

Ewa J. Dönitz

**Effizientere Szenariotechnik durch teilautomatische
Generierung von Konsistenzmatrizen**

GABLER EDITION WISSENSCHAFT

Forschungs-/Entwicklungs-/Innovations- Management

Herausgegeben von

Professor Dr. Hans Dietmar Bürgel (em.)

Universität Stuttgart

Professorin Dr. Diana Grosse, vorm. de Pay

Technische Universität Bergakademie Freiberg

Professor Dr. Cornelius Herstatt

Technische Universität Hamburg-Harburg

Professor Dr. Hans Koller

Universität der Bundeswehr Hamburg

Professor Dr. Martin G. Möhrle

Universität Bremen

Die Reihe stellt aus integrierter Sicht von Betriebswirtschaft und Technik Arbeitsergebnisse auf den Gebieten Forschung, Entwicklung und Innovation vor. Die einzelnen Beiträge sollen dem wissenschaftlichen Fortschritt dienen und die Forderungen der Praxis auf Umsetzbarkeit erfüllen.

Ewa J. Dönitz

Effizientere Szenariotechnik durch teilautomatische Generierung von Konsistenzmatrizen

Empirie, Konzeption, Fuzzy- und
Neuro-Fuzzy-Ansätze

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Martin G. Möhrle

GABLER EDITION WISSENSCHAFT

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Dissertation Universität Bremen, 2008

1. Auflage 2009

Alle Rechte vorbehalten

© Gabler | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009

Lektorat: Frauke Schindler / Sabine Schöller

Gabler ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.duv.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: Regine Zimmer, Dipl.-Designerin, Frankfurt/Main

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8349-1668-6

Geleitwort

Ein wesentliches Feld eines professionellen Technologie- und Innovationsmanagements liegt in der Erforschung dessen, was die Zukunft bringen könnte, in all ihren Farben, in all ihren Schattierungen. Die Kenntnis von der Zukunft (oder besser: den möglichen Zukünften) hilft all den Verantwortlichen in Unternehmen und anderen Institutionen dabei, Technologien zielgerichtet auszuwählen und zu entwickeln sowie solche Produkte und Dienstleistungen zu erdenken und zu gestalten, die eine Chance auf Erfolg versprechen.

Unter den vielfältigen Techniken, die zur Vorhersage der Zukunft dienen, ragt die *Szenariotechnik* hervor. Nicht nur, dass sie als erste Technik auf eine *Vielzahl* von zukünftigen Situationen abstellt und damit den Glauben an die eine, *einzig*e, vorher-sagbare Zukunft zu Recht zerstört. Nicht nur, dass sie eine in vielfältiger Weise erprobte Vorgehensweise bereitstellt, die die Gestaltung von Szenarien nachvollziehbar machen lässt: Die Szenariotechnik hat auch eine eigene *Gestaltungsidee* entwickelt, wie man Projektionen (im Sinne punktueller Vorhersagen) verschiedener Größen miteinander in Verbindung bringen kann, indem man paarweise deren Stimmigkeit ermittelt und dies zur Grundlage für unterschiedliche Szenarien macht.

Gerade bei dem letzten Punkt entsteht aber auch ein oft beträchtlicher Aufwand, der zu einer Barriere bei der Verwendung der Szenariotechnik führt: das Schätzen der Elemente einer zumeist umfangreichen Matrix mit Stimmigkeitswerten (Konsistenzen). Hier setzt Frau Dr. Dönitz mit ihrer Arbeit an und spannt einen Bogen von den Grundlagen der Szenariotechnik, der empirischen Auswertung zahlreicher Konsistenzmatrizen bis zur Konzeption und Erprobung eines Werkzeugs zur teilautomatischen Ausfüllung solcher Konsistenzmatrizen („Consistency Accelerator“).

Frau Dr. Dönitz gibt damit Impulse für Anwender der Szenariotechnik im Unternehmen, für Beratungshäuser, die auf diesem Gebiet arbeiten, und für Wissenschaftler sowohl im Technologie- und Innovations- als auch im Strategischen Management.

- Den Anwendern der Szenariotechnik gibt die Arbeit zunächst die Hoffnung auf die Reduktion einer Barriere beim Verwenden der Szenariotechnik. Sie zeigt, an welchen Punkten und auf welche Weise sich der Aufwand vermindern lässt.
- Beratungshäusern öffnet die vorliegende Arbeit einen Weg, softwaretechnische Lösungen um ein Modul zur teilautomatischen Ausfüllung von Konsistenzmatrizen zu erweitern und den Beratungsprozess umzugestalten.

- Wissenschaftler finden schließlich in der Arbeit erstmalig eine empirische Erschließung von Konsistenzmatrizen und den Verteilungsfunktionen ihrer Wertekonstellationen. Dies war für den vorgestellten Consistency Accelerator wichtig, bietet aber auch für weiterführende Forschungen eine zentrale Grundlage.

Ich wünsche dem Buch eine gute Verbreitung, vor allem aber seinen Lesern einen hohen Nutzen.

Prof. Dr. Martin G. Möhrle

Direktor des Instituts für
Projektmanagement und Innovation
Universität Bremen

Vorwort

Zum Gelingen der vorliegenden Arbeit haben zahlreiche Personen erheblichen Beitrag geleistet. Daher möchte ich auf diesem Wege allen Beteiligten aus meinem beruflichen und privaten Umfeld recht herzlich danken.

