

Bernburg  
Dessau  
Köthen



**Hochschule Anhalt**  
Anhalt University of Applied Sciences

**emw**

Fachbereich  
Elektrotechnik, Maschinenbau  
und Wirtschaftsingenieurwesen

## Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades  
Master of Sciences (M. Sc.)

**Doreen Bradler**

---

Vorname Nachname

Wirtschaftsingenieurwesen, 2013, 4045136

---

Studiengang, Matrikel, Matrikelnummer

Thema:

**Anwendungen von Fuzzy Logic im Controlling**

Prof. Dr. Martin Kütz

---

Vorsitzende(r) der Masterprüfungskommission

Prof. Dr. Martin Kütz

---

1. Prüfer(in)

Dr. Reiner Mücke

---

2. Prüfer(in)

24.03.2016

---

Abgabe am

## **Abstract**

### ***Autor:***

Doreen Bradler

### ***Titel der Arbeit:***

Anwendungen von Fuzzy Logic im Controlling

### ***Art der Arbeit:***

Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Master of Sciences (M.Sc)

### ***Beschreibung der Arbeit:***

Die wesentliche Aufgabe des Controllings besteht darin, dem Management aufbereitete Informationen zur Verfügung zu stellen. Die zu verarbeitenden Informationen liegen allerdings nicht immer in der gewünschten Genauigkeit vor. Trotz dieser Unschärfe muss eine Beschreibung stattfinden, um eine Entscheidungsfindung zu realisieren. Eine Möglichkeit ist der hier vorgestellte wissensbasierte Ansatz der Fuzzy Logic. Anhand von drei Controllinginstrumenten wird in der vorliegenden Arbeit das Anwendungspotential der Fuzzy Logic im Controlling bewertet.

### ***Jahr:***

2016

**Inhaltsverzeichnis**

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivation und Zielsetzung.....	1
1.2 Abgrenzung und Aufbau der Arbeit.....	1
<b>2 Controlling</b> .....	<b>3</b>
2.1 Begriffsdefinition und Ausgangspunkt.....	3
2.2 Operatives und strategisches Controlling.....	3
2.3 Controlling-Instrumente.....	4
<b>3 Fuzzy Logic</b> .....	<b>6</b>
3.1 Einführung.....	6
3.2 Unschärfe.....	7
3.3 Fuzzy Mengen.....	8
3.4 Fuzzifizierung.....	9
3.5 Verknüpfung von Fuzzy-Mengen.....	11
3.6 Fuzzy Regelwerk.....	14
3.7 Inferenz.....	15
3.7.1 Aggregation.....	15
3.7.2 Implikation.....	16
3.7.3 Akkumulation.....	17
3.8 Defuzzifizierung.....	17
3.8.1 Center of Area – Flächenschwerpunktverfahren.....	18
3.8.2 Mean of Maximum.....	19
3.8.3 Center of Maximum.....	20
<b>4 Anwendungsmöglichkeiten von Fuzzy Logic im Controlling</b> .....	<b>22</b>
4.1 SWOT-Analyse.....	22
4.1.1 Grundlagen.....	22
4.1.2 Fuzzy-SWOT.....	24
4.1.2.1 Ablauf Fuzzy-SWOT und Analyseparameter.....	24
4.1.2.2 Definition der Fuzzy-Mengen.....	25
4.1.2.3 Zuordnung der Analyse-Parameter.....	27

---

4.1.2.4	Aufstellen Regelwerk .....	29
4.1.2.5	Inferenz .....	31
4.1.2.6	Strategieübersicht .....	32
4.1.3	Ansatzalternativen und Resümee .....	33
4.2	Portfolioanalyse .....	35
4.2.1	Grundlagen .....	35
4.2.1.1	Marktwachstums-Marktanteils-Portfolio .....	35
4.2.1.2	Marktattraktivität –Wettbewerbsvorteil-Portfolio .....	37
4.2.2	Fuzzy Marktwachstums-Marktanteils-Portfolio .....	41
4.2.2.1	Ablauf .....	41
4.2.2.2	Definition der Fuzzy-Mengen .....	41
4.2.2.3	Aufstellen Regelwerk .....	43
4.2.2.4	Inferenz und Bewertung .....	43
4.2.2.5	Ansatzalternative und Resümee .....	46
4.2.3	Fuzzy Marktattraktivität–Wettbewerbsvorteil-Portfolio .....	47
4.2.3.1	Ablauf .....	47
4.2.3.2	Definition der Fuzzy-Mengen .....	48
4.2.3.3	Aufstellen Regelwerk .....	50
4.2.3.4	Inferenz .....	51
4.2.3.5	Defuzzifizierung .....	55
4.2.3.6	Ansatzalternative und Resümee .....	56
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>58</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>59</b>
	<b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>	<b>62</b>

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Zugehörigkeitsfunktion Beispiel Auftragseingang.....	9
Abbildung 2: Standardzugehörigkeitsfunktionen .....	10
Abbildung 3: Spline Zugehörigkeitsfunktion .....	11
Abbildung 4: Max/Min Methode .....	16
Abbildung 5: Akkumulation .....	17
Abbildung 6: Flächenschwerpunktverfahren .....	19
Abbildung 7: Mean of Maximum .....	20
Abbildung 8: Center of Maximum.....	21
Abbildung 9: Beispiel SWOT Matrix .....	23
Abbildung 10: Zugehörigkeitsfunktionen Unternehmensanalyse .....	26
Abbildung 11: Zugehörigkeitsfunktionen Umweltanalyse.....	26
Abbildung 12: Vier-Felder-Matrix.....	36
Abbildung 13: 9-Felder-Matrix.....	39
Abbildung 14: Strategien 9-Felder-Matrix .....	40
Abbildung 15: Ablaufplan Fuzzy-MM-Portfolio.....	41
Abbildung 16: Zugehörigkeitsfunktionen Marktwachstum .....	42
Abbildung 17: Zugehörigkeitsfunktionen relativer Marktanteil.....	42
Abbildung 18: Marktwachstum Zugehörigkeitsgrad.....	44
Abbildung 19: Zugehörigkeitsgrad Marktanteil .....	45
Abbildung 20: Übertragung Vier-Felder-Matrix .....	46
Abbildung 21: Ablaufplan Fuzzy-MW-Portfolio .....	47
Abbildung 22: Zugehörigkeitsfunktionen Eingangsvariablen.....	49
Abbildung 23: Zugehörigkeitsfunktionen Ausgangsvariablen.....	49
Abbildung 24: Zugehörigkeitsgrad Faktor Marktwachstum .....	51
Abbildung 25: Zugehörigkeitsgrad Faktor Marktgröße .....	52
Abbildung 26: Zugehörigkeitsgrad Faktor Marktposition.....	52
Abbildung 27: Zugehörigkeitsgrad Faktor Produktpotential .....	53
Abbildung 28: Akkumulation Marktattraktivität.....	54
Abbildung 29: Akkumulation Wettbewerbsvorteil.....	55
Abbildung 30: Matlab Auswertung CoA-Marktattraktivität.....	55
Abbildung 31: Matlab Auswertung CoA-Wettbewerbsvorteil.....	55
Abbildung 32: Bestimmung der Positionierung aus Dissertation Berntsen S. 191 <sup>66</sup> .....	57

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Controlling-Instrumente .....	4
Tabelle 2: Vergleich der Defuzzifikationsverfahren – von Altrock .....	18
Tabelle 3: SWOT-Stärken und Schwächen .....	22
Tabelle 4: SWOT-Chancen und Risiken .....	23
Tabelle 5: SWOT Matrix .....	23
Tabelle 6: Zuordnung Eingangsparameter SWOT .....	27
Tabelle 7: Beziehungen SWOT .....	28
Tabelle 8: Zugehörigkeitsgrade Unternehmensanalyseparameter SWOT .....	28
Tabelle 9: Zugehörigkeitsgrade Umweltanalyseparameter SWOT .....	28
Tabelle 10: Zugehörigkeitsgrade Beziehungen SWOT .....	28
Tabelle 11: Regelwert Fuzzy SWOT .....	30
Tabelle 12: greifende Regeln SWOT.....	31
Tabelle 13: Profilmethode Stärken und Schwächen <sup>59</sup> .....	34
Tabelle 14: Marktattraktivität .....	38
Tabelle 15: Wettbewerbsvorteil.....	39
Tabelle 16: Regelwerk Vier-Felder-Matrix .....	43
Tabelle 17: Aggregation Vier-Felder-Matrix.....	45
Tabelle 18: Beispieldaten Vergleich Portfolio-Analyse.....	46
Tabelle 19: Regelwerk Marktattraktivität .....	50
Tabelle 20: Regelwerk Wettbewerbsvorteil.....	50
Tabelle 21: Minimum-Operator Marktattraktivität .....	53
Tabelle 22: Minimum-Operator Wettbewerbsvorteil.....	54

**Abkürzungsverzeichnis**

Aufl.	Auflage
bzw.	beziehungsweise
dt.	deutsch
E-Commerce	elektronischer Handel (aus dem Englischen: Electronic Commerce)
et al.	und andere
etc.	et cetera
et al.	und andere
LoM	Left of Maximum
RoM	Right of Maximum
SWOT	Stärken-Schwächen-Chancen-Risiken-Analyse (aus dem Englischen: Strength, Weakness, Opportunities and Threats)
TOWS	siehe SWOT
VDE	Verein Deutscher Elektrotechniker
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
z.B.	zum Beispiel

## Symbolverzeichnis

$A, B$	scharfe bzw. unscharfe Menge; Beispielgeschäftseinheit
$X$	Grundmenge
$[0, 1]$	geschlossenes Intervall zwischen 0 und 1
$\mu, \mu(x)$	Zugehörigkeitsfunktion
$\mu_A(x)$	Zugehörigkeitsfunktion der Menge A
$x$	Objekte der Grundmenge X
$\mu: X \rightarrow [0, 1]$	Zuordnungsvorschrift
$\in$	Element
$\notin$	kein Element
$f$	Funktion
$\cap$	Durchschnitt
$\cup$	Vereinigung
$\max$	Maximum
$\min$	Minimum
$\leq$	kleiner gleich als
$\geq$	größer gleich als
$\forall$	für alle
$T, t$	T-Norm
$g$	Gamma, kompensatorischer Operator
$\int_{x_A}^{x_E} f(x) dx$	bestimmtes Integral
$x_s$	Flächenschwerpunkt
$i$	Index
$\Sigma$	Summe
$I_n$	interner Parameter aus der Unternehmensanalyse
$E_n$	externer Parameter aus der Umweltanalyse
$I_n E_n$	Beziehungswert zwischen internen und externen Parameter



## 1 Einleitung

### 1.1 Motivation und Zielsetzung

Die Voraussetzung für das erfolgreiche Bestehen einer Unternehmung ist unter anderem das frühzeitige Erkennen von Entwicklungen. Hierfür werden Informationen benötigt, welche oftmals einen unsicheren bzw. unscharfen Charakter aufweisen. So sind verbale Formulierungen und Relationen, wie z.B. „hohes Marktwachstum“, „geringes Produktpotential“ oder „A ist viel besser als B“ vage und schwer mit den herkömmlichen Darstellungsmöglichkeiten abbildbar.<sup>1</sup> Entsprechendes gilt für eine Bewertung von sehr großen Informationsmengen, wie sie z.B. bei der Beurteilung der Kreditwürdigkeit auftreten.<sup>2</sup> Eine der wichtigsten Aufgaben des Controllings besteht darin mit unsicheren Informationen umzugehen, sie aufzubereiten und sie operationalisierbar zu machen.<sup>1</sup> Ein möglicher Ansatz kann die Fuzzy Logic sein. Die Fuzzy Logic, zuallererst erfolgreich bei regelungstechnischen Anwendungen eingesetzt, findet seit den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts auch Interesse auf dem Gebiet der Betriebswirtschaft.<sup>3</sup>

Das Ziel dieser Arbeit liegt darin, den Einsatz von Fuzzy Logic im Controlling zu bewerten. Hierfür werden drei Controllinginstrumente näher betrachtet.

### 1.2 Abgrenzung und Aufbau der Arbeit

Die Fuzzy Logic bietet eine Reihe von Anwendungen. Von dem direkten Gebrauch unscharfer Mengen abgesehen, lassen sich im Wesentlichen zwei Richtungen unterscheiden, die wissensbasierte und die algorithmische Anwendung. In dieser Arbeit wird ausschließlich der wissensbasierte Ansatz betrachtet. Die wissensbasierten Ansätze benutzen die unscharfen Mengen zur Abbildung menschlichen Wissens.<sup>4</sup>

Die vorliegende Arbeit ist in 5 Teile gegliedert. Nach der Einleitung in Kapitel 1 wird im Kapitel 2 der Begriff Controlling erläutert, die zeitbezogenen Formen des Controllings vorgestellt sowie ein Überblick über die Controllinginstrumente gegeben. In Kapitel 3 werden die Grundlagen zur Fuzzy Logic, insbesondere die für den wissensbasierten Ansatz, erläutert.

---

<sup>1</sup> Vgl. Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, 1. Aufl., Springer, 2001, S. 3

<sup>2</sup> Vgl. Rommelfanger, H.: Fuzzy Decision Support-Systeme, 2. Aufl., Springer Verlag, 1994, S. 4

<sup>3</sup> Eine Sammlung findet sich z.B. bei Biethahn, J. et al.: Fuzzy Set Theorie in Betriebswirtschaftlichen Anwendungen, 1. Aufl., Vahlen, 1997

<sup>4</sup> Zimmermann, H.J.: Prinzipien der Fuzzy Logic. In: Spectrum der Wissenschaft 3 (1993) S. 90

Kapitel 4 zeigt anhand von drei Controllinginstrumenten die Anwendungsmöglichkeiten von wissensbasierten Fuzzy Logic-Ansätzen auf. Dazu wird zuallererst eingehend die klassische Handhabung erläutert und das Instrument vorgestellt. Nach der Fuzzifizierung der klassischen Methode erfolgen im direkten Anschluss eine kritische Auseinandersetzung mit der Fuzzy-Anwendung sowie ein Aufzeigen von Ansatzalternativen. Mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick endet die Arbeit in Kapitel 5.

## 2 Controlling

### 2.1 Begriffsdefinition und Ausgangspunkt

Die Bezeichnung Controlling wird abgeleitet aus dem englischen Verb „to control“. Dieses steht unter anderem für regeln, steuern und beherrschen.<sup>5</sup> Das erste Unternehmen, welches die Stelle eines Controllers (damalige Stellenbezeichnung Comptroller) bereitstellte war 1880 die Eisenbahngesellschaft Atchison, Topeka & Santa Fe Railway System. Als erstes Industrieunternehmen folgte dann 1892 die General Electric Company. In Folge der weiteren Entwicklung begann das Controlling sich ab den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts in den USA immer stärker durchzusetzen.<sup>6</sup> In deutschen Unternehmen verbreitete sich das Controlling erst ab den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts resultierend aus den veränderten unternehmerischen Denk- und Handlungsweisen.<sup>7</sup>

In der Literatur finden sich verschiedene Definitionen zu dem Begriff Controlling<sup>8</sup>. Volker Peemöller beschreibt Controlling wie folgt:<sup>9</sup>

*„Die Aufgabe des Controlling besteht in der Unterstützung der Unternehmensführung bei der Planung, Steuerung und Kontrolle durch eine koordinierte Informationsversorgung.“ „Der Controller soll darauf hinwirken, dass das Unternehmen Gewinn erzielt.“*

### 2.2 Operatives und strategisches Controlling

Controlling lässt sich in operatives und strategisches Controlling einteilen. Die Unterscheidung ergibt sich hierbei durch die zeitliche Betrachtungsweise. Strategisches Controlling verfolgt dabei die langfristige und zukunftsorientierte Existenzsicherung der Unternehmung. Operatives Controlling hingegen betrachtet den kurz- und mittelfristigen Zeitraum und damit die Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit der Unternehmensprozesse. Die operativen Orientierungsgrößen sind hierbei die Erfolgserzielung, das Rentabilitätsstreben, die Liquiditätssicherung und die Produktivität.<sup>10</sup>

---

<sup>5</sup> Vgl. Piontek, J.: Controlling, 3. Aufl., Oldenbourg Verlag, 2005, S. 17

<sup>6</sup> Vgl. Jackson, J.H.: The Comptroller: His Funktions and Organization, Harvard U. Press, 1949, S. 7-8

<sup>7</sup> Vgl. Bramsemann, R.: Handbuch Controlling: Methoden und Techniken, 3. Aufl., Hanser Verlag, 1993, S. 27

<sup>8</sup> Vgl. Barth, T.; Barth, D.: Controlling, 2. Aufl., Oldenbourg Verlag, 2008, S. 34-36

<sup>9</sup> Peemöller, V.: Controlling, 5. Aufl., NWB Verlag, 2005, S. 36, 37

<sup>10</sup> Vgl. Reichmann, T.: Controlling mit Kennzahlen und Managementb., 6. Aufl., Vahlen, 2005, S.36-37

Um die wesentliche Aufgabe des Controllings zu erfüllen, Informationen in aufbereiteter Form zur Verfügung zu stellen ist die Datenqualität ausschlaggebend. Besonders beim strategischen Controlling und beim planungsbezogenen operativen Controlling treten Unbestimmtheiten auf. Unbestimmtheit resultiert oft aus einem Mangel an Informationen oder aus einem Mangel an begrifflicher Schärfe zukünftiger Werte, Ereignisse, Ziele, Beziehungen oder Restriktionen.<sup>11</sup> In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob die Fuzzy Logic an dieser Stelle Abhilfe leisten könnte.

### 2.3 Controlling-Instrumente

Zu den Aufgaben eines Controllers gehört es, dem Management aufbereitete Informationen zur Verfügung zu stellen. Die wesentlichen Zusammenhänge müssen dabei schnell und transparent erfasst werden. Hierfür steht dem Controlling eine Reihe von Instrumenten zur Verfügung. In der Literatur finden sich, bezüglich der Einteilung, unterschiedliche Klassifikationen.<sup>12</sup> Eine mögliche Einteilung kann nach den zeitbezogenen Formen, also operativ und strategisch, vorgenommen werden. Eine Auswahl an Controlling-Instrumenten, nach dieser Einteilung, ist in Tabelle 1 ersichtlich.

<b>Operative Controllinginstrumente</b>	<b>Strategische Controllinginstrumente</b>
ABC/XYZ-Analyse	Benchmarking
Auftragsgrößenanalyse	Eigenfertigung-Fremdbezug
Bestellmengenoptimierung	Erfahrungskurve
Break-Even-Analyse	Konkurrenzanalyse
Deckungsbeitragsrechnung	Portfolioanalyse
Engpass-Analyse	Potentialanalyse
Investitionsrechnungsverfahren	Produkt-Lebenszyklus-Kurve
Kurzfristige Erfolgsrechnung	Prozesskostenrechnung
Losgrößenoptimierung	Balance Scorecard
Deckungsbeitrags-Provisionen	Shareholder-Value
Qualitätskosten	Stärken- und Schwächen- Analyse/SWOT
Rabatt-Analyse	Strategische Lücke
Verkaufsgebietsanalyse	Szenario Technik
Wertanalyse	Target Costing

Tabelle 1: Controlling-Instrumente <sup>13</sup>

<sup>11</sup> Vgl. Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, a.a.O., S. 3

<sup>12</sup> Vgl. Becker, W.; Baltzer, B.: Controlling: Eine instrumentelle Perspektive, Otto-Friedrich- Universität Bamberg, 2009, S. 54

<sup>13</sup> Vgl. Vollmuth, H.: Controlling-Instrumente von A-Z, 7. Aufl., Haufe-Lexware, 2008, S. 4-9

Um das Potential der Fuzzy Logic in Bezug auf Optimierung der klassischen Controlling-Instrumente zu beurteilen, wurden im Rahmen dieser Arbeit drei Instrumente ausgewählt. Bei dieser Auswahl handelt es sich um die SWOT-Analyse und um zwei Varianten der Portfolioanalyse. Eine eingehende Erläuterung der Methoden findet sich in Kapitel 4.

