Analyse und Bewertung von kollaborativen Produktionsnetzwerken durch Szenario-Simulation am Beispiel von Industrial Clustern

Vom Fachbereich Produktionstechnik

der

UNIVERSITÄT BREMEN

zur Erlangung des Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften

– Dr.-Ing. –

genehmigte

DISSERTATION

von

Dipl.-Inform. Heiko Duin

Hauptreferent: Prof. Dr.-Ing. Klaus-Dieter Thoben

Korreferent: Prof. Dr. Martin G. Möhrle

Tag der mündlichen Prüfung: 21.2.2023

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH an der Universität Bremen. Hier bot sich mir die Möglichkeit über einen längeren Zeitraum die in der Arbeit behandelten Themen im Rahmen europäischer und nationaler Forschungsprojekte zu bearbeiten, mit Fachleuten aus der Forschung als auch aus der Praxis auf Fachkonferenzen zu diskutieren und letztendlich diese Dissertation zu erstellen.

Mein persönlicher Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus-Dieter Thoben, der es verstanden hat, meine Arbeit durch zahlreiche Ideen und Hinweise an vielen Stellen zu bereichern und sowohl fachlich als auch letztendlich zeitlich zu fokussieren. Er war mir vor diesem Hintergrund ein wichtiger Betreuer, der schließlich auch dafür sorgte, dass diese Arbeit einen gelungenen Abschluss gefunden hat. Ebenfalls möchte ich Herrn Prof. Dr. Martin G. Möhrle sehr danken, dass er kurzfristig als Korreferent zur Verfügung stand.

Auch möchte ich meinen Kollegen am BIBA für viele Diskussionen über meine Thematik und ihren konstruktiven Beiträgen danken. Insbesondere gilt meinen Dank Ingo Westphal, der mich bei der Vorbereitung und der Durchführung der Fallstudie in einem Luft- und Raumfahrtcluster unterstützt hat. Prof. Dr. Jens Eschenbächer und Prof. Dr.-Ing. Marcus Seifert danke ich für ihre reichhaltigen Kommentare und Einsichten im Bereich der vernetzten Organisationen und der strategischen Planung. Nicht zuletzt danke ich Dr.-Ing. Carl Hans für seine Unterstützung und der Teilnahme an der Fallstudie. Ebenfalls danke ich sehr herzlich allen weiteren Beteiligten der Fallstudie, die aus Gründen der Anonymisierung an dieser Stelle nicht explizit erwähnt werden können.

Die Erstellung einer Dissertation bringt stets Auswirkungen auf das private Umfeld mit sich. Daher möchte ich ganz besonders meiner Lebensgefährtin Margaretha Gröninger für ihre Zuwendung, stets vorhandene Geduld und tatkräftige Unterstützung bei den praktischen Dingen des Lebens danken. Sie hat mir stets den Rücken freigehalten und dadurch wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen. Schließlich danke ich meiner Familie und meinen Freunden, die insbesondere in der Schlussphase dieser Arbeit zu kurz gekommen sind.

Bremen, im März 2023 Heiko Duin

Zusammenfassung

Räumliche Konzentrationen von miteinander vernetzten Unternehmen und Institutionen entlang einer Wertschöpfungs- bzw. Produktionskette, stellen für Unternehmen und Regionen einen erheblichen Wettbewerbsvorteil dar und werden Industrial Cluster genannt. Der Clusterbegriff und die Förderung von Clustern sind bereits seit einigen Jahren im Fokus der nationalen und regionalen deutschen Wirtschaft und Politik und in der akademischen Forschung. Im Besonderen wird sich durch die Förderung von derartigen Produktionsclustern eine Steigerung der Produktivität, die Verbesserung der Innovationskraft sowie die Stimulation von Unternehmensgründungen mit starken Impulsen für Wachstum und Beschäftigung versprochen.