Zunächst bedanke ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Martin G. Möhrle, der mich als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Innovation und Kompetenztransfer der Universität Bremen aufnahm. Er führte mich an mein Dissertationsthema heran, lehrte mich wissenschaftlich zu arbeiten, stand mir mit seinem Wissen im Technologie- und Innovationsmanagement zur Seite, unterstützte mich fachlich und menschlich. Ich danke ihm für sein Vertrauen, für die wertvollen Anregungen, aber auch für die mir gewährte Freiheit bei der Erstellung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Horst Geschka danke ich sehr herzlich für sein Interesse an meiner Arbeit und Hilfe bei der Datenbeschaffung im Rahmen der empirischen Untersuchung. Es war mir eine Ehre, den Vater der Szenariotechnik als Gutachter meiner Arbeit zu gewinnen.

Ein großer Dank gilt den ehemaligen und aktuellen Mitgliedern des Lehrstuhls, die mich während der Erstellung der Doktorarbeit in vielfältiger Weise unterstützt, motiviert und entlastet haben:

Für die Unterstützung während meiner Einarbeitung, hilfreiche Diskussionen und ein offenes Ohr auch in privaten Angelegenheiten bedanke ich mich bei Dr. Anja Dreßler, Dr. Wulf-Dieter Spilgies und Dr. Sandra Müller. Für das sorgfältige Korrekturlesen des Manuskripts und angenehme Gespräche danke ich Dorit Lafferenz. Für das Korrekturlesen und die aufmunternden Worte danke ich Dipl.-Verw.-Wiss. Uwe Gundrum. Für die konstruktiven Anmerkungen zu den von mir entwickelten mathematischen Formeln sei Herrn Dr. Lothar Walter recht herzlich gedankt.

Mein großer Dank gebührt Dr. Diana Zühlsdorff, die über Jahre mit mir ein Büro geteilt hat, für zahlreiche Diskussionen über die Szenariotechnik und über die Zukunft, für den freundschaftlichen Kontakt, stetige Ermutigung und hilfreiche Kritik. Ich danke ihr für die angenehme Atmosphäre, die sich förderlich nicht nur auf mein wissenschaftliches Arbeiten auswirkte.

Ganz herzlichen Dank möchte ich Dipl.-Ing. (FH) Jens Potthast für seine vielseitige Mitwirkung an meiner Doktorarbeit aussprechen: für die Programmierung des Consistency Accelerators, seine Ideen und Ratschläge, die Geduld beim Lösen meiner Computerprobleme sowie für die wertvollen fachlichen und privaten Gespräche. Dank ihm war die Erstellung der Arbeit in der vorliegenden Form möglich.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie: Meinem Mann Thomas Dönitz für den Glauben an mich, seine Geduld, ständige Motivation und allseitige Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit, und unserer Tochter Lisa für ihr liebevolles Wesen.

Bärbel und Michael Müller danke ich dafür, dass sie mich in ihre Familie aufnahmen und in den letzten Jahren immer für mich da waren.

Nicht zuletzt bedanke ich mich sehr herzlich bei meinen Eltern Janina und Bolesław Mozolewski für ihre Unterstützung und stetige Förderung meiner Vorhaben. Ohne sie wäre die Doktorarbeit nicht möglich gewesen.

Ewa J. Dönitz

Inhaltsübersicht

1	Effizienzsteigerung in der Szenariotechnik	1
2	Was ist die Szenariotechnik?	6
2.1	Aufbau einer Szenariotechnik	9
2.2	Algorithmische Verfahren zur Konstruktion von Rohszenarien	24
2.3	Die Szenariotechnik als Element der strategischen Planung	36
3	Erzeugung von Fuzzy-Systemen.....	45
3.1	Fuzzy-Grundlagen	48
3.2	Optimierung eines Fuzzy-Systems mit Künstlichen Neuronalen Netzen	62
3.3	Bestehende Ansätze fuzzybasierter Szenarienerstellung.....	66
4	Empirische Studie zur Analyse bestehender Konsistenzmatrizen	80
4.1	Schritt 1: Datenerhebung und Standardisierung der Fälle	82
4.2	Schritt 2: Datenanalyse	90
4.3	Schritt 3: Ableitung von Konsequenzen für das Fuzzy-Regelsystem	110
4.4	Schritt 4: Diskussion des eigenen Vorgehens	120
5	Konzeption des Consistency Accelerators	123
5.1	Grundkonzeption des Consistency Accelerators	125
5.2	Prüfgrößen zur Güteanalyse der Ergebnisse	154
5.3	Ermittlung der Ausgangseinstellung für den Consistency Accelerator.....	161
5.4	Qualitative Bewertung der für die Ausgangseinstellung erreichten Prüfgrößen	169
6	Optimierung und Weiterentwicklung des Consistency Accelerators	178
6.1	Möglichkeiten zur Optimierung des Consistency Accelerators	179
6.2	Ergebnisse der Modellexperimente im Vergleich	224
7	Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick	242
7.1	Zentrale Untersuchungsergebnisse	242
7.2	Kritische Würdigung der Arbeit	243
7.3	Bedeutung für die Forschung	247
7.4	Bedeutung für die Praxis	249