### 3 Fuzzy Logic

#### 3.1 Einführung

Der Begriff Fuzzy Logic (dt.: unscharfe Logik) steht für zwei Interpretationen. Fuzzy Logic im engeren Sinne und Fuzzy Logic im weiteren Sinne. Die Fuzzy Logic im weiteren Sinne steht für alle Anwendungen und Theorien in denen Fuzzy Mengen auftreten. Fuzzy Logic im engeren Sinn betrachtet Fuzzy Systeme aus Sicht des approximierten Schließens und ist damit auch Teil des Begriffes Fuzzy Logic im weiteren Sinne.<sup>14</sup> Unter approximiertem Schließen versteht man das Herleiten unpräziser Schlussfolgerungen aus unpräzisen Prämissen.<sup>15</sup>

Die Fuzzy Set Theorie, also die Theorie der unscharfen Mengen wurde 1965 von Lofti A. Zadeh vorgestellt. In der klassischen Mengenlehre muss für ein Objekt eindeutig feststehen, ob es zu einer Menge gehört (wahr, 1) oder nicht (falsch, 0). Die Fuzzy Theorie ermöglicht auch Zwischenstufen der Zugehörigkeit im Intervall  $[0,1]$ .<sup>16</sup> Ein weiterer Grundstein ist die Verwendung von linguistischen Variablen. Die Werte linguistischer Variablen sind sprachliche Ausdrücke wie zum Beispiel klein, mittel oder groß.<sup>17</sup>

Mit der Einteilung in algorithmisch und wissensbasiert lassen sich die Anwendungsformen der Fuzzy Set Theorie unterscheiden. Beim algorithmischen Ansatz wird versucht mit Hilfe der Fuzzy Set Theorie klassische mathematische Problemlösungsmodelle und Methoden zu verbessern. Beispiele hierfür sind unter anderem die Mustererkennung und die Optimierung. In den wissensbasierten Anwendungen werden menschliche Erfahrungswerte genutzt um damit Probleme zu lösen, welche nur schwer oder aufwändig mathematisch zu beschreiben sind. Zu den wesentlichen Funktionen zählen hier die Wissensbereitstellung, die Wissensdokumentation, die Wissensverarbeitung und die Übersetzung.<sup>18</sup>

---

<sup>14</sup> Vgl. Zadeh, L.A.: Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Systems –Selected Papers, World Scientific, 6. Aufl., 1996, S. 776

<sup>15</sup> Vgl. Böhme, G.: Fuzzy Logik, 1. Aufl., Springer Verlag, 1993, S. 231

<sup>16</sup> Vgl. Zadeh, L.A.: Fuzzy Sets. In: Information and Control 8 (1965), S. 338-383

<sup>17</sup> Vgl. Zadeh, L.A.: The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning. In: Information Sciences 8 (1975), S. 199-249

<sup>18</sup> Zimmermann, H.J.: Neuro + Fuzzy –Technologien und Anwendungen, VDI Verlag, 1995, S. 9-10

Als typische Anwendungsgebiete der wissensbasierten Ansätze sind Fuzzy Control und Fuzzy Expertensysteme zu nennen. Fuzzy Control ist als regelungstechnische Anwendung am weitesten verbreitet. Scharfe numerische Messgrößen werden hier zunächst fuzzifiziert. Die Verarbeitung zur Stellgröße erfolgt mit Hilfe einer hinterlegten Regelbasis (wenn-dann). Die Stellgrößenausgabe erfolgt dann wieder mit scharfen numerischen Werten.<sup>19</sup> Im Gegenzug kann bei Fuzzy Expertensystemen das System nicht im laufenden Prozess kalibriert werden. Die Ein- und Ausgabewerte liegen hier in linguistischer Form vor und die Wissenpräsentation muss nicht unbedingt regelbasiert sein (z.B. auch Netze, Hierarchien etc.).<sup>20</sup>

Beide Ansätze sind in der Fuzzy Datenanalyse enthalten. Ziel der Datenanalyse ist es eine Menge an Daten so weit zu vereinfachen, dass diese sich sinnvoll interpretieren lassen. Dies geschieht vorrangig durch die Fuzzifizierung klassischer Verfahren wie zum Beispiel das Clusterverfahren, die Regressionsanalyse und die Diskriminanzanalyse.<sup>20</sup>

In der vorliegenden Arbeit wird im Weiteren ausschließlich auf den wissensbasierten Ansatz eingegangen.

### 3.2 Unschärfe

Die Fuzzy Set Theorie wird in der Mathematik zu den Unsicherheitstheorien gezählt. Diese in der Fuzzy Set Theorie berücksichtigten Unsicherheiten bzw. Unschärfen lassen sich in drei Arten einteilen:<sup>21</sup>

a.) *Intrinsische Unschärfe (auch lexikalische, linguistischer oder sprachliche Unsicherheit)*

Unter der intrinsischen Unsicherheit wird die Unsicherheit gegenüber menschlichen Wörtern und Sätzen verstanden. Das Ereignis ist hierbei nicht klar definiert und quantifiziert. Ein Beispiel wäre die Aussage: „Das Ergebnis wird gut“. Im Vergleich wäre die Aussage bei der Wahrscheinlichkeitstheorie (stochastische Unsicherheit):  
„ Die Wahrscheinlichkeit, dass das vorgegebene Ergebnis erreicht wird, liegt bei 0,7“

---

<sup>19</sup> Vgl. von Altrock, C.: Fuzzy Logik, 2. Auflage, Oldenbourg Verlag, 1995, S. 22-23

<sup>20</sup> Zimmermann, H.J.: Prinzipien der Fuzzy Logic. In: Spectrum der Wissenschaft 3 (1993) S. 90

<sup>21</sup> Vgl. von Altrock, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 16 – 20 und Vgl. Rommelfanger, H.: Fuzzy Decision Support-Systeme, a.a.O., S. 4

b.) Informationale Unsicherheit

Die informationale Unschärfe ergibt sich aus einem Überfluss an Informationen. Ein Begriff ist hier zwar eindeutig beschrieben, allerdings ist es schwierig zu einem Gesamturteil zu finden.

c.) Unschärfe Relation:

Unschärfe Relationen sind Aussagen in denen Beziehungen zwischen zwei Objekten unsharp beschrieben werden. Zum Beispiel: „Wenn der Auftragseingang gering ist, dann sind die Marketingaktivitäten hoch“.

### 3.3 Fuzzy Mengen

Klassische Mengen<sup>22</sup>:

Die Elemente müssen eindeutig einer Menge zugeordnet werden.

Zum Beispiel:

4 ist Element von A             $4 \in A$

4 ist nicht Element von A     $4 \notin A$

Fuzzy Mengen<sup>23</sup>:

Wie schon in Kapitel 3.1 erwähnt, müssen bei der der Fuzzy Set Theorie die Elemente nicht eindeutig einer Menge zugeordnet werden. Hier sind auch Zwischenstufen im Intervall [0,1] erlaubt. Eine Fuzzy Menge wäre zum Beispiel, die Menge aller teuren Autos. Die Darstellung der Zugehörigkeitsfunktion wäre wie folgt:

$$\mu: X \rightarrow [0,1] \quad (3.1)$$

X = gegebene Grundmenge

Die Zugehörigkeitsfunktion ordnet jedem Element,  $x \in X$ , den Zugehörigkeitsgrad  $\mu(x)$  aus dem Intervall [0,1] zu.

Es gilt weiterhin:

$\mu(x) = 1$             x ist Element der Fuzzy Menge

$\mu(x) = 0$             x ist nicht in der Fuzzy Menge enthalten

<sup>22</sup> Vgl. Tietze, J.: Einführung in die angewandte Wirtschaftsmathematik, 14. Auflage, Vieweg+Teubner, 2008, S. 1

<sup>23</sup> Vgl. Frank, H...: Fuzzy Methoden in der Wirtschaftsmathematik, 1. Auflage, Vieweg, 2002, S. 4



### 3.4 Fuzzifizierung

Die Fuzzifizierung ist die sprachliche Interpretation eines scharfen Eingangswertes. Die sprachliche Formulierung erfolgt mit Hilfe der linguistischen Variablen. Die Werte der linguistischen Variablen werden durch unscharfe Mengen dargestellt.<sup>24</sup> Mißler-Behr beschreibt, auf Grundlage von Zadeh und Zimmermann, die linguistische Variable als einen 4-elementigen Vektor. Der Vektor läßt sich beschreiben mit:<sup>25</sup>

$(L, T(L), X, B)$

L: Name der linguistischen Variablen

T(L): linguistische Werte von L, Termmenge

X: Grundmenge

B: semantische Regel, die jedem linguistischen Term eine Zugehörigkeitsfunktion über der betrachteten Grundmenge zuordnet

Beispiel:

L: Auftragseingang

T(L): niedrig, mittel, hoch

X: Wertebereich [0-1000]

B:  $f_{\text{niedrig}}, f_{\text{mittel}}, f_{\text{hoch}}$

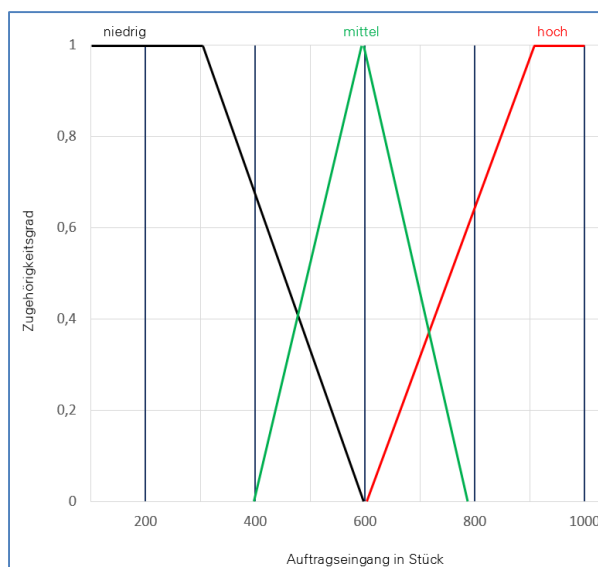


Abbildung 1: Zugehörigkeitsfunktion Beispiel Auftragseingang

<sup>24</sup> Vgl. von Altrock, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 25

<sup>25</sup> Vgl. Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, a.a.O., S. 35

Bei dem vorgenannten Beispiel wären, laut Abbildung 1, 700 Aufträge für den Auftragseingang folgendermaßen zu bewerten:

niedrig: zum Grade 0  
mittel: zum Grade 0,5  
hoch: zum Grade 0,3

### Zugehörigkeitsfunktionen

In der Regel werden die Zugehörigkeitsfunktionen aller Terme in ein Koordinatensystem übertragen.<sup>26</sup> Zugehörigkeitsfunktionen basieren meistens auf den subjektiven Einschätzungen oder Beobachtungen des Fuzzy Anwenders.<sup>27</sup> Die Verläufe wären also frei konstruierbar. In der Praxis haben sich allerdings überwiegend Standardzugehörigkeitsfunktionen durchgesetzt. Die Verläufe sind hierbei Z-förmig, S-förmig, trapezförmig und dreiecksförmig und lassen sich mit wenigen Parametern festlegen. Neben den Standardzugehörigkeitsfunktionen (siehe Abbildung 2) haben sich auch Spline-Zugehörigkeitsfunktionen (siehe Abbildung 3) bewährt, da diese eine bessere Annäherung an die menschliche Intuition bieten.<sup>28</sup>

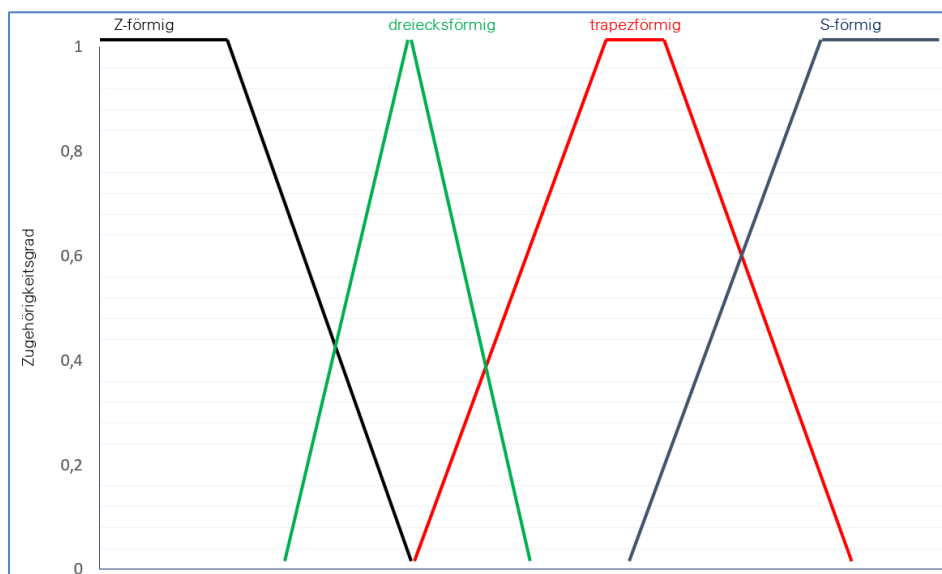


Abbildung 2: Standardzugehörigkeitsfunktionen

<sup>26</sup> Vgl. von Altrock, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 25

<sup>27</sup> Vgl. Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, a.a.O., S. 38

<sup>28</sup> Vgl. von Altrock, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 154-157

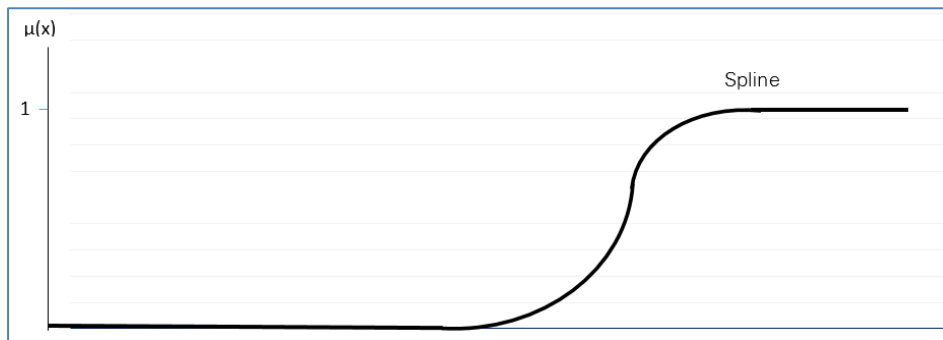


Abbildung 3: Spline Zugehörigkeitsfunktion

Bei der Definition der Standardzugehörigkeitsfunktionen hat sich folgende Vorgehensweise bewährt<sup>29</sup>:

- a.) Für jeden Term erfolgt zunächst die typische Wertfestlegung. Der Zugehörigkeitsgrad ist hier  $\mu=1$ .
- b.) Für jeden Term muss nun der Wert bei  $f = 0$  festgelegt werden. Dies ist gleichzeitig  $\mu=1$  der Nachbarterme.
- c.) Im Anschluss erfolgt die Verbindung der festgelegten Punkte durch eine Gerade. Da für die äußeren Werte keine Nachbarterme existieren, werden noch weiter außen liegende Werte zu diesem Term mit  $\mu=1$  gezählt. Daraus ergibt sich für den linken äußeren Term ein Z-förmiger Verlauf und für den rechten äußeren Term ein S-förmiger Verlauf.

### 3.5 Verknüpfung von Fuzzy-Mengen

Zadeh beschrieb die Verknüpfungen von Fuzzy-Mengen, analog zur klassischen Mengenlehre, mit der Schnittmenge (logisches UND-Konjunktion), der Vereinigung (logisches ODER-Disjunktion) und dem Komplement (logische Negation).<sup>30</sup>

Das Besondere in der Fuzzy Set Theorie ist, dass für die Schnittmenge und für die Vereinigung mehrere verschiedene Operatoren existieren. Hier gilt, das erzielte Ergebnis rechtfertigt den Einsatz des Operators. Für die UND-Verknüpfungen, den sogenannten t-Normen, können die folgenden wichtigsten Operatoren genutzt werden.<sup>31</sup>

<sup>29</sup> Vgl. von Altrock, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 154-155

<sup>30</sup> Vgl. Zadeh, L.A.: Fuzzy Sets, a.a.O, S. 340-341

<sup>31</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik , 2. Auflage, Teubner Verlag, 1994, S. 32-34 und Vgl. Zimmermann, H.J.: Neuro + Fuzzy –Technologien und Anwendungen, a.a.O., S. 4-7

Minimum Operator:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x); \mu_B(x)\} \quad \forall x \in X \quad (3.2)$$

Produkt Operator:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x) \quad \forall x \in X \quad (3.3)$$

Beschränkte Differenz:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \max\{0; [\mu_A(x) + \mu_B(x) - 1]\} \quad \forall x \in X \quad (3.4)$$

Für alle Operatoren gilt, eine t-Norm ist eine Funktion  $T: [0, 1]^2$ , welche folgende Bedingungen erfüllt<sup>32</sup>:

Monotonie:

$$a \leq b \text{ und } c \leq d \Rightarrow T(a, c) \leq T(b, d) \quad (3.5)$$

Kommutativität:

$$T(a, b) = T(b, a) \quad (3.6)$$

Assoziativität:

$$T(a, T(b, c)) = T(T(a, b), c) \quad (3.7)$$

Einselement:

$$T(a, 1) = a \quad (3.8)$$

---

<sup>32</sup> Nauk, D.; Kruse, R.: Fuzzy Systeme und Soft Computing. In: Biethahn, J. et al. [Hrsg.]: Fuzzy Set Theorie in Betriebswirtschaftlichen Anwendungen, 1. Aufl., Vahlen, 1997, S. 8

*DeMorgansches Gesetz (Überführung t in t-Co und umgekehrt):*

$$T(a, 1) = 1 - T(1 - a, 1 - b) \quad (3.9)$$

Für die ODER-Verknüpfungen, den t-Conormen (auch s-Normen), können die Maximum-Definitionen angewandt werden. Die wichtigsten sind hierbei<sup>31</sup>:

Maximum Operator:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x); \mu_B(x)\} \quad \forall x \in X \quad (3.10)$$

Algebraische Summe:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x) \quad \forall x \in X \quad (3.11)$$

Beschränkte Summe:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \min\{1; [\mu_A(x) + \mu_B(x)]\} \quad \forall x \in X \quad (3.12)$$

Das Komplement kann folgendermaßen gebildet werden<sup>33</sup>:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad \forall x \in X \quad (3.13)$$

Für alle t-Conormen gelten ebenfalls die beschriebenen Gesetze (3.5), (3.6), (3.7.) und (3.9). Des Weiteren gilt für das neutrale Element<sup>34</sup>:

$$T(a, 0) = a \quad (3.14)$$

<sup>33</sup> Vgl. Zadeh, L.A.: Fuzzy Sets, a.a.O, S. 340

<sup>34</sup> Nauk, D.; Kruse, R.: Fuzzy Systeme und Soft Computing, a.a.O, S. 8

Als eine weitere Klasse an Operatoren für die Schnittmenge und die Vereinigung wurden die sogenannten kompensatorischen Operatoren entwickelt. Hiermit können niedrigere Bewertungen eines Merkmals durch eine hohe Bewertung eines Merkmals ausgeglichen werden<sup>35</sup>. Der kompensatorische Operator liegt zwischen dem reinen UND (für beide Merkmale gilt  $\mu > 0$ ) und dem reinen ODER (ein Merkmal mit  $\mu > 0$ ). Der bedeutendste Operator ist hier der Gamma Operator.<sup>36</sup>

Gamma Operator (g):

$$[\mu_A(x) \cdot \mu_B(x)]^{1-\gamma} \cdot [1 - (1 - \mu_A(x)) \cdot (1 - \mu_B(x))]^\gamma \quad (3.15)$$

$\gamma=0$ : UND Operator

$\gamma=1$ : ODER Operator

$0 < \gamma < 1$  := Kompromiß

Weiterhin kann g auch mit einer Wichtung versehen werden, um eine unscharfe Menge zu bevorzugen.<sup>36</sup>

### 3.6 Fuzzy Regelwerk

Bei wissensbasierten Systemen, insbesondere bei Fuzzy Control (siehe Kapitel 3.1), muss das Anwenderwissen in Bezug auf Situation und Reaktion beschrieben werden. Dies geschieht in Form von Wenn – Dann – Regeln. Das Regelwerk ist damit die Gesamtheit der linguistischen Regeln, die das vorhandene Wissen zum Erreichen bestimmter Ziele beschreibt.<sup>37</sup>

Form der Regelbasis bei einer Prämisse:

WENN *Prämisse* DANN *Schlussfolgerung*

Form der Regelbasis bei mehreren Prämissen:

WENN *Prämisse 1* UND/ODER/GAMMA *Prämisse 2* DANN *Schlussfolgerung*

Es dürfen hierbei keine undefinierten Zustände auftreten.<sup>38</sup>

<sup>35</sup> Vgl. Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, a.a.O., S. 44

<sup>36</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik, a.a.O., S. 35-42

<sup>37</sup> Vgl. von Altrock, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 27 und Vgl. VDI/VDE 3550 Blatt 2, Fuzzy Logik und Fuzzy Control – Begriffe und Definitionen, Oktober 2002

<sup>38</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik, a.a.O., S. 88

### 3.7 Inferenz

Das Inferenzmodul hat die Aufgabe die Regelbasis auszuwerten. Dies erfolgt in den drei Schritten: Aggregation, Implikation und Akkumulation.<sup>39</sup>

#### 3.7.1 Aggregation

Für jede Regel wird für die aktuellen Eingangswerte zunächst der Erfüllungsgrad bzw. der Zugehörigkeitsgrad im Intervall  $[0,1]$  bestimmt. Die Verknüpfung der Ausdrücke geschieht mittels der Fuzzy – Mengenoperatoren. Für die Wahl der Mengenoperatoren existieren keine festen Regeln. In der Praxis haben sich aber der Minimum-Operator für die UND- Verknüpfung und der Maximum-Operator für die ODER-Verknüpfung bewährt.<sup>39</sup>

##### Beispiel:

Regel 1: WENN Erlöse = hoch UND Kosten = niedrig DANN Betriebsergebnis = hoch

mit den Beispielwerten

Erlöse hoch = 0,9

Kosten niedrig = 0,1

Diese Werte müssten aus den jeweiligen Zugehörigkeitsfunktionen ermittelt werden (siehe Bsp. aus 3.4). Für dieses Beispiel wurden die Werte willkürlich festgelegt.

folgt

Regel 1:  $\min\{0,9;0,1\} = 0,1$

Der ermittelte Wert 0,1 gibt Aufschluss über den Grad der Erfülltheit der Konklusion „Betriebsergebnis = hoch“.