Bestimmten Netzwerken in solchen Clustern, insbesondere der Clusterinitiative, obliegt die Aufgabe der strategischen Planung in und für das Cluster. Ansätze für die strategische Planung in Einzelorganisationen, die meistens hierarchisch organisiert sind, sind bereits seit den 1960er Jahren im Fokus von Theorie und Praxis. Die Unterschiede in der strategischen Planung bzgl. vernetzter Organisationsstrukturen wurde jedoch erst in den letzten Jahren herausgearbeitet, insbesondere die verschiedenen Zielebenen auf Netzwerk- und auf Organisationsebene und der Prozess der Formulierung einer kollektiven Strategie. Hier stellt sich die Frage, ob das vorhandene Instrumentarium der strategischen Planung auch für die Entwicklung kollektiver Strategien im Rahmen von Organisationsnetzwerken brauchbar ist. Insbesondere die Familie der Szenario-Techniken bietet hier sehr gute Ansätze für die Strategiesuche und -entwicklung. Eine Analyse der Anforderungen an Planungswerkzeugen für die strategische Planung in vernetzten Organisationen zeigt, dass hier besondere Bedarfe und Ansprüche vorliegen.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine erweiterte und als Softwaresystem vom Autor implementierte Variante der dynamisch-kausalen Cross-Impact Analyse zur simulativen Generierung und Strukturierung von Szenarien im Rahmen einer Fallstudie in einem Luftfahrtcluster angewandt. Es wurde ein Vorgehen konzipiert, dass die Schritte der Cross-Impact-Modellentwicklung und -Nutzung in die Phasen der strategischen Planung integriert. Zur Umsetzung in der Fallstudie wurde ein Team verschiedener Clusterakteure eingeladen, in einem Strategieentwicklungsworkshop für das Cluster zu partizipieren. Die Ergebnisse der Strategieentwicklung und -bewertung zeigen den strategischen Handlungsspielraum des Clusters auf. Eine Evaluation der Methode durch Befragung der Teilnehmer hat ergeben, dass diese Methode für die Entwicklung kollektiver Strategien geeignet ist.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 1

1.1 Motivation ... 2

1.2 Problemstellung ... 3

1.3 Zielsetzung ... 6

1.4 Vorgehensweise ... 7

1.5 Aufbau der Arbeit ... 7

2 Strategische Planung in Produktionsclustern ... 9

2.1 Strategische Planung ... 10
2.1.1 Strategiebegriff ... 10
2.1.2 Ziele, Aufgaben und Prozess der strategischen Planung ... 12

2.2 Produktion in Clustern und Netzwerken ... 14
2.2.1 Kooperation und Kollaboration ... 15
2.2.2 Klassifizierung von Unternehmensnetzwerken ... 19
2.2.3 Industrial Cluster und Cluster-Modelle ... 21

2.3 Beispiele für Produktionscluster ... 37
2.3.1 OpTec Berlin-Brandenburg ... 37
2.3.2 Medical Valley EMN ... 39
2.3.3 AVIABELT Bremen ... 40

2.4 Herausforderungen an die strategische Planung in Produktionsclustern ... 41
2.4.1 Strategieebenen der Clusterstrategie ... 41
2.4.2 Zielebenen in Produktionsclustern ... 42
2.4.3 Prozesse der strategischen Planung in Produktionsclustern ... 43
2.4.4 Gegenstand der strategischen Planung in Clustern ... 43

2.5 Problemspezifikation ... 45

3 Stand der Technik in der strategischen Planung für Produktionscluster ... 47

3.1 Methoden der strategischen Planung für Produktionscluster ... 47

3.2 Stand der Technik bei den Szenario-Techniken ... 47
3.2.1 Phasen der Szenario-Technik ... 49
3.2.2 Explorative und normative Ansätze in der Szenario-Technik ... 50
3.2.3 Drei idealtypische Szenario-Techniken ... 51
3.2.4 Szenario-Technik nach dem Batelle-Ansatz ... 53

3.2.5 Szenario-Management nach Gausemeier et al. ... 55
3.2.6 Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis von Retropolation von Zukunftsszenarien nach Reymann ... 59

3.3 Vergleich der dargestellten Szenario-Methoden in Bezug auf ihrer Eignung ... 61

4 Konzept der Szenario-Simulation basierend auf einer erweiterten dynamisch-kausalen Cross-Impact Analyse ... 65

4.1 Anforderungen ... 65
4.1.1 Anforderungen aus der Anwendungssicht ... 65
4.1.2 Anforderungen aus methodischer Sicht ... 66

4.2 Cross-Impact Analyse (CIA) ... 67
4.2.1 Entwicklungen der CIA ... 68
4.2.2 Dynamisch-kausale Cross-Impact Analyse ... 71

4.3 Konzeption der erweiterten dynamisch-kausalen Cross-Impact Analyse ... 85
4.3.1 Erweitertes Ereignis-Konzept ... 85
4.3.2 Erweitertes Cross-Impact-Konzept ... 87
4.3.3 Ausdrucksvariablen ... 88
4.3.4 *R*-Raum-Transformation ... 89