4	Empirische Studie zur Analyse bestehender Konsistenzmatrizen	80
4.1	Schritt 1: Datenerhebung und Standardisierung der Fälle	82
4.1.1	Datenmaterial und Datenquellen.....	82
4.1.2	Standardisierung der Konsistenzmatrizen	88
4.2	Schritt 2: Datenanalyse.....	90
4.2.1	Clusteranalyse zur Entdeckung und Begründung der Fallunterschiede.....	91
4.2.1.1	Clusteranalyse mit den Dreiecksbeziehungen zwischen den Annahmen .	95
4.2.1.2	Betrachtung der Vierecksbeziehungen zwischen den Annahmen.....	99
4.2.2	Diskriminanzanalyse zur Bestimmung clusterspezifischer Fallunterschiede.....	105
4.3	Schritt 3: Ableitung von Konsequenzen für das Fuzzy-Regelsystem	110
4.3.1	Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse der Datenanalyse.....	110
4.3.2	Empfehlungen zur Regelbildung	113
4.3.2.1	Regeldefinition unter Berücksichtigung von Dreiecksbeziehungen	114
4.3.2.2	Regeldefinition unter Berücksichtigung von Vierecksbeziehungen	117
4.4	Schritt 4: Diskussion des eigenen Vorgehens	120
5	Konzeption des Consistency Accelerators	123
5.1	Grundkonzeption des Consistency Accelerators	125
5.1.1	Schritt 1: Bildung des Fuzzy-Systems zur Umsetzung der Ergebnisse der empirischen Studie.....	125
5.1.1.1	Definition des Fuzzy-Systems unter Berücksichtigung von Dreiecksbeziehungen.....	127
5.1.1.2	Definition des Fuzzy-Systems unter Berücksichtigung von Vierecksbeziehungen	132
5.1.2	Schritt 2: Ausfüllungsalgorithmus zur Verknüpfung der Ergebnisse des Fuzzy-Systems	135
5.1.2.1	Verknüpfungs- und Auswahlverfahren zur Bestimmung eines Konsistenzwertes.....	136
5.1.2.2	Bestimmung der auszufüllenden Felder in der Konsistenzmatrix	147
5.2	Prüfgrößen zur Güteanalyse der Ergebnisse	154
5.2.1	Berechnungsweg und Interpretation der Übereinstimmungsquote.....	154
5.2.2	Berechnungswege und Interpretation der Stress-Indizes	157
5.3	Ermittlung der Ausgangseinstellung für den Consistency Accelerator.....	161
5.3.1	Ermittlung der Ausgangseinstellung für die Parameter des Consistency Accelerators bezogen auf Dreiecksbeziehungen.....	162
5.3.2	Ermittlung der Ausgangseinstellung für die Parameter des Consistency Accelerators bezogen auf Vierecksbeziehungen	167
5.4	Qualitative Bewertung der für die Ausgangseinstellung erreichten Prüfgrößen	169
5.4.1	Einsatz des Zufallsgenerators zur Bewertung des Consistency Accelerators.....	170
5.4.2	Reliabilitätsprüfung zur Bewertung des Consistency Accelerators.....	172
5.4.3	Der Consistency Accelerator als ein interaktives System.....	174

6	Optimierung und Weiterentwicklung des Consistency Accelerators	178
6.1	Möglichkeiten zur Optimierung des Consistency Accelerators	179
6.1.1	Optimierungsvorschlag 1: Feineinstellung des Regelgewichts durch Einführung von Plausibilitätsgraden	180
6.1.2	Optimierungsvorschlag 2: Modifikation der linguistischen Variablen	185
6.1.3	Optimierungsvorschlag 3: Einsatz eines Neuro-Fuzzy-Moduls	197
6.1.3.1	Entwicklungsschritte eines adaptiven Neuro-Fuzzy-Systems	198
6.1.3.2	Struktur des Fuzzy-Systems im Consistency Accelerator nach dem Neuro-Training	201
6.1.3.3	Berechnung der Prüfgrößen für den mit Neuro-Fuzzy optimierten Consistency Accelerator	211
6.1.4	Optimierungsvorschlag 4: Zusammenfassung der Konsistenzwerte zu Gruppen ..	217
6.2	Ergebnisse der Modellexperimente im Vergleich	224
6.2.1	Zusammenfassung der Ergebnisse vorgeschlagener Optimierungsalternativen ..	225
6.2.2	Ermittlung der endgültigen Parametereinstellung des Consistency Accelerators ..	227
6.2.3	Qualitative Bewertung des Consistency Accelerators	231
6.2.3.1	Einsatz des Zufallsgenerators zur Bewertung der Grundeinstellung	231
6.2.3.2	Reliabilitätsprüfung zur Bewertung der Grundeinstellung	232
6.2.3.3	Möglichkeiten der Ergebnisverbsserung durch die Erhöhung des Ausfüllungsgrades	235
6.2.3.4	Erprobung des Consistency Accelerators in einer empirischen Studie ..	237
7	Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick	242
7.1	Zentrale Untersuchungsergebnisse	242
7.2	Kritische Würdigung der Arbeit	243
7.3	Bedeutung für die Forschung	247
7.4	Bedeutung für die Praxis	249
	Glossar	251
	Literaturverzeichnis	261