Wurde keine Verknüpfung in der Regel definiert, wird der Zugehörigkeitsgrad der Prämisse direkt für den Zugehörigkeitsgrad der Konklusion übernommen. Wenn mehrere Regeln die gleiche Schlussfolgerung aufweisen, also mehrere Zugehörigkeitsgrade derselben Fuzzy-Menge zugeordnet werden, müssen geeignete Verknüpfungsstrategien gefunden werden. Die Strategien müssen situationsabhängig gewählt werden.<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik , a.a.O., S. 89 und Vgl. Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, a.a.O., S. 67

Als mögliche Strategien könnten gewählt werden:<sup>40</sup>

a.) Maximum der Zugehörigkeitsgrade

Hier kommt der Maximum-Operator zum Einsatz. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass Veränderungen des kleineren Wertes nicht berücksichtigt wird.

b.) Arithmetische Mittelwert

Die Bildung des arithmetischen Mittelwertes mehrerer Zugehörigkeitsgrade ermöglicht eine ausgeglichene Repräsentation, allerdings wird die größte Einzelgröße nicht erfasst.

### 3.7.2 Implikation

Bei der Implikation wird der Erfüllungsgrad der Konklusion für alle Regeln ermittelt.<sup>41</sup> Dazu stehen verschiedene Inferenzmethoden zur Verfügung. Die MAX/MIN- oder die MAX/PROD-Inferenz haben sich hier allerdings bewährt.<sup>42</sup> Im Folgenden wird daher nur auf diese beiden Methoden eingegangen.

#### Max/Min-Methode:<sup>43</sup>

Hier werden die Zugehörigkeitsfunktionen der einzelnen Fuzzy-Mengen der Ausgangsgrößen in Höhe des Zugehörigkeitsgrades abgeschnitten. Ein Beispiel findet sich in der Abbildung 4, hier ist der abgeschnittene Bereich bzw. die verbleibende Fläche blau gefüllt.

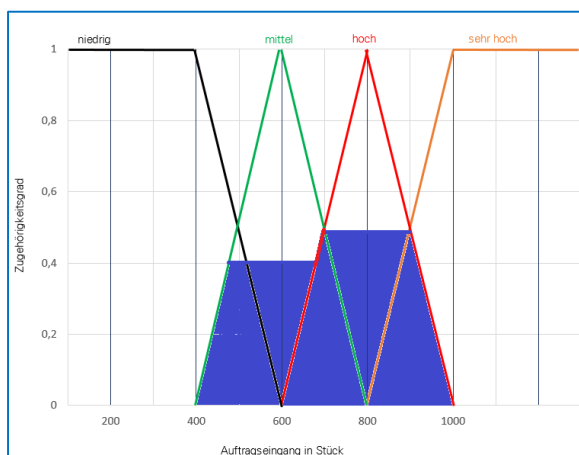


Abbildung 4: Max/Min Methode

<sup>40</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik , a.a.O., S. 91-93

<sup>41</sup> Vgl. Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, a.a.O., S. 68

<sup>42</sup> Vgl. Jünemann, R; Beyer, A.: Steuerung von Materialfluss- und Logistiksystemen , 2. Auflage, Springer Verlag, 1998, S. 129

<sup>43</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik , a.a.O., S. 93-96



Max/Prod-Methode: <sup>44</sup>

Hier werden die Zugehörigkeitsfunktionen der einzelnen Ausgangs-Fuzzy-Mengen mit dem Zugehörigkeitsgrad multipliziert. Die so entstandenen neuen Flächen bilden die Ergebnisteilflächen.

**3.7.3 Akkumulation**

Bei der Akkumulation werden die Ergebnisteilflächen zu einer Gesamtfläche zusammengefasst.<sup>44</sup> In Abbildung 5 ist die Beispielgesamtfläche, welche sich aus den Teilmengen in Abbildung 4 ergibt, mit einer blauen Füllung zu sehen.

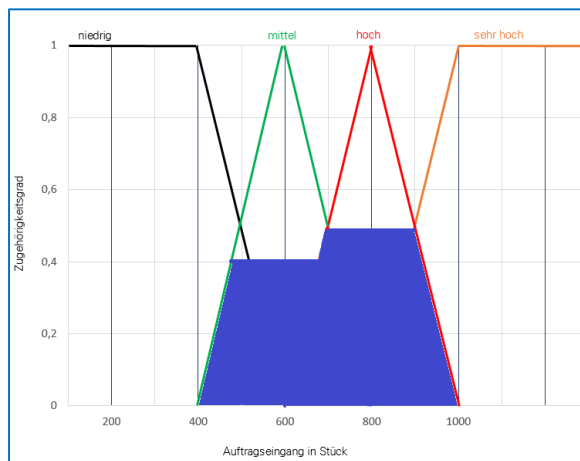


Abbildung 5: Akkumulation

**3.8 Defuzzifizierung**

Bei der Defuzzifizierung wird das unscharfe Ergebnis in ein scharfes Ergebnis transformiert. Für die Transformation stehen verschiedene Defuzzifizierungsmethoden zur Verfügung. Die verschiedenen Methoden liefern teilweise verschiedene Ergebnisse, so dass das Ergebnis die Methode rechtfertigt. Das heißt, bei einem unbefriedigenden Ergebnis muss eine andere Defuzzifizierungsmethode gewählt werden.<sup>45</sup> Eine mögliche Vorabschätzung ermöglicht die Vergleichstabelle von C. von Altröck (siehe Tabelle 2).

<sup>44</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik , a.a.O., S. 91-93 und Vgl. Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, a.a.O., S. 68

<sup>45</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik , a.a.O., S. 102-103

	<b>Center-of-Area</b>	<b>Center-of-Maximum</b>	<b>Mean-of-Maximum</b>
<b>Linguistische Charakteristik</b>	bester Kompromiss	bester Kompromiss	plausibelste Lösung
<b>Übereinstimmung mit Intuition</b>	bei variierenden und stark überlappenden Zugehörigkeitsfunktionen unplausibel	gut	gut
<b>Stetigkeit</b> (kleine Änderung der Eingangsgröße führen nicht zu Sprüngen in der Ausgangsgröße )	ja	ja	nein
<b>Rechenaufwand</b>	sehr hoch	niedrig	sehr niedrig
<b>Einsatzschwerpunkt</b>	Regelungstechnik, Entscheidungsfällung	Regelungstechnik, Entscheidungsfällung	Mustererkennung, Entscheidungsfällung

Tabelle 2: Vergleich der Defuzzifikationsverfahren – von Altruck<sup>46</sup>

Als Beispiel für die Auswahl der plausibelsten Lösung nimmt von Altruck die Fahrtsituation eines Autos mit blockierten Weg nach vorn und freien Weg nach links und rechts an. Der beste Kompromiss würde als Ergebnis die Geradeausfahrt ermitteln. In einer solchen Situation wäre das Mean-of-Maximum-Verfahren sinnvoller.<sup>47</sup> Eine ausführliche Beschreibung findet sich in den folgenden Abschnitten.

### 3.8.1 Center of Area – Flächenschwerpunktverfahren

Das Flächenschwerpunktverfahren (auch Center-of-Area oder Center-of-Gravity) nutzt zur Ermittlung der Ausgangsgröße den Absissenwert des Flächenschwerpunktes der Ergebnismenge (siehe Abbildung 6).<sup>48</sup>

Die Schwerpunktkoordinate  $x_s$  lässt sich wie folgt berechnen:

$$x_s = \frac{\int_{x_A}^{x_E} x \cdot f(x) dx}{\int_{x_A}^{x_E} f(x) dx} \quad (3.16)$$

<sup>46</sup> von Altruck, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 169

<sup>47</sup> Vgl. von Altruck, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 166

<sup>48</sup> Vgl. von Altruck, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 105

mit

$x_A$  = x-Anfangswert der Fläche

$x_E$  = x-Endwert der Fläche

$f(x)$  = Funktion des Flächenstücks

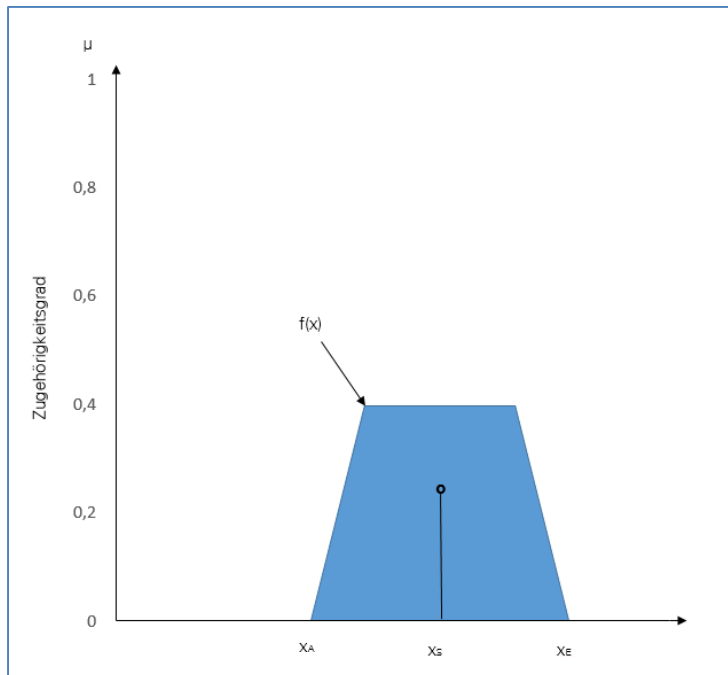


Abbildung 6: Flächenschwerpunktverfahren

Bei mehreren nicht zusammenhängenden Teilflächen kann der Schwerpunkt auch außerhalb der Ergebnisfläche liegen.

### 3.8.2 Mean of Maximum

Bei der Mean-of-Maximum Methode (siehe Abbildung 7) wird der Absissenwert unter der Mitte des Maximalwertes der Ergebnismenge verwendet.<sup>49</sup> Weitere Varianten sind die LoM (Left-of-Maximum) und die RoM (Right-of-Maximum).<sup>50</sup>

<sup>49</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik , a.a.O., S. 104

<sup>50</sup> Vgl. von Altrock, C.: Fuzzy Logik, a.a.O., S. 170

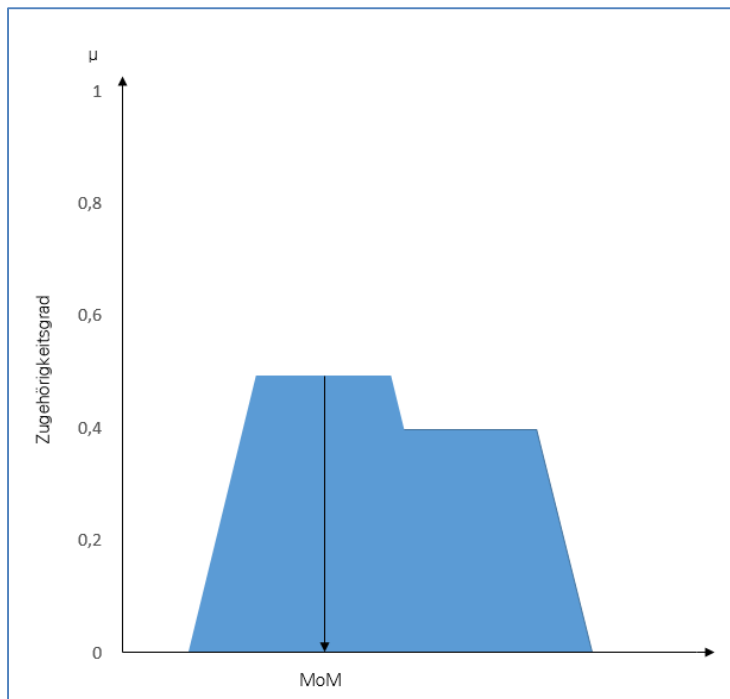


Abbildung 7: Mean of Maximum

### 3.8.3 Center of Maximum

Bei der Center-of-Maximum Methode (siehe Abbildung 8) wird für jeden Term der typischste Wert unter der Mitte bestimmt. Anschließend wird mit dem Zugehörigkeitsgrad das gewichtete Mittel bestimmt. Das Berechnungsverfahren ist gleich dem Verfahren der Defuzzifizierung von Singletons und lässt sich wie folgt vornehmen:<sup>51</sup>

$$x_L = \frac{\sum_i^n x_i \cdot \mu_i}{\sum_i^n \mu_i} \quad (3.17)$$

mit

$x_L$  = x-Koordinate der Lösung

$x_i$  = x-Koordinate der typischen Werte/Singletons

$\mu_i$  = Zugehörigkeitsgrad von  $x_i$

<sup>51</sup> Vgl. Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik , a.a.O., S. 108 und Vgl. von Altrock, C.: Fuzzy Fuzzy Logik, a.a.O., S. 172

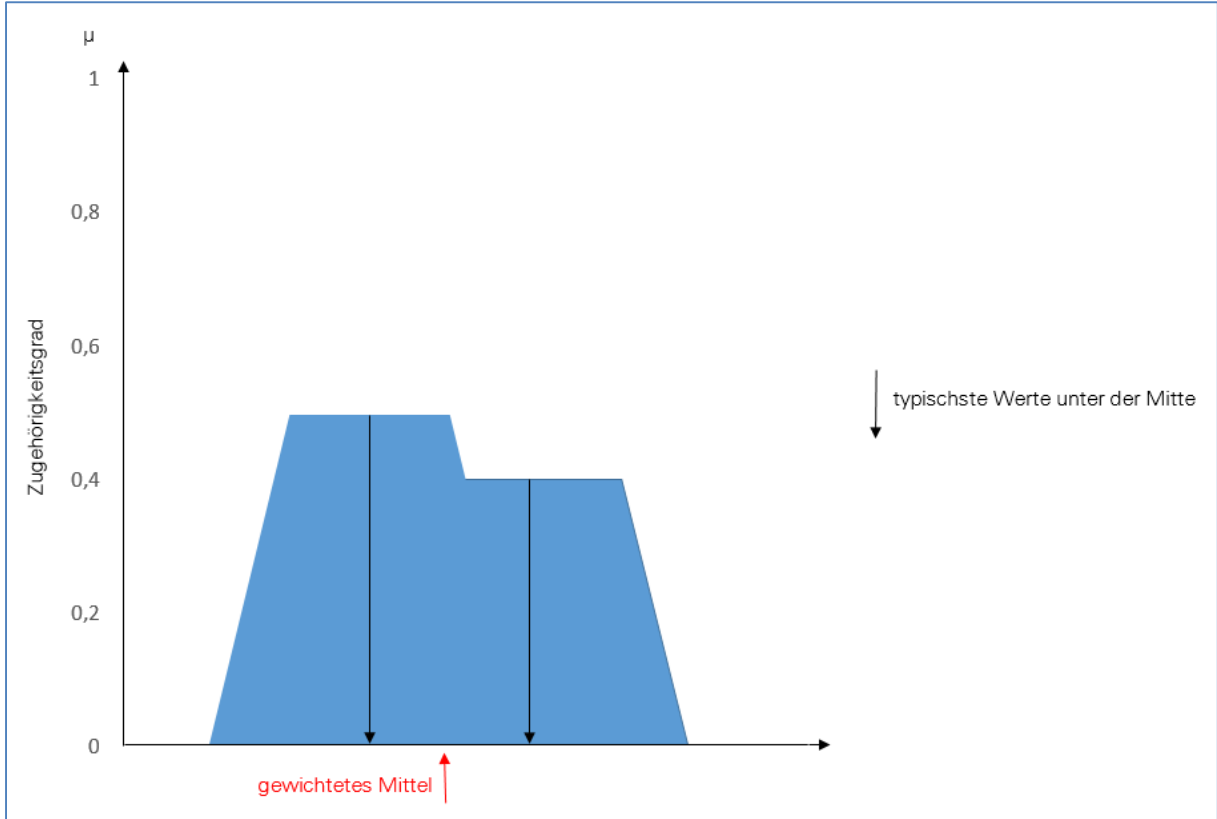


Abbildung 8: Center of Maximum

## 4 Anwendungsmöglichkeiten von Fuzzy Logic im Controlling

### 4.1 SWOT-Analyse

#### 4.1.1 Grundlagen

Um Ziele und Strategien umzusetzen zu können, muss der Ist-Zustand eines Unternehmens bekannt sein. Eine Möglichkeit bietet hier die SWOT-Analyse. SWOT steht hierbei für die englischen Begriffe Strengths (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Risiken/Bedrohungen). Die Stärken und Schwächen werden dabei aus der Unternehmensanalyse abgeleitet. Gegenstand der Unternehmensanalyse sind dabei das Potenzial und die Marktstellung eines Unternehmens im Vergleich zu den relevanten Wettbewerbern (Benchmarking).<sup>52</sup>

Beispiel:

Stärken	Schwächen
hoher Bekanntheitsgrad	hoher Preis
hoch qualifiziertes Personal	hohe Anfangsinvestition durch F&E
Artikel in Fachzeitschriften	hohe Logistikkosten
Produktionskapazitäten erweiterbar	hohe Kosten Fertigung Standort DE
Produktvielfalt	geringer Ausbau in E-Commerce

Tabelle 3: SWOT-Stärken und Schwächen

Die Chancen und Risiken ergeben sich aus der Umweltanalyse. Die Umweltanalyse dient dazu, die bestehenden und zukünftigen Rahmenbedingungen zu ermitteln. Dazu zählt auf der Makro Ebene die<sup>52</sup>:

- politisch-rechtliche Umwelt
- ökonomische Umwelt
- technologische Umwelt
- gesellschaftliche Umwelt
- ökologische Umwelt

<sup>52</sup> Vgl. Gelbrich, K.; Wünschmann, S.; Müller, S.: Erfolgsfaktoren des Marketing, 1. Auflage, Vahlen, 2008, S. 21-22

Auf der Mikro Ebene:

- Wettbewerbersituation
- Lieferantenkonditionen
- Bedrohung durch Ersatzprodukte
- Situation durch Absatzhelfer/Absatzmittler
- Verhandlungsmacht der Abnehmer

Beispiel:

Chancen	Risiken/Bedrohungen
E-Commerce	Mitbewerber aus China
neue Märkte in Asien	Eigenmarken großer Einzelhandelsmärkte
Nachfrage nach Qualitätsprodukt „Made in Germany“ steigt	höhere Tariflöhne in Deutschland

Tabelle 4: SWOT-Chancen und Risiken

Als letzter Schritt werden beide Analysen zusammengefasst und in einer 4-Felder Matrix dargestellt.