4.4 SCENT – Scenario-Tree Management Methode ... 91
4.4.1 Objektorientierte Sichtweise ... 91
4.4.2 Szenario-Verwaltung im Simulationsmodell ... 92

4.5 Anwendung des Konzepts der Szenario-Simulation ... 97

4.6 Abdeckung der Anforderungen ... 98

5 Implementierung ... 101

5.1 Softwarearchitektur ... 101
5.1.1 Softwaretechnische Anforderungen und Implementierungsentscheidungen ... 101
5.1.2 Konzeptioneller Überblick ... 103
5.1.3 Multilinguale Benutzungsoberfläche ... 104
5.1.4 Hilfe ... 105

5.2 Das Kernsystem ... 105
5.2.1 Datenstrukturen ... 105
5.2.2 Simulationsalgorithmus ... 108

5.3 Datenspeicherung ... 110

5.4 Benutzungsoberfläche ... 110
5.4.1 Modell-Editor ... 115

5.4.2 Simulationssteuerung ... 121
5.4.3 Visualisierung der Ergebnisse ... 125
5.4.4 Analysewerkzeuge ... 127

6 Evaluierung ... 131

6.1 Einführung in die Fallstudie ... 131

6.2 Anwendung ... 132

6.3 Ergebnisse ... 136
6.3.1 Vision und Mission der Clusterinitiative ... 136
6.3.2 Strategische Ziele und SWOT-Analyse ... 139
6.3.3 Trendvariablen ... 139
6.3.4 Cross-Impact Matrix: Trends auf Trends ... 142
6.3.5 Strategische Alternativen ... 148
6.3.6 Maßnahmen ... 151
6.3.7 Cross-Impact Matrix: Aktionen auf Trends ... 152
6.3.8 Simulationsergebnisse ... 153

6.4 Befragung der Teilnehmer ... 160

7 Diskussion der Ergebnisse ... 171

7.1 Schlussfolgerungen aus der Fallstudie ... 171

7.2 Schlussfolgerungen aus der Befragung ... 174

7.3 Entwicklung des Luftfahrtclusters ... 175

7.4 Retrospektive Betrachtung des Cross-Impact-Modells ... 176
7.4.1 Apriori-Annahmen zu den Trendvariablen ... 176
7.4.2 Aktionsvariablen ... 177
7.4.3 Vorhandensein und Stärke von Wechselwirkungen ... 178
7.4.4 Simulationsergebnisse ... 179

8 Schlussbetrachtung ... 181

8.1 Zusammenfassung ... 181

8.2 Ausblick ... 182

9 Literaturverzeichnis ... 185

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur der Arbeit 8

Abbildung 2: Idealtypischer strategischer Planungsprozess (Weber 2005, S. 25)13

Abbildung 3: Untergliederung des Kooperationsbegriffs (nach Hess 2002)..... 15

Abbildung 4: Morphologie von Kooperationsbeziehungen (nach Engelbrecht 2000) 17

Abbildung 5: Matrix „gemeinsamer Anstrengungen“ (nach Camarinha-Matos und Afsarmanesh 2006, S. 30)..... 18

Abbildung 6: Eine Typologie interorganisationaler Netzwerke (Sydow 2006, S. 396) 21

Abbildung 7: Clustertypen (nach Markusen 1996, S. 297) 26

Abbildung 8: Clusterklassifikation (nach Romanelli und Khessina 2005, S. 350)27

Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Clusterpolitik, Clusterinitiative und Clusterakteuren (Kiehlmann 2014, S. 24) 28

Abbildung 10: Cluster-Lebenszyklus..... 29

Abbildung 11: Porters Diamantenmodell 31

Abbildung 12: Netzwerkstrategieebenen (Petry 2006, S. 47) 42

Abbildung 13: Zielebenen in Netzwerken (Wohlgemuth und Hess 2007, S. 29) 44

Abbildung 14: Szenario-Trichter (Geschka und Hammer 1992, S. 315) 48

Abbildung 15: Die fünf Phasen des Szenario-Managements (Gausemeier et al. 1996, S. 17)..... 55

Abbildung 16: Vorgehen bei der Szenariofeld-Analyse (nach Gausemeier et al. 1996, S. 218)..... 58