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Übersicht über die Inhalte der Arbeit.....	5
Abbildung 2-1:	Szenarien im Feld aus Komplexität und Unsicherheit.....	7
Abbildung 2-2:	Die acht Schritte der Szenariotechnik.....	9
Abbildung 2-3:	Wirkungsdiagramm mit den wechselseitigen Beziehungen zwischen den Umfeldern.....	13
Abbildung 2-4:	Ausschnitt aus der Konsistenzmatrix für das Microfab-Beispiel für das Umfeld Technologie.....	17
Abbildung 2-5:	Mögliche Abhängigkeiten zwischen den Deskriptoren.....	35
Abbildung 2-6:	Anwendungsfelder der Szenariotechnik in der strategischen Unternehmensplanung.....	39
Abbildung 3-1:	Grundgedanke der Fuzzy-Logik.....	45
Abbildung 3-2:	Messungsbasierte and wahrnehmungsbasierte Information.....	49
Abbildung 3-3:	Klassische vs. unscharfe Menge „Patienten mit starkem Fieber“.....	50
Abbildung 3-4:	Mathematische Darstellung der unscharfen Menge „Patienten mit starkem Fieber“ mit Hilfe einer Zugehörigkeitsfunktion.....	51
Abbildung 3-5:	Typen der stückweise linearen Standard-Zugehörigkeitsfunktionen.....	53
Abbildung 3-6:	Terme und Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Eingangsvariablen „Dauer der Schmerzen“ und „Behandlungskosten“.....	54
Abbildung 3-7:	Terme und Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Ausgangsvariablen „Schmerzensgeld“.....	54
Abbildung 3-8:	Ermittlung der Zugehörigkeitsgrade der Messwerte zu den unscharfen Mengen „Dauer der Schmerzen“ und „Behandlungskosten“.....	55
Abbildung 3-9:	Regelblock zur Bemessung des Schmerzensgeldes.....	57
Abbildung 3-10:	Beispielhafte Auswirkung des UND-Operators auf die Schlussfolgerung im Dann-Teil der Regeln.....	57
Abbildung 3-11:	Beispielhafte Ermittlung der Ergebnisteilflächen unter Verwendung der Max-Min-Methode.....	58
Abbildung 3-12:	Ermittlung der Ergebnisteilflächen unter Verwendung der Max-Prod-Methode.....	59
Abbildung 3-13:	Steigerung der Leistungsfähigkeit der Fuzzy-Logik und der Neuronalen Netze in einem Neuro-Fuzzy-System.....	65
Abbildung 3-14:	Klassifikation der bestehenden Ansätze fuzzybasierter Szenarioerstellung.....	67
Abbildung 3-15:	Phasen der regelbasierten Szenarioanalyse.....	70
Abbildung 3-16:	Regelblock zur langfristigen Entwicklung des Rohölpreises.....	71
Abbildung 3-17:	Regelblock zur Beurteilung der Konsistenz eines Szenarios.....	72
Abbildung 3-18:	Wechselwirkungsgraph mit technologischem Einfluss und Zeitverzögerung.....	74
Abbildung 3-19:	Technological Impact Matrix und Time Delay Matrix mit direkten Einflüssen.....	74
Abbildung 3-20:	Cross-Impact-Matrix mit linguistischen Werten und mit Fuzzy-Werten.....	76
Abbildung 3-21:	Lambda-Zugehörigkeitsfunktion zur Darstellung der Fuzzy-Werte in der Cross-Impact-Matrix.....	77
Abbildung 4-1:	Design der empirischen Studie zur Gewinnung von Konsistenzmatrizen.....	80
Abbildung 4-2:	Standardisierung der Konsistenzwerte.....	89
Abbildung 4-3:	Datengrundlage für die Clusteranalyse.....	91
Abbildung 4-4:	Beispiel einer Dreiecksbeziehung in einer Konsistenzmatrix.....	95

Abbildung 4-5:	Dreiecksbeziehungen – Elbow-Kriterium zur Bestimmung der Clusteranzahl	97
Abbildung 4-6:	Dreiecksbeziehungen – Clusterspezifische Verteilungsfunktionen	98
Abbildung 4-7:	Beispiel einer Vierecksbeziehung in einer Konsistenzmatrix	100
Abbildung 4-8:	Einfache Beziehungen innerhalb einer Vierecksbeziehung	101
Abbildung 4-9:	Vierecksbeziehungen – Elbow-Kriterium zur Bestimmung der Clusteranzahl ..	103
Abbildung 4-10:	Vierecksbeziehungen – Clusterspezifische Verteilungsfunktionen	103
Abbildung 4-11:	Zuordnung der Konsistenzmatrizen zu den bestehenden Clustern anhand der berechneten Diskriminanzwerte	108
Abbildung 4-12:	Größe der Konsistenzmatrizen der jeweiligen Cluster unter Berücksichtigung der Dreiecksbeziehungen	111
Abbildung 4-13:	Größe der Konsistenzmatrizen der jeweiligen Cluster unter Berücksichtigung der Vierecksbeziehungen	111
Abbildung 4-14:	Metaregel unter Berücksichtigung von Dreiecksbeziehungen	115
Abbildung 4-15:	Individuelle Regel unter Berücksichtigung von Dreiecksbeziehungen	116
Abbildung 4-16:	Metaregel unter Berücksichtigung von Vierecksbeziehungen	117
Abbildung 4-17:	Individuelle Regel unter Berücksichtigung von Vierecksbeziehungen	119
Abbildung 5-1:	Vorgehensweise zur Konzeption des Consistency Accelerators	124
Abbildung 5-2:	Dreiecksbeziehungen – Das Fuzzy-System im Überblick	127
Abbildung 5-3:	Definition der Zugehörigkeitsfunktionen der Eingang- und Ausgangsvariablen	128
Abbildung 5-4:	Alternative Definition der Zugehörigkeitsfunktionen der Ausgangsvariable	128
Abbildung 5-5:	Ergebnis der statistischen Auswertung für eine Dreiecksbeziehung mit zwei gesetzten Konsistenzwerten von 1 und 1	130
Abbildung 5-6:	Dreiecksbeziehungen – Regelblock zur Ermittlung eines Konsistenzwertes für Cluster $Cl1_{3eck}$	130
Abbildung 5-7:	Dreiecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzyfizierung für Cluster $Cl1_{3eck}$	131
Abbildung 5-8:	Vierecksbeziehungen – Das Fuzzy-System im Überblick	132
Abbildung 5-9:	Ergebnis der statistischen Auswertung für eine Dreiecksbeziehung mit drei gesetzten Konsistenzwerten von 1, 1 und 1	134
Abbildung 5-10:	Vierecksbeziehungen – Ausschnitt eines Regelblocks zur Ermittlung eines Konsistenzwertes für Cluster $Cl1_{4eck}$	134
Abbildung 5-11:	Vierecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzyfizierung für Cluster $Cl1_{4eck}$	135
Abbildung 5-12:	Dreiecksbeziehungen: Beispielmatrix zur Bestimmung eines Konsistenzwertes	137
Abbildung 5-13:	Dreiecksbeziehungen zur Bestimmung des Konsistenzwertes zwischen den Annahmen A_{1B} und A_{2B}	138
Abbildung 5-14:	Vierecksbeziehungen: Beispielmatrix zur Bestimmung eines Konsistenzwertes	138
Abbildung 5-15:	Vierecksbeziehungen zur Bestimmung des Konsistenzwertes zwischen den Annahmen A_{1B} und A_{2B}	139
Abbildung 5-16:	Rundungsschemata für die Konsistenzwerte	139
Abbildung 5-17:	Dreiecksbeziehungen, $Cl1_{3eck}$ – Ergebnisse des Verfahrens Q0 für die Beispielmatrix (vor der Rundung)	140
Abbildung 5-18:	Dreiecksbeziehungen, $Cl1_{3eck}$ – Ergebnisse des Verfahrens Q0 für die Beispielmatrix (nach der Rundung)	141
Abbildung 5-19:	Vierecksbeziehungen, $Cl1_{4eck}$ – Ergebnisse des Verfahrens Q0 für die Beispielmatrix (nach der Rundung)	141