	Strengths	Weaknesses
Opportunities	Existieren Stärken, um die Chancen zu nutzen?	Werden Chancen wegen Schwächen verpasst?
Threats	Existieren Stärken um Bedrohungen zu begegnen?	Treffen externe Bedrohungen auf externe Schwächen?

Tabelle 5: SWOT Matrix <sup>53</sup>

Beispiel:

	Strengths	Weaknesses
Opportunities	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. neue Märkte → Produktionskapazitäten können erweitert werden</li> <li>2. ...</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. wachsendes E-Commerce Geschäft wird nicht genutzt</li> <li>2. ...</li> </ol>
Threats	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. hoher Bekanntheitsgrad → Vorteil ggü. neuer Konkurrenz aus China</li> <li>2. ...</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. hoher Preis trifft auf höhere Tariflöhne am Standort</li> <li>2. ...</li> </ol>

Abbildung 9: Beispiel SWOT Matrix

<sup>53</sup> Vgl. Alter, R.: Strategisches Controlling, 2. Auflage, Oldenbourg, 2013, S. 211-212

### 4.1.2 Fuzzy-SWOT

Bei der klassischen SWOT-Analyse werden die einzelnen Informationen aus Unternehmen und Umwelt fest zu einer Gruppe (Stärken, Schwächen, Chancen, Risiken) zugeordnet. Die Zuordnung nur zu einer Gruppe ohne jegliche Abstufung ist nicht immer gerechtfertigt. Das gleiche gilt für die Beziehungen der Attribute zueinander. Der Einsatz der Fuzzy Logic erlaubt hier eine bessere Differenzierung. Des Weiteren ist eine gewisse Automatisierung bei der Strategierichtungswahl möglich.

#### 4.1.2.1 Ablauf Fuzzy-SWOT und Analyseparameter

Die Abbildung 9 zeigt den Ablauf bei der Fuzzy SWOT-Analyse.

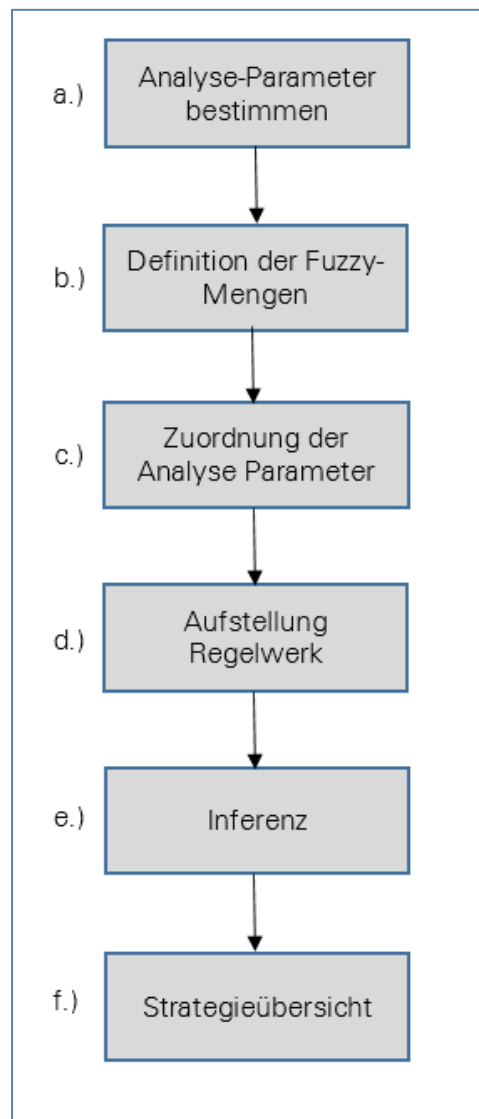


Abbildung 9: Ablaufplan Fuzzy-SWOT



Die Parameter aus der Umweltanalyse und der Unternehmensanalyse, Strengths (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Risiken/Bedrohungen), müssen vorab ermittelt werden.

#### 4.1.2.2 Definition der Fuzzy-Mengen

Die Terme der linguistischen Variablen werden graphisch mit einer Zugehörigkeitsfunktion in einem Koordinatensystem dargestellt. Es werden im Rahmen dieser Ausarbeitung die Standardformen, Trapez und Dreieck, gewählt. Die Wahl dieser Formen ist allerdings frei. Die Einordnung der Analyse-Parameter obliegt dem Anwender bzw. dem Experten. Als Grundlage für die Einordnung wird die Ausarbeitung der Magneti Merelli Fuzzy-TOWS Fallstudie modifiziert herangezogen.<sup>54</sup>

##### Linguistische Variablen:

(L, T(L),X,B)

L: Name der linguistischen Variablen

T(L): linguistische Werte von L, Termmenge

X: Grundmenge

B: semantische Regel, die jedem linguistischen Term eine Zugehörigkeitsfunktion über der betrachteten Grundmenge zuordnet

##### *Stärken und Schwächen:*

L: Unternehmensanalyse

T(L): große Schwäche, kleine Schwäche, kleine Stärke, große Stärke

X: Wertebereich [0-10] Punkte

B:  $f_{\text{große Schwäche}}$ ,  $f_{\text{kleine Schwäche}}$ ,  $f_{\text{kleine Stärke}}$ ,  $f_{\text{große Stärke}}$

Die Abbildung 10 zeigt die Darstellung der linguistischen Variablen „Unternehmensanalyse“.

---

<sup>54</sup> Vgl. Pesic, D. et al.: Fuzzification of the „TOWS“ Strategic Concept: A Case Study of the Magneti Marelli Branch in the Serbian Automotive Industrie In: South African Journal of Industrial Engineering (August 2015), S. 203-217

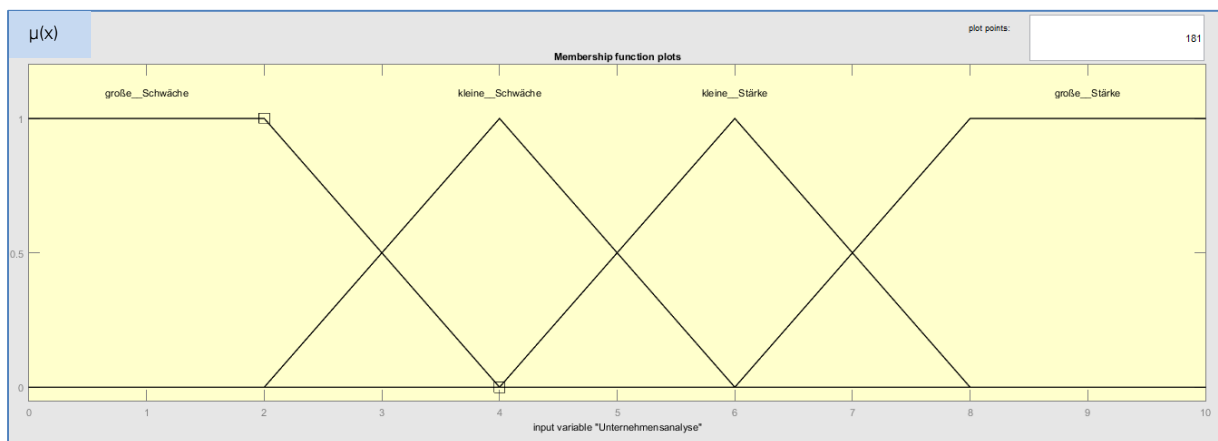


Abbildung 10: Zugehörigkeitsfunktionen Unternehmensanalyse

*Chancen und Risiken:*

L: Umweltanalyse

T(L): große Risiken, kleine Risiken, kleine Chancen, große Chancen

X: Wertebereich [0-10] Punkte

B:  $f_{\text{große Risiken}}$ ,  $f_{\text{kleine Risiken}}$ ,  $f_{\text{kleine Chancen}}$ ,  $f_{\text{große Stärke}}$

Die Abbildung 11 zeigt die Darstellung der linguistischen Variablen „Umweltanalyse“.

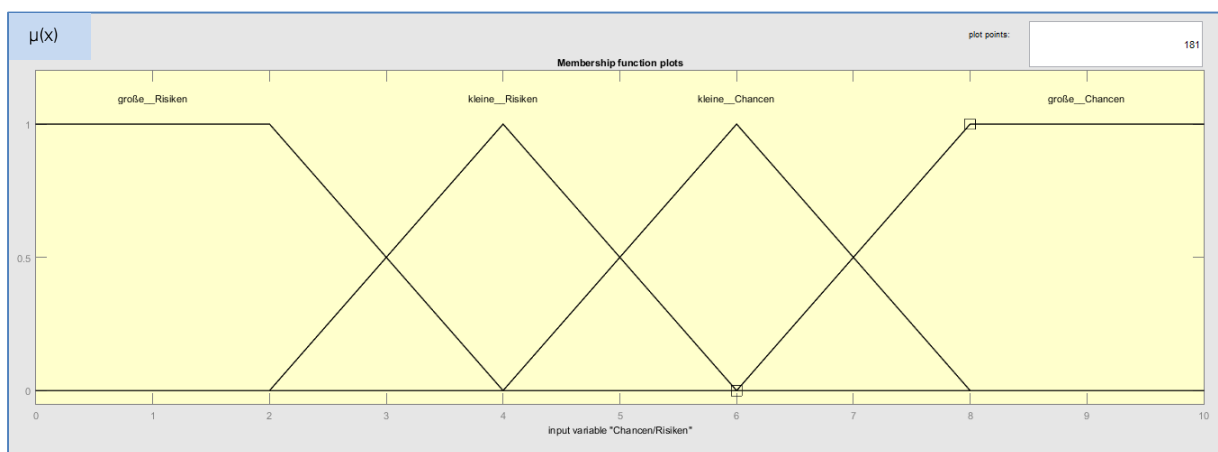


Abbildung 11: Zugehörigkeitsfunktionen Umweltanalyse

*Beziehungen:*

L: Beziehung (zu Umweltanalyseparameter n)

T(L): niedrig, mittel, hoch

X: Wertebereich [0-1] (1 = 100%)

B:  $f_{\text{niedrig}}$ ,  $f_{\text{mittel}}$ ,  $f_{\text{hoch}}$

Die Abbildung 12 zeigt die Darstellung der linguistischen Variablen „Beziehung“.

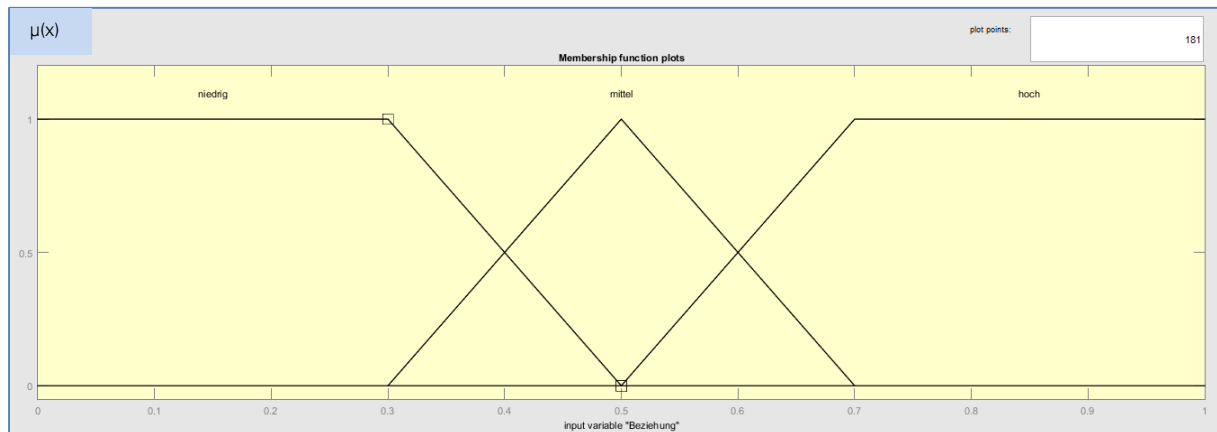


Abbildung 12: Zugehörigkeitsfunktion Beziehungen SWOT

Die linguistische Variable „Beziehung“ beschreibt die Beziehung der Unternehmensparameter „Stärke“ und „Schwäche“ zu den jeweiligen „Chancen“ und „Risiken“. Zum Beispiel hätte die Stärke „familienfreundliches Image“ eine hohe Beziehung zu dem Umweltanalyseparameter „zunehmendes Familienbewusstsein“.

#### 4.1.2.3 Zuordnung der Analyse-Parameter

Im Anschluss müssen die Analyse-Parameter mit Hilfe der Zugehörigkeitsfunktion und mit Hilfe der Experten eingeordnet werden.

Beispiel:

$I_n$  = interne Parameter aus der Unternehmensanalyse

$E_n$  = externer Parameter aus der Umweltanalyse

Aus der Umweltanalyse und Unternehmensanalyse wurden je 3 Sachverhalte ermittelt. Die Einteilung ob es sich beispielsweise um eine große Stärke handelt obliegt den jeweiligen Experten. Die Einteilung geschieht mit Hilfe der Zugehörigkeitsfunktionen (siehe 4.1.2.2).

Die Vorgaben der Experten bez. der Zuordnung der Parameter in der Zugehörigkeitsfunktion (siehe 4.1.2.2 Abbildung 10 für die  $I_n$  und Abbildung 11 für  $E_n$ ) sind in Tabelle 6 aufgeführt:

	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$E_1$	$E_2$	$E_3$
<b>Zuordnung Abszisse</b>	2	5	10	2	5	10

Tabelle 6: Zuordnung Eingangsparameter SWOT

Die Vorgabebeziehungen zwischen den Umweltparametern und Unternehmensparametern (Abzissenwerte Zugehörigkeitsfunktion in 4.1.2.2 Abbildung 12) sind in Tabelle 7 dargestellt.

	$I_1$	$I_2$	$I_3$
$E_1$	0,3	0,5	1
$E_2$	0	1	0
$E_3$	1	0,5	0

Tabelle 7: Beziehungen SWOT

Die aus den Expertenvorgaben und aus den Zugehörigkeitsfunktionen (siehe 4.1.2.2 Abbildung 10 für  $I_n$ , 11 für  $E_n$  und 12 für  $I_nE_n$ ) ermittelten Zugehörigkeitsgrade finden sich in den Tabellen 8 bis 10.

	$I_1$	$I_2$	$I_3$
<b>große Schwäche</b>	1	0	0
<b>kleine Schwäche</b>	0	0,5	0
<b>kleine Stärke</b>	0	0,5	0
<b>große Stärke</b>	0	0	1

Tabelle 8: Zugehörigkeitsgrade Unternehmensanalyseparameter SWOT

	$E_1$	$E_2$	$E_3$
<b>große Risiken</b>	1	0	0
<b>kleine Risiken</b>	0	0,5	0
<b>kleine Chancen</b>	0	0,5	0
<b>große Chancen</b>	0	0	1

Tabelle 9: Zugehörigkeitsgrade Umweltanalyseparameter SWOT

	$I_1E_1$	$I_1E_2$	$I_1E_3$	$I_2E_1$	$I_2E_2$	$I_2E_3$	$I_3E_1$	$I_3E_2$	$I_3E_3$
<b>niedrig</b>	1	1	0	0	0	0	0	1	1
<b>mittel</b>	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<b>hoch</b>	0	0	1	0	1	0	1	0	0

Tabelle 10: Zugehörigkeitsgrade Beziehungen SWOT

#### 4.1.2.4 Aufstellen Regelwerk

Folgende Strategien werden als Schlussfolgerungen auftreten:

*SO Strategie:*

Die Stärken nutzen um Chancen zu maximieren.

*WO Strategie:*

Die Schwächen minimieren um Chancen zu nutzen.

*ST Strategie:*

Die Stärken nutzen um Bedrohungen zu entgehen.

*WT Strategie:*

Ziele definieren um externe Bedrohungen und eigene Schwächen zu minimieren

Alle Prämissenkombinationen müssen abgedeckt sein. Es dürfen keine undefinierbaren Zustände auftreten (siehe Kap. 3.6).

Regeldefinition:

WENN *Prämisse 1* UND *Prämisse 2* UND *Prämisse 3* DANN *Schlussfolgerung*

Durch die Anpassung mittels Regelgewichten werden einzelne Regeln in Ihrer Bedeutung zusätzlich gewichtet.<sup>55</sup> Die Gewichtung ist hier sinnvoll im Zusammenhang mit der Beziehungsintensität zwischen den Unternehmensparametern und den Umweltparametern einzusetzen. Da bei der SWOT Analyse als Ausgangswert außerdem eine Strategie gewählt werden muss, müssen auch die Dimensionen der Eingangswerte gewichtet werden.

Beispiel:

Gewichtung der Regeln:

niedrige Beziehung = 0 → Regel wird gelöscht

mittlere Beziehung = 0,5

hohe Beziehung = 1

Kombination klein/klein = 0 → Regel wird gelöscht

Kombination klein/groß oder groß/klein = 0,5

Kombination groß/groß = 1

Das Regelwerk ist in der Tabelle 11 aufgeführt.