Abbildung 17: Diskretes Zeitmodell der kausalen Cross-Impact-Analyse 72

Abbildung 18: R-Raum-Transformation..... 74

Abbildung 19: Kosten-Intensitäts-Funktion..... 76

Abbildung 20: Cross-Impact-Matrix ... 77

Abbildung 21: Überlagerung von Trendvariablen mit *NOISE* ... 79

Abbildung 22: EBNF für Ausdrucksvariablen ... 89

Abbildung 23: Ableitung eines Szenarios ... 93

Abbildung 24: Beispielhafter Szenariobaum ... 95

Abbildung 25: Mögliche Szenariobäume in der Szenario-Simulation ... 97

Abbildung 26: Softwarearchitektur von JCrimp ... 104

Abbildung 27: Klassen des Pakets `javacrimp` ... 106

Abbildung 28: Histogramm von Simulationswerten einer Szene ... 109

Abbildung 29: Sub-Pakete von `ui` (Benutzungsoberfläche) ... 111

Abbildung 30: JCrimp Splash-Screen ... 112

Abbildung 31: Das Hauptfenster von JCrimp ... 113

Abbildung 32: Der Edit-Model-Dialog (Modellparameter-Editor) ... 115

Abbildung 33: Der Edit-Scenario-Dialog (Szenario-Editor) ... 116

Abbildung 34: Der Edit-Trend-Dialog (Trendvariablen-Editor) ... 117

Abbildung 35: Die Cross-Impact-Matrix in JCrimp ... 118

Abbildung 36: Der Edit-Impact-Dialog (Cross-Impact-Editor) ... 119

Abbildung 37: Das Modell in der Graph-Ansicht ... 120

Abbildung 38: Steuerung der Simulation über die Werkzeugleiste ... 121

Abbildung 39: Das Simulationscockpit ... 122

Abbildung 40: Statusanzeige während der Simulation ... 122

Abbildung 41: Der Edit-Chart-Dialog (Diagramm-Editor) ... 123

Abbildung 42: Diagrammtypen in JCrimp ... 125

Abbildung 43: Histogramm und Histogramm als Areal ... 126

Abbildung 44: Die Wirkungskettenanalyse 127

Abbildung 45: Der Rückkopplungsschleifendetektor..... 128

Abbildung 46: Das Aktiv- und Passivsummendiagramm..... 129

Abbildung 47: Das betrachtete Luft- und Raumfahrtcluster und die Cluster-Organisation als Netzwerk..... 132

Abbildung 48: Integration der Cross-Impact Analyse in den strategischen Planungsprozess (nach Duin und Thoben 2014, 382) 133

Abbildung 49: Abweichungen im paarweisen Vergleich (Trends auf Trends).. 145

Abbildung 50: Verteilung der abgeschätzten Cross-Impacts (Trends auf Trends)146

Abbildung 51: Aktiv-/Passivsummen-Diagramm in JCrimp..... 147

Abbildung 52: Abweichungen im paarweisen Vergleich (Aktionen auf Trends)150

Abbildung 53: Verteilung der abgeschätzten Cross-Impacts (Aktionen auf Trends) 151

Abbildung 54: Cross-Impact-Matrix des Modells in JCrimp 153

Abbildung 55: Trendvariable „Kooperation und Networking“ unter dem Einfluss der einzelnen Aktionen 155

Abbildung 56: Trendvariable „Kooperation und Networking“ unter dem Einfluss der Aktionsbündel..... 159

Abbildung 57: Erfolgsindikator 1 unter dem Einfluss der Aktion „Luftfahrtforum“ in verschiedenen Szenen 162

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kriterien zu Kooperation und Kollaboration (Theling und Loos 2004) 19

Tabelle 2: Industrielle Beispiele für Cluster 38

Tabelle 3: Überblick über drei idealtypische Szenariotechniken (nach Kosow et al. 2008, S. 57) 53

Tabelle 4: Vergleich von Szenario-Methoden 62

Tabelle 5: Aktuelle Literatur zur Cross-Impact Analyse 70

Tabelle 6: Abschätzung von Cross-Impact-Koeffizienten 78

Tabelle 7: Abdeckung der Anforderungen 99

Tabelle 8: Implementierungsentscheidungen zu JCrimp 102

Tabelle 9: Von `Variable` konkret abgeleitete Klassen 107

Tabelle 10: Verwendete Piktogramme in JCrimp 114

Tabelle 11: Berechnung der Wachstumsfunktionen im Trend-Editor 118

Tabelle 12: Variablenkomponenten und Diagrammtypen in JCrimp 124

Tabelle 13: Übersicht zu den acht Treffen im Rahmen des Workshops 136

Tabelle 14: Strategische Zielsetzungen aus Sicht der Clusterinitiative und der Mitglieder 137