Abbildung 5-20:	Dreiecksbeziehungen – Bestimmung der Gütewerte beim Verfahren Q1 am Beispiel des Clusters $Cl1_{3eck}$	143
Abbildung 5-21:	Vierecksbeziehungen – Bestimmung der Gütewerte beim Verfahren Q1 am Beispiel des Clusters $Cl1_{4eck}$	144
Abbildung 5-22:	Dreiecksbeziehungen – Ergebnisse des Verfahrens Q1 für die Beispielmatrix am Beispiel des Clusters $Cl1_{3eck}$	145
Abbildung 5-23:	Vierecksbeziehungen – Ergebnisse des Verfahrens Q1 für die Beispielmatrix am Beispiel des Clusters $Cl1_{4eck}$	145
Abbildung 5-24:	Vierecksbeziehungen – Ergebnisse des Verfahrens Q2 für die Beispielmatrix am Beispiel des Clusters $Cl1_{4eck}$	146
Abbildung 5-25:	Dreiecksbeziehungen - Beispiele für das Vorgehen bei Bestimmung der Anfangsfelder einer Konsistenzmatrix.....	150
Abbildung 5-26:	Dreiecksbeziehungen – Mindestausfüllungsgrad in Abhängigkeit von der Deskriptorenanzahl einer Konsistenzmatrix.....	151
Abbildung 5-27:	Ablaufschema zur Ausfüllung der Konsistenzmatrix.....	153
Abbildung 5-28:	Berechnungsbeispiel – empirisch gewonnene Konsistenzmatrix (vor Löschung der nicht fett unterlegten Felder).....	155
Abbildung 5-29:	Berechnungsbeispiel – teilautomatisch ausgefüllte Konsistenzmatrix.....	155
Abbildung 5-30:	Berechnungsbeispiel – Verteilung der empirischen und berechneten Konsistenzwerte.....	157
Abbildung 5-31:	Dreiecksbeziehungen – Übereinstimmungsquoten der Parametereinstellung 03-Q3-RB für Cluster $Cl1_{3eck}$	166
Abbildung 5-32:	Dreiecksbeziehungen – Übereinstimmungsquoten der Parametereinstellung 03-Q1-RB für Cluster $Cl2_{3eck}$	166
Abbildung 5-33:	Vierecksbeziehungen – Übereinstimmungsquoten der Parametereinstellung 03-Q1-RB für Cluster $Cl1_{4eck}$	169
Abbildung 5-34:	Vierecksbeziehungen – Übereinstimmungsquoten der Parametereinstellung 03-Q3-RB für Cluster $Cl2_{4eck}$	169
Abbildung 5-35:	Häufigkeitsverteilung für den Zufallsgenerator.....	171
Abbildung 5-36:	Auswirkung des Ausfüllungsgrades auf die Übereinstimmungsquote.....	176
Abbildung 5-37:	Auswirkung des Ausfüllungsgrades auf die Stress- Werte für die Dreiecksbeziehungen.....	176
Abbildung 5-38:	Auswirkung des Ausfüllungsgrades auf die Stress-Werte für die Vierecksbeziehungen.....	177
Abbildung 6-1:	Dreiecksbeziehungen – Ausschnitt eines gewichteten Regelblocks zur Ermittlung eines Konsistenzwertes für Cluster $Cl1_{3eck}$	181
Abbildung 6-2:	Dreiecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzifizierung nach der Feineinstellung des Regelgewichts für Cluster $Cl1_{3eck}$	182
Abbildung 6-3:	Definition der Zugehörigkeitsfunktionen der Eingangs- und Ausgangsvariablen nach Reduzierung der Anzahl der Terme.....	186
Abbildung 6-4:	Dreiecksbeziehungen – Regelblock zur Ermittlung eines Konsistenzwertes nach der Modifikation der Eingangsvariablen für Cluster $Cl1_{3ecks}$	187
Abbildung 6-5:	Dreiecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzifizierung nach Modifikation der Eingangsvariablen für Cluster $Cl1_{3eck}$	188
Abbildung 6-6:	Dreiecksbeziehungen – Regelblock zur Ermittlung eines Konsistenzwertes nach Modifikation der Ausgangsvariablen für Cluster $Cl1_{3ecks}$	189