---

<sup>55</sup> Vgl. Kuhl, J.: Angepasste Fuzzy-Regelungssysteme, 1. Aufl., Unitext-Göttingen, 1996, S. 141

Regel-satz	WENN			Gewicht	DANN
	Unternehmensp.	Umweltparameter	Beziehung		Strategie
1	Schwäche = groß	Bedrohung = groß	niedrig	0	WT
2	"	"	mittel	0,5	WT
3	"	"	hoch	1	WT
4	Schwäche = groß	Bedrohung = klein	niedrig	0	WT
5	"	"	mittel	0,25	WT
6	"	"	hoch	0,5	WT
7	Schwäche = klein	Bedrohung = groß	niedrig	0	WT
8	"	"	mittel	0,25	WT
9	"	"	hoch	0,5	WT
10	Schwäche = klein	Bedrohung = klein	niedrig	0	WT
11	"	"	mittel	0	WT
12	"	"	hoch	0	WT
13	Schwäche = groß	Chance = groß	niedrig	0	WO
14	"	"	mittel	0,5	WO
15	"	"	hoch	1	WO
16	Schwäche = groß	Chance = klein	niedrig	0	WO
17	"	"	mittel	0,25	WO
18	"	"	hoch	0,5	WO
19	Schwäche = klein	Chance = groß	niedrig	0	WO
20	"	"	mittel	0,25	WO
21	"	"	hoch	0,5	WO
22	Schwäche = klein	Chance = klein	niedrig	0	WO
23	"	"	mittel	0	WO
24	"	"	hoch	0	WO
25	Stärke = groß	Bedrohung = groß	niedrig	0	ST
26	"	"	mittel	0,5	ST
27	"	"	hoch	1	ST
28	Stärke = groß	Bedrohung = klein	niedrig	0	ST
29	"	"	mittel	0,25	ST
30	"	"	hoch	0,5	ST
31	Stärke = klein	Bedrohung = groß	niedrig	0	ST
32	"	"	mittel	0,25	ST
33	"	"	hoch	0,5	ST
34	Stärke = klein	Bedrohung = klein	niedrig	0	ST
35	"	"	mittel	0	ST
36	"	"	hoch	0	ST
37	Stärke = groß	Chance = groß	niedrig	0	SO
38	"	"	mittel	0,5	SO
39	"	"	hoch	1	SO
40	Stärke = groß	Chance = klein	niedrig	0	SO
41	"	"	mittel	0,25	SO
42	"	"	hoch	0,5	SO
43	Stärke = klein	Chance = groß	niedrig	0	SO
44	"	"	mittel	0,25	SO
45	"	"	hoch	0,5	SO
46	Stärke = klein	Chance = klein	niedrig	0	SO
47	"	"	mittel	0	SO
48	"	"	hoch	0	SO

Tabelle 11: Regelwert Fuzzy SWOT

#### 4.1.2.5 Inferenz

*Aggregation:*

Für die UND-Verknüpfungen der Eingangswertepaare wird an dieser Stelle der Minimum-Operator gewählt (siehe Gleichung 3.2). Die Operatorwahl ist grundsätzlich frei, allerdings hat sich in der Praxis für die UND-Verknüpfung der Minimum-Operator bewährt (siehe 3.7.1).

Für die Regeln mit gleichen Schlussfolgerungen wird an dieser Stelle der Maximum-Operator eingesetzt (siehe Gleichung 3.10). Die Wahl ist grundsätzlich frei, allerdings ermöglicht der Maximum-Operator eine schnelle Auswertung und das Übergehen des kleineren Wertes ist im Zusammenhang mit dieser Analyse nicht kritisch.

Bei der SWOT-Analyse ist eine Auswertung in Form der Auswahl einer Strategie gefordert. Da es sich bei der Ausgabevariable „Strategie“ um eine kategorielle Größe handelt, kommen die Defuzzifizierungsverfahren nach Kap. 3.8 nicht zum Einsatz, sondern es wird hier einfach die Regel mit dem höchsten Aktivierungsgrad berücksichtigt. Diese Methode wird als lineare Defuzzifikation und das Vorgehen als Fuzzy-Klassifikation bezeichnet.<sup>56</sup> Dementsprechend entfallen auch die Schritte Implikation und Akkumulation.

*Beispiel:*

Da die Regeln mit einer niedrigen Beziehung und mit der Kombination „klein/klein“ mit Null gewichtet wurden, greifen diese Regeln nicht. Außerdem greifen alle Regeln mit einem Prämissenwert gleich Null nicht, da hier über den Minimumoperator aggregiert wird. In der Tabelle 12 sind alle auszuwertenden Regeln für die einzelnen Eingangswertepaare aufgelistet.

	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
E <sub>1</sub>		Regel 8 Regel 32	Regel 27
E <sub>2</sub>			
E <sub>3</sub>	Regel 15	Regel 20 Regel 44	




Tabelle 12: greifende Regeln SWOT

<sup>56</sup> Vgl. Bothe, H.: Fuzzy Logic, 2. Aufl., Springer, 1995, S. 147 und Vgl. Thomas, O.: Fuzzy Prozess Engineering, 1. Aufl., Gabler, 2009, S. 175

Aggregation am Beispiel  $I_1$  und  $E_3$

$$\mu_{\text{große Schwäche}}(I_1) = 1$$

$$\mu_{\text{große Chance}}(E_3) = 1$$

$$\mu_{\text{Beziehung}}(I_1/E_3) = 1$$

$$\text{Gewicht} = 1$$

$$\text{Regel 15} \rightarrow \text{WO: } \min\{1;1,1\} = 1$$

$$\text{Regel 8} \rightarrow \text{WT: } \min\{0,5;1,1\} = 0,5 \cdot 0,25 = 0,13 \text{ (Gewicht hier} = 0,25)$$

$$\text{Regel 32} \rightarrow \text{ST: } \min\{0,5;1,1\} = 0,5 \cdot 0,25 = 0,13$$

$$\text{Regel 20} \rightarrow \text{WO: } \min\{0,5;1,1\} = 0,5 \cdot 0,25 = 0,13$$

$$\text{Regel 44} \rightarrow \text{SO: } \min\{0,5;1,1\} = 0,5 \cdot 0,25 = 0,13$$

$$\text{Regel 27} \rightarrow \text{ST: } \min\{1;1,1\} = 1 \cdot 1 = 1$$

Da einige Regeln die gleichen Schlussfolgerungen aufweisen, kommt nun der Maximumoperator zum Einsatz.

WO: R15, R20

$$\max\{1;0,13\} = 1 \rightarrow \text{Regel 15 mit } I_1E_3$$

ST: R32, R27

$$\max\{0,13;1\} = 1 \rightarrow \text{Regel 27 mit } I_3E_1$$

Bei vielen Eingangsparameter kann es auch sinnvoll sein, für jedes Eingangswertepaar die Strategie mit dem höchsten Zugehörigkeitswert zu bestimmen. So ist es möglich auf jeden Eingangswert mit der entsprechenden Strategie zu reagieren.

#### 4.1.2.6 Strategieübersicht

Das sind die möglichen Strategien mit den vorliegenden Eingangsparametern:

*SO Strategie:*

Stärke aus  $I_2$  nutzen um Chancen in  $E_3$  zu maximieren

*WO Strategie:*

Schwächen in  $I_1$  minimieren um Chancen  $E_3$  zu nutzen



*ST Strategie:*

Stärken in  $I_3$  nutzen um Bedrohungen in  $E_1$  zu entgehen

*WT Strategie:*

Schwächen in  $I_2$  minimieren um externen Bedrohungen in  $E_1$  zu entgehen

Der Eingangsparameter  $I_2$  weist die Besonderheit auf im Schnittpunkt zwischen „kleine Stärken“ und „kleine Schwächen“ zu liegen. Das Resultat ist, dass hier mit diesem Eingangsparameter zwei entgegengesätzliche Strategien WT und SO ausgewertet werden. Dieser Umstand findet sich außerdem in den sehr geringen Zugehörigkeitsgraden zu den Strategien wieder (0,13). Hier wäre entweder eine Schranke sinnvoll, d.h. es werden alle Strategien unter einem bestimmten Wert (z.B. 0,5) ignoriert oder der Eingangsparameter  $I_2$  wird durch weitere strategische Maßnahmen gestärkt.

### **4.1.3 Ansatzalternativen und Resümee**

Auf Fuzzy-Basis existieren einige Ansätze zum Thema SWOT. Zum einen wird lediglich eine Auswertung der SWOT-Eingangsparameter, also der Schwächen, Stärken, Risiken und Chancen betrieben. Es wird dabei eine Einordnung der Parameter visualisiert ohne auf eine Strategie hinzuweisen. Als Beispiel kann hier die Veröffentlichung „Fuzzy Model for Swot-Analysis of Pharmaceutical Enterprise’s Functioning“ genannt werden.<sup>57</sup> Zum anderen lässt sich beispielweise noch die aufwändige iranische Fuzzy-AHP-Methode basierend auf einer Darstellung der Parameter in vier Quadranten hinweisen. AHP ist ein analytischer Hierarchyprozess zur Entscheidungsfindung und wird hier mit einer Unschärfe versehen.<sup>58</sup>

---

<sup>57</sup> Vgl. Dorokhov, O.; Malyarets, L.: Fuzzy model for Swot-analysis of pharmaceutical enterprise’s functioning. In: Economics of Development, Kharkiv National University of Economics (62/2012), S. 87-93

<sup>58</sup> Vgl. Ghazinoory, S.; Zadeh, A.E., Memariani, A.: Fuzzy SWOT analysis. In: Journal of Intelligent & Fuzzy Systems (18/2007), S. 99 -108

Bei der klassischen SWOT-Analyse wird in der Praxis unter anderem die Profilmethode für die Erstellung des Stärken-Schwächen-Profiles herangezogen. Ein Beispiel findet sich in der Tabelle 13. Hierbei werden Punktwerte für jedes Kriterium ermittelt. Diese Bewertungen können dann je nach strategischer Relevanz zusätzlich gewichtet werden.<sup>59</sup>

	Bewertung									
	schlecht			mittel				gut		
	1	2	4	4	5	6	7	8	9	10
<b>Produktion</b>										
<b>Absatz</b>										
<b>Kapital</b>										
<b>Personal</b>										

Tabelle 13: Profilmethode Stärken und Schwächen<sup>59</sup>

In Bezug auf die Stärken-Schwächen-Analyse ist die Profilmethode ein einfacher einzusetzender Ansatz. Allerdings muss hierbei das Eingangskriterium fest zu einer Menge zugeordnet werden. Die Fuzzy Logic erlaubt hingegen eine Abstufung, so kann z.B. der Parameter  $I_1$  aus dem Fallbeispiel in 4.2.2.1 auch mit einer Zugehörigkeit von 0,75 zu der Menge „kleine Schwäche“ und gleichzeitig auch mit einer Zugehörigkeit von 0,25 zu einer Menge „kleine Stärken“ gehören. Dieser Umstand verschafft ein realistischeres Abbild. Mit der gleichen Vorgehensweise können auch die Beziehungen zwischen den internen und externen Faktoren der SWOT-Analyse sowie die Chancen und Risiken beschrieben werden.

Da bei der angewandten Fuzzy-Methode die Fuzzy-Klassifikation zum Einsatz kommt, kann es nicht ganz eindeutige Aussagen geben, wenn die Eingangsparameter im Schnittpunkt zwischen zwei Mengen gelegt werden (siehe  $I_2$  im Fallbeispiel 4.2.2.1 → Parameter in zwei gegensätzlichen Strategien als Ergebnis). Dieser Umstand muss bei der Auswahl beachtet werden.

<sup>59</sup> Vgl. Schneider, D.: Einführung in das Technologie Marketing, 1. Aufl., Oldenbourg, 2002, S. 88

Bei einer hohen Anzahl an Eingangsparametern kann die Fuzzy-SWOT-Analyse Vorteile bezüglich einer schnellen Zuordnung vorweisen.

## 4.2 Portfolioanalyse

### 4.2.1 Grundlagen

Die Grundidee der Portfolioanalyse stammt ursprünglich aus dem finanzwirtschaftlichen Bereich und ist ein wichtiges strategisches Controllinginstrument zur Formulierung von Strategien. Mit der Portfolioanalyse lässt sich das gesamte Tätigkeitsfeld einer Unternehmung als Portfolio strategischer Geschäftseinheiten darstellen. Die Darstellung erfolgt dabei in einer Matrix, wobei die Positionierung und die Größe einer Kreisform der betrachteten Einheiten Aufschluss über die weiteren strategischen Handlungen gibt. An den Achsen der Matrix befinden sich die Kriterien, welche zur Beurteilung herangezogen werden. Es gibt verschiedene Portfolioarten, wobei die bekanntesten das Marktwachstums-Marktanteil-Portfolio und das Marktattraktivität-Wettbewerbsvorteil-Portfolio sind. Diese beiden Varianten werden im Folgenden näher betrachtet.<sup>60</sup>

#### 4.2.1.1 Marktwachstums-Marktanteils-Portfolio

Das Marktwachstums-Marktanteils-Portfolio Konzept wurde von der Boston Consulting Group entwickelt. Die Darstellung erfolgt hier mittels einer Vier-Felder-Matrix. Auf der Ordinate wird die Marktwachstumsrate des Produktzweiges bzw. der Geschäftseinheit abgetragen und auf der Abszisse der Marktanteil des Unternehmens. Dazu erfolgt eine Einteilung in hoch und niedrig. Das Marktwachstum, also die Umsatzwachstumsrate oder die Absatzmengenwachstumsrate soll Entwicklungschancen auf dem Markt abbilden. Der relative Marktanteil ist das Verhältnis des eigenen Marktanteils der Geschäftseinheit zu dem Marktanteil der Geschäftseinheit des stärksten Konkurrenten.<sup>60</sup> Eine strategische Geschäftseinheit ist dabei eine organisatorische Zusammenfassung einer homogenen Produktpalette für einen Markt mit einer einheitlichen Wettbewerbssituation. Eine Abgrenzung der einzelnen strategischen Geschäftseinheiten ist der erste Schritt bei der Portfolioanalyse.<sup>61</sup>

---

<sup>60</sup> Vgl. Reichmann, T.: Controlling mit Kennzahlen und Managementb., a.a.O, S. 556-557 und Ossadnik, W.: Controlling, 4. Aufl., Oldenbourg, 2009, S. 287-289

<sup>61</sup> Vgl. Jung, H.: Controlling, 2. Aufl., Oldenbourg, 2007, S. 314

Die aus der Unterteilung entstandenen Felder werden mit den Ausdrücken „stars“ (Sterne), „cash cows“ (Milchkühe), „question marks“ (Fragezeichen) und „dogs“ (Hunde) belegt.<sup>62</sup>

- „Stars“: Marktanteil und das Marktwachstum ist hoch
- „cash cows“: niedriger Wachstum bei hohen Marktanteil
- „poor dogs“: niedrige Marktanteile und niedriges Wachstum
- „question marks“: niedriger Marktanteil und hohes Wachstum

Eine Darstellung der Vier-Felder-Matrix findet sich in der Abbildung 13. Die Kreise stehen hierbei für beispielhafte Geschäftseinheiten. Der Durchmesser der Kreise richtet sich nach dem Umsatz.

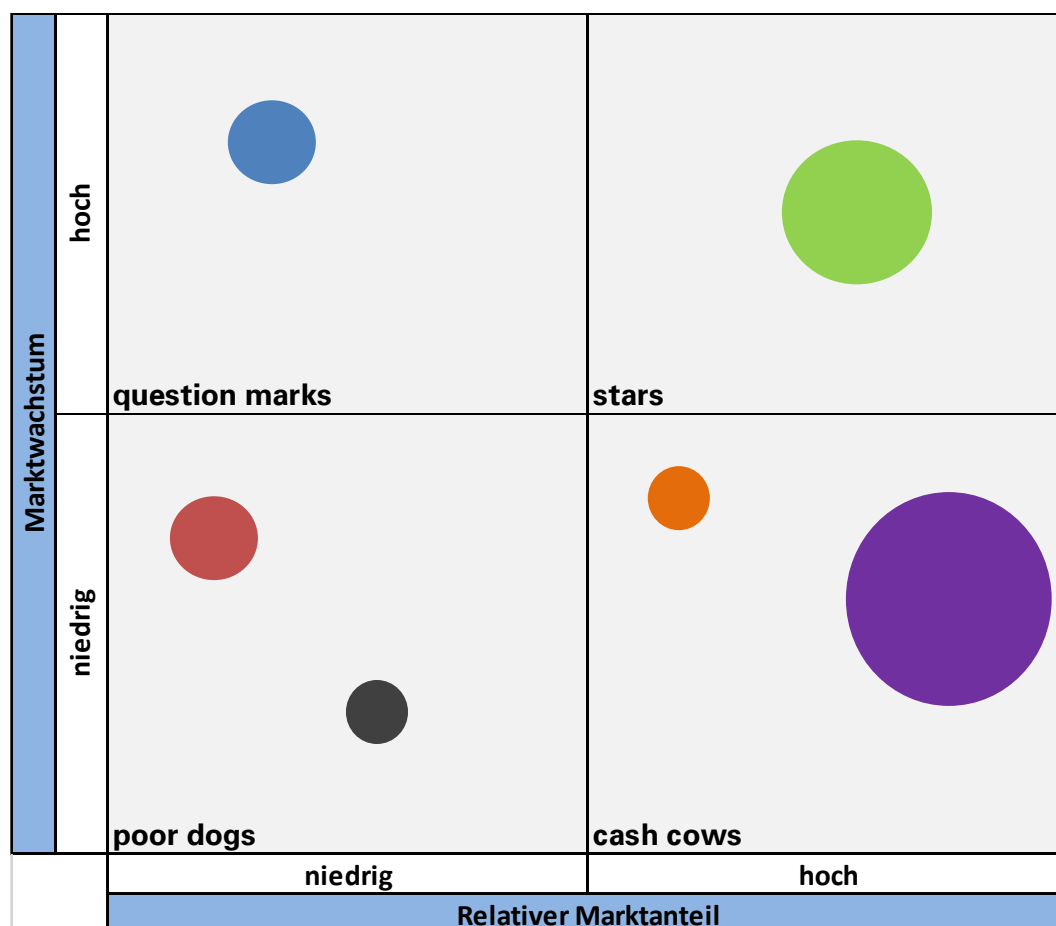


Abbildung 13: Vier-Felder-Matrix

<sup>62</sup> Vgl. Jung, H.: Controlling, a.a.O., S. 315-316

Entsprechend der Einteilung der Geschäftseinheiten bieten sich folgende Normstrategien an<sup>63</sup>:

a.) „Stars“:

Das Ziel ist hier die Marktführerschaft mittels Investitionsstrategien.

b.) „cash cows“:

Die „cash cows“ sind die Hauptquelle für die Gewinne einer Unternehmung. Hier ist die Abschöpfungsstrategie angebracht. Die Marktposition sollte möglichst lang beibehalten werden, wobei Investitionen nur zur Haltung der Position getätigt werden sollten.

c.) „poor dogs“:

Bei dieser Gruppe sollte eine Deinvestitionsstrategie in Betracht gezogen werden.

d.) „question marks“:

Zu den „question marks“ gehören in vielen Fällen die neuen Produkte bei welcher anfänglich eine Investitionsstrategie verfolgt werden sollte, um in die Gruppe der „stars“ aufzusteigen. Bleibt eine Geschäftseinheit auf dieser Position, sollten Deinvestitionsstrategien geprüft werden.

#### 4.2.1.2 Marktattraktivität –Wettbewerbsvorteil-Portfolio

Das vorgenannte Konzept des Marktwachstums-Marktanteils-Portfolios hat den Nachteil, dass die Strategieempfehlungen für eine strategische Geschäftseinheit nur auf Basis der zwei Dimensionen relativer Marktanteil und Marktwachstum getroffen werden. Aufbauend auf dieser Kritik hat das Beratungsunternehmen McKinsey ein weiteres Portfoliokonzept entwickelt, das Marktattraktivität-Wettbewerbsvorteil-Portfolio. Hier handelt es sich um ein Multifaktorenkonzept, welches eine bessere Beurteilung verspricht. Die Darstellung erfolgt mit einer 9-Felder-Matrix. Auf der Ordinate wird die Marktattraktivität abgetragen und auf der Abzisse der relative Wettbewerbsvorteil. Dazu erfolgt eine Einteilung in hoch, mittel und niedrig.<sup>64</sup>

---

<sup>63</sup> Vgl. Jung, H.: Controlling, a.a.O., S. 317-318

<sup>64</sup> Vgl. Ossadnik, W.: Controlling, a.a.O., S. 290

Die Marktattraktivität setzt sich aus unternehmensexternen Faktoren zusammen, z.B.<sup>65</sup>:

- Marktwachstum,
- Marktgröße,
- Marktqualität,
- Wettbewerbsintensität,
- Wettbewerbsstruktur,
- Energie- und Rohstoffversorgung,
- Umweltsituation,
- Eintrittsbarrieren für neue Anbieter

Der relative Wettbewerbsvorteil beinhaltet die unternehmensinternen Faktoren, z.B. <sup>65</sup>:

- relative Marktposition
- das relative Produktpotenzial
- das relative Forschungs- und Entwicklungspotenzial
- die relative Qualifikation des Personals

Die Auswahl der Faktoren ist situativ. Nach der Auswahl erfolgt eine Einordnung der Geschäftseinheiten in den Faktoren. Im Anschluss wird eine Positionierung der Geschäftseinheit in der 9-Felder Matrix vorgenommen. Daraus lassen sich dann die entsprechenden Strategien ableiten.

Beispiel<sup>66</sup>:

*Bewertung der Marktattraktivität für ein Produkt A (siehe Tabelle 14)*

	<b>niedrig</b>	<b>mittel</b>	<b>hoch</b>		
	<b>0-33</b>	<b>34-66</b>	<b>67-99</b>		
Marktwachstum			75		
Marktgröße		44			
Energie- und Rohstoffversorgung	33			<b>Gesamt</b>	<b>Gesamt/3</b>
<b>Summe</b>	33	44	75	152	51

Tabelle 14: Marktattraktivität

<sup>65</sup> Ossadnik, W.: Controlling, a.a.O., S. 290

<sup>66</sup> In Anlehnung an: Jung, H.: Controlling, a.a.O, S. 320-321

Bewertung des Wettbewerbsvorteils für ein Produkt A (siehe Tabelle 15)

	niedrig	mittel	hoch		
	0-33	34-66	67-99		
Marktposition			60		
Produktpotential		55			
Qualifikation des Personals	20			<b>Gesamt</b>	<b>Gesamt/3</b>
<b>Summe</b>	20	55	60	135	45

Tabelle 15: Wettbewerbsvorteil

Positionierung des Produktes A auf der 9-Felder-Matrix (siehe Abbildung 14):

Positionierung Marktattraktivität = 51

Positionierung Wettbewerbsvorteil = 45

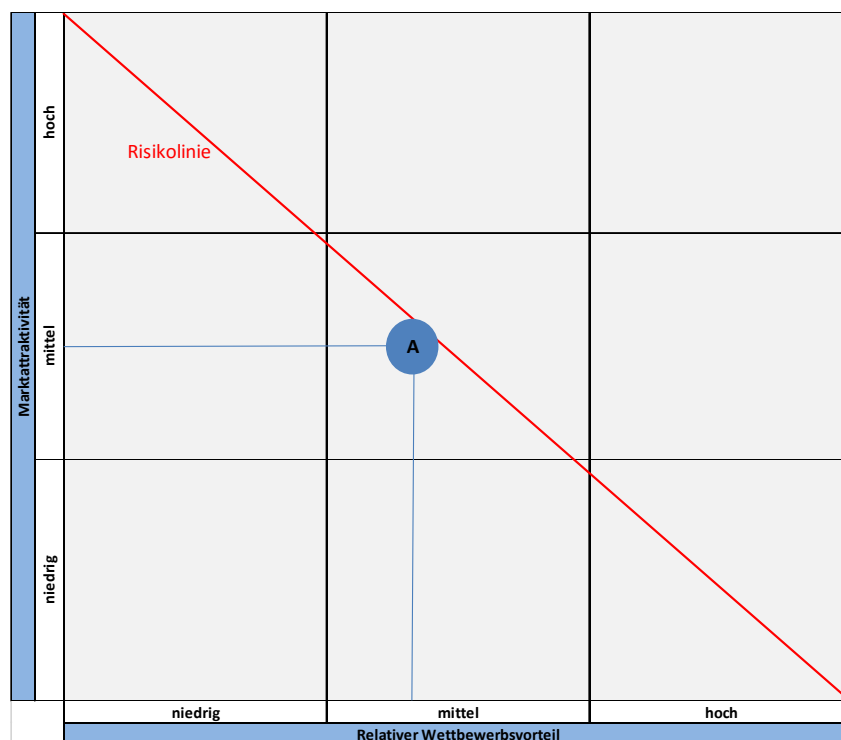


Abbildung 14: 9-Felder-Matrix

Der Kreisdurchmesser steht wieder für die Umsatzgröße. Geschäftseinheiten welche unter der Risikolinie platziert werden, können problematisch angesehen werden. Je nach Positionierung der Geschäftseinheiten lassen sich auch hier Normstrategien ableiten. Die Abbildung 15 zeigt für jedes Feld die entsprechenden empfohlenen Strategien.

Marktattraktivität	hoch	<b>Investition oder ggf. Rückzug</b> - Spezialisierung - Nischen suchen - Akquisition erwägen	<b>Investition</b> - Potenzial für Marktführung durch Segmentierung abschätzen - Schwächen identifizieren - Stärken aufbauen	<b>Marktführer</b> - wachsen - Marktführerschaft anstreben - Investitionen maximieren
	mittel	<b>Abschöpfen und ggf. stufenweise deinvestieren</b> - Spezialisierung - Nischen suchen - Rückzug erwägen	<b>Übergang</b> - Wachstumsbereiche identifizieren - Spezialisierung - selektiv investieren	<b>Wachstum</b> - Wachstumsbereiche identifizieren - stark investieren - mindestens Position halten
	niedrig	<b>Deinvestition</b> - Rückzug planen - deinvestieren	<b>Abschöpfen und stufenweise Deinvestition</b> - Geschäftszweig ausnutzen - Investitionen minimieren - auf Deinvestitionen vorbereiten	<b>Abschöpfen</b> - Gesamtposition halten - Cash Flow anstreben - Investitionen nur zur Instandhaltung
		niedrig	mittel	hoch
<b>Relativer Wettbewerbsvorteil</b>				

Abbildung 15: Strategien 9-Felder-Matrix<sup>67</sup>

<sup>67</sup> Vgl. Jung, H.: Controlling, a.a.O, S. 322



## 4.2.2 Fuzzy Marktwachstums-Marktanteils-Portfolio

### 4.2.2.1 Ablauf

Die Abbildung 16 zeigt den Ablauf bei dem Fuzzy Marktwachstums-Marktanteils-Portfolio.

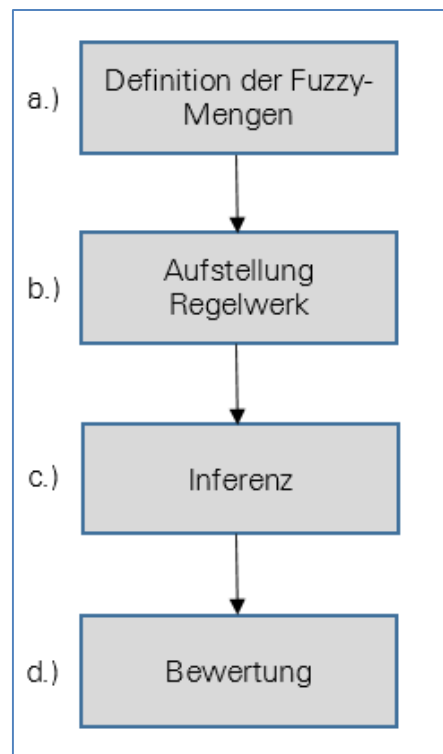


Abbildung 16: Ablaufplan Fuzzy-MM-Portfolio

### 4.2.2.2 Definition der Fuzzy-Mengen

Für diese Ausarbeitung werden die Terme der linguistischen Variablen graphisch mit den Standardzugehörigkeitsfunktionen, Trapez und Dreieck dargestellt. Die Wahl der Form ist in der Praxis allerdings frei. Die Zuordnung der linguistischen Terme zu den Wertebereichen obliegt dem Anwender bzw. dem Experten. Die im weiteren Verlauf angegebenen Wertebereiche wurden nur beispielhaft festgelegt.

#### Linguistische Variablen:

(L, T(L),X,B)

L: Name der linguistischen Variablen

T(L): linguistische Werte von L, Termmenge

X: Grundmenge

B: semantische Regel

*Marktwachstum:*

L: Marktwachstum

T(L): niedrig, mittel, hoch

X: Wertebereich [0-30] Prozent

B:  $f_{\text{niedrig}}$ ,  $f_{\text{mittel}}$ ,  $f_{\text{hoch}}$

Die Abbildung 17 zeigt die Darstellung der linguistischen Variablen „Marktwachstum“.

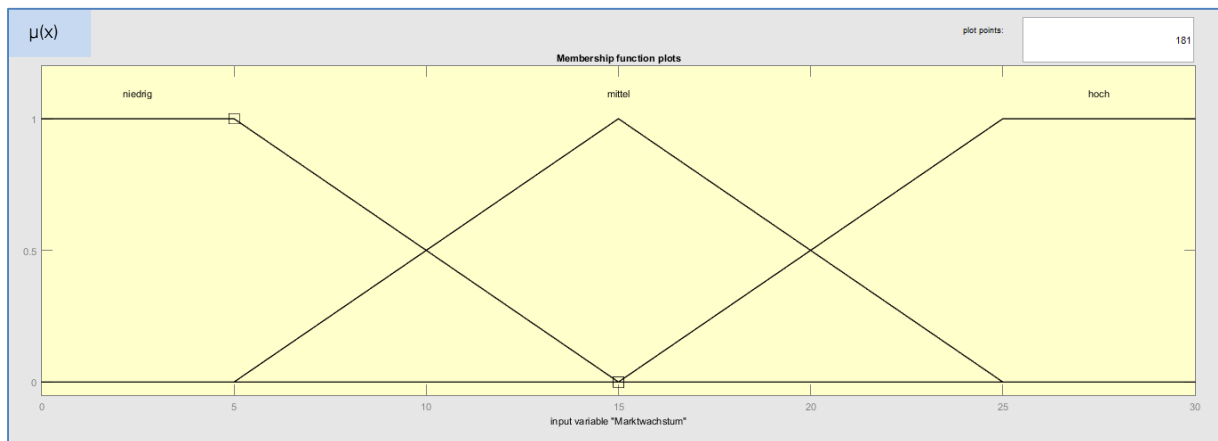


Abbildung 17: Zugehörigkeitsfunktionen Marktwachstum

*Relativer Marktanteil:*

L: relativer Marktanteil

T(L): niedrig, mittel, hoch

X: Wertebereich [0-12] Prozent

B:  $f_{\text{niedrig}}$ ,  $f_{\text{mittel}}$ ,  $f_{\text{hoch}}$

Die Abbildung 18 zeigt die Darstellung der linguistischen Variablen „Marktanteil“.

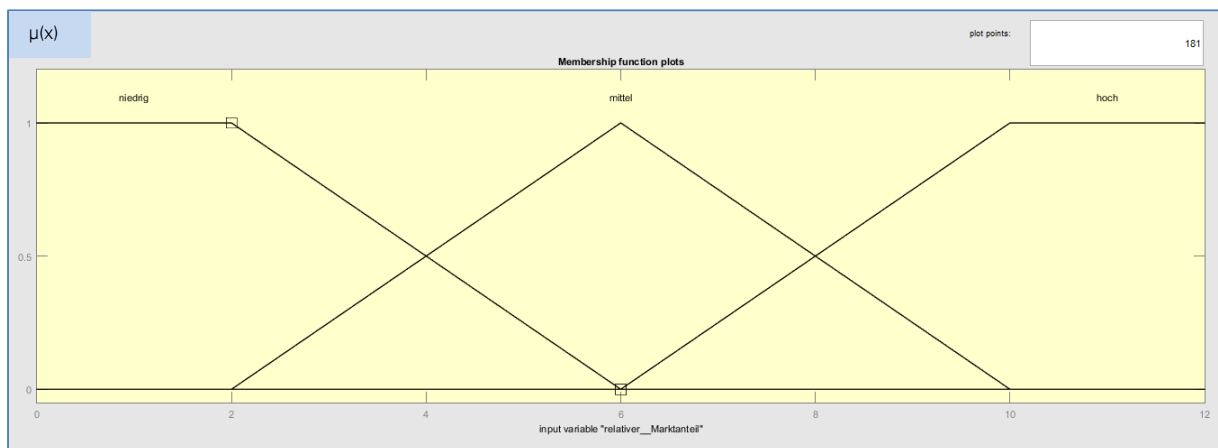


Abbildung 18: Zugehörigkeitsfunktionen relativer Marktanteil

#### 4.2.2.3 Aufstellen Regelwerk

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das modifizierte Regelwerk von Ossadnik herangezogen.<sup>68</sup> Tabelle 16 zeigt das Regelwerk für die Anwendung.

Regelsatz	WENN		DANN
	Marktanteil	Marktwachstum	Einordnung Matrix
1	niedrig	niedrig	poor dogs
2	niedrig	mittel	question marks → poor dogs
3	niedrig	hoch	question marks
4	mittel	niedrig	cash cows → poor dogs
5	mittel	mittel	mittel
6	mittel	hoch	question marks → stars
7	hoch	niedrig	cash cows
8	hoch	mittel	stars → cash cows
9	hoch	hoch	stars

Tabelle 16:Regelwerk Vier-Felder-Matrix

Die Regeln mit der Konklusion gleich mittel sollten mit null gewichtet werden und damit gelöscht, da hier keine eindeutige Einordnung in der Vier-Felder-Matrix möglich ist. Die Pfeilrichtung in der Tabelle 16 gibt den Verlauf zwischen den Einordnungen an. Zum Beispiel steht die Konklusion der Regel 8 für eine Geschäftseinheit die sich noch im Zwischenbereich zwischen „stars“ und „cash cows“ befindet, sich aber langsam vom „star“ zur „cash cow“ entwickelt.

#### 4.2.2.4 Inferenz und Bewertung

*Aggregation:*

Wie schon bei der Fuzzy-SWOT-Analyse in 4.1.2.5 wird auch hier wieder der Minimum-Operator (siehe Gleichung 3.2) für die UND-Verknüpfung und für die Regeln mit der gleichen Schlussfolgerung der Maximum-Operator (siehe Gleichung 3.10) eingesetzt. Auch hier wäre die Operatorwahl grundsätzlich frei. Die Wahl erfolgte aus Gründen der einfachen Handhabbarkeit.

<sup>68</sup> Vgl. Ossadnik, W.: Controlling, a.a.O., S. 385

Wie bei der Fuzzy-Swot-Analyse (siehe 4.2.1.5) handelt es sich hier auch um ein Klassifizierungsproblem. Gesucht wird die zugehörige Gruppe in der Portfolio-Matrix. Da es sich wieder um eine kategorielle Größe handelt, wird die Regel mit dem höchsten Aktivierungsgrad berücksichtigt (Vgl. lineare Defuzzifikation 4.2.1.5).

**Beispiel:**

Bewertung einer strategischen Geschäftseinheit mit einem relativen Marktanteil von 5% und mit einem Marktwachstum von 14%.

Aus den Zugehörigkeitsfunktionen ermittelte Zugehörigkeitsgrade:

*Marktwachstum*

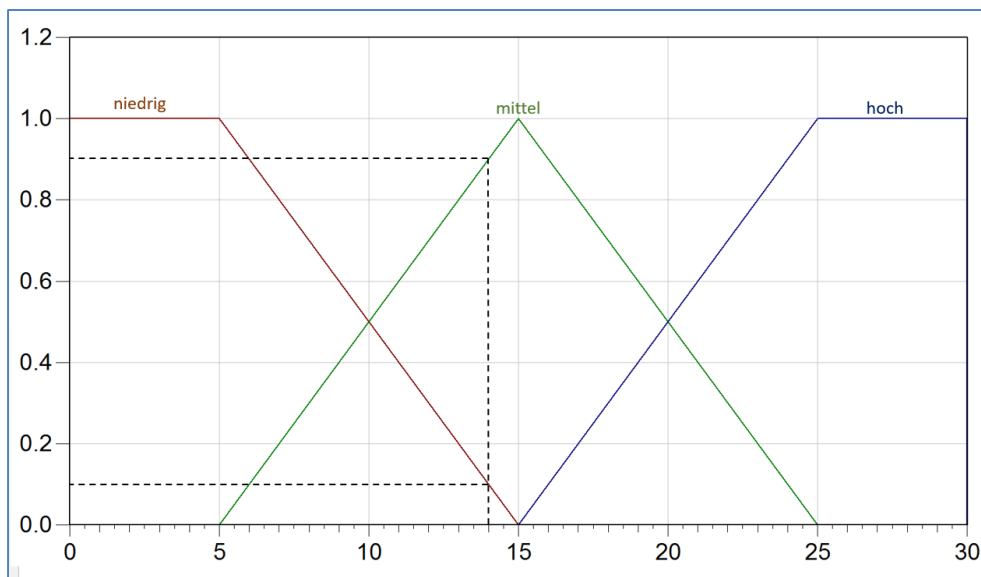


Abbildung 19: Zugehörigkeitsgrad Marktwachstum

$$\mu_{\text{niedrig}}(14) = -0,1 \cdot 14 + 1,5 = 0,1$$

$$\mu_{\text{mittel}}(14) = 0,1 \cdot 14 - 0,5 = 0,9$$

$$\mu_{\text{hoch}}(14) = 0$$

Marktanteil

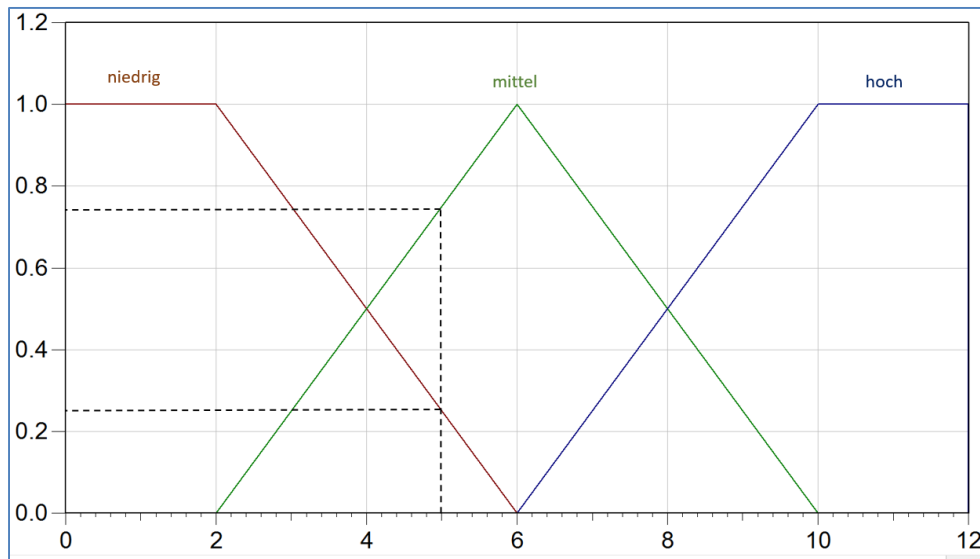


Abbildung 20: Zugehörigkeitsgrad Marktanteil

$$\mu_{\text{niedrig}}(5) = -0,25 \cdot 5 + 1,5 = 0,25$$

$$\mu_{\text{mittel}}(5) = 0,25 \cdot 5 - 0,5 = 0,75$$

$$\mu_{\text{hoch}}(5) = 0$$

Regelsatz	WENN		DANN	Aggregation
	Marktanteil	Marktwachstum	Erfolgspotential	
1	niedrig = 0,25	niedrig = 0,1	poor dogs	$\min(0,25; 0,1) = 0,1$
2	niedrig = 0,25	mittel = 0,9	question marks → poor dogs	$\min(0,25; 0,9) = 0,25$
4	mittel = 0,75	niedrig = 0,1	cash cows → poor dogs	$\min(0,75; 0,1) = 0,1$

Tabelle 17: Aggregation Vier-Felder-Matrix

Alle Regeln mit einem Prämissenwert gleich Null (hoch) greifen nicht, da über den Minimumoperator aggregiert wird. Die Regeln mit der Konklusion mittel werden mit Null gewichtet und damit gelöscht.

Auf Grund der Löschung der Regel 5, weist Regel 2 den höchsten Erfüllungsgrad bei einer der Klassifizierung „question marks → poor dogs“ auf. Die strategische Geschäftseinheit entwickelt sich demnach tendenziell von der Gruppe „question marks“ in die Gruppe „poor dogs“. Es sollte hier eine Deinvestitionsstrategie in Betracht gezogen werden.

4.2.2.5 Ansatzalternative und Resümee

Mit der Übertragung der Abzissenwerte aus den Beispieldaten in 4.2.2.2 bei  $\mu = 1$  an die Skale der Vier-Felder-Matrix (siehe Abbildung 20) wird nachfolgend ein Vergleich zwischen der klassischen Portfolioanalyse und der Fuzzy-Portfolio-Analyse durchgeführt.

Folgende Daten werden angenommen (siehe Tabelle 18):

	Strategische Geschäftseinheit		
	A	B	C
Marktanteil [%]	5	12	7
Marktwachstum [%]	14	6	7

Tabelle 18: Beispieldaten Vergleich Portfolio-Analyse

Die blau eingefärbten Kreise in Abbildung 21 stellen die klassische Positionierung der Geschäftseinheiten in der Vier-Felder-Matrix dar.

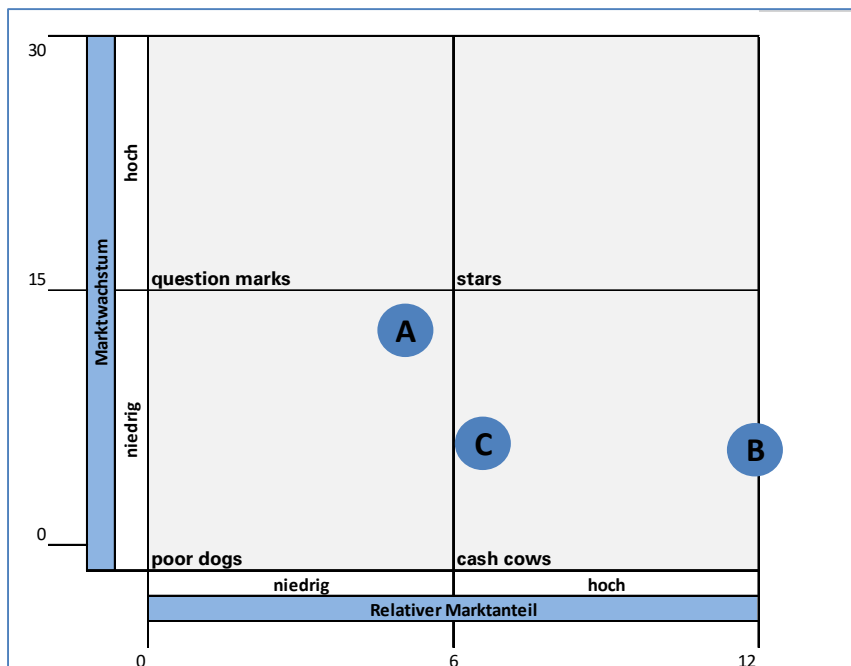


Abbildung 21: Übertragung Vier-Felder-Matrix

Bei der Auswertung mit der Fuzzy-Portfolioanalyse ergeben sich die nachfolgenden Positionierungen. Es werden die Zugehörigkeitsfunktionen aus der Abbildung 16 und der Abbildung 17 in 4.2.2.2 und das Regelwerk in 4.2.2.3 genutzt.

Strategische Geschäftseinheit A: question marks → poor dogs

Strategische Geschäftseinheit B: cash cow

Strategische Geschäftseinheit C: poor dogs

Der Vergleich zeigt, dass es Differenzen bei den Geschäftseinheiten A und C gibt. Bei der Geschäftseinheit A weist die Fuzzy-Analyse allerdings eine eindeutige Tendenz zu der Gruppe „poor dogs“ auf, so dass das Ergebnis der klassische Portfolioanalyse als vergleichbar angesehen werden kann. Die Geschäftseinheit C wird hingegen zwei unterschiedlichen Gruppen zugeordnet. Da sich Einordnungen mit der Fuzzy-Portfolioanalyse abgestufter erfassen lassen, ist die Anwendung in Grenzgruppenbereichen durchaus sinnvoll.

### 4.2.3 Fuzzy Marktattraktivität–Wettbewerbsvorteil-Portfolio

#### 4.2.3.1 Ablauf

Die Abbildung 2 zeigt den Ablauf bei dem Fuzzy Marktattraktivitäts-Wettbewerbsvorteil-Portfolio.

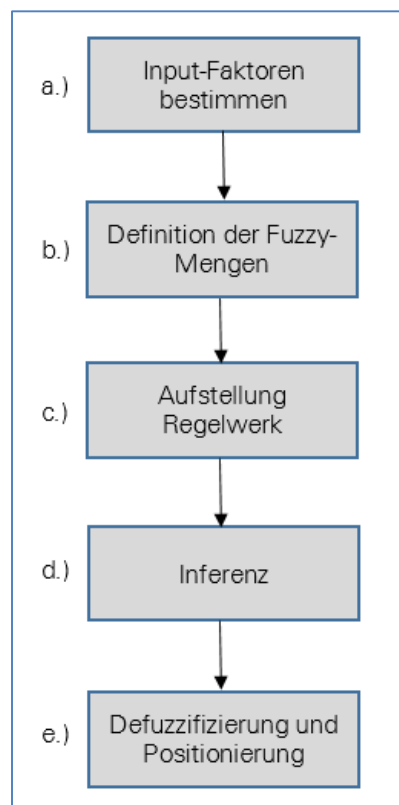


Abbildung 22: Ablaufplan Fuzzy-MW-Portfolio

#### 4.2.3.2 Definition der Fuzzy-Mengen

Die Auswahl der Zugehörigkeitsfunktionen wird gemäß 4.2.2.2 getroffen. Die im weiteren Verlauf angegebenen Wertebereiche wurden nur beispielhaft festgelegt.

Die beiden Dimensionen des Marktattraktivität-Wettbewerbsvorteil-Portfolios setzen sich aus verschiedenen Faktoren zusammen. Um das weitere Vorgehen bei diesem Fuzzy-Ansatz zu erläutern, werden zwei Beispielfaktoren aus Tabelle 15 und 16 in 4.2.1.2 aufgegriffen. Die Marktattraktivität setzt sich in diesem Beispiel zusammen aus dem Marktwachstum und der Marktgröße. Der Wettbewerbsvorteil ergibt sich aus den beiden Kriterien Marktposition und Produktpotential. Eine weitere hierarchische Unterteilung dieser Kriterien wird an dieser Stelle nicht vorgenommen, wäre aber in der Praxis nötig.

Für die Definition der Termmenge sowie der anschließenden Regelbasis wird die Ausarbeitung eines Technologieportfoliokonzeptes aus der Dissertation von Berntsen auf Grundlage einer regelbasierten Fuzzy-Portfolio-Analyse von Werners genutzt.<sup>69</sup> Für die Ausgangsvariable „mittel“ wird hier allerdings der dreiecksförmige Verlauf gewählt und bei  $\mu = 1$  wird der Abzissenwert angesetzt, welcher sich mittig aus dem jeweiligen Kästchen der Portfoliomatrix ergibt. Dies ermöglicht eine leichtere Zuordnung für dieses Fallbeispiel. In der Praxis wäre die Wahl frei.

##### Linguistische Variablen:

(L, T(L),X,B)

L: Name der linguistischen Variablen

T(L): linguistische Werte von L, Termmenge

X: Grundmenge

B: semantische Regel, die jedem linguistischen Term eine Zugehörigkeitsfunktion über der betrachteten Grundmenge zuordnet

---

<sup>69</sup> Vgl. Berntsen, G.: Dissertation - Ein wissensbasiertes Fuzzy-System zur Entscheidungsunterstützung innerhalb des Technologiefrühaufklärungsprozesses, TU-Cottbus, 2015, S. 181-191 und Werners, B.: Unterstützung der strategischen Technologieplanung durch wissensbasierte Systeme, 1. Auflage, Augustinus Buchhandlung, 1993, S. 278-306



*Marktwachstum/Marktgröße/Marktposition/Produktpotential:*

L: Marktwachstum/Marktgröße/Marktposition/Produktpotential

T(L): sehr gering, gering, mittel, hoch, sehr hoch

X: Wertebereich [0-100] Punkte

B:  $f_{\text{sehr gering}}$ ,  $f_{\text{gering}}$ ,  $f_{\text{mittel}}$ ,  $f_{\text{hoch}}$ ,  $f_{\text{sehr hoch}}$

Die Abbildung 23 zeigt die Darstellung der linguistischen Eingangsvariablen „Marktwachstum“, „Marktgröße“, „Marktposition“ und „Produktpotential“.

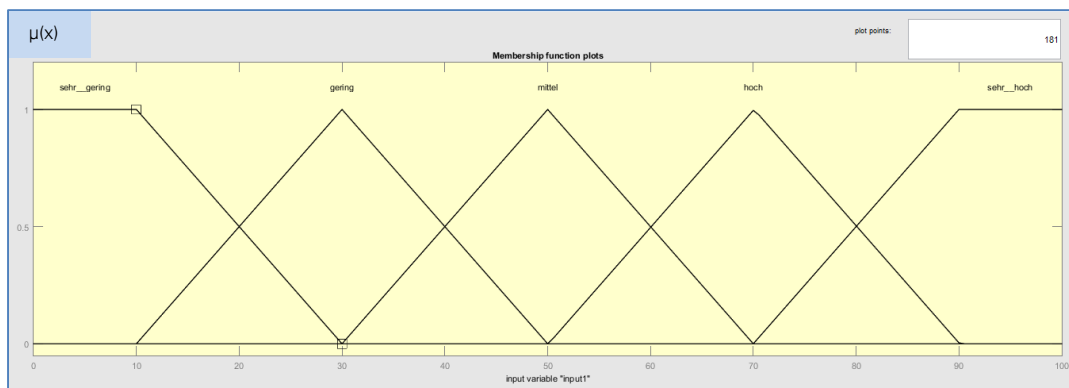


Abbildung 23: Zugehörigkeitsfunktionen Eingangsvariablen

*Marktattraktivität/Wettbewerbsvorteil:*

L: Marktattraktivität/Wettbewerbsvorteil

T(L): gering, mittel, hoch

X: Wertebereich [0-100] Punkte

B:  $f_{\text{gering}}$ ,  $f_{\text{mittel}}$ ,  $f_{\text{hoch}}$

Die Abbildung 24 zeigt die Darstellung der linguistischen Ausgangsvariablen „Marktattraktivität“ und Wettbewerbsvorteil.

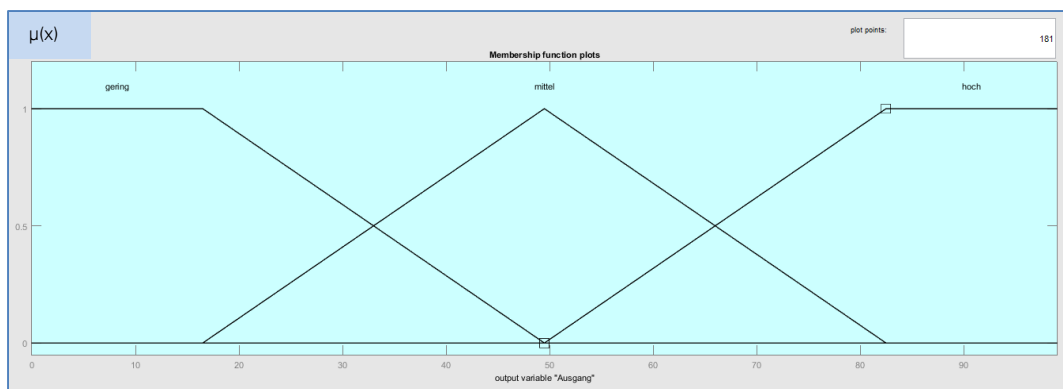


Abbildung 24: Zugehörigkeitsfunktionen Ausgangsvariablen

### 4.2.3.3 Aufstellen Regelwerk

Die Tabellen 19 und 20 zeigen das Regelwerk für die jeweilige Matrix-Dimension.

Regeldefinition:

WENN *Prämisse 1* UND *Prämisse 2* DANN *Schlussfolgerung*

*Regelwerk Marktattraktivität:*

		Marktwachstum				
		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Marktgröße	sehr gering	gering	gering	gering	mittel	mittel
	gering	gering	gering	gering	mittel	mittel
	mittel	gering	gering	mittel	mittel	hoch
	hoch	mittel	mittel	mittel	hoch	hoch
	sehr hoch	mittel	mittel	hoch	hoch	hoch
		Konklusion				
		Prämisse				

Tabelle 19: Regelwerk Marktattraktivität

*Regelwerk Wettbewerbsvorteil:*

		Marktposition				
		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Produkt-potential	sehr gering	gering	gering	gering	mittel	mittel
	gering	gering	gering	gering	mittel	mittel
	mittel	gering	gering	mittel	mittel	hoch
	hoch	mittel	mittel	mittel	hoch	hoch
	sehr hoch	mittel	mittel	hoch	hoch	hoch
		Konklusion				
		Prämisse				

Tabelle 20: Regelwerk Wettbewerbsvorteil

#### 4.2.3.4 Inferenz

Wie in 4.1.2.5 wird mit der gleichen Argumentation der Minimum-Operator (siehe Gleichung 3.2) für die UND-Verknüpfung und für die Regeln mit der gleichen Schlussfolgerung der Maximum-Operator (siehe Gleichung 3.10) eingesetzt.

#### Beispiel:

Als Beispiel werden die Einordnungen aus den Tabellen 14, 15 in 4.2.1.2 für die strategische Geschäftseinheit genutzt. Hier würden sich die folgenden Zugehörigkeitswerte aus den Abbildungen ergeben (siehe Abbildung 25 bis 28)

#### Marktwachstum:

75 Punkte

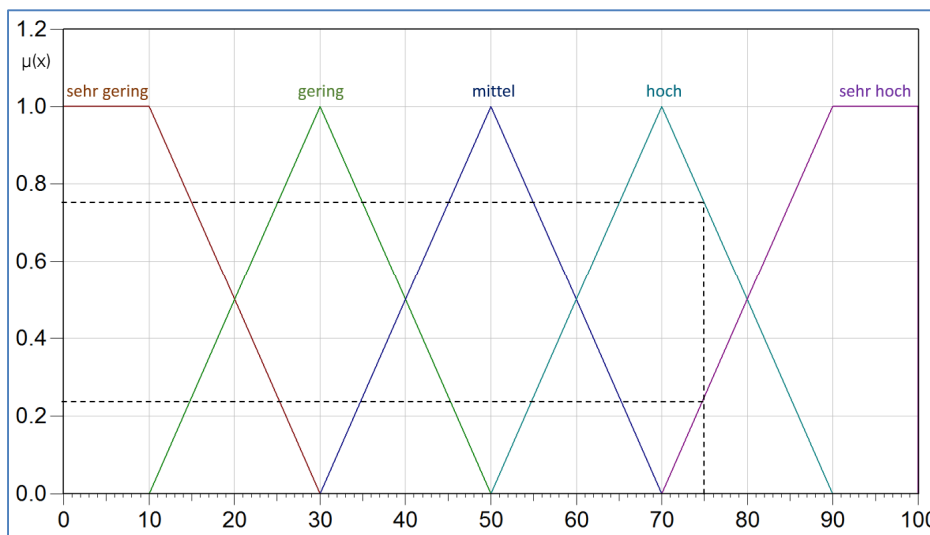


Abbildung 25: Zugehörigkeitsgrad Faktor Marktwachstum

$$\mu_{\text{sehr gering}}(75) = 0$$

$$\mu_{\text{gering}}(75) = 0$$

$$\mu_{\text{mittel}}(75) = 0$$

$$\mu_{\text{hoch}}(75) = 0,75$$

$$\mu_{\text{sehr hoch}}(75) = 0,25$$

*Marktgröße:*

44 Punkte

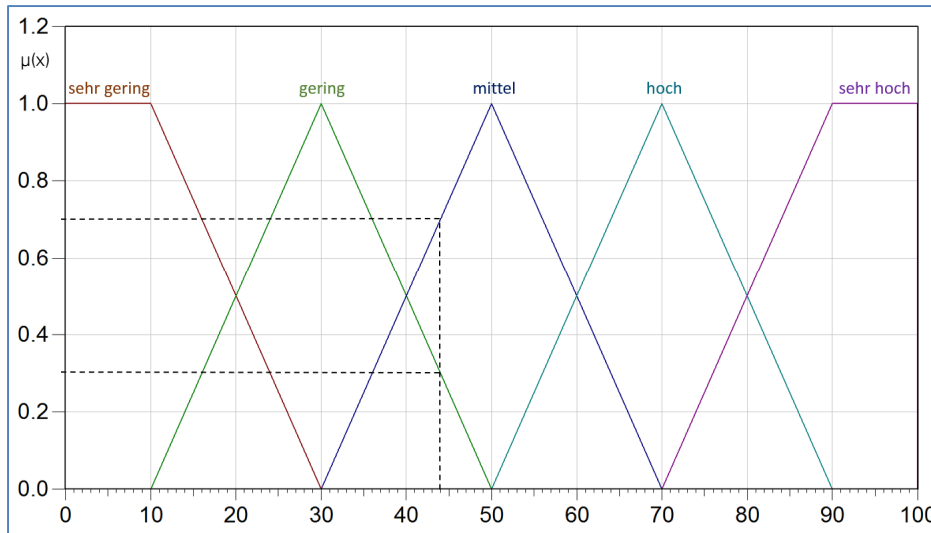


Abbildung 26: Zugehörigkeitsgrad Faktor Marktgröße

$$\mu_{\text{sehr gering}}(44) = 0$$

$$\mu_{\text{gering}}(44) = 0,3$$

$$\mu_{\text{mittel}}(44) = 0,7$$

$$\mu_{\text{hoch}}(44) = 0$$

$$\mu_{\text{sehr hoch}}(44) = 0$$

*Marktposition*

60 Punkte

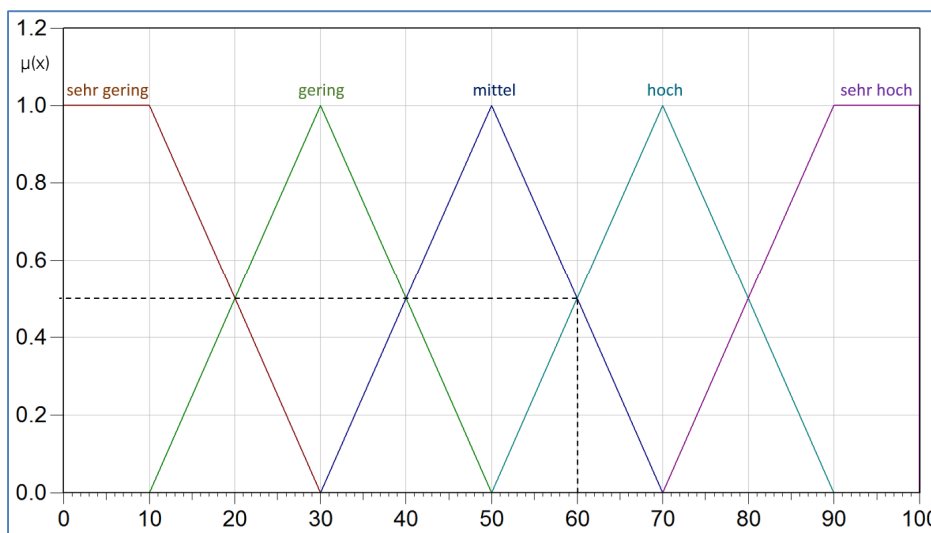


Abbildung 27: Zugehörigkeitsgrad Faktor Marktposition

$$\mu_{\text{sehr gering}}(60) = 0$$

$$\mu_{\text{gering}}(60) = 0$$

$$\mu_{\text{mittel}}(60) = 0,5$$

$$\mu_{\text{hoch}}(60) = 0,5$$

$$\mu_{\text{sehr hoch}}(60) = 0$$

*Produktpotential*

55 Punkte

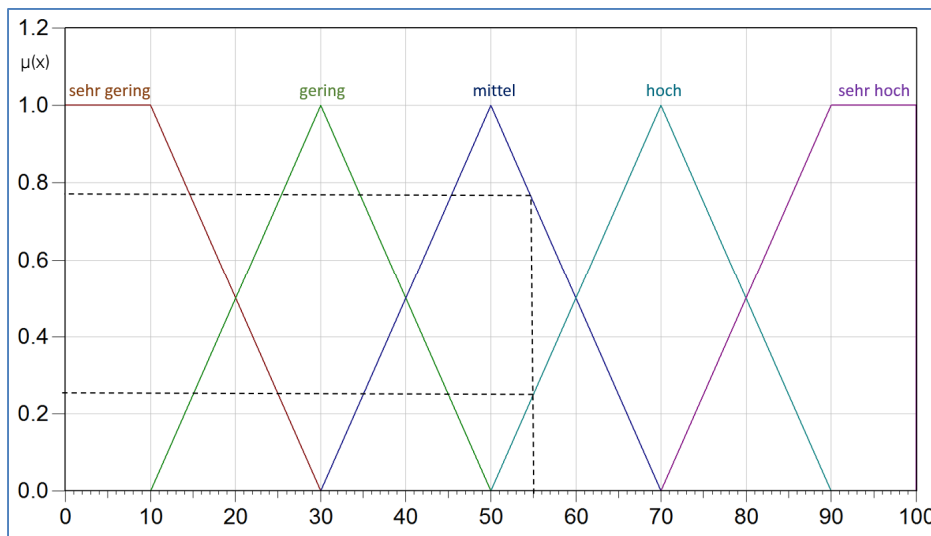


Abbildung 28: Zugehörigkeitsgrad Faktor Produktpotential

$$\mu_{\text{sehr niedrig}}(55) = 0$$

$$\mu_{\text{gering}}(55) = 0$$

$$\mu_{\text{mittel}}(55) = 0,75$$

$$\mu_{\text{hoch}}(55) = 0,25$$

$$\mu_{\text{sehr hoch}}(55) = 0$$

*Aggregation Marktattraktivität (siehe Tabelle 21):*

		Marktwachstum	
		hoch (0,75)	sehr hoch (0,25)
Marktgröße	gering (0,3)	mittel (0,3)	mittel (0,25)
	mittel (0,7)	mittel (0,7)	hoch (0,25)

Konklusion  
 Prämisse

Tabelle 21: Minimum-Operator Marktattraktivität

Für die Konklusion „mittel“ ergibt sich mit dem Maximum-Operator der Zugehörigkeitswert 0,7. Die Konklusion „hoch“ kann direkt aus der Tabelle 21 mit einem Zugehörigkeitswert 0,25 entnommen werden.