Tabelle 15: Beispielhafte Ergebnisse der SWOT-Analyse 138

Tabelle 16: Dritter und endgültiger Trendvariablensatz 141

Tabelle 17: Indikatoren als Ausdrucksvariablen 142

Tabelle 18: Erweiterte Ansoff-Matrix nach Kotler (2012, S. 47) 149

Tabelle 19: Die 10 wichtigsten Maßnahmen 152

Tabelle 20: Mit JCrimp simulierte Szenarien 154

Tabelle 21: Bewertung der Wirksamkeit der einzelnen Aktionen..... 157

Tabelle 22: Aktionsbündel und Anzahl der Aktionen 158

Tabelle 23: Bewertung der Wirksamkeit der Aktionsbündel 161

Abkürzungsverzeichnis

API	(engl.: *Application Programming Interface*) Anwendungsprogrammierinterface
AC	(engl.: *Active Count*) Aktivhäufigkeit
AG	Arbeitsgemeinschaft
AS	Aktivsumme
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAUS	Business-As-Usual-Szenario
BRICS	Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
CAD	(engl.: *Computer Aided Design*) computerunterstützes Konstruieren
CAM	(engl.: *Computer Aided Manufacturing*) computerunterstütze Fertigung
CCIA	(engl.: *Causal Cross-Impact Ana*lysis) kausale Cross-Impact Analyse
CIA	(engl.: *Cross-Impact Analysis*) Cross-Impact Analyse
CIM	(engl.: *Computer Integrated Manufacturing*) computerintegrierte Fertigung
CNO	(engl. *Collaborative Networked Organization*) kooperative vernetzte Organisation
d. h.	das heißt
EACP	European Aerospace Cluster Partnership
EBNF	erweiterte Backus-Naur Form

EMN	europäische Metropolregion Nürnberg
engl.	Englisch
EPIC	European Photonics Industry Consortium
evtl.	eventuell
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwickung
HTML	engl.: *Hypertext Markup Language*
i. A.	im Allgemeinen
IFO	ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e. V.
IT	Informationstechnologie
IuK	Information und Kommunikation
Jcrimp	(engl.: *Java-based Causal Cross-Impact Analysis*) Name des im Rahmen dieser Dissertation entwickelten Softwaresystems
JDOM	engl.: *Java-based Document Object Model*
JFC	engl.: *Java Foundation Classes*
JRE	engl.: *Java Runtime Environment*
KMU	Kleines und mittleres Unternehmen
Mrd.	Milliarde
MVC	engl.: *Model View Controller*
NRO	Nichtregierungsorganisation
o. a.	oben angeführt
o. g.	oben genannt
OOP	Objektorientierte Programmierung

PC	(engl. *Passive Count*) Passivhäufigkeit
PS	Passivsumme
RSS	Röntgenstoff- und -strukturanalyse
SCENT	(engl. *Scenario Tree*) Name für eine Szenariostrukturierungsmethode
SGE	strategische Geschäftseinheit
SWOT	(engl. *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) Stärken, Schwächen, Möglichkeiten, Bedrohungen
TIA	(engl.: *Trend-Impact Analysis*) Trend-Impact Analyse
u. A.	unter Anderem
u. U.	unter Umständen
UML	engl.: *Unified Modelling Language*
VU	virtuelles Unternehmen
XML	engl.: *Extensible Mark-up Language*
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

In den 1990er wurde der Wandel von der CAD/CAM Technologie (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) zum CIM (Computer Integrated Manufacturing) vollzogen. Mit der Zunahme an Komplexität der eingesetzten Informationstechnologie (IT) wurden die Investitionskosten entsprechend größer, so dass die Frage nach effektiven Kosten-Nutzen-Analysen aufkam, wobei indirekte und langfristige Effekte berücksichtigt werden sollten. In Projekten wie das CBAT (Cost-Benefit Analysis Toolkit) oder CIMsim (Integrated Simulation for Economic and Technical Evaluation of CIM Implementation and Management for SMEs) wurde die von Helmer (1977, S. 14) eingeführte kausale Cross-Impact Analyse für derartige Evaluierungen eingesetzt.