Abbildung 6-7:	Dreiecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzifizierung nach Modifikation der Ausgangsvariablen für Cluster $Cl1_{3eck}$	190
Abbildung 6-8:	Dreiecksbeziehungen – Regelblock zur Ermittlung eines Konsistenzwertes nach Modifikation der Eingangs- und Ausgangsvariablen für Cluster $Cl1_{3ecks}$...	192
Abbildung 6-9:	Dreiecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzifizierung nach Modifikation der Eingangs- und Ausgangsvariablen für Cluster $Cl1_{3eck}$	192
Abbildung 6-10:	Dreiecksbeziehungen – Ausschnitt des Regelblocks zur Ermittlung eines Konsistenzwertes nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl1_{3ecks}$	203
Abbildung 6-11:	Dreiecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzifizierung nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl1_{3eck}$	204
Abbildung 6-12:	Dreiecksbeziehungen – Ausschnitt des Regelblocks zur Ermittlung eines Konsistenzwertes nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl2_{3ecks}$	205
Abbildung 6-13:	Dreiecksbeziehungen – Definition der Zugehörigkeitsfunktionen der Eingang- und Ausgangsvariablen nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl2_{3ecks}$	206
Abbildung 6-14:	Dreiecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzifizierung nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl2_{3eck}$	206
Abbildung 6-15:	Vierecksbeziehungen – Definition der Zugehörigkeitsfunktionen der Eingang- und Ausgangsvariablen nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl1_{4ecks}$	207
Abbildung 6-16:	Vierecksbeziehungen – Ausschnitt des Regelblocks zur Ermittlung eines Konsistenzwertes nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl1_{4ecks}$	208
Abbildung 6-17:	Vierecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzifizierung nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl1_{4eck}$	209
Abbildung 6-18:	Vierecksbeziehungen – Ausschnitt des Regelblocks zur Ermittlung eines Konsistenzwertes nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl2_{4ecks}$	210
Abbildung 6-19:	Vierecksbeziehungen – Ergebnisse der Defuzzifizierung nach dem Neuro-Training für Cluster $Cl2_{4eck}$	211
Abbildung 6-20:	Berechnungsbeispiel – Zusammenfassung der Konsistenzwerte zu Gruppen INK in einer teilautomatisch ausgefüllten Konsistenzmatrix.....	218
Abbildung 6-21:	Verteilung der Übereinstimmungsquoten nach der Optimierung mit dem Neuro-Fuzzy-Training unter Berücksichtigung der Vierecksbeziehungen	228
Abbildung 6-22:	Verteilung der Übereinstimmungsquoten nach der Zusammenfassung der Konsistenzwerte zu Gruppen unter Berücksichtigung der Dreiecksbeziehungen	229
Abbildung 6-23:	Vorgehensweise bei der Bearbeitung einer Konsistenzmatrix mit dem Consistency Accelerator.....	230
Abbildung 6-24:	Grundeinstellung – Häufigkeitsverteilung für den Zufallsgenerator	231
Abbildung 6-25:	Auswirkung des Ausfüllungsgrades auf die Übereinstimmungsquote für die Grundeinstellung des Consistency Accelerators.....	236
Abbildung 6-26:	Auswirkung des Ausfüllungsgrades auf die Stress-Werte im Cluster $Cl1_{4eck}$	236
Abbildung 6-27:	Auswirkung des Ausfüllungsgrades auf die Stress-Werte im Cluster $Cl2_{4eck}$	237

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Untersuchungsfeldfestlegung	10
Tabelle 2-2:	Identifizierung der Umfelder und Einflussfaktoren.....	12
Tabelle 2-3:	Wirkungsmatrix mit den wechselseitigen Beziehungen zwischen den Umfeldern	14
Tabelle 2-4:	Aufstellen von Deskriptoren und Zukunftsannahmen für das Umfeld Technologie	15
Tabelle 2-5:	Rohszenario 1.....	18
Tabelle 2-6:	Szenariointerpretation auf Basis des Rohszenarios 1.....	20
Tabelle 2-7:	Mögliche Trendbrüche für das Microfab-Beispiel.....	21
Tabelle 2-8:	Auswirkungsanalyse auf Basis des Szenarios 1.....	22
Tabelle 2-9:	Maßnahmenplanung auf Basis des Szenarios 1.....	23
Tabelle 2-10:	Vor- und Nachteile der Planung mit Szenarien	43
Tabelle 3-1:	Vergleich unterschiedlicher Defuzzifizierungs-Methoden.....	60
Tabelle 4-1:	Auflistung der Konsistenzmatrizen als Ergebnis von Literatur- und Internetrecherche.....	83
Tabelle 4-2:	Zusammenfassung der Ergebnisse der ersten Stufe der Szenarioworkshops	86
Tabelle 4-3:	Auflistung der Konsistenzmatrizen als Ergebnis der ersten Stufe der Szenarioworkshops	86
Tabelle 4-4:	Auflistung der Konsistenzmatrizen als Ergebnis der zweiten Stufe der Szenarioworkshops	88
Tabelle 4-5:	Varianten der Konsistenzbewertung.....	89
Tabelle 4-6:	Matrix für Dreiecksbeziehungen – Ergebnis der statistischen Auswertung der Beispielmatrix	96
Tabelle 4-7:	Clusterzugehörigkeit unter Berücksichtigung von Dreiecksbeziehungen	98
Tabelle 4-8:	Matrix für Vierecksbeziehungen – Ergebnis der statistischen Auswertung der Beispielmatrix	102
Tabelle 4-9:	Clusterzugehörigkeit unter Berücksichtigung von Vierecksbeziehungen.....	104
Tabelle 4-10:	Kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten	106
Tabelle 4-11:	Gruppen-Zentroide	107
Tabelle 4-12:	Klassifikationsmatrix zur Prüfung der Diskriminanzfunktion.....	107
Tabelle 4-13:	Gütemaße der Diskriminanzfunktionen	109
Tabelle 4-14:	Clusterspezifische Unterschiede in der Herkunft von Konsistenzmatrizen.....	112
Tabelle 4-15:	Matrizen für Dreiecksbeziehungen – Ergebnisse der statistischen Auswertung.....	115
Tabelle 4-16:	Vorgehen nach Metaregel – am Beispiel der Matrix für Dreiecksbeziehungen für Cluster $C1_{3eck}$	116
Tabelle 4-17:	Bestimmung des Plausibilitätsgrades für individuelle Regel – am Beispiel der Matrix für Dreiecksbeziehungen für Cluster $C1_{3eck}$	117
Tabelle 4-18:	Matrizen für Vierecksbeziehungen – Ergebnisse der statistischen Auswertung.....	118
Tabelle 4-19:	Vorgehen nach Metaregel – am Beispiel der Matrix für Vierecksbeziehungen für Cluster $C1_{4eck}$	119
Tabelle 4-20:	Bestimmung des Plausibilitätsgrades für individuelle Regel – am Beispiel der Matrix für Vierecksbeziehungen für Cluster $C1_{4eck}$	120

Tabelle 4-21:	Intercoder-Reliabilität zwischen den empirischen Konsistenzmatrizen.....	122
Tabelle 5-1:	Matrix für Dreiecksbeziehungen – Ergebnis der statistischen Auswertung für Cluster CI1 _{3eck} (in %)	129
Tabelle 5-2:	Matrix für Dreiecksbeziehungen – Ergebnis der statistischen Auswertung für Cluster CI1 _{4eck} (in %)	133
Tabelle 5-3:	Berechnungsbeispiel – Ermittlung der Übereinstimmungsquote	156
Tabelle 5-4:	Berechnungsbeispiel – Ermittlung der Stress-Indizes SI ₁ und SI ₂	159
Tabelle 5-5:	Richtwerte zur Beurteilung der Stress-Indizes SI ₁ und SI ₁	160
Tabelle 5-6:	Voreinstellung der Parameter des Consistency Accelerators	161
Tabelle 5-7:	Dreiecksbeziehungen – Rangfolge zur Bestimmung der Parametervoreinstellung für Cluster CI1 _{3eck}	163
Tabelle 5-8:	Dreiecksbeziehungen – Rangfolge zur Bestimmung der Parametervoreinstellung für Cluster CI2 _{3eck}	164
Tabelle 5-9:	Dreiecksbeziehungen – Zusammensetzung der durchschnittlichen Übereinstimmungsquote der Parametereinstellung 03-Q3-RB und 03-Q1-RB.....	165
Tabelle 5-10:	Vierecksbeziehungen – Rangfolge zur Bestimmung der Parametervoreinstellung für Cluster CI1 _{4eck}	167
Tabelle 5-11:	Vierecksbeziehungen – Rangfolge zur Bestimmung der Parametervoreinstellung für Cluster CI2 _{4eck}	168
Tabelle 5-12:	Vierecksbeziehungen – Zusammensetzung der durchschnittlichen Übereinstimmungsquote der Parameterkombinationen 03-Q1-RB und 03-Q3-RB.....	168
Tabelle 5-13:	Intercoder-Reliabilität zwischen den empirischen und teilautomatisch ausgefüllten Konsistenzmatrizen für die Ausgangseinstellung des Consistency Accelerators	172
Tabelle 6-1:	Ausgangseinstellungen des Consistency Accelerators und damit erreichte Ausgangsergebnisse	178
Tabelle 6-2:	Dreiecksbeziehungen – Rangliste zur Bestimmung der besten Parametereinstellung für Cluster CI1 _{3eck} nach der Feineinstellung des Regelgewichts.....	183
Tabelle 6-3:	Dreiecksbeziehungen – Rangliste zur Bestimmung der besten Parametereinstellung für Cluster CI2 _{3eck} nach der Feineinstellung des Regelgewichts.....	183
Tabelle 6-4:	Dreiecksbeziehungen – Clusterweiser Vergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Feinstellung des Regelgewichts.....	184
Tabelle 6-5:	Dreiecksbeziehungen – Gesamtvergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Feinstellung des Regelgewichts.....	185
Tabelle 6-6:	Matrix für Dreiecksbeziehungen nach der Modifikation der Eingangsvariablen – Ergebnis der statistischen Auswertung für Cluster CI1 _{3eck} (in %).....	188
Tabelle 6-7:	Matrix für Dreiecksbeziehungen nach Modifikation der Ausgangsvariablen – Ergebnis der statistischen Auswertung für Cluster CI1 _{3eck} (in %).....	190
Tabelle 6-8:	Matrix für Dreiecksbeziehungen nach Modifikation der Eingangs- und Ausgangsvariablen – Ergebnis der statistischen Auswertung für Cluster CI1 _{3eck} (in %).....	191

Tabelle 6-9:	Dreiecksbeziehungen – Mögliche Verbesserungsgrade nach der Modifikation der linguistischen Variablen	193
Tabelle 6-10:	Dreiecksbeziehungen – Clusterweiser Vergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Modifikation der Eingangsvariablen.....	194
Tabelle 6-11:	Dreiecksbeziehungen – Gesamtvergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Modifikation der Eingangsvariablen.....	195
Tabelle 6-12:	Vierecksbeziehungen – Mögliche Verbesserungsgrade nach der Modifikation der linguistischen Variablen	195
Tabelle 6-13:	Vierecksbeziehungen – Clusterweiser Vergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Modifikation der Eingangsvariablen.....	196
Tabelle 6-14:	Vierecksbeziehungen – Gesamtvergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Modifikation der Eingangsvariablen.....	196
Tabelle 6-15:	Struktur des Neuro-Fuzzy-Systems für die Clusterlösungen für Dreiecks- und Vierecksbeziehungen	202
Tabelle 6-16:	Dreiecksbeziehungen – Rangliste zur Bestimmung der besten Parametereinstellung für Cluster $Cl1_{3eck}$ nach dem Neuro-Training.....	212
Tabelle 6-17:	Dreiecksbeziehungen – Rangliste zur Bestimmung der besten Parametereinstellung für Cluster $Cl2_{3eck}$ nach dem Neuro-Training.....	212
Tabelle 6-18:	Dreiecksbeziehungen – Clusterweiser Vergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach dem Neuro-Training	213
Tabelle 6-19:	Dreiecksbeziehungen – Gesamtvergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach dem Neuro-Training	214
Tabelle 6-20:	Vierecksbeziehungen – Rangliste zur Bestimmung der besten Parametereinstellung für Cluster $Cl1_{4eck}$ nach dem Neuro-Fuzzy-Training.....	214
Tabelle 6-21:	Vierecksbeziehungen – Rangliste zur Bestimmung der besten Parametereinstellung für Cluster $Cl2_{4eck}$ nach dem Neuro-Training.....	215
Tabelle 6-22:	Vierecksbeziehungen – Clusterweiser Vergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach dem Neuro-Training	216
Tabelle 6-23:	Vierecksbeziehungen – Gesamtvergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach dem Neuro-Training	216
Tabelle 6-24:	Berechnungsbeispiel – Ermittlung der Übereinstimmungsquote nach der Zusammenfassung der Konsistenzwerte zu Gruppen I, N und K.....	219
Tabelle 6-25:	Berechnungsbeispiel – Ermittlung der Stress-Indizes SI_1 und SI_2 nach der Zusammenfassung der Konsistenzwerte zu Gruppen I, N und K.....	219
Tabelle 6-26:	Dreiecksbeziehungen – Clusterweiser Vergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Zusammenfassung der Konsistenzwerte zu den Gruppen I, N und K.....	221
Tabelle 6-27:	Dreiecksbeziehungen – Gesamtvergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Zusammenfassung der Konsistenzwerte zu den Gruppen I, N und K.....	222
Tabelle 6-28:	Vierecksbeziehungen – Clusterweiser Vergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Zusammenfassung der Konsistenzwerte zu den Gruppen I, N und K.....	223

Tabelle 6-29:	Vierecksbeziehungen – Gesamtvergleich der bestmöglichen Ausgangseinstellung und Parametereinstellung nach der Zusammenfassung der Konsistenzwerte zu den Gruppen I, N und K.....	224
Tabelle 6-30:	Ergebnisse der Optimierungsvorschläge und der Ausgangseinstellung der Clusterlösung im Vergleich.....	226
Tabelle 6-31:	Ergebnisse der Optimierungsvorschläge und der Ausgangseinstellung in der Gesamtbetrachtung im Vergleich.....	226
Tabelle 6-32:	Grundeinstellung der Parameter des Consistency Accelerators.....	229
Tabelle 6-33:	Intercoder-Reliabilität zwischen empirischen und teilautomatisch ausgefüllten Konsistenzmatrizen für die Grundeinstellung des Consistency Accelerators	233
Tabelle 6-34:	Intercoder-Reliabilität zwischen empirischen (zweite empirischen Studie) und teilautomatisch ausgefüllten Konsistenzmatrizen für die Grundeinstellung des Consistency Accelerators.....	234
Tabelle 6-35:	Auflistung der Konsistenzmatrizen als Ergebnis der zweiten empirischen Studie.....	238
Tabelle 6-36:	Prüfgrößen für die Konsistenzmatrizen der zweiten empirischen Studie.....	239
Tabelle 6-37:	Einsatz des Consistency Accelerators (Grundeinstellung) zur Bearbeitung der Konsistenzmatrizen der ersten und zweiten empirischen Studie im Gesamtvergleich.....	240

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
AR	Augmented Reality (erweiterte Realität)
BASIC	Batelle Scenario Inputs to Corporate Strategy
CAS	Computer Aided Scenarios
DL	Dienstleistung
DoS	Degree of Support (Plausibilitätsgrad)
EH	Einheiten
einschl.	einschließlich
et al.	et alii, et aliae bzw. et alia (und andere)
GF	Gewichtungsfaktor
HLB	Hybride Leistungsbündel
KM	Konsistenzmatrix (Konsistenzmatrizen)
KSIM	Kanes Simulation
KW	Konsistenzwert
kWh	Kilowattstunde
INKA	Integrierte Nutzeroberfläche zur Konsistenzmatrix-Analyse
IT	Information Technology
MDS	Multidimensionale Skalierung
MICMAC	Matrice d'Impacts Croisés – Multiplication Appliquée à un Classement
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
SAR	Sets of Assumption Ranking
SEE Tools	Systematic Enterprise Evaluation Tools
SPSS	Statistical Package of the Social Sciences bzw. Superior Performing Software System
TU	Technische Universität
VR	Virtual Reality (virtuelle Realität)
WWW	World Wide Web