Aggregation Wettbewerbsvorteil (siehe Tabelle 22):

		Marktposition	
		mittel (0,5)	hoch (0,5)
Produkt-potential	mittel (0,75)	mittel(0,5)	mittel(0,5)
	hoch (0,25)	mittel(0,25)	hoch(0,25)

	Konklusion
	Prämisse

Tabelle 22: Minimum-Operator Wettbewerbsvorteil

Für die Konklusion „mittel“ ergibt sich mit dem Maximum-Operator der Zugehörigkeitswert 0,5. Die Konklusion „hoch“ kann direkt aus der Tabelle 22 mit einem Zugehörigkeitswert 0,25 entnommen werden.

Für die Implikation wird hier Max/Min-Methode (siehe Kapitel 3.72) genutzt.

Auswertung der Marktattraktivität (siehe Abbildung 29):

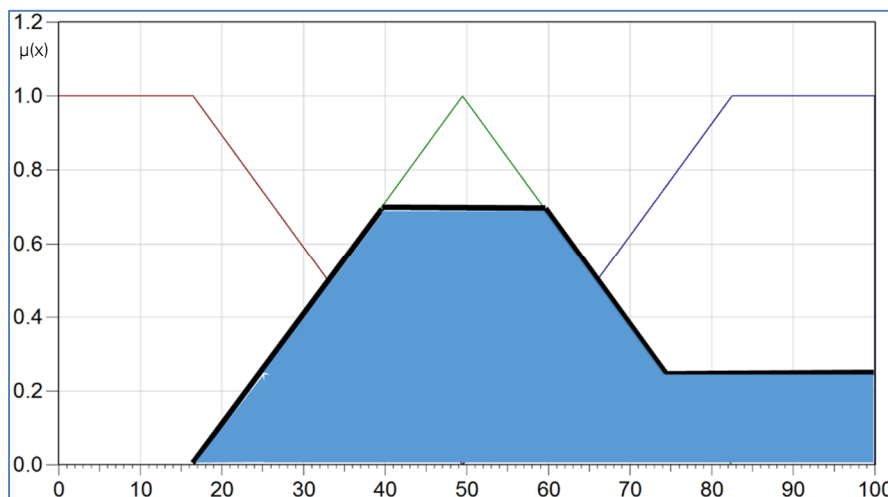


Abbildung 29: Akkumulation Marktattraktivität

Auswertung des Wettbewerbsvorteils (siehe Abbildung 30):

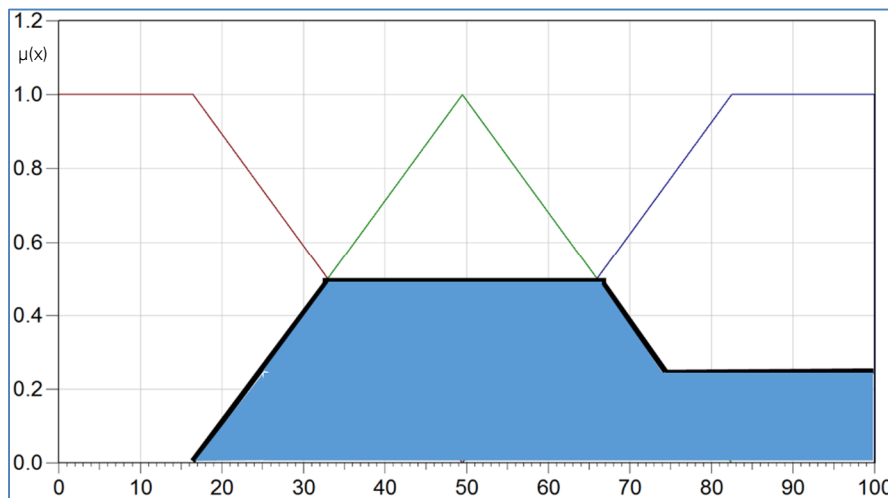


Abbildung 30: Akkumulation Wettbewerbsvorteil

#### 4.2.3.5 Defuzzifizierung

Die Defuzzifizierung geschieht nach der Center-of-Area Methode im Sinne des besten Kompromisses (siehe Kapitel 3.8.1). Im Folgenden werden die Defuzzifizierungswerte für das Fallbeispiel aus 4.2.3.4 bestimmt.

Marktattraktivität:

Center-of-Area Methode: 55,4 (siehe Abbildung 31) → Positionierung auf der Achse Marktattraktivität der 9-Felder Matrix

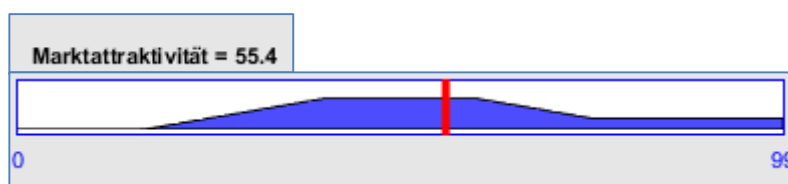


Abbildung 31: Matlab Auswertung CoA-Marktattraktivität

Wettbewerbsvorteil:

Center-of-Area Methode: 56,4 (siehe Abbildung 32) → Positionierung auf der Achse Wettbewerbsvorteil der 9-Felder Matrix

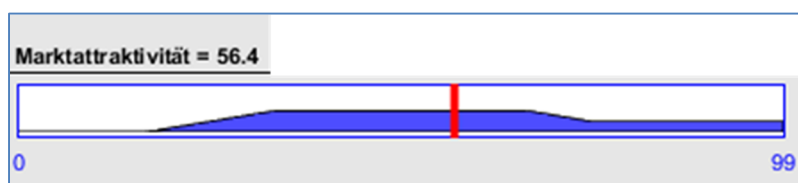


Abbildung 32: Matlab Auswertung CoA-Wettbewerbsvorteil

#### 4.2.3.6 Ansatzalternative und Resümee

Die Fuzzy-Logic ermöglicht eine weiter abgestufte Beurteilung der Faktoren als dies bei dem klassischen Ansatz möglich ist. So wird beispielsweise ein Kriterium in Tabelle 16 in 4.2.1.2 mit einer Punktzahl von 33 Punkten als niedrig eingestuft und bereits mit 34 Punkten, also nur mit einen Punkt Unterschied, bereits als mittel. Ein Vergleich der scharfen Beispielwerte in Tabelle 16 und 17 mit den Defuzzifizierungswerten aus 4.2.3.5 zeigt, dass beide Wertepaare in einer 9-Felder-Matrix (siehe Abbildung 13 in Kapitel 4.2.1.2) ein mittiges Ergebnis liefern würden. Mit der gewählten Definition der Fuzzy-Mengen und der weiteren Verfahren würden sich allerdings leicht unterschiedliche Werte ergeben. Danach wäre die strategische Beispielgeschäftseinheit bereits oberhalb der Risikolinie (Abbildung 13, 4.2.1.2) anzuordnen.

##### *Positionierung Marktattraktivität:*

konventionell = 51

Fuzzy = 55,4

##### *Positionierung Wettbewerbsvorteil:*

konventionell = 45

Fuzzy = 56,4

Das Fuzzy-Konzept baut allerdings auf die branchenspezifischen Kenntnisse der Experten auf, so dass die Einordnung im Praxisfall geprüft und ggf. neu eingestellt werden muss. Besonders in Randbereichen kann aber so eine bessere Strategiezuordnung erreicht werden.

In der Ausarbeitung eines Technologieportfoliokonzeptes aus der Dissertation von Berntsen auf Grundlage einer regelbasierten Fuzzy-Portfolio-Analyse von Werners, wird als Positionierungswert nicht unbedingt der Defuzzifizierungswert angesetzt, sondern eine Visualisierung mit Unschärfe aufgezeigt (siehe Abbildung 33). Damit lässt sich der Informationsverlust durch die Defuzzifizierung vermeiden.<sup>70</sup> Eine klare Auswertung im Sinne einer eindeutigen Strategiezuordnung wird hier allerdings erschwert.

---

<sup>70</sup> Vgl. Berntsen, G.: Dissertation - Ein wissensbasiertes Fuzzy-System zur Entscheidungsunterstützung innerhalb des Technologieführerklärungsprozesses, a.a.O, S. 191



Eine weitere Vorgehensweise stellt Hauke auf Basis von Fuzzy-Arithmetik vor. Hauke kritisiert den regelbasierten Ansatz von Werners ohne jedoch auf eine konkrete Gegenüberstellung einzugehen. Auch hier findet eine Bereichspositionierung mittels Rechtecken statt.<sup>71</sup>

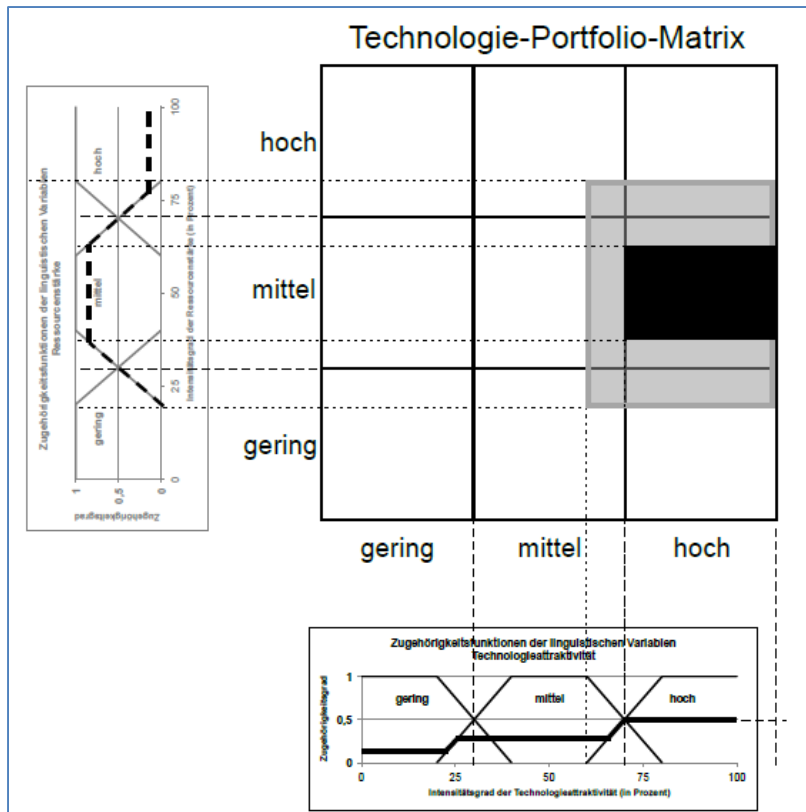


Abbildung 33: Bestimmung der Positionierung aus Dissertation Berntsen S. 191<sup>70</sup>

<sup>71</sup> Vgl. Hauke, W.: Fuzzy-Modelle in der Unternehmensplanung, 1. Aufl., Physica Verlag, 1998, S. 159-171

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde angestrebt das Anwendungspotential des wissensbasierten Fuzzy Logic – Ansatzes im Bereich Controlling zu ermitteln. Hierfür wurden drei Instrumente aus dem strategischen Controlling gewählt, die SWOT-Analyse und aus der Portfolioanalyse das Marktwachstums-Marktanteils-Portfolio und das Marktattraktivitäts-Wettbewerbs-Portfolio. Anhand dieser Instrumente wurde untersucht, ob die dort auftretende Unschärfe der Eingangsinformationen mit der Fuzzy Logic begegnet werden kann. Da bei allen drei gewählten Instrumenten eine Klassifizierung der Eingangsvariablen vorgenommen wird, fällt besonders an den Klassifikationsgrenzen ein positiver Effekt durch die Anwendung der Fuzzy Logic auf. Dieser Effekt beruht auf einer feineren Abstufung bei der Bewertung der Eingangsinformation im Vergleich zur klassischen Zuordnung. Durch diese Tatsache in Verbindung mit einem Regelwerk ermöglicht der wissensbasierte Fuzzy Logic-Ansatz eine bessere Abbildung menschlichen Denkens. Bei allen drei Instrumenten ist damit ein Potential gegeben. Da allerdings in den wissensbasierten Ansätzen, menschliche Erfahrungswerte zu Grunde liegen, bedarf es einer weiteren Untersuchung in der Unternehmenspraxis. Auch könnten der praktische Einsatz weiterer Fuzzy-Controllinginstrumente, welche akademisch herausgearbeitet wurden, in einer Studie geprüft werden. Als weitere Konzepte werden in der Literatur das Target Costing, die Kapitalwertmethode, die Szenarioanalyse, die Break-Even-Methode und einige weitere genannt.<sup>72</sup>

---

<sup>72</sup> Vgl. Biethahn; Hönerloh; Kuhl; Nissen.: Fuzzy Set Theorie in Betriebswirtschaftlichen Anwendungen, a.a.O und Vgl. Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, a.a.O.

**Literaturverzeichnis**

Alter, R.: Strategisches Controlling, 2. Auflage, Oldenbourg, 2013

von Altrock, C.: Fuzzy Logik, 2. Auflage, Oldenbourg Verlag, 1995

Barth, T.; Barth, D.: Controlling, 2. Aufl., Oldenbourg Verlag, 2008

Becker, W.; Baltzer, B.: Controlling: Eine instrumentelle Perspektive, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, 2009

Berntsen, G.: Dissertation - Ein wissensbasiertes Fuzzy-System zur Entscheidungsunterstützung innerhalb des Technologiefrühaufklärungsprozesses, TU-Cottbus, 2015, S. 181-191

Biethahn, J. et al.: Fuzzy Set Theorie in Betriebswirtschaftlichen Anwendungen, 1. Aufl., Vahlen, 1997

Böhme, G.: Fuzzy Logik, 1. Aufl., Springer Verlag, 1993

Bothe, H.: Fuzzy Logic, 2. Aufl., Springer, 1995

Bramsemann, R.: Handbuch Controlling: Methoden und Techniken, 3. Aufl., Hanser Verlag, 1993

Dorokhov, O.; Malyarets, L.: Fuzzy model for Swot-analysis of pharmaceutical enterprise's functioning. In: Economics of Development, Kharkiv National University of Economics (62/2012), S. 87-93

Frank, H.: Fuzzy Methoden in der Wirtschaftsmathematik, 1. Auflage, Vieweg, 2002

Gelbrich, K.; Wünschmann, S.; Müller, S.: Erfolgsfaktoren des Marketing, 1. Auflage, Vahlen, 2008

Ghazinoory, S.; Zadeh, A.E., Memariani, A.: Fuzzy SWOT analysis. In: Journal of Intelligent & Fuzzy Systems (18/2007), S. 99 -108

Hauke, W.: Fuzzy-Modelle in der Unternehmensplanung, 1. Aufl., Physica Verlag, 1998

Jackson, J.H.: The Comptroller: His Funktions and Organization, Harvard U. Press, 1949

Jünemann, R; Beyer, A.: Steuerung von Materialfluss- und Logistiksystemen , 2. Auflage, Springer Verlag, 1998

Jung, H.: Controlling, 2. Aufl., Oldenbourg, 2007

Kuhl, J.: Angepasste Fuzzy-Regelungssysteme, 1. Aufl., Unitext-Göttingen, 1996, S. 141

Mißler-Behr, M.: Fuzzybasierte Controllinginstrumente, 1. Aufl., Spinger, 2001

Ossadnik, W.: Controlling, 4. Aufl., Oldenbourg, 2009

Peemöller, V.: Controlling, 5. Aufl., NWB Verlag, 2005

Pesic, D. et al.: Fuzzification of the „TOWS“ Strategic Concept: A Case Study oft he Magneti Marelli Branch in the Serbian Automotive Industrie. In: South African Journal of Industrial Engineering (August 2015), S. 203-217

Piontek, J.: Controlling, 3. Aufl., Oldenbourg Verlag, 2005

Reichmann, T.: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten., 6. Aufl., Vahlen, 2005

Rommelfanger, H.: Fuzzy Decision Support-Systeme, 2. Aufl.,Springer Verlag, 1994

Schneider, D.:Einführung in das Technologie Marketing, 1. Aufl., Oldenbourg, 2002

Thomas, O.: Fuzzy Prozess Engineering, 1. Aufl., Gabler, 2009

Tietze, J.: Einführung in die angewandte Wirtschaftsmathematik, 14. Aufl., Vieweg+Teubner, 2008

Traeger, D.H.: Einführung in die Fuzzy-Logik , 2. Aufl., Teubner Verlag, 1994

VDI/VDE 3550 Blatt 2, Fuzzy Logik und Fuzzy Control – Begriffe und Definitionen, Oktober 2002

Vollmuth, H.: Controlling-Instrumente von A-Z, 7. Aufl., Haufe-Lexware, 2008

Werners, B.: Unterstützung der strategischen Technologieplanung durch wissensbasierte Systeme, 1. Auflage, Augustinus Buchhandlung, 1993

Zadeh, L.A.: Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Systems –Selectet Papers, World Scientific, 6. Aufl., 1996

Zadeh, L.A.: The Concept of a Linguistic Variable and ist Application to Approximate Reasoning. In: Information Sciences 8 (1975), S. 199-249

Zadeh, L.A.: Fuzzy Sets. In: Infomation and Control 8 (1965), S. 338-383

Zimmermann, H.J.: Neuro + Fuzzy –Technologien und Anwendungen, VDI Verlag, 1995

Zimmermann, H.J.: Prinzipien der Fuzzy Logic. In: Spectrum der Wissenschaft 3 (1993), S.90

VDI/VDE 3550 Blatt 2, Fuzzy Logik und Fuzzy Control – Begriffe und Definitionen, Oktober 2002

**Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass die Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt wurde und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen verwendet wurden.

Forchheim, 24.03.2016, Doreen Bradler