Seit dem Siegeszug des Internets, des Internets der Dinge und dem Konzept Industrie 4.0 können nicht nur Rechnersysteme und damit verbundene Produktionsanlagen miteinander kommunizieren, vielmehr konnte sich auch die Organisationsform der Produktion dezentralisieren. Im Zuge der (Re-)Organisation globaler Supply-Chains traten auch das Konzept des *virtuellen Unternehmens* und das der *virtuellen Fabrik* bzw. des *Produktionsnetzwerks* auf.

Produktionsunternehmen agieren in der heutigen Zeit in einer diskontinuierlichen (Milberg und Schuh 2004) und turbulenten Umgebung (Grant 2003). Im Zuge dieser Entwicklung bezeichnen Wang und Ahmed (2003, S. 13) die Marktsituation für Unternehmen als dominiert von Hyper-Dynamik, Unsicherheit und Chaos. Firmen sind dabei konstant mit dem Produkt der Herausforderungen *intensivierter Wettbewerb* × *verstärkter Kundenmacht* × *verkürzte Produktlebenszyklen* konfrontiert. Im globalen Wettbewerb mit den aufstrebenden Industrienationen wie z. B. die BRICS-Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika) sehen sich europäische Produktionsunternehmen in ihren angestammten Absatzmärkten einem enormen Preis-Leistungs-Druck ausgesetzt. Gleichzeitig erschließen sich aber auch neue Absatzmöglichkeiten auf bisher unerreichbaren internationalen Märkten.

Gemäß dem Motto „think globally, act locally" traten seit Anfang der 2000er Jahre immer mehr die *Industrial Cluster* (bzw. kurz *Cluster*) in den Fokus der Forschung als auch der lokalen Wirtschaftsförderung. Cluster sind eine regionale Agglomeration von Unternehmen und Institutionen einer Branche. Haben diese Unternehmen entscheidende Funktionen in einer Wertschöpfungskette inne und unterhalten deren Akteure vielfältige Austausch- und Kommunikationsbeziehungen untereinander wird auch von einem *Produktionscluster* gesprochen (Krätke und Scheuplein 2001, S. 6). Die Akteure sind über Liefer- oder Wettbewerbsbeziehungen oder gemeinsame Interessen miteinander vernetzt. Eng verbunden mit der Existenz eines Clusters ist regionales Wirtschaftswachstum, Innovationsfähigkeit und daraus resultierende Wettbewerbsvorteile, die globale Ausmaße haben können.

Hier stellt sich nun die Frage, ob die Methode der kausalen Cross-Impact Analyse ebenfalls für derartige regionale vernetzte Organisationsformen sinnvoll einsetzbar ist.

1.1 Motivation

> Die produzierende *"Industrie ist heute dadurch gekennzeichnet, dass unter dem Eindruck eines immer globaleren Wettbewerbs und einer vorher in dem Ausmaß nicht bekannten Dynamik mehr und mehr Unternehmen Fertigungstiefen durch Verlagerungen ins Ausland oder Auslagerung immer größerer Umfänge auf Lieferanten systematisch reduzieren, respektive ehemals stolze Industrieunternehmen sogar ums Überleben kämpfen oder Tausende von Arbeitsplätzen abbauen müssen."* (Friedli 2006, S. 3)

Die Situation der globalisierten Märkte birgt jedoch auch Gefahren, wie die Finanz- und Bankenkrise 2008/2009 mit ihren Auswirkungen auf fast alle Branchen der Wirtschaft gezeigt hat. Diese Krise entstand durch die Überbewertung innovativer Finanzprodukte – den sogenannten Kreditverbriefungen – und führte zu weltweiten massiven Verlusten und Liquiditätsproblemen bei großen Bankhäusern (Neubäumer 2008). Dadurch wurden Unternehmen anderer Branchen ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen und mussten durch staatliche Hilfsmaßnahmen stabilisiert werden. 2009 wurde von der Bundesregierung eine Umweltprämie (umgangssprachlich: Abwrackprämie) für die Anschaffung eines Neu- oder Jahreswagens in der Gesamthöhe von fünf Mrd. Euro (2.500 Euro pro Wagen) aufgelegt (BAFA 2009), um Unternehmen der Automobilindustrie zu stützen.

Ein weiteres Beispiel ist die EU-Finanzkrise im Jahre 2010, auf deren Höhepunkt dem Staat Griechenland Zahlungsunfähigkeit drohte und an deren Ende die Gründung eines Rettungsschirms in der Höhe von 750 Mrd. Euro für die Rettung der Eurozone stand (Dullien und Schwarzer 2010, S. 513).

In diesem durch diskontinuierlichen und turbulenten Wandel geprägtem Umfeld eine langfristige Zukunftsplanung aufzubauen ist für Produktionsunternehmen keine einfache Aufgabe. Netzwerke innerhalb und zwischen Unternehmen haben sich mittlerweile nachhaltig als Grundlage für geschäftliche Beziehungen etabliert (Connell et al. 2014, S. 140). Unternehmen betreiben strategische Frühaufklärung (im engl. *corporate foresight*) und zielen darauf ab, durch die Identifikation und Analyse von schwachen Signalen im Umfeld des Unternehmens Diskontinuitäten, technologische Trends und Veränderungen im Marktumfeld frühzeitig zu erkennen. Dies dient der Vorbereitung von strategischen Entscheidungen, die das Unternehmen befähigen, rechtzeitig Chancen zu nutzen und auf Gefahren zu reagieren.

Aufgrund der Erkenntnis, dass die Zukunft prinzipiell nicht eindeutig prognostizierbar ist (z. B.Gausemeier et al. 2014, S. 57), wird mit Hilfe von *Szenario-*

Techniken versucht, mögliche zukünftige Entwicklungen des Unternehmensumfeldes zu antizipieren und die eigene Planung darauf auszurichten. Daraus ergibt sich das Erfordernis, dass strategische Entscheidungen und Planungen nicht auf einfachen Zukunftsbildern basieren dürfen, sondern alle wesentlichen Einflussgrößen in ihrer Komplexität und Dynamik identifiziert und die Vernetzungen zwischen den Variablen aus Systemsicht analysiert werden müssen.

Um eine optimale Vorbereitung für sich ergebende Markchancen langfristig zu erreichen, muss ein Cluster flexibel, mit entsprechender Marktausrichtung und vorausschauend agieren können, d. h. im Cluster muss ein strategisches Management mit entsprechender langfristiger Planung installiert sein, das sich unterstützender Methoden und Werkzeuge bedient.

1.2 Problemstellung

Die Mitgliedschaft in einer Cluster-Initiative bietet den Partnern eine Reihe von Vorteilen, vor allem die Möglichkeit sich zu vernetzen und damit verbunden das Knüpfen neuer Kontakte. Auf Informations- und Kommunikationsplattformen können Partner sich über Entwicklungen und Trends der jeweiligen Branchen austauschen. Bei der Durchführung von gemeinsamen Projekten gibt es Unterstützung z. B. bei der Suche geeigneter Projektpartner, Unterstützung beim Einwerben von Fördermitteln oder durch Beratung bei der Durchführung des Projekts. Weiterhin werden oft maßgeschneiderte Fortbildungsangebote angeboten. Veranstaltungen, die von Fachseminaren, Studienreisen und Erfahrungsaustauschrunden bis zu Workshops reichen, bieten den Mitgliedern der Clusterinitiative die Möglichkeit, sich spezifisches Know-how anzueignen. Die Unterstützung bei gemeinsamem Marketing und die gemeinsame Teilnahme an Messeauftritten kann den Zugang zu neuen Märkten erleichtern.

Cluster sind i. A. hierarchielos organisiert, was zu einer gewissen Eigendynamik im Netzwerk führt. In der Aufbauphase des Clusters werden neue Partner akquiriert; Partner, die keinen Sinn mehr in einer Partnerschaft sehen, verlassen das Cluster. Dadurch adaptiert sich das Kompetenzprofil eines Clusters kontinuierlich, bis es einen stabilen Zustand erreicht. In diesem Zusammenhang wird von einer *Evolution* des Clusters gesprochen (Boja 2011, S. 42). Diskontinuitäten können zu einem mehr oder weniger radikalen Umbau bis hin zur Auflösung des Clusters führen, die als *Renaissance* bezeichnet wird (Sölvell 2008, S. 61; Boja 2011, S. 42).

Grundlage des strategischen Managements ist das normative Management, in dem *„solche Entscheidungen zusammengefasst werden, die nicht durch übergeordnete Unternehmensentscheidungen sachlich begründet sind, sondern im Sinne einer Norm von den Trägern des Unternehmens vorgegeben werden“* (Hungenberg 2014, S. 25). Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um die Vision, Mission und die Ziele des Unternehmens. Jegliche zu entwickelnde Strategie hat sich daran aus-

zurichten. Während diese Zielsetzungen bei einem herkömmlichen Unternehmen als gegeben betrachtet werden können, müssen sie in einem Cluster im gemeinsamen Diskurs mit allen Partnern ermittelt werden, bevor die Gesamtstrategie des Clusters geplant und umgesetzt werden kann. Es gibt also zwei Ebenen von strategischen Zielen: (1) Die Zielsetzungen des Clusters und (2) die einzelnen strategischen Zielsetzungen der Partnerunternehmen. Zielsetzungen auf der zweiten Ebene haben das Potential nicht miteinander zu harmonieren oder gar gegensätzlich zu sein. Trotzdem muss die Strategie des Clusters eine gewisse Aussicht bieten, die eigenen Ziele durch die Cluster-Strategie ebenfalls oder besser zu erreichen, ansonsten wäre die Mitgliedschaft des betroffenen Partners nicht nur nutzlos, sondern evtl. sogar schädlich (für sich selbst und das Cluster).

Das strategische Management ist nach Hungenberg (2014, S. 10) in drei Phasen untergliedert: (1) strategische Analyse, (2) Strategieformulierung und Auswahl und (3) Strategieimplementierung, zu dem auch das strategische Controlling gehört. Während der ersten Phase im strategischen Management, der strategischen Analyse, werden die Einflussfaktoren, die die Zielerreichung beeinflussen können, in interne und externe Faktoren differenziert. Einige Faktoren sind aus Sicht des Clusters intern, während sie aus Sicht eines Partners extern sind. Bei einem größeren Netzwerk ist z. B. die Chance für einen bestimmten Partner an einem Projekt beteiligt zu werden, oft kleiner, wenn das entsprechende Kompetenzprofil mehrfach vorhanden ist (netzinterne Konkurrenz). Um jedoch erfolgreich sein zu können, muss das Cluster eine gewisse Größe haben (was sehr stark von der Branche und dem Produkt bzw. Dienstleistung abhängig ist).

Die Aufgabe des strategischen Managements in einem Cluster besteht darin, eine Netzwerkstrategie des Clusters in Bezug auf geeignete Markt-Produkt-Kombinationen zu planen, implementieren und zu überwachen. Die Implementierung der Strategie besteht aus der Umsetzung geeigneter Maßnahmen, die auf die Erreichung der identifizierten strategischen Ziele abzielen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Maßnahmen nicht die eigenen Mitglieder beeinträchtigen. Eine Anpassung oder Neuformulierung der Netzwerkstrategie ist in den Phasen der Konstitution und den Metamorphosen (Renaissance) angezeigt. Strategisches Management als Sekundärprozess in Clustern bzw. Unternehmensnetzwerken innerhalb von Clustern wird in der wissenschaftlichen Literatur – im Gegensatz zu den primär operativen Prozessen – wenig beachtet. Ausnahmen sind z. B. Wohlgemuth und Hess (2007), Sydow (2001), Sturm et al. (2004), Sturm et al. (2005),Weber (2005), Duin (2007b, 2008) und Duin et al (2009; 2014).

Das umfangreiche methodische Feld der Szenario-Techniken ist stark unstrukturiert, so dass Bradfield et al. von einem „methodischem Chaos“ sprechen (Bradfield et al. 2005, S. 800). Varum und Melo bestätigen diesen Eindruck in ihrer Literaturanalyse zum Thema *Scenario Planning* (Varum und Melo 2010, S. 364). Trotzdem gibt es Versuche, Szenario-Techniken zu kategorisieren. Börjeson et al.

(2006, S. 725) unterscheiden drei Kategorien und sechs verschiedene Typen von Szenarien. Van Notten (2006, S. 72) typisiert Szenarien anhand dreier Makro-Charakteristiken in Abhängigkeit ihrer Zielsetzung, Entwicklungsmethode und inhaltlicher Aussage und unterteilt weiter anhand von zehn Mikro-Charakteristiken. Die verschiedenen Methoden der Entwicklung von Szenarien und deren Einbettung im strategischen Management haben jeweils eigene Stärken und Schwächen, z. B.:

1. Rein deskriptive Methoden vernachlässigen evtl. bestimmte Trends, da sie von den Szenarioerstellern nicht antizipiert werden. Die eingeschätzten Entwicklungen verschiedener am Szenario beteiligter Variablen (Trends) könnten widersprüchlich sein, da sie nicht methodisch auf Konsistenz geprüft werden.

2. Rechnergestützte Ansätze können zwar die Konsistenz von Szenarien ermitteln, überprüfen dabei aber oft Myriaden von möglichen Konstellationen und haben als Ergebnis Tausende von konsistenten Szenarien, die dann wieