt zu, der einen Überblick über die wichtigsten Methoden auf dem Gebiet der Mehrkriteriellen Entscheidungsprobleme geben soll.

## **3. Überblick Multi-Criteria-Decision Making Methoden**

### **3.1. Unterscheidung der methodologischen Ebenen**

Auf methodologischer Ebene kann zwischen präskriptiver und deskriptiver Entscheidungstheorie unterschieden werden. Die präskriptive Entscheidungstheorie ist eine normative Entscheidungslogik. Sie gibt vor, wie entschieden werden soll. Die deskriptive Entscheidungstheorie hingegen versucht durch Beobachtung und Beschreibung des tatsächlichen Verhaltens herauszufinden, wie tatsächlich entschieden wird. Die folgende Graphik zeigt eine Einordnung der bekanntesten Theorien in diese beiden Bereiche:

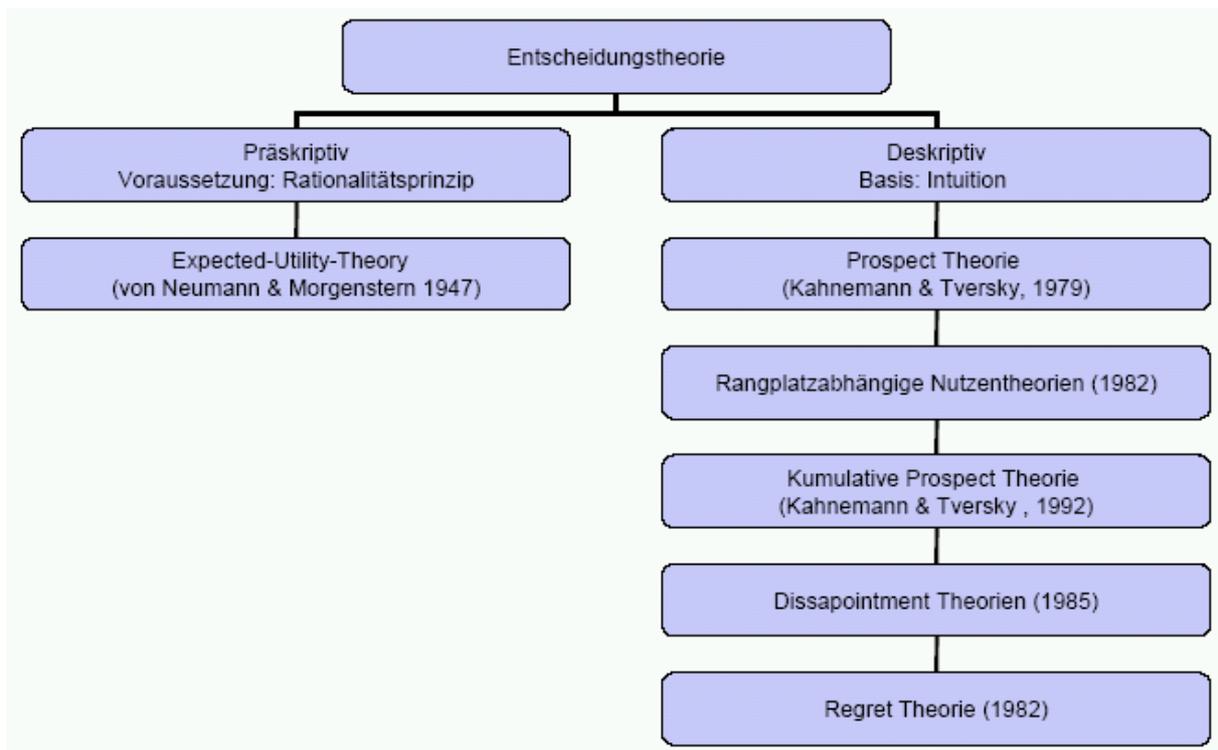


Abbildung 9: Gliederung der Entscheidungstheorien

### 3.2. Unterscheidung nach dem Typ des Entscheidungsproblems

Bei der Klassifizierung nach dem Typ des Entscheidungsproblems kann man folgende Unterscheidungen treffen:

- Sicherheit  $\Leftrightarrow$  Unsicherheit, Risiko
- ein Ziel  $\Leftrightarrow$  mehrere Ziele
- einstufig  $\Leftrightarrow$  mehrstufig

statisch                    ⇔    dynamisch  
Einzelentscheidung    ⇔    Gruppenentscheidung

Wir werden in der Folge vor allem Entscheidungen bei mehreren Zielen, genauer den Bereich der mehrkriteriellen Entscheidungsprobleme näher betrachten.

### **3.3.        Definition Multi Attribute Decision Making (MADM)**

Multi Attribute Decision Making (MADM; Deutsch: mehrkriterielle Entscheidungsfindung) ist eine Methodologie, die Entscheidungsträgern eine Unterstützung zur Lösung von Präferenz-Entscheidungen (Auswahl, Ranking,...) im Umfeld einer begrenzten Anzahl von Alternativen, mit vielen - meist konkurrierenden - Attributen bietet. Das Ziel sind qualitativ bessere Entscheidungen bei komplexen Fragestellungen, vor allem dann, wenn es um Verantwortlichkeiten und Entscheidungen mit weitreichenden Konsequenzen geht. Unter Qualität versteht man dabei klare, eindeutige, rationelle und effiziente Entscheidungen. MADM Problemstellungen lassen sich generell durch folgende Charakteristika beschreiben [YehC03]:

- es gibt eine begrenzte Anzahl von vergleichbaren Alternativen
- innerhalb der jeweiligen Alternativen sind mehrere Attribute zu berücksichtigen
- messbare Einheiten für jedes einzelne Attribut zur Beurteilung der Alternativen
- Attributsgewichte zur Repräsentation der relativen Wichtigkeit jeder Eigenschaft

Die mittels MADM Methoden unter Berücksichtigung der Gewichtungen aggregierten Einzelbewertungen der Eigenschaften für alle Alternativen ergeben die Gesamtbewertung. Das Ergebnis ist somit eine kardinale Rangordnung der Alternativen, und spiegelt eine Präferenzreihung des Entscheidungsträgers für die alternativen Handlungsmöglichkeiten wider.

Die nachstehende Graphik soll einen Überblick über die Multi Criteria Decision Making (MCDM) Methoden und deren Einordnung geben:

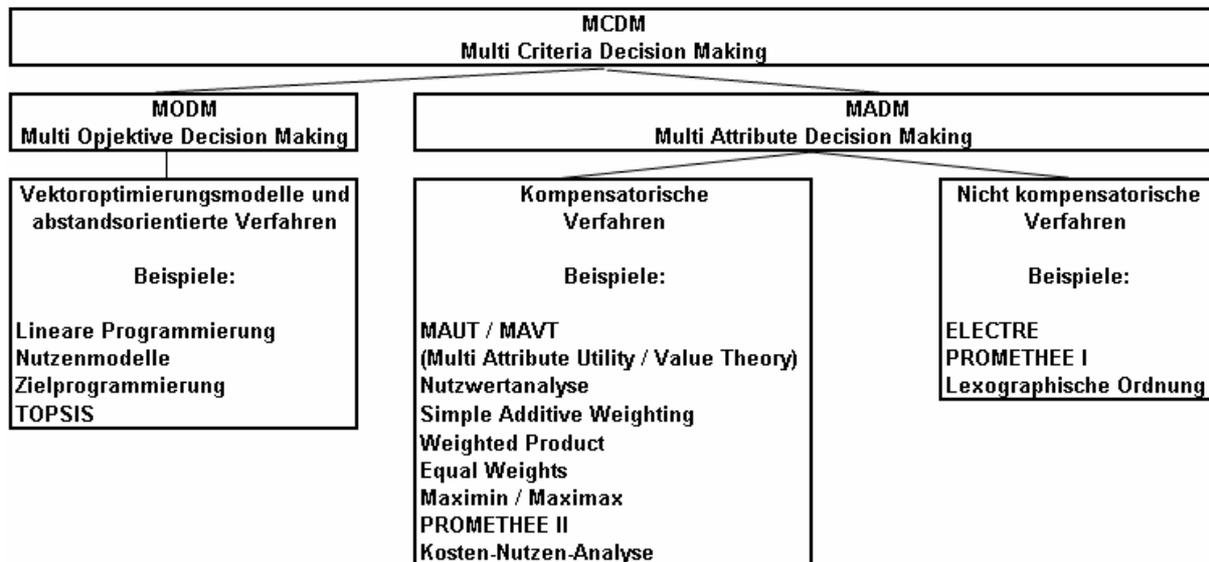


Abbildung 10: Überblick MCDM Methoden

### 3.4. Die Formulierung des MADM Problems

Bevor man sich daran machen kann, eine der in der Folge beschriebenen Bewertungsmethoden anzuwenden, sind einige Schritte notwendig, die auf jeden Fall vorab zu erledigen sind.

Das MADM Problem beinhaltet eine Menge  $m$  von Alternativen  $A_i$  ( $i=1,2,3,\dots,m$ ) deren Werte durch Interviews auf einer kardinalen Skala bestimmt werden müssen. Dabei ist eine Menge von  $n$  Selektionskriterien (Attribute)  $C_j$  ( $j=1,2,3,\dots,n$ ) zu berücksichtigen. Das Ergebnis der Datenerhebung ist eine Entscheidungsmatrix. Die Zeilen und Spalten enthalten  $m$  Alternativen und  $n$  Attribute, sodass  $x_{ij}$  die Bewertung der Alternative  $A_i$  in Bezug auf das Kriterium  $C_j$  darstellt.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

**Abbildung 11: Entscheidungsmatrix**

Weiters muss ein Gewichtungsvektor festgelegt werden, der die Attributsgewichte in kardinaler Ordnung wie folgt repräsentiert:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$$

Die kardinalen Gewichte werden üblicherweise auf die Summe von 1 normalisiert, damit sie als prozentueller Anteil an der Gewichtungssumme interpretiert werden können. Der Gewichtungsvektor gemeinsam mit den kardinalen Werten aus der Entscheidungsmatrix repräsentiert die absolute Präferenz der Entscheider. Die Zielsetzung ist es nun, alle Alternativen anhand ihrer Gesamtpräferenzwerte - basierend auf den kardinalen Werten aus der Entscheidungsmatrix und dem Gewichtungsvektor - in eine Rangreihenfolge zu bringen. Dazu gibt es die unterschiedlichsten methodischen Ansätze.

Der folgende Abschnitt dient der Erklärung von sechs dieser Methoden mit besonderem Augenmerk auf Stärken und Schwächen, sowie geeignete Anwendungsbereiche.

## 4. Sechs multi-attributive Bewertungsmethoden im Detail

### 4.1. Equal Weights Methode / Total Sum (TS)

Bei der Equal Weights Methode fließen alle Attribute mit der gleichen Gewichtung in die Beurteilung eines Entscheidungsproblems ein. Sie wird vor allem in Entscheidungsumfeldern empfohlen [YehC03], wo eine Gewichtung der einzelnen Attribute durch die Stakeholder:

- a) schwierig ist, oder
- b) stark abweichende Ergebnisse aufgrund gegenläufiger Interessen der Stakeholder liefert, oder
- c) keinen Sinn ergibt, weil es keine Begründung für eine unterschiedliche Gewichtung gibt.

Hat man sich für eine Gleichgewichtung der Attribute entschieden, so kann eine der traditionellen Bewertungsmethoden, nämlich Total Sum (TS) auf einfache Weise angewendet werden. Dabei werden einfach alle Performance-Ratings aller Kandidaten über alle Attribute zu einem Gesamtergebnis aufsummiert.

Obwohl ich in meiner Literatur-Recherche auf keinerlei Hinweise in Bezug auf die verwendeten Skalen gestossen bin, erscheint mir bei unterschiedlich skalierten Bewertungen einzelner Attribute eine Angleichung der Skalen als notwendig. Dabei kann eine relativ einfach durchführbare Skalentransformation, die im Abschnitt 6.1 beschrieben wird, zur Anwendung gelangen.

Die Equal Weights Methode impliziert aber auch Trade-offs zwischen den einzelnen Attributen. Eine hohe Bewertung eines Attributes kann eine schlechte Bewertung eines anderen demnach aufwiegen. Dennoch wird diese Methode aufgrund ihrer Einfachheit und Verständlichkeit sowohl des Konzepts, als auch in der Durchführung, von vielen Entscheidungsträgern sehr geschätzt. Es wird sogar behauptet, dass keine einzige Gewichtungsmethode ein besseres Ergebnis garantieren kann (Weber and Borcherding, 1993; Doyle et al., 1997; Yeh et al., 1999; zitiert nach [YehC03]), und die selben Entscheidungsträger bei Anwendung unterschiedlicher Gewichtungsmethoden von einander abweichende Gewichtungen herausbekommen würden. Man kann also feststellen, dass sich

diese sehr einfache Methode sowohl unter den Wissenschaftlern, als auch unter den Entscheidungsträgern großer Beliebtheit erfreut.

## 4.2. Simple Additive Weighting (SAW)

Die Simple Additive Weighting Methode (abgekürzt SAW), auch bekannt als Weighted Sum (Deutsch: gewichtete Summe) Methode, ist wahrscheinlich die am weitesten verbreitete unter den MADM Methoden. Sie zielt darauf ab, eine gewichtete Summe über alle Bewertungen sämtlicher Attribute für jede Alternative zu erhalten.

Der Gewichtungsvektor  $W$  wird, wie im Abschnitt 5.1 beschrieben, auf die Summe 1 normalisiert. Des weiteren erfordert die SAW Methode zumeist auch eine Normierung der Entscheidungsmatrix, um eine vergleichbare Skala für alle Bewertungen innerhalb der Matrix zu gewährleisten. Die Formel für die Normierung der Werte in der Matrix lautet:

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & \text{wenn } j \text{ ein Nutzenattribut ist,} \\ \frac{x_{ij}}{\min_i x_{ij}} & \text{wenn } j \text{ ein Kostenattribut ist} \end{cases}$$

$$i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Wobei  $r_{ij}$  ( $0 \leq r_{ij} \leq 1$ ) als normierte Bewertung für Alternative  $A_i$  in Bezug auf Kriterium  $C_j$  definiert ist. Dieser Vorgang entspricht einer linearen Transformation, daher bleibt die relative Ordnung der Werte erhalten. Der Wert für die Gesamtpräferenz jeder Alternative ( $V_i$ ) berechnet sich nun wie folgt:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}; \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Je größer der Wert  $V_i$  ausfällt, um so größer ist die Präferenz für die Alternative  $A_i$ .

Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass durch die lineare Form der Trade-Offs zwischen Attributen, die bei der SAW Methode auftreten, extreme Annäherungen an die Ergebnisse

komplizierter, nicht-lineare Formen ergeben, während SAW weit einfacher anzuwenden und viel verständlicher ist.

Als Kritikpunkt an der SAW Methode ist die Berechnungsart der Normierung aufzuzeigen. Meiner Ansicht nach sollte eine Skalentransformation auf die Skalierung [0, 1] wie in Abschnitt 5.1 beschriebenen Anwendung finden, da ansonsten bei unterschiedlichen Skalen-Minima in der Ausgangsmatrix die Ergebnisse verzerrt werden.

### 4.3. Weighted Product Method (WP)

Dieser Abschnitt dient der Erklärung der Methode mit besonderem Augenmerk auf Stärken und Schwächen, sowie geeignete Anwendungsbereiche.

Bei der Weighted Product Methode (WP, Deutsch: gewichtetes Produkt) werden die mit ihren Gewichten potenzierten Attributswerte durch Multiplikation aggregiert. Diese Multiplikation hat den gleichen Effekt, wie eine Normalisierung bei Verwendung unterschiedlicher Skalen. Die Gesamtpräferenz ( $S_i$ ) wird wie folgt berechnet:

$$S_i = \prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j}; \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Wobei für die Gewichtung gilt:  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ .

Um die WP Methode einfacher mit anderen Methoden wie zum Beispiel der Total Sum oder SAW Methode vergleichen zu können, kann die relative Präferenz  $V_i$  wie folgt berechnet werden:

$$V_i = \frac{\prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j}}{\prod_{j=1}^n (x_j^*)^{w_j}}, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

dabei gilt:  $x_j^* = \max_i x_{ij}$  und  $0 \leq V_i \leq 1$ .

Je größer der relative Präferenzwert  $V_i$ , umso besser ist die Alternative.

#### 4.4. Maximin

Das Maximin Verfahren geht von einem sehr pessimistischen Entscheider aus. Es soll jene Alternative gewählt werden, wo "der Schaden am geringsten ausfällt". Dabei wird von  $m$  Alternativen mit jeweils  $n$  Attributen bezogen auf jedes Attribut die Alternative mit dem niedrigsten Wert ausgezeichnet, und dann aus diesen Alternativen jene mit dem höchsten Kennwert selektioniert. Für die gewählte Alternative gilt:

$$A^* = \left\{ A_j \mid \max_j \min_i x_{ij} \right\}$$
$$i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Eine Umskalierung auf die Einheitsskala ist anzuraten. Dabei kann man nach verschiedenen Verfahren vorgehen. Besonders einfach ist folgende Berechnung:

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_{i0}}$$

$a_{ij}$  = die höchste Ausprägung des Attributs  $i$   
 $a_{i0}$  = die aktuelle Ausprägung bei Alternative  $j$

Ein wesentlicher Nachteil dieser Methode ist die Tatsache, dass das verfügbare Datenmaterial nur partiell ausgewertet wird.

#### 4.5. Maximax

Das Maximax Verfahren geht von einem sehr optimistischen Entscheider aus. Für die zu wählende Alternative gilt:

$$A^* = \left\{ A_j \mid \max_j \max_i x_{ij} \right\}$$
$$i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Im Übrigen gelten die gleichen Anmerkungen wie zuvor beim Maximin Verfahren.

#### 4.6. TOPSIS

Die TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) Methode basiert auf dem Prinzip, dass die gewählte Alternative die kleinste euklidische Distanz zur idealen Lösung, und die größte euklidische Distanz zur schlechtesten möglichen Lösung haben sollte. Diese Technik wurde von Chen und Hwang (1992) vorgestellt. Zur Durchführung sind folgende Schritte notwendig:

a) Normierung der Entscheidungsmatrix:

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}; \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n.$$

b) Berechnung der normierten, gewichteten Ratings:

$$y_{ij} = w_j r_{ij}; \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n.$$

c) Berechnung der idealen ( $A^+$ ) und schlechtesten Alternative ( $A^-$ )

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+); \quad A^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-)$$

Dabei wird für die beste Alternative für jedes Kriterium die höchstmögliche Punktezahl vergeben (sofern es sich um ein Nutzenattribut handelt), und für die schlechteste Alternative die jeweils kleinste Bewertung. Wenn es sich um Kostenattribute handelt geht man genau umgekehrt vor.

$$y_j^+ = \begin{cases} \max_i y_{ij} & \text{wenn } j \text{ ein Nutzenattribut ist,} \\ \min_i y_{ij} & \text{wenn } j \text{ ein Kostenattribut ist} \end{cases}$$

$$y_j^- = \begin{cases} \min_i y_{ij} & \text{wenn } j \text{ ein Nutzenattribut ist,} \\ \max_i y_{ij} & \text{wenn } j \text{ ein Kostenattribut ist} \end{cases}$$

$j = 1, 2, \dots, n.$

d) die Berechnung der Distanz zwischen der Alternative  $A_i$  und der positiven Ideallösung  $D_i^+$ , sowie der negativen Ideallösung  $D_i^-$  anhand folgender Formeln:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_i^+ - y_{ij})^2}; \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_i^-)^2};$$

$i = 1, 2, \dots, m.$

e) Berechnung der Gesamtpräferenz  $V_i$  analog folgender Formel:

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}; \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Je größer der Wert von  $V_i$ , umso besser ist die Alternative bewertet.

TOPSIS ist zwar etwas aufwändiger als die zuvor beschriebenen Methoden, kommt in der Praxis aber dennoch häufig zur Anwendung. Dies wird durch die Verständlichkeit des Konzepts, und die computergestützte Realisierung mit einfachen mathematischen Formeln erklärt.

## 5. Anwendung der Methoden am Fallbeispiel

### 5.1. Die Fallstudie: Anschaffung einer ERP Software

Dieser Abschnitt behandelt grundsätzliche Erklärungen, vor allem getroffene Annahmen zum Anwendungsbeispiel. Das dieser Arbeit zugrunde liegende Fallbeispiel betrifft die Anschaffung einer neuen ERP-Software<sup>4</sup> in einem Unternehmen. Im Vorfeld wurden vom Projektteam zwei wichtige Aspekte definiert, die als Basis für die Auswahl der Partner und der Software dienen sollten. Diese sind das Partnerunternehmen selbst, sowie das Softwareprodukt. Für jeden Teilbereich wurden Anforderungen aufgelistet, und einer Nutzwertanalyse unterzogen. Die Bewertung der Partner erfolgte durch Punktevergabe nach folgender Skala:

5 = sehr gut

4 = gut

3 = befriedigend

2 = genügend

1 = ungenügend

Zudem wurde jede einzelne Anforderung mit einer Priorität versehen, die gleichzeitig auch als Gewichtungsmultiplikator verwendet wurde. Die Prioritäten wurden wie folgt bestimmt:

Priorität 3 = sehr wichtig

Priorität 2 = wichtig

Priorität 1 = nicht wichtig

Das Ergebnis der Bewertung der Partner zeigt die folgende Abbildung.

---

<sup>4</sup> ERP = Enterprise Resource Planning = Warenwirtschaftssystem / Buchhaltung

Kriterium	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Auftreten, erster Kontakt, Präsentation	1	4	4	5	5	3	3
Finanzielle Sicherheit, langjähriges bestehen am Markt, Rückhalt durch Konzern / Partnerfirmen, Rating, ...	3	4	12	3	9	5	15
Consulting Kompetenz	2	3	6	4	8	4	8
Support / Nachbetreuung	2	5	10	5	10	5	10
Weiterentwicklung u. Anpassung individual Programme bei Up-dates und Up-grades	2	5	10	5	10	3	6
Projektabschluss / Implementierung	2	4	8	4	8	5	10
Kundenbesuch	1	5	5	5	5	5	5
Einschätzung d. Gruppenmitglieder über die Qualität des Unternehmens und der zukünftigen Zusammenarbeit	2	4	8	5	10	3	6
Preis / Leistungsverhältnis	2	5	10	5	10	2	4
<b>Summe Bewertung des Unternehmens</b>	<b>17</b>	<b>39</b>	<b>73</b>	<b>41</b>	<b>75</b>	<b>35</b>	<b>67</b>

Abbildung 12: Beurteilung der Partnerunternehmen

Für die Beurteilung der Software selbst, wurden die Kriterien in mehrere Teilbereiche untergliedert, die im wesentlichen den einzelnen Unternehmensbereichen entsprechen. Im Unterschied zur Partnerbewertung wurde jedoch eine Punkteskala von 0 bis 3 verwendet:

3 = ERP übertrifft die Anforderungen

2 = ERP erfüllt die Anforderungen

1 = ERP erfüllt die Anforderungen zum Teil

0 = ERP erfüllt die Anforderungen nicht (Programmierung notwendig)

Die Gewichtung durch die Prioritäten erfolgte analog zu der Beurteilung der Partner. Die Ergebnisse der Beurteilung der Software können den folgenden Abbildungen entnommen werden.

1. Anforderungen Geschäftsführung	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Spannen und Mengen Planung, Szenario-rechnungen bei Preisänderungen (EK/VK) nach Segmenten (Zähler, small bulk, Flaschen...)	3	1	3	1	3	1	3
Kosteneinsparungsszenarien durch zB Produktivitätssteigerungen	2	1	2	1	2	1	2
Daten aus dem Monatsbericht	3	2	6	2	6	2	6
Kosten und Grossprofit je Niederlassung und Region	3	2	6	2	6	2	6
Personalkostenstatistik je Niederlassung, je AN-Gruppe (Sales, Technik, Leiter, Verwaltung...)	1	2	2	2	2	2	2
Budget und Soll/Istvergleiche von einzelnen Kostenstellen (Verkauf, Technik...)	3	2	6	3	9	2	6
Working Capital, CEROCE, ROI	3	2	6	2	6	2	6
Ergebnisvorausschau auf Basis Monatsbericht und Planung	3	1	3	3	9	2	6
<b>Summe Anforderungen Geschäftsführung</b>	<b>21</b>	<b>13</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>43</b>	<b>14</b>	<b>37</b>

Abbildung 13: Beurteilung der Anforderungen der Geschäftsführung

2. Anforderungen Verkauf	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Umsatz-, DB- und Mengenstatistik je Kunde, Kundengruppen, Regionen, Niederlassungen	3	2	6	3	9	2	6
Preislisten und Szenarioberechnungen je Kundengruppe, Kunde, Region...	3	2	6	2	6	2	6
Info für Verkäufer via Handheld	3	2	6	1	3	2	6
Anbindung Kunden über Internet	2	2	4	2	4	2	4
CRM System inkl. "Gläserner Kunde", bei jedem Kundenkontakt kurze Notiz erfassen, Beschwerdewesen	3	2	6	2	6	3	9
Auswertung sleepers	3	2	6	2	6	3	9
Provisionssystem nach Umsatz, DB oder Fix je Projekt	2	2	4	2	4	2	4
Grafische Aufbereitung von Info	1	1	1	2	2	2	2
Work-flow - Weitergabe von Aufgaben, Aktionen etc. an zuständige Personen	1	2	2	1	1	3	3
Preis Anpassungen und Bindungen an Preisindizes	3	2	6	2	6	1	3
DB Projekt - Wie viel DB bringt ein Projekt/Kunde auf Gesamtinvestzeit zB BHKW Kunden inkl. Investition lt. Schema Cash-flow MUTTERKONZERN	2	1	2	2	4	2	4
Datenabgleich Export in Excel Veränderung und Reimport	3	2	6	2	6	2	6
Einfache Preisänderungen auch unterjährig und bei Pauschal-Kunden	3	2	6	2	6	1	3
<b>Summe Anforderungen Verkauf</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>61</b>	<b>25</b>	<b>63</b>	<b>27</b>	<b>65</b>

Abbildung 14: Beurteilung der Anforderungen Verkauf

3. Anforderungen Technik	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Behälterverwaltung und Lagerung, Daten von Prüfungen, Standort, Information über zugehörige Bescheinigung (Prüfbescheinigung ist beim Kunden, bei Amt, bei uns...), Elektronische Ablage von Bescheinigungen (Scannen)	3	2	6	1	3	1	3
Automatisierte Verwaltung von erst- und wiederkehrenden Prüfungen	3	1	3	2	6	1	3
Service und Wartung von bestehenden Anlagen, wer, was und wann ist zu warten	3	0	0	2	6	2	6
DB je Kunden und Serviceart	2	2	4	2	4	2	4
Info über Besonderheiten bei Kunden	2	2	4	2	4	2	4
Kurzbeschreibung über wesentliche Anlagenteile	2	2	4	2	4	2	4
Anlagenmanagement über betriebliche Anlagen zB Enns Wartungen, Service unserer Anlagen	1	1	1	2	2	2	2
Behälterstatistik über zu und Abgänge von Behältern und Flaschen	2	2	4	2	4	2	4
Projektmanagement - DB je Projekt, Prozessverlauf, Informationsfluss	3	1	3	1	3	2	6
Verknüpfung mit Anlagenbuchhaltung	1	2	2	2	2	2	2
<b>Summe Anforderungen Technik</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>18</b>	<b>38</b>	<b>18</b>	<b>38</b>

Abbildung 15: Beurteilung der Anforderungen Technik

4. Anforderungen Niederlassungen	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Bestellungen von Kunden	3	2	6	2	6	2	6
Zählerbestandslisten	2	2	4	2	4	1	2
Befüllvorschläge von Tankkunden - Automatischer Bestellvorschlag aufgrund von Wetterdaten	2	0	0	1	2	0	0
Füllstatistik Flaschen für Warenlagerbewertung	3	1	3	2	6	0	0
Management von Paletten und Container	1	2	2	1	1	1	1
Fuhrparkmanagement, Service von LKW	1	1	1	1	1	1	1
Lagerführung mit Scanner	1	2	2	2	2	2	2
Aktive Lagerwirtschaft (Bestellvorschläge zB für Griller, Öfen)	2	2	4	2	4	2	4
<b>Summe Anforderungen Niederlassungen</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>26</b>	<b>9</b>	<b>16</b>

Abbildung 16: Beurteilung der Anforderungen Niederlassungen

5. Anforderungen Wareneinkauf	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Bestellwesen Waren inkl. Auswertung Mengendispo je Monat, Intrastatmeldung (Möst-Erklärung), Tagesmeldung - Zugangsliste (Inventur Waren und Bestand)	3	2	6	2	6	1	3
Streckenabrechnung	2	3	6	2	4	1	2
Lagerbuchhaltung Waren - FIFO Verfahren und Umbuchung auf Zählerbehälter	3	1	3	2	6	2	6
Streckenangebote inkl. Szenariorechnungen, Berücksichtigung von Möstbefreiung	2	1	2	0	0	1	2
Mengenverprobung der Zähleranlagen (Anfangsbestand, Befüllungen, Endbestand und Vergleich mit Zählerabrechnung)	3	1	3	1	3	0	0
<b>Summe Anforderungen Wareneinkauf</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>13</b>

Abbildung 17: Beurteilung der Anforderungen Wareneinkauf

6. Anforderungen Logistik / Dispo	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Tourenplanung	1	2	2	2	2	1	1
Info über Besonderheiten bei Kunden	3	2	6	2	6	2	6
Anfahrtskizzen	3	2	6	2	6	2	6
Maximale Mengen für Kundenbehälter	3	2	6	0	0	1	3
Automatisch Fakturierung on board	1	1	1	0	0	0	0
<b>Summe Anforderungen Logistik / Dispo</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>16</b>

Abbildung 18: Beurteilung der Anforderungen Logistik / Dispo

7. Anforderungen Rechnungswesen / Buchhaltung	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Mineralölsteuererklärung inkl. Freischein	1	0	0	1	1	1	1
Intrastatmeldung über Warenbewegung	3	2	6	1	3	1	3
Umsatzsteuerverprobung und Meldung	1	2	2	2	2	2	2
Fahrzeugverwaltung inkl. KFZ-Steuerberechnung	1	1	1	1	1	1	1
Provisionsberechnung für Mitarbeiter	3	2	6	2	6	1	3
Außenstandsliste nach Dauer	3	2	6	2	6	2	6
Zählerabrechnungen automatisch einlesen, Einbindung unserer bisherigen PTC 1, 2 und Systeme, automatische Meldung bei längerem Ausfall von Modems	3	0	0	0	0	0	0
Anlagenbuchhaltung aus FIBU	3	2	6	2	6	2	6
Feld für Identifikation Begleitpapiere (Grenzüberschreitender Wareneinkauf)	1	0	0	1	1	1	1
Zählerwertung unterjährig lt. Statistischen Angaben mit Heizgradtage	3	1	3	1	3	0	0
Zählerabrechnung und Preiserhöhungen / Senkungen unterjährig	3	0	0	1	3	0	0
KFZ_Stammdaten bei Sachkonto oder Kostenstelle	1	2	2	2	2	2	2
Pauschalabrechnungen - Handling monatlich	3	0	0	2	6	1	3
Contracting und Wärmelieferung automatische Abrechnung und DB Berechnung	2	0	0	1	2	1	2
Pauschalabrechnung automatisch	3	0	0	2	6	1	3
<b>Summe Anforderungen Rechnungswesen / Buchhaltung</b>	<b>34</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>21</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>33</b>

Abbildung 19: Beurteilung der Anforderungen Rechnungswesen / Buchhaltung

8. Anforderungen Controlling / Reporting	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Daten aus der Buchhaltung müssen für den Monatsreport MUTTERKONZERN zur Verfügung stehen. Es ist notwendig monatlich Umbuchungen / Abgrenzungen zu machen, da Abgabetermin von Monatsreports immer 10 Tage nach Monatsende ist. Diese Umbuchungen dürfen nicht in die laufende Kalkulation auf Basis von MUTTERKONZERN Cash-flow für diverse Projekte (BHKW, Finanzierungen etc.)	2	2	4	2	4	2	4
Warenblance - Vergleich von Warenbestand laut Inventur und Warenbestand laut Buchhaltung inklusive Einkaufs- und Verkaufswert	3	2	6	2	6	1	3
Auswertung nach Kostenstellen und Kostenträger (Regionen)	3	2	6	2	6	2	6
Investmentübersicht (Anlagenzugänge)	1	2	2	2	2	2	2
Überleitung von MUTTERKONZERN Daten in Buchhaltung und umgekehrt (zwei Bilanzen)	3	2	6	2	6	1	3
Umsatzstatistiken nach Niederlassungen	3	2	6	2	6	2	6
Kostenrechnung je LKW/to/km	3	0	0	2	6	2	6
Zinsberechnung und Führung von Kundendarlehenskonto (Finanzierungen)	1	0	0	1	1	0	0
<b>Summe Anforderungen Controlling / Reporting</b>	<b>21</b>	<b>13</b>	<b>32</b>	<b>15</b>	<b>37</b>	<b>14</b>	<b>34</b>

Abbildung 20: Beurteilung der Anforderungen Controlling / Reporting

Die Zusammenfassung der vorliegenden Nutzwertanalyse ergibt folgendes Bild:

Summen	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
Summe Bewertung des Unternehmens	39	73	41	75	35	67
Summe Bewertung der ERP-Software	108	253	121	288	109	252
Gesamtsumme exkl. Kostenfaktor	147	326	162	363	144	319

Abbildung 21: Zusammenfassung der Ergebnisse der Nutzwertanalyse

In der vorliegenden Nutzwertanalyse sind auch Kriterien enthalten, die für alle Alternativen mit der gleichen Bewertung versehen sind. Diese Kriterien tragen nicht zur Differenzierung der Handlungsmöglichkeiten bei, und werden daher von den weiteren Betrachtungen ausgenommen.

Außerdem ist die Verwendung zweier unterschiedlicher Skalen bei der Bewertung der Partner sowie der Software zu beachten. Summiert man die Punktwerte wie in obiger Abbildung gezeigt wird, so kann es zur Verzerrung der Ergebnisse kommen.

Abhilfe schafft eine Skalentransformation, die in der Folge erläutert wird. Eine Skalentransformation ist eine lineare Funktion  $T: \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$  der Bauart:

$$T(x) = \alpha x + \beta \quad \text{mit } \alpha > 0$$

Der Streckfaktor  $\alpha$  muss positiv sein, damit die Ordnung der Skalenwerte erhalten bleibt. Die Variable  $\beta$  dient der Verschiebung des Skalenminima. Die Präferenzordnung eines Entscheidungsproblems ändert sich nicht, wenn eine Skalentransformation angewendet wird. Daher können wir für unser Beispiel zur Angleichung der Punktwerte die Skalen ohne Probleme an unsere Anforderungen anpassen.. Um die Weighted Product Methode sinnvoll einsetzen zu können, müssen die Skalenminima  $> 0$  sein, daher sollen beide Skalen auf das Intervall  $x' = [1, 2, 3,4]$  transformiert werden.

Zunächst betrachten wird die Skala für die Beurteilung der Partner. Wir müssen das Intervall  $x = [1, 2, 3, 4, 5]$  in ein Intervall  $x' = [1, 2, 3, 4]$  transformieren. Die Wertemenge ist so abzubilden, das gilt:

$$1 = T(1) = \alpha(1) + \beta \quad (\text{Minimum})$$

$$4 = T(5) = \alpha(5) + \beta \quad (\text{Maximum})$$

Durch Auflösen der Gleichungen erhalten wir die Werte für  $\alpha = \frac{3}{4}$  und  $\beta = -\frac{3}{4}$ . Somit ergibt sich für die Skalentransformation folgende Funktion:

$$T(x) = \frac{3}{4}x + \frac{1}{4}$$

Unter Anwendung auf unser Fallbeispiel ergibt sich für die Skala der Partnerfirmen folgende transformierte Skala:

x	→	x'
1	ungenügend	1
2	genügend	1,75
3	befriedigend	2,5
4	gut	3,25
5	sehr gut	4

Tabelle 1: Skalentransformation Partner

Unter Anwendung der transformierten Skala ergibt sich folgende Bewertung der Partnerfirmen:

	Prio.	A <sub>1</sub> Pkt.	A <sub>2</sub> Pkt.	A <sub>3</sub> Pkt.	A <sub>1</sub> Skala=[1,2,3,4]	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> multi	A <sub>2</sub> multi	A <sub>3</sub> multi
c <sub>1</sub>	1	4	5	3	3,25	4	2,5	3,25	4	2,5
c <sub>2</sub>	3	4	3	5	3,25	2,5	4	9,75	7,5	12
c <sub>3</sub>	2	3	4	4	2,5	3,25	3,25	5	6,5	6,5
c <sub>4</sub>	2	5	5	3	4	4	2,5	8	8	5
c <sub>5</sub>	2	4	4	5	3,25	3,25	4	6,5	6,5	8
c <sub>6</sub>	2	4	5	3	3,25	4	2,5	6,5	8	5
c <sub>7</sub>	2	5	5	2	4	4	1,75	8	8	3,5
<b>Summen:</b>		<b>29</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>23,5</b>	<b>25</b>	<b>20,5</b>	<b>47</b>	<b>48,5</b>	<b>42,5</b>

Tabelle 2: Beurteilung der Partner in transformierter Skalierung

Betrachten wir nun zum Vergleich nochmals die ursprünglichen Ergebnisse der Partnerbewertung unter Verwendung der Skala [1, 2, 3, 4, 5]:

Kriterium	Priorität	Alternative 1		Alternative 2		Alternative 3	
		Pkt.	Multi	Pkt.	Multi	Pkt.	Multi
<b>Summe Bewertung des Unternehmens</b>		<b>39</b>	<b>73</b>	<b>41</b>	<b>75</b>	<b>35</b>	<b>67</b>

Abbildung 22: ursprüngliche Bewertung der Partner vor Skalentransformation

Die Präferenzreihung anhand der zugeteilten Punkte hat sich nicht verändert. Die Summen sind jedoch unterschiedlich, auch deshalb, weil die gleichbeurteilten Kriterien bereits eliminiert sind.

Analog wenden wir die Transformation auch auf die Skala der Software an und erhalten folgende transformierte Skalenwerte:

x	→	x'
0	erfüllt die Anforderungen nicht	1
1	erfüllt die Anforderungen zum Teil	2,33
2	erfüllt die Anforderungen	3,67
3	übertrifft die Anforderungen	5

Tabelle 3: Skalentransformation Software

Obwohl nicht alle weiteren Methoden diese Angleichung erfordern, habe ich mich entschlossen, die transformierten Skalenwerte für alle weiteren Ausführungen als Basis zu nehmen.

Nach Elimination der gleich bewerteten Kriterien und erfolgter Skalentransformation ergibt sich folgende Entscheidungsmatrix aus Ausgangsbasis:

	Prio.	A <sub>1</sub> Pkt.	A <sub>2</sub> Pkt.	A <sub>3</sub> Pkt.	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> Skala=[1,2,3,4]	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> multi				
C <sub>1</sub>	1	4	5	3	3,25	4	2,5	3,25	4	2,5
C <sub>2</sub>	3	4	3	5	3,25	2,5	4	9,75	7,5	12
C <sub>3</sub>	2	3	4	4	2,5	3,25	3,25	5	6,5	6,5
C <sub>4</sub>	2	5	5	3	4	4	2,5	8	8	5
C <sub>5</sub>	2	4	4	5	3,25	3,25	4	6,5	6,5	8
C <sub>6</sub>	2	4	5	3	3,25	4	2,5	6,5	8	5
C <sub>7</sub>	2	5	5	2	4	4	1,75	8	8	3,5
C <sub>8</sub>	3	2	3	2	3	4	3	9	12	9
C <sub>9</sub>	3	1	3	2	2	4	3	6	12	9
C <sub>10</sub>	3	2	3	2	3	4	3	9	12	9
C <sub>11</sub>	3	2	1	2	3	2	3	9	6	9
C <sub>12</sub>	3	2	2	3	3	3	4	9	9	12
C <sub>13</sub>	3	2	2	3	3	3	4	9	9	12
C <sub>14</sub>	1	1	2	2	2	3	3	2	3	3
C <sub>15</sub>	1	2	1	3	3	2	4	3	2	4
C <sub>16</sub>	3	2	2	1	3	3	2	9	9	6
C <sub>17</sub>	2	1	2	2	2	3	3	4	6	6
C <sub>18</sub>	3	2	2	1	3	3	2	9	9	6
C <sub>19</sub>	3	2	1	1	3	2	2	9	6	6
C <sub>20</sub>	3	1	2	1	2	3	2	6	9	6
C <sub>21</sub>	3	0	2	2	1	3	3	3	9	9
C <sub>22</sub>	1	1	2	2	2	3	3	2	3	3

C <sub>23</sub>	3	1	1	2	2	2	3	6	6	9
C <sub>24</sub>	2	2	2	1	3	3	2	6	6	4
C <sub>25</sub>	2	0	1	0	1	2	1	2	4	2
C <sub>26</sub>	3	1	2	0	2	3	1	6	9	3
C <sub>27</sub>	1	2	1	1	3	2	2	3	2	2
C <sub>28</sub>	3	2	2	1	3	3	2	9	9	6
C <sub>29</sub>	2	3	2	1	4	3	2	8	6	4
C <sub>30</sub>	3	1	2	2	2	3	3	6	9	9
C <sub>31</sub>	2	1	0	1	2	1	2	4	2	4
C <sub>32</sub>	3	1	1	0	2	2	1	6	6	3
C <sub>33</sub>	1	2	2	1	3	3	2	3	3	2
C <sub>34</sub>	3	2	0	1	3	1	2	9	3	6
C <sub>35</sub>	1	1	0	0	2	1	1	2	1	1
C <sub>36</sub>	1	0	1	1	1	2	2	1	2	2
C <sub>37</sub>	3	2	1	1	3	2	2	9	6	6
C <sub>38</sub>	3	2	2	1	3	3	2	9	9	6
C <sub>39</sub>	1	0	1	1	1	2	2	1	2	2
C <sub>40</sub>	3	1	1	0	2	2	1	6	6	3
C <sub>41</sub>	3	0	1	0	1	2	1	3	6	3
C <sub>42</sub>	3	0	2	1	1	3	2	3	9	6
C <sub>43</sub>	2	0	1	1	1	2	2	2	4	4
C <sub>44</sub>	3	0	2	1	1	3	2	3	9	6
C <sub>45</sub>	2	1	0	2	2	1	3	4	2	6
C <sub>46</sub>	3	2	2	1	3	3	2	9	9	6
C <sub>47</sub>	3	2	2	1	3	3	2	9	9	6
C <sub>48</sub>	3	0	2	2	1	3	3	3	9	9
C <sub>49</sub>	1	0	1	0	1	2	1	1	2	1
<b>Summen:</b>	<b>81</b>	<b>96</b>	<b>78</b>	<b>117,5</b>	<b>132</b>	<b>115,5</b>	<b>278</b>	<b>314,5</b>	<b>272,5</b>	

**Tabelle 4: Entscheidungsmatrix**

Damit sind die Vorarbeiten abgeschlossen, und wir werden nun die in Abschnitt 5 bereits theoretisch beschriebenen Ranking-Methoden am Fallbeispiel der ERP Softwareanschaffung anwenden.

## 5.2. Equal Weights Methode / Total Sum

Die Anwendung der Equal Weights Methode ist recht einfach zu erldedigen. Man muss lediglich eine Aufsummierung der durch Skalentransformation angeglichenen Punktwerte der einzelnen Kriterien durchführen. Eine Gewichtung der einzelnen Kriterien gibt es nicht, bzw. ist sie bei allen Kriterien gleich 1. Das Ergebnis ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.

	Prio.	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Gewicht	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
		Skala=[1,2,3,4]			normiert			w	Wert nach SAW		
C <sub>1</sub>	1	3,25	4	2,5	0,8125	1	0,625	1	0,8125	1	0,625
C <sub>2</sub>	3	3,25	2,5	4	0,8125	0,625	1	1	0,8125	0,625	1
C <sub>3</sub>	2	2,5	3,25	3,25	0,625	0,8125	0,8125	1	0,625	0,8125	0,8125
C <sub>4</sub>	2	4	4	2,5	1	1	0,625	1	1	1	0,625
C <sub>5</sub>	2	3,25	3,25	4	0,8125	0,8125	1	1	0,8125	0,8125	1
C <sub>6</sub>	2	3,25	4	2,5	0,8125	1	0,625	1	0,8125	1	0,625
C <sub>7</sub>	2	4	4	1,75	1	1	0,4375	1	1	1	0,4375
C <sub>8</sub>	3	3	4	3	0,75	1	0,75	1	0,75	1	0,75
C <sub>9</sub>	3	2	4	3	0,5	1	0,75	1	0,5	1	0,75
C <sub>10</sub>	3	3	4	3	0,75	1	0,75	1	0,75	1	0,75
C <sub>11</sub>	3	3	2	3	0,75	0,5	0,75	1	0,75	0,5	0,75
C <sub>12</sub>	3	3	3	4	0,75	0,75	1	1	0,75	0,75	1
C <sub>13</sub>	3	3	3	4	0,75	0,75	1	1	0,75	0,75	1
C <sub>14</sub>	1	2	3	3	0,5	0,75	0,75	1	0,5	0,75	0,75
C <sub>15</sub>	1	3	2	4	0,75	0,5	1	1	0,75	0,5	1
C <sub>16</sub>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	1	0,75	0,75	0,5
C <sub>17</sub>	2	2	3	3	0,5	0,75	0,75	1	0,5	0,75	0,75
C <sub>18</sub>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	1	0,75	0,75	0,5
C <sub>19</sub>	3	3	2	2	0,75	0,5	0,5	1	0,75	0,5	0,5
C <sub>20</sub>	3	2	3	2	0,5	0,75	0,5	1	0,5	0,75	0,5
C <sub>21</sub>	3	1	3	3	0,25	0,75	0,75	1	0,25	0,75	0,75
C <sub>22</sub>	1	2	3	3	0,5	0,75	0,75	1	0,5	0,75	0,75
C <sub>23</sub>	3	2	2	3	0,5	0,5	0,75	1	0,5	0,5	0,75
C <sub>24</sub>	2	3	3	2	0,75	0,75	0,5	1	0,75	0,75	0,5
C <sub>25</sub>	2	1	2	1	0,25	0,5	0,25	1	0,25	0,5	0,25
C <sub>26</sub>	3	2	3	1	0,5	0,75	0,25	1	0,5	0,75	0,25
C <sub>27</sub>	1	3	2	2	0,75	0,5	0,5	1	0,75	0,5	0,5
C <sub>28</sub>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	1	0,75	0,75	0,5
C <sub>29</sub>	2	4	3	2	1	0,75	0,5	1	1	0,75	0,5
C <sub>30</sub>	3	2	3	3	0,5	0,75	0,75	1	0,5	0,75	0,75
C <sub>31</sub>	2	2	1	2	0,5	0,25	0,5	1	0,5	0,25	0,5
C <sub>32</sub>	3	2	2	1	0,5	0,5	0,25	1	0,5	0,5	0,25
C <sub>33</sub>	1	3	3	2	0,75	0,75	0,5	1	0,75	0,75	0,5
C <sub>34</sub>	3	3	1	2	0,75	0,25	0,5	1	0,75	0,25	0,5
C <sub>35</sub>	1	2	1	1	0,5	0,25	0,25	1	0,5	0,25	0,25
C <sub>36</sub>	1	1	2	2	0,25	0,5	0,5	1	0,25	0,5	0,5

<b>C<sub>37</sub></b>	3	3	2	2	0,75	0,5	0,5	1	0,75	0,5	0,5
<b>C<sub>38</sub></b>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	1	0,75	0,75	0,5
<b>C<sub>39</sub></b>	1	1	2	2	0,25	0,5	0,5	1	0,25	0,5	0,5
<b>C<sub>40</sub></b>	3	2	2	1	0,5	0,5	0,25	1	0,5	0,5	0,25
<b>C<sub>41</sub></b>	3	1	2	1	0,25	0,5	0,25	1	0,25	0,5	0,25
<b>C<sub>42</sub></b>	3	1	3	2	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,5
<b>C<sub>43</sub></b>	2	1	2	2	0,25	0,5	0,5	1	0,25	0,5	0,5
<b>C<sub>44</sub></b>	3	1	3	2	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,5
<b>C<sub>45</sub></b>	2	2	1	3	0,5	0,25	0,75	1	0,5	0,25	0,75
<b>C<sub>46</sub></b>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	1	0,75	0,75	0,5
<b>C<sub>47</sub></b>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	1	0,75	0,75	0,5
<b>C<sub>48</sub></b>	3	1	3	3	0,25	0,75	0,75	1	0,25	0,75	0,75
<b>C<sub>49</sub></b>	1	1	2	1	0,25	0,5	0,25	1	0,25	0,5	0,25
<b>Sum:</b>	<b>115</b>	<b>117,5</b>	<b>132</b>	<b>115,5</b>	<b>29,375</b>	<b>33</b>	<b>28,875</b>	<b>49</b>	<b>29,38</b>	<b>33,00</b>	<b>28,88</b>

**Tabelle 5: Berechnung nach Equal Weights / Total Sum Methode**

Ergebnis: A2 > A1 > A3

### 5.3. Simple Additive Weighting (SAW)

Analog der in Abschnitt 5.3 beschriebenen Vorgangsweise, wurde die Simple Additive Weighting Methode auf die Fallstudie angewendet. Die Ergebnisse der SAW-Methode zeigt folgende Tabelle:

	Prio.	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Gewicht	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
		Skala=[1,2,3,4]			normiert			w	Wert nach SAW		
C <sub>1</sub>	1	3,25	4	2,5	0,8125	1	0,625	0,87%	0,0071	0,0087	0,0054
C <sub>2</sub>	3	3,25	2,5	4	0,8125	0,625	1	2,61%	0,0212	0,0163	0,0261
C <sub>3</sub>	2	2,5	3,25	3,25	0,625	0,8125	0,8125	1,74%	0,0109	0,0141	0,0141
C <sub>4</sub>	2	4	4	2,5	1	1	0,625	1,74%	0,0174	0,0174	0,0109
C <sub>5</sub>	2	3,25	3,25	4	0,8125	0,8125	1	1,74%	0,0141	0,0141	0,0174
C <sub>6</sub>	2	3,25	4	2,5	0,8125	1	0,625	1,74%	0,0141	0,0174	0,0109
C <sub>7</sub>	2	4	4	1,75	1	1	0,4375	1,74%	0,0174	0,0174	0,0076
C <sub>8</sub>	3	3	4	3	0,75	1	0,75	2,61%	0,0196	0,0261	0,0196
C <sub>9</sub>	3	2	4	3	0,5	1	0,75	2,61%	0,013	0,0261	0,0196
C <sub>10</sub>	3	3	4	3	0,75	1	0,75	2,61%	0,0196	0,0261	0,0196
C <sub>11</sub>	3	3	2	3	0,75	0,5	0,75	2,61%	0,0196	0,013	0,0196
C <sub>12</sub>	3	3	3	4	0,75	0,75	1	2,61%	0,0196	0,0196	0,0261
C <sub>13</sub>	3	3	3	4	0,75	0,75	1	2,61%	0,0196	0,0196	0,0261
C <sub>14</sub>	1	2	3	3	0,5	0,75	0,75	0,87%	0,0043	0,0065	0,0065
C <sub>15</sub>	1	3	2	4	0,75	0,5	1	0,87%	0,0065	0,0043	0,0087
C <sub>16</sub>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	2,61%	0,0196	0,0196	0,013
C <sub>17</sub>	2	2	3	3	0,5	0,75	0,75	1,74%	0,0087	0,013	0,013
C <sub>18</sub>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	2,61%	0,0196	0,0196	0,013
C <sub>19</sub>	3	3	2	2	0,75	0,5	0,5	2,61%	0,0196	0,013	0,013
C <sub>20</sub>	3	2	3	2	0,5	0,75	0,5	2,61%	0,013	0,0196	0,013
C <sub>21</sub>	3	1	3	3	0,25	0,75	0,75	2,61%	0,0065	0,0196	0,0196
C <sub>22</sub>	1	2	3	3	0,5	0,75	0,75	0,87%	0,0043	0,0065	0,0065
C <sub>23</sub>	3	2	2	3	0,5	0,5	0,75	2,61%	0,013	0,013	0,0196
C <sub>24</sub>	2	3	3	2	0,75	0,75	0,5	1,74%	0,013	0,013	0,0087
C <sub>25</sub>	2	1	2	1	0,25	0,5	0,25	1,74%	0,0043	0,0087	0,0043
C <sub>26</sub>	3	2	3	1	0,5	0,75	0,25	2,61%	0,013	0,0196	0,0065
C <sub>27</sub>	1	3	2	2	0,75	0,5	0,5	0,87%	0,0065	0,0043	0,0043
C <sub>28</sub>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	2,61%	0,0196	0,0196	0,013
C <sub>29</sub>	2	4	3	2	1	0,75	0,5	1,74%	0,0174	0,013	0,0087
C <sub>30</sub>	3	2	3	3	0,5	0,75	0,75	2,61%	0,013	0,0196	0,0196
C <sub>31</sub>	2	2	1	2	0,5	0,25	0,5	1,74%	0,0087	0,0043	0,0087
C <sub>32</sub>	3	2	2	1	0,5	0,5	0,25	2,61%	0,013	0,013	0,0065
C <sub>33</sub>	1	3	3	2	0,75	0,75	0,5	0,87%	0,0065	0,0065	0,0043
C <sub>34</sub>	3	3	1	2	0,75	0,25	0,5	2,61%	0,0196	0,0065	0,013
C <sub>35</sub>	1	2	1	1	0,5	0,25	0,25	0,87%	0,0043	0,0022	0,0022
C <sub>36</sub>	1	1	2	2	0,25	0,5	0,5	0,87%	0,0022	0,0043	0,0043
C <sub>37</sub>	3	3	2	2	0,75	0,5	0,5	2,61%	0,0196	0,013	0,013
C <sub>38</sub>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	2,61%	0,0196	0,0196	0,013
C <sub>39</sub>	1	1	2	2	0,25	0,5	0,5	0,87%	0,0022	0,0043	0,0043

<b>C<sub>40</sub></b>	3	2	2	1	0,5	0,5	0,25	2,61%	0,013	0,013	0,0065
<b>C<sub>41</sub></b>	3	1	2	1	0,25	0,5	0,25	2,61%	0,0065	0,013	0,0065
<b>C<sub>42</sub></b>	3	1	3	2	0,25	0,75	0,5	2,61%	0,0065	0,0196	0,013
<b>C<sub>43</sub></b>	2	1	2	2	0,25	0,5	0,5	1,74%	0,0043	0,0087	0,0087
<b>C<sub>44</sub></b>	3	1	3	2	0,25	0,75	0,5	2,61%	0,0065	0,0196	0,013
<b>C<sub>45</sub></b>	2	2	1	3	0,5	0,25	0,75	1,74%	0,0087	0,0043	0,013
<b>C<sub>46</sub></b>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	2,61%	0,0196	0,0196	0,013
<b>C<sub>47</sub></b>	3	3	3	2	0,75	0,75	0,5	2,61%	0,0196	0,0196	0,013
<b>C<sub>48</sub></b>	3	1	3	3	0,25	0,75	0,75	2,61%	0,0065	0,0196	0,0196
<b>C<sub>49</sub></b>	1	1	2	1	0,25	0,5	0,25	0,87%	0,0022	0,0043	0,0022
<b>Sum:</b>	<b>115</b>	<b>117,5</b>	<b>132</b>	<b>115,5</b>	<b>29,375</b>	<b>33</b>	<b>28,875</b>	<b>100,00%</b>	<b>0,60</b>	<b>0,68</b>	<b>0,59</b>

**Tabelle 6: Berechnung nach SAW Methode**

Ergebnis: A2 > A1 > A3

## 5.4. Weighted Product Method

Um die WP Methode sinnvoll anwenden zu können, wurden die Skalen bereits in der Vorbereitung auf den Wertebereich [1, 2, 3, 4] transformiert. Dies ist deshalb notwendig, weil bei Multiplikation eines mit 0 bewerteten Kriteriums, jedes Ergebnis 0 ergeben würde. Die Berechnungen zeigt die folgende Tabelle.

	Prio.	A <sub>1</sub> Skala=[1,2,3,4]	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Gewicht w	A <sub>1</sub> Wert nach WP	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	max x*
C <sub>1</sub>	1	3,25	4	2,5	0,0087	1,010	1,012	1,008	1,012
C <sub>2</sub>	3	3,25	2,5	4	0,0261	1,031	1,024	1,037	1,037
C <sub>3</sub>	2	2,5	3,25	3,25	0,0174	1,016	1,021	1,021	1,021
C <sub>4</sub>	2	4	4	2,5	0,0174	1,024	1,024	1,016	1,024
C <sub>5</sub>	2	3,25	3,25	4	0,0174	1,021	1,021	1,024	1,024
C <sub>6</sub>	2	3,25	4	2,5	0,0174	1,021	1,024	1,016	1,024
C <sub>7</sub>	2	4	4	1,75	0,0174	1,024	1,024	1,010	1,024
C <sub>8</sub>	3	3	4	3	0,0261	1,029	1,037	1,029	1,037
C <sub>9</sub>	3	2	4	3	0,0261	1,018	1,037	1,029	1,037
C <sub>10</sub>	3	3	4	3	0,0261	1,029	1,037	1,029	1,037
C <sub>11</sub>	3	3	2	3	0,0261	1,029	1,018	1,029	1,029
C <sub>12</sub>	3	3	3	4	0,0261	1,029	1,029	1,037	1,037
C <sub>13</sub>	3	3	3	4	0,0261	1,029	1,029	1,037	1,037
C <sub>14</sub>	1	2	3	3	0,0087	1,006	1,010	1,010	1,010
C <sub>15</sub>	1	3	2	4	0,0087	1,010	1,006	1,012	1,012
C <sub>16</sub>	3	3	3	2	0,0261	1,029	1,029	1,018	1,029
C <sub>17</sub>	2	2	3	3	0,0174	1,012	1,019	1,019	1,019
C <sub>18</sub>	3	3	3	2	0,0261	1,029	1,029	1,018	1,029
C <sub>19</sub>	3	3	2	2	0,0261	1,029	1,018	1,018	1,029
C <sub>20</sub>	3	2	3	2	0,0261	1,018	1,029	1,018	1,029
C <sub>21</sub>	3	1	3	3	0,0261	1,000	1,029	1,029	1,029
C <sub>22</sub>	1	2	3	3	0,0087	1,006	1,010	1,010	1,010
C <sub>23</sub>	3	2	2	3	0,0261	1,018	1,018	1,029	1,029
C <sub>24</sub>	2	3	3	2	0,0174	1,019	1,019	1,012	1,019
C <sub>25</sub>	2	1	2	1	0,0174	1,000	1,012	1,000	1,012
C <sub>26</sub>	3	2	3	1	0,0261	1,018	1,029	1,000	1,029
C <sub>27</sub>	1	3	2	2	0,0087	1,010	1,006	1,006	1,010
C <sub>28</sub>	3	3	3	2	0,0261	1,029	1,029	1,018	1,029
C <sub>29</sub>	2	4	3	2	0,0174	1,024	1,019	1,012	1,024
C <sub>30</sub>	3	2	3	3	0,0261	1,018	1,029	1,029	1,029
C <sub>31</sub>	2	2	1	2	0,0174	1,012	1,000	1,012	1,012
C <sub>32</sub>	3	2	2	1	0,0261	1,018	1,018	1,000	1,018
C <sub>33</sub>	1	3	3	2	0,0087	1,010	1,010	1,006	1,010
C <sub>34</sub>	3	3	1	2	0,0261	1,029	1,000	1,018	1,029
C <sub>35</sub>	1	2	1	1	0,0087	1,006	1,000	1,000	1,006
C <sub>36</sub>	1	1	2	2	0,0087	1,000	1,006	1,006	1,006
C <sub>37</sub>	3	3	2	2	0,0261	1,029	1,018	1,018	1,029

<b>C<sub>38</sub></b>	3	3	3	2	0,0261	1,029	1,029	1,018	1,029
<b>C<sub>39</sub></b>	1	1	2	2	0,0087	1,000	1,006	1,006	1,006
<b>C<sub>40</sub></b>	3	2	2	1	0,0261	1,018	1,018	1,000	1,018
<b>C<sub>41</sub></b>	3	1	2	1	0,0261	1,000	1,018	1,000	1,018
<b>C<sub>42</sub></b>	3	1	3	2	0,0261	1,000	1,029	1,018	1,029
<b>C<sub>43</sub></b>	2	1	2	2	0,0174	1,000	1,012	1,012	1,012
<b>C<sub>44</sub></b>	3	1	3	2	0,0261	1,000	1,029	1,018	1,029
<b>C<sub>45</sub></b>	2	2	1	3	0,0174	1,012	1,000	1,019	1,019
<b>C<sub>46</sub></b>	3	3	3	2	0,0261	1,029	1,029	1,018	1,029
<b>C<sub>47</sub></b>	3	3	3	2	0,0261	1,029	1,029	1,018	1,029
<b>C<sub>48</sub></b>	3	1	3	3	0,0261	1,000	1,029	1,029	1,029
<b>C<sub>49</sub></b>	1	1	2	1	0,0087	1,000	1,006	1,000	1,006
<b>Sum S:</b>	<b>115</b>	<b>117,5</b>	<b>132</b>	<b>115,5</b>	<b>1,0000</b>	<b>2,24</b>	<b>2,62</b>	<b>2,23</b>	<b>3,058</b>
<b>Sum V:</b>						<b>0,73</b>	<b>0,86</b>	<b>0,73</b>	

**Tabelle 7: Berechnung der WP Methode**

Ergebnis: A2 > A1 > A3

## 5.5. Maximin - Verfahren

Beschreibung der Anwendung des Meximin-Verfahren auf die Fallstudie.

C <sub>i</sub>	Prio.	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Minima Maximin	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
		Pkt.	Pkt.	Pkt.	Skala=[1,2,3,4]			Einheitsskala				min	min	min
C <sub>1</sub>	1	4	5	3	3,25	4	2,5	<b>0,81</b>	<b>1,00</b>	<b>0,63</b>	0,63	0,00	0,00	1,00
C <sub>2</sub>	3	4	3	5	3,25	2,5	4	<b>0,81</b>	<b>0,63</b>	<b>1,00</b>	0,63	0,00	1,00	0,00
C <sub>3</sub>	2	3	4	4	2,5	3,25	3,25	<b>0,77</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,77	1,00	0,00	0,00
C <sub>4</sub>	2	5	5	3	4	4	2,5	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,63</b>	0,63	0,00	0,00	1,00
C <sub>5</sub>	2	4	4	5	3,25	3,25	4	<b>0,81</b>	<b>0,81</b>	<b>1,00</b>	<b>0,81</b>	1,00	1,00	0,00
C <sub>6</sub>	2	4	5	3	3,25	4	2,5	<b>0,81</b>	<b>1,00</b>	<b>0,63</b>	0,63	0,00	0,00	1,00
C <sub>7</sub>	2	5	5	2	4	4	1,75	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,44</b>	0,44	0,00	0,00	1,00
C <sub>8</sub>	3	2	3	2	3	4	3	<b>0,75</b>	<b>1,00</b>	<b>0,75</b>	0,75	1,00	0,00	1,00
C <sub>9</sub>	3	1	3	2	2	4	3	<b>0,50</b>	<b>1,00</b>	<b>0,75</b>	0,50	1,00	0,00	0,00
C <sub>10</sub>	3	2	3	2	3	4	3	<b>0,75</b>	<b>1,00</b>	<b>0,75</b>	0,75	1,00	0,00	1,00
C <sub>11</sub>	3	2	1	2	3	2	3	<b>1,00</b>	<b>0,67</b>	<b>1,00</b>	0,67	0,00	1,00	0,00
C <sub>12</sub>	3	2	2	3	3	3	4	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>1,00</b>	0,75	1,00	1,00	0,00
C <sub>13</sub>	3	2	2	3	3	3	4	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>1,00</b>	0,75	1,00	1,00	0,00
C <sub>14</sub>	1	1	2	2	2	3	3	<b>0,67</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,67	1,00	0,00	0,00
C <sub>15</sub>	1	2	1	3	3	2	4	<b>0,75</b>	<b>0,50</b>	<b>1,00</b>	0,50	0,00	1,00	0,00
C <sub>16</sub>	3	2	2	1	3	3	2	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,67</b>	0,67	0,00	0,00	1,00
C <sub>17</sub>	2	1	2	2	2	3	3	<b>0,67</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,67	1,00	0,00	0,00
C <sub>18</sub>	3	2	2	1	3	3	2	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,67</b>	0,67	0,00	0,00	1,00
C <sub>19</sub>	3	2	1	1	3	2	2	<b>1,00</b>	<b>0,67</b>	<b>0,67</b>	0,67	0,00	1,00	1,00
C <sub>20</sub>	3	1	2	1	2	3	2	<b>0,67</b>	<b>1,00</b>	<b>0,67</b>	0,67	1,00	0,00	1,00
C <sub>21</sub>	3	0	2	2	1	3	3	<b>0,33</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,33	1,00	0,00	0,00
C <sub>22</sub>	1	1	2	2	2	3	3	<b>0,67</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,67	1,00	0,00	0,00
C <sub>23</sub>	3	1	1	2	2	2	3	<b>0,67</b>	<b>0,67</b>	<b>1,00</b>	0,67	1,00	1,00	0,00
C <sub>24</sub>	2	2	2	1	3	3	2	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,67</b>	0,67	0,00	0,00	1,00
C <sub>25</sub>	2	0	1	0	1	2	1	<b>0,50</b>	<b>1,00</b>	<b>0,50</b>	0,50	1,00	0,00	1,00
C <sub>26</sub>	3	1	2	0	2	3	1	<b>0,67</b>	<b>1,00</b>	<b>0,33</b>	0,33	0,00	0,00	1,00

	Prio.	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Minima	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>		
		Pkt.	Pkt.	Pkt.	Skala=[1,2,3,4]			Einheitsskala			Maximin	min	min	min		
C <sub>27</sub>	1	2	1	1	3	2	2	1,00	0,67	0,67	0,67	0,00	1,00	1,00		
C <sub>28</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	0,67	0,00	0,00	1,00		
C <sub>29</sub>	2	3	2	1	4	3	2	1,00	0,75	0,50	0,50	0,00	0,00	1,00		
C <sub>30</sub>	3	1	2	2	2	3	3	0,67	1,00	1,00	0,67	1,00	0,00	0,00		
C <sub>31</sub>	2	1	0	1	2	1	2	1,00	0,50	1,00	0,50	0,00	1,00	0,00		
C <sub>32</sub>	3	1	1	0	2	2	1	1,00	1,00	0,50	0,50	0,00	0,00	1,00		
C <sub>33</sub>	1	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	0,67	0,00	0,00	1,00		
C <sub>34</sub>	3	2	0	1	3	1	2	1,00	0,33	0,67	0,33	0,00	1,00	0,00		
C <sub>35</sub>	1	1	0	0	2	1	1	1,00	0,50	0,50	0,50	0,00	1,00	1,00		
C <sub>36</sub>	1	0	1	1	1	2	2	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00		
C <sub>37</sub>	3	2	1	1	3	2	2	1,00	0,67	0,67	0,67	0,00	1,00	1,00		
C <sub>38</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	0,67	0,00	0,00	1,00		
C <sub>39</sub>	1	0	1	1	1	2	2	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00		
C <sub>40</sub>	3	1	1	0	2	2	1	1,00	1,00	0,50	0,50	0,00	0,00	1,00		
C <sub>41</sub>	3	0	1	0	1	2	1	0,50	1,00	0,50	0,50	1,00	0,00	1,00		
C <sub>42</sub>	3	0	2	1	1	3	2	0,33	1,00	0,67	0,33	1,00	0,00	0,00		
C <sub>43</sub>	2	0	1	1	1	2	2	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00		
C <sub>44</sub>	3	0	2	1	1	3	2	0,33	1,00	0,67	0,33	1,00	0,00	0,00		
C <sub>45</sub>	2	1	0	2	2	1	3	0,67	0,33	1,00	0,33	0,00	1,00	0,00		
C <sub>46</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	0,67	0,00	0,00	1,00		
C <sub>47</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	0,67	0,00	0,00	1,00		
C <sub>48</sub>	3	0	2	2	1	3	3	0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	0,00	0,00		
C <sub>49</sub>	1	0	1	0	1	2	1	0,50	1,00	0,50	0,50	1,00	0,00	1,00		
<b>Anzahl Minimal-Werte:</b>														<b>23,00</b>	<b>14,00</b>	<b>26,00</b>

Abbildung 23: Berechnung der Maximin-Verfahrens

Ergebnis: A<sub>2</sub> > A<sub>1</sub> > A<sub>3</sub>

Nach dem Maximin-Verfahren ist Alternative 2 zu bevorzugen, weil hier die Minima-Beurteilung am wenigsten oft vorkommt.

## 5.6. Maximax-Verfahren

Die Berechnung des Maximax Verfahrens verfolgt die optimistische Variante:

Prio.	A <sub>1</sub> Pkt.	A <sub>2</sub> Pkt.	A <sub>3</sub> Pkt.	Skala=[1,2,3,4]			Einheitsskala			Maxima 1,00	
				A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>		
c <sub>1</sub>	1	4	5	3	3,25	4	2,5	0,81	1,00	0,63	1,00
c <sub>2</sub>	3	4	3	5	3,25	2,5	4	0,81	0,63	1,00	1,00
c <sub>3</sub>	2	3	4	4	2,5	3,25	3,25	0,77	1,00	1,00	1,00
c <sub>4</sub>	2	5	5	3	4	4	2,5	1,00	1,00	0,63	1,00
c <sub>5</sub>	2	4	4	5	3,25	3,25	4	0,81	0,81	1,00	1,00
c <sub>6</sub>	2	4	5	3	3,25	4	2,5	0,81	1,00	0,63	1,00
c <sub>7</sub>	2	5	5	2	4	4	1,75	1,00	1,00	0,44	1,00
c <sub>8</sub>	3	2	3	2	3	4	3	0,75	1,00	0,75	1,00
c <sub>9</sub>	3	1	3	2	2	4	3	0,50	1,00	0,75	1,00
c <sub>10</sub>	3	2	3	2	3	4	3	0,75	1,00	0,75	1,00
c <sub>11</sub>	3	2	1	2	3	2	3	1,00	0,67	1,00	1,00
c <sub>12</sub>	3	2	2	3	3	3	4	0,75	0,75	1,00	1,00
c <sub>13</sub>	3	2	2	3	3	3	4	0,75	0,75	1,00	1,00
c <sub>14</sub>	1	1	2	2	2	3	3	0,67	1,00	1,00	1,00
c <sub>15</sub>	1	2	1	3	3	2	4	0,75	0,50	1,00	1,00
c <sub>16</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	1,00
c <sub>17</sub>	2	1	2	2	2	3	3	0,67	1,00	1,00	1,00
c <sub>18</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	1,00
c <sub>19</sub>	3	2	1	1	3	2	2	1,00	0,67	0,67	1,00
c <sub>20</sub>	3	1	2	1	2	3	2	0,67	1,00	0,67	1,00
c <sub>21</sub>	3	0	2	2	1	3	3	0,33	1,00	1,00	1,00
c <sub>22</sub>	1	1	2	2	2	3	3	0,67	1,00	1,00	1,00
c <sub>23</sub>	3	1	1	2	2	2	3	0,67	0,67	1,00	1,00
c <sub>24</sub>	2	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	1,00

Abbildung 24: Berechnung nach Maximax – Teil 1

Prio.	A <sub>1</sub> Pkt.	A <sub>2</sub> Pkt.	A <sub>3</sub> Pkt.	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> Skala=[1,2,3,4]	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> Einheitsskala	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> Einheitsskala	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub> Einheitsskala	Maxima 1,00			
C <sub>25</sub>	2	0	1	0	1	2	1	0,50	1,00	0,50	1,00
C <sub>26</sub>	3	1	2	0	2	3	1	0,67	1,00	0,33	1,00
C <sub>27</sub>	1	2	1	1	3	2	2	1,00	0,67	0,67	1,00
C <sub>28</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	1,00
C <sub>29</sub>	2	3	2	1	4	3	2	1,00	0,75	0,50	1,00
C <sub>30</sub>	3	1	2	2	2	3	3	0,67	1,00	1,00	1,00
C <sub>31</sub>	2	1	0	1	2	1	2	1,00	0,50	1,00	1,00
C <sub>32</sub>	3	1	1	0	2	2	1	1,00	1,00	0,50	1,00
C <sub>33</sub>	1	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	1,00
C <sub>34</sub>	3	2	0	1	3	1	2	1,00	0,33	0,67	1,00
C <sub>35</sub>	1	1	0	0	2	1	1	1,00	0,50	0,50	1,00
C <sub>36</sub>	1	0	1	1	1	2	2	0,50	1,00	1,00	1,00
C <sub>37</sub>	3	2	1	1	3	2	2	1,00	0,67	0,67	1,00
C <sub>38</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	1,00
C <sub>39</sub>	1	0	1	1	1	2	2	0,50	1,00	1,00	1,00
C <sub>40</sub>	3	1	1	0	2	2	1	1,00	1,00	0,50	1,00
C <sub>41</sub>	3	0	1	0	1	2	1	0,50	1,00	0,50	1,00
C <sub>42</sub>	3	0	2	1	1	3	2	0,33	1,00	0,67	1,00
C <sub>43</sub>	2	0	1	1	1	2	2	0,50	1,00	1,00	1,00
C <sub>44</sub>	3	0	2	1	1	3	2	0,33	1,00	0,67	1,00
C <sub>45</sub>	2	1	0	2	2	1	3	0,67	0,33	1,00	1,00
C <sub>46</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	1,00
C <sub>47</sub>	3	2	2	1	3	3	2	1,00	1,00	0,67	1,00
C <sub>48</sub>	3	0	2	2	1	3	3	0,33	1,00	1,00	1,00
C <sub>49</sub>	1	0	1	0	1	2	1	0,50	1,00	0,50	1,00
<b>Anzahl Maximal-Werte:</b>								<b>20,00</b>	<b>34,00</b>	<b>19,00</b>	

Abbildung 25: Berechnung nach Maximax – Teil 2

Ergebnis: A<sub>2</sub> > A<sub>1</sub> > A<sub>3</sub>

Auch nach der Maximax-Methode ist Alternative 2 zu bevorzugen, weil hier am häufigsten die beste Beurteilung vorkommt, gefolgt von Alternative 1 und Alternative 3.

## 5.7. TOPSIS

Die Berechnungsmethode von TOPSIS werden in den folgenden Abbildungen detailliert dargestellt:

Prio.	A <sub>1</sub> Skala={1,2,3,4}	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> normiert (r)	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	w	zueich	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	w*r	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
c <sub>1</sub>	1	3,25	4	2,5	0,567	0,698	0,436	0,87%	0,005	0,006	0,004	0,0061	0,0038	1,29625E-06	0	5,18499E-06	1,29625E-06	5,18499E-06	1,29625E-06	5,18499E-06	0
c <sub>2</sub>	3	3,25	2,5	4	0,567	0,436	0,698	2,61%	0,015	0,011	0,018	0,0182	0,0114	1,16662E-05	4,86649E-05	0	1,16662E-05	0	1,16662E-05	0	4,86649E-05
c <sub>3</sub>	2	2,5	3,25	3,25	0,478	0,621	0,621	1,74%	0,008	0,011	0,011	0,0108	0,0083	6,21488E-06	0	0	0	6,21488E-06	0	6,21488E-06	0
c <sub>4</sub>	2	4	4	2,5	0,647	0,647	0,404	1,74%	0,011	0,011	0,007	0,0112	0,0070	0	0	1,77916E-05	1,77916E-05	1,77916E-05	0	1,77916E-05	0
c <sub>5</sub>	2	3,25	3,25	4	0,533	0,533	0,656	1,74%	0,009	0,009	0,011	0,0114	0,0093	4,58269E-06	4,58269E-06	0	0	0	0	0	4,58269E-06
c <sub>6</sub>	2	3,25	4	2,5	0,567	0,698	0,436	1,74%	0,01	0,012	0,008	0,0121	0,0076	5,18499E-06	0	2,07399E-05	5,18499E-06	2,07399E-05	0	2,07399E-05	0
c <sub>7</sub>	2	4	4	1,75	0,676	0,676	0,296	1,74%	0,012	0,012	0,005	0,0117	0,0051	0	4,36703E-05	4,36703E-05	4,36703E-05	0	4,36703E-05	0	
c <sub>8</sub>	3	3	4	3	0,514	0,686	0,514	2,61%	0,013	0,018	0,013	0,0179	0,0134	2,00156E-05	0	2,00156E-05	0	2,00156E-05	0	2,00156E-05	0
c <sub>9</sub>	3	2	4	3	0,371	0,743	0,557	2,61%	0,01	0,019	0,015	0,0194	0,0097	9,38661E-05	0	2,34665E-05	9,38661E-05	2,34665E-05	0	2,34665E-05	0
c <sub>10</sub>	3	3	4	3	0,514	0,686	0,514	2,61%	0,013	0,018	0,013	0,0179	0,0134	2,00156E-05	0	2,00156E-05	0	2,00156E-05	0	2,00156E-05	0
c <sub>11</sub>	3	3	2	3	0,64	0,426	0,64	2,61%	0,017	0,011	0,017	0,0167	0,0111	0	3,09332E-05	0	3,09332E-05	0	3,09332E-05	0	
c <sub>12</sub>	3	3	3	4	0,514	0,514	0,686	2,61%	0,013	0,013	0,018	0,0179	0,0134	2,00156E-05	0	0	0	0	0	0	2,00156E-05
c <sub>13</sub>	3	3	3	4	0,514	0,514	0,686	2,61%	0,013	0,013	0,018	0,0179	0,0134	2,00156E-05	0	0	0	0	0	0	2,00156E-05
c <sub>14</sub>	1	2	3	3	0,426	0,64	0,64	0,87%	0,004	0,006	0,006	0,0056	0,0037	3,43702E-06	0	0	0	3,43702E-06	0	3,43702E-06	0
c <sub>15</sub>	1	3	2	4	0,557	0,371	0,743	0,87%	0,005	0,003	0,006	0,0065	0,0032	2,60739E-06	1,04296E-05	0	2,60739E-06	0	1,04296E-05	0	1,04296E-05
c <sub>16</sub>	3	3	3	2	0,64	0,64	0,426	2,61%	0,017	0,017	0,011	0,0167	0,0111	0	0	3,09332E-05	3,09332E-05	3,09332E-05	0	3,09332E-05	0
c <sub>17</sub>	2	2	3	3	0,426	0,64	0,64	1,74%	0,007	0,011	0,011	0,0111	0,0074	1,37481E-05	0	0	1,37481E-05	0	1,37481E-05	0	1,37481E-05
c <sub>18</sub>	3	3	3	2	0,64	0,64	0,426	2,61%	0,017	0,017	0,011	0,0167	0,0111	0	0	3,09332E-05	3,09332E-05	3,09332E-05	0	3,09332E-05	0
c <sub>19</sub>	3	3	2	2	0,728	0,485	0,485	2,61%	0,019	0,013	0,013	0,0190	0,0127	4,00311E-05	0	4,00311E-05	4,00311E-05	4,00311E-05	0	4,00311E-05	0
c <sub>20</sub>	3	2	3	2	0,485	0,728	0,485	2,61%	0,013	0,019	0,013	0,0190	0,0127	4,00311E-05	0	4,00311E-05	0	4,00311E-05	0	4,00311E-05	0
c <sub>21</sub>	3	1	3	3	0,229	0,688	0,688	2,61%	0,006	0,018	0,018	0,0180	0,0060	0,000143269	0	0	0,000143269	0	0,000143269	0	0,000143269
c <sub>22</sub>	1	2	3	3	0,426	0,64	0,64	0,87%	0,004	0,006	0,006	0,0056	0,0037	3,43702E-06	0	0	3,43702E-06	0	3,43702E-06	0	3,43702E-06
c <sub>23</sub>	3	2	2	3	0,485	0,485	0,728	2,61%	0,013	0,013	0,019	0,0190	0,0127	4,00311E-05	4,00311E-05	0	0	4,00311E-05	0	4,00311E-05	0
c <sub>24</sub>	2	3	3	2	0,64	0,64	0,426	1,74%	0,011	0,011	0,007	0,0111	0,0074	1,37481E-05	0	1,37481E-05	1,37481E-05	1,37481E-05	0	1,37481E-05	0
c <sub>25</sub>	2	1	2	1	0,408	0,816	0,408	1,74%	0,007	0,014	0,007	0,0142	0,0071	5,04096E-05	0	5,04096E-05	0	5,04096E-05	0	5,04096E-05	0
c <sub>26</sub>	3	2	3	1	0,535	0,802	0,267	2,61%	0,014	0,021	0,007	0,0209	0,0070	4,86092E-05	0	0,000194437	4,86092E-05	0,000194437	0	0,000194437	0
c <sub>27</sub>	1	3	2	2	0,728	0,485	0,485	0,87%	0,006	0,004	0,004	0,0063	0,0042	4,4479E-06	4,4479E-06	4,4479E-06	4,4479E-06	4,4479E-06	0	4,4479E-06	0
c <sub>28</sub>	3	3	3	2	0,64	0,64	0,426	2,61%	0,017	0,017	0,011	0,0167	0,0111	0	0	3,09332E-05	3,09332E-05	3,09332E-05	0	3,09332E-05	0
c <sub>29</sub>	2	4	3	2	0,743	0,557	0,371	1,74%	0,013	0,01	0,006	0,0129	0,0065	1,04296E-05	4,17183E-05	4,17183E-05	1,04296E-05	4,17183E-05	1,04296E-05	4,17183E-05	0

Abbildung 26: Berechnung TOPSIS – Teil 1



## 6. Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse wurde ebenfalls in die Methodik einbezogen, um die Anfälligkeit der im Rahmen der Methoden gewonnenen Ergebnisse gegenüber Wertveränderungen einzelner Parameter zu analysieren. Dabei konnte festgestellt werden, dass sämtliche Verfahren sehr robust gegenüber Veränderungen einzelner Attribute sind.

## 7. Vergleich der Ergebnisse

Nachdem nun die Ergebnisse der Methoden aus dem Fallbeispiel vorliegen, sollen diese verglichen und kritisch beleuchtet werden. Zunächst sehen wir uns die einzelnen Rangreihenfolgen als Ergebnis der Berechnungen in der folgenden Übersicht an:

Rang	Equal Weights Wert		SAW Wert		WP Wert		MaxiMin Wert		MaxiMax Wert		TOPSIS Wert	
1	A2	33,000	A2	0,684	A2	0,858	A2	14,000	A2	34	A2	0,634
2	A1	29,375	A1	0,604	A1	0,732	A1	23,000	A1	20	A3	0,458
3	A3	28,875	A3	0,592	A3	0,728	A3	26,000	A3	19	A1	0,454

Tabelle 8: Zusammenfassung Ranking-Ergebnisse

Es zeigt sich auf einen Blick, daß sämtliche Methoden mit Ausnahme von TOPSIS die gleiche Rangreihung ergeben haben. Demzufolge ist Alternative 2 die beste Lösung, gefolgt von Alternative 1 und Alternative 3. Lediglich TOPSIS ergibt auf dem 2. Platz Alternative 2 und auf Platz 3 die Alternative 1. Als beste Entscheidung schlägt aber auch TOPSIS die Alternative 2 vor.

Begründen läßt sich die Rangumkehr der Alternativen 1 und 3 bei TOPSIS erstens durch die minimale Differenz in der Beurteilung dieser beiden Handlungsmöglichkeiten, und zweitens durch die mathematische Formel von TOPSIS, die sich von allen anderen Methoden deutlich unterscheidet. Die prinzipielle Ähnlichkeit der Alternativen 1 und 3 zeigen aber auch die Ergebnisse der anderen eingesetzten Methoden sehr deutlich.

Erfreulicher Weise ist das Ergebnis für den ersten Rang jedoch bei sämtlichen angewendeten Methoden gleich. Alternative 2 scheint aus dieser Sicht tatsächlich die beste Lösung zu sein.

Anzumerken sei hier jedoch, dass in allen Berechnungen der Kostenfaktor außer Acht

gelassen wurde. Dies vor allem deswegen, weil es sehr viele unterschiedliche Möglichkeiten gibt, die Kosten in die Beurteilung einfließen zu lassen, und eine detaillierte Betrachtung der Alternativen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Eine einfache Betrachtung der Kosten wie die nächste Tabelle zeigt, bestätigt jedoch für unsere Zwecke ausreichend, dass Alternative 2 die bessere Wahl ist.

<b>Kosten:</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>Investition</b>	105.903	108.250	196.739
<b>Wartung 1. Jahr</b>	11.160	9.000	8.222
<b>Wartung Folgejahre</b>	8.112	9.000	12.333

**Tabelle 9: Übersicht Kosten**

Der Nutzenunterschied fällt deutlich höher aus, als die geringe Kostendifferenz zu Alternative 1. Bei Betrachtung der deutlich höheren Kosten der Alternative 3 im Gegensatz zu deren schlechteren Nutzenbeurteilung legt ebenfalls nahe, dass diese Alternative nicht zum Zug kommt. Eine einfache Berechnung verdeutlicht dies. Wenn wir die Investitionskosten<sup>5</sup> durch die Ergebniswerte der Analysemethoden dividieren, und diese dann in absteigender Reihenfolge sortieren, ergibt sich folgendes Bild:

<b>SAW Wert</b>		<b>WP Wert</b>		<b>TOPSIS Wert</b>	
<b>A2</b>	<b>158.331</b>	<b>A2</b>	<b>126.222</b>	<b>A2</b>	<b>170.815</b>
<b>A1</b>	<b>175.235</b>	<b>A1</b>	<b>144.609</b>	<b>A1</b>	<b>233.349</b>
<b>A3</b>	<b>332.110</b>	<b>A3</b>	<b>270.239</b>	<b>A3</b>	<b>429.627</b>

**Tabelle 10: Kosten pro Nutzwert**

Die Rangfolgen bleiben gleich, mit Ausnahme von TOPSIS – hier werden die Ergebnisse für die Plätze 2 und 3 umgekehrt, wir erhalten also für alle Methoden das gleiche Ergebnis. Für unser Beispiel können wir also, über alle Berechnungsmethoden hinweg, ein absolut eindeutiges Ergebnis erzielen.

---

<sup>5</sup> die Kosten für Wartung wurden dabei nicht berücksichtigt

## 8. Schlussfolgerungen und Ausblick

Aus den Erkenntnissen der Vergleichsstudie sollen Rückschlüsse auf die Qualität der Methoden gezogen werden. Auftretende Probleme oder Forschungsbedarf sollen aufgezeigt werden. Wie wir schon im vorangehenden Abschnitt erkannt haben, zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede in den einzelnen Ergebnissen unserer Studie. Alle getesteten Bewertungsmethoden haben als eindeutigen Sieger die Alternative 2 ausgewählt.

Die deutlichste Unterscheidung zwischen den einzelnen Handlungsmöglichkeiten zeigen dabei die Methoden Equal Weights / TS, Maximin und Maximax. Wobei bei den beiden letztgenannten auf die bereits erwähnten Mängel hinsichtlich der nur teilweise zur Bewertung herangezogenen Daten hingewiesen werden soll. Leider gibt es in der Literatur nur wenige Daten hinsichtlich der Qualität von Maximin und Maximax im Vergleich zu den wesentlich häufiger eingesetzten Methoden wie z.B. SAW, TOPSIS und WP. Hier wären umfangreiche Vergleichsstudien wünschenswert und meiner Meinung nach auch notwendig.

Weighted Product, Simple Additive Weighting und TOPSIS zeigen sehr ähnliche Ergebnisse. Anzumerken ist weiters, dass TOPSIS bei Alternativen, die sich nur wenig voneinander unterscheiden, zu Rangveränderungen im Vergleich zu den übrigen in unserer Studie eingesetzten Bewertungsmethoden neigt.

Es scheint auch bestätigt, dass keine andere Methode ein besseres Ergebnis bringt, als das Equal Weights / TS Verfahren. Hier vermute ich jedoch, dass dies in unserem Fall durch die große Anzahl der Kriterien, und der annähernden Gleichverteilung der Gewichtungen bei den anderen Verfahren unterstützt wird.

Aus der Studie kann geschlossen werden, dass alle angewandten Verfahren gute Indikatoren zur Entscheidungsunterstützung liefern. Allerdings sollte die Auswahl der Verfahren an das jeweilige Entscheidungsproblem angepasst sein. Der Einsatz von mehreren verschiedenen Bewertungsmethoden ist jedenfalls anzuraten. Einerseits kann es dadurch zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen, was eine genauere Untersuchung der Ursachen zur Folge haben sollte, oder aber es wird – wie in unserem Fall - das Ergebnis einer Methode durch weitere Verfahren bestätigt. Es wurde gezeigt, dass es möglich ist, konkrete multikriterielle Entscheidungsprobleme auf relativ einfache Weise zu lösen. Nun bleibt nur noch zu hoffen, dass sich der Einsatz dieser Verfahren in der Praxis verstärkt durchsetzt.

## 9. Anhang

### Abbildungsverzeichnis:

ABBILDUNG 3: DER STAMMBAUM DER BERNOULLIS .....	6
ABBILDUNG 10: GLIEDERUNG DER ENTSCHEIDUNGSTHEORIEN .....	15
ABBILDUNG 11: ÜBERBLICK MCDM METHODEN .....	17
ABBILDUNG 12: ENTSCHEIDUNGSMATRIX .....	18
ABBILDUNG 13: BEURTEILUNG DER PARTNERUNTERNEHMEN.....	26
ABBILDUNG 14: BEURTEILUNG DER ANFORDERUNGEN DER GESCHÄFTSFÜHRUNG .....	27
ABBILDUNG 15: BEURTEILUNG DER ANFORDERUNGEN VERKAUF.....	27
ABBILDUNG 16: BEURTEILUNG DER ANFORDERUNGEN TECHNIK.....	28
ABBILDUNG 17: BEURTEILUNG DER ANFORDERUNGEN NIEDERLASSUNGEN .....	28
ABBILDUNG 18: BEURTEILUNG DER ANFORDERUNGEN WARENEINKAUF.....	29
ABBILDUNG 19: BEURTEILUNG DER ANFORDERUNGEN LOGISTIK / DISPO.....	29
ABBILDUNG 20: BEURTEILUNG DER ANFORDERUNGEN RECHNUNGSWESEN / BUCHHALTUNG .....	30
ABBILDUNG 21: BEURTEILUNG DER ANFORDERUNGEN CONTROLLING / REPORTING .....	30
ABBILDUNG 22: ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE DER NUTZWERTANALYSE .....	31
ABBILDUNG 23: URSPRÜNGLICHE BEWERTUNG DER PARTNER VOR SKALENTRANSFORMATION.....	32
ABBILDUNG 24: BERECHNUNG DER MAXIMIN-VERFAHRENS .....	42
ABBILDUNG 25: BERECHNUNG NACH MAXIMAX – TEIL 1 .....	43
ABBILDUNG 26: BERECHNUNG NACH MAXIMAX – TEIL 2 .....	44
ABBILDUNG 27: BERECHNUNG TOPSIS – TEIL 1.....	45
ABBILDUNG 28: BERECHNUNG TOPSIS – TEIL 2.....	46

### Tabellenverzeichnis:

TABELLE 2: SKALENTRANSFORMATION PARTNER .....	32
TABELLE 3: BEURTEILUNG DER PARTNER IN TRANSFORMIERTER SKALIERUNG.....	32
TABELLE 4: SKALENTRANSFORMATION SOFTWARE.....	33
TABELLE 5: ENTSCHEIDUNGSMATRIX.....	34
TABELLE 6: BERECHNUNG NACH EQUAL WEIGHTS / TOTAL SUM METHODE.....	36
TABELLE 7: BERECHNUNG NACH SAW METHODE.....	38
TABELLE 8: BERECHNUNG DER WP METHODE .....	40
TABELLE 9: ZUSAMMENFASSUNG RANKING-ERGEBNISSE .....	47
TABELLE 10: ÜBERSICHT KOSTEN .....	48
TABELLE 11: KOSTEN PRO NUTZWERT .....	48

## Literaturverzeichnis:

- [BaCo02]  
*Bamberg, Günter; Coenenberg, Adolf Gerhard*: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 11. Aufl., Vahlen, München 2002.
- [Bech78]  
*Bechmann, Arnim*: Nutzwertanalyse, Bewertungstheorie und Planung . 1. Aufl., Haupt, Bern 1978.
- [Fers75]  
*Ferschl, Franz*: Nutzen- und Entscheidungstheorie : Einführung in die Logik der Entscheidungen. Westdt. Verl., Opladen 1975.
- [Lill92]  
*Lillich, Lothar*: Nutzwertverfahren. Physica-Verl., Heidelberg 1992.
- [MagW90]  
*Mag, Wolfgang*: Grundzüge der Entscheidungstheorie. Vahlen, München 1990.
- [OpTz02]  
*Oprić, Serfim; Tzeng, Gwo-Hshiung*: Compromise solution by MDCM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. In: European Journal of Operational Research 156 (2004) S. 445-455.
- [Rang98]  
*Rangone, Andrea*: On the Applicability of Analytical Techniques for the Selection of AMTs in Small-Medium Sized Firms. In: Small Business Economics 10 (1998) 3, S. 293-304.
- [SmWi04]  
*Smith, James E.; Winterfeldt, Detlef von*: Decision Analysis in Management Science. In: Management Science 50 (2004) 5, S. 561-574.
- [Webe93]  
*Weber, Karl*: Mehrkriterielle Entscheidungen. Oldenbourg, München 1993.
- [YehC03]  
*Yeh, Chung-Hsing*: The Selection of Multiattribute Decision Making Methods for Scholarship Student Selection. In: International Journal of Selection and Assessment 11 (2003) 4, S. 289-296.
- [ZSWS98]  
*Zanakis, Stelios H.; Solomon, Anthony; Wishart, Nicole; Dubish, Sandipa*: Multi-attribute decision making: A simulation comparison of selected methods. In: European Journal of operational research 107 (1998) S. 507-529.

## Onlinequellen:

[Jank04]

Janko, Wolfgang H.: Informationswirtschaft 2 : Informationswirtschaft im Unternehmen.  
<http://www.wi.wu-wien.ac.at/~bernroid/lehre/seminare/informationswirtschaft2.pdf>, 2004-02-20,  
Abruf am 2004-11-05.

[Ruhl04]

*Ruhland, Alexander*: Entscheidungsunterstützung zur Auswahl von Verfahren der  
Trinkwasseraufbereitung an den Beispielen Arsenentfernung und zentrale Enthärtung.  
[http://edocs.tu-berlin.de/diss/2004/ruhland\\_alexander.pdf](http://edocs.tu-berlin.de/diss/2004/ruhland_alexander.pdf), 2004, Abruf am 2004-11-05.

[KrPa00]

Kressierer, Josef; Paizoni Markus: Daniel Bernoulli (1700-1782).  
<http://www1.physik.tu-muenchen.de/~kressier/Bios/Bernoulli.html>, 2000,  
Abruf am 2004-12-19.

[TuGroJ]

<http://finanz.math.tu-graz.ac.at/~predota/history/mathematiker/bernoulli.html>  
Abruf am 2004-11-28. (Dokument nicht mehr verfügbar).

[CoRo98]

*O'Connor, J. J.; Robertson, E. F.*: Daniel Bernoulli (Biographie).  
[http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Mathematicians/Bernoulli\\_Daniel.html](http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Mathematicians/Bernoulli_Daniel.html), 1998,  
Abruf am 2004-12-19.

[Kräk04]

*Kräkel, Prof. Dr. M.*: Betriebswirtschaftslehre III (Organisations- und Entscheidungstheorie).  
[http://www.bwl2.uni-bonn.de/BWL\\_III\\_ET.pdf](http://www.bwl2.uni-bonn.de/BWL_III_ET.pdf), 2004, Abruf am 2004-12-19.

[Schr03]

Schreiber, Prof. Dr. Alfred: Normierung.  
<http://www.uni-flensburg.de/mathe/zero/veranst/modellbildung/v04/Normierung.pdf>, 2003,  
Abruf am 2004-12-19.

[Naum98]

Naumann, Felix: Data Fusion and Data Quality.  
<http://europa.eu.int/en/comm/eurostat/research/conferences/ntts-98/papers/sp/052s.pdf>, 1998,  
Abruf am 2005-01-03.

[VerloJ]

*Verlagsgemeinschaft Österreich Lexikon (Hrsg.)*: Wilhelm Winkler.  
<http://www.aeiou.at/aeiou.encyclow.w/w787790.htm>, Abruf am 2005-01-04.

[LaRo04]

*La Rocca, Luca*: De Finetti.  
[http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Mathematicians/De\\_Finetti.html](http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Mathematicians/De_Finetti.html), 2004, Abruf am  
2005-01-04.

[NobeoJ]

<http://www.nobelpreis.org/wirtschaft/allais.htm>, Abruf am 2005-01-08.

[HarsoJ]

[http://de.wikipedia.org/wiki/John\\_Harsanyi](http://de.wikipedia.org/wiki/John_Harsanyi), Abruf am 2005-01-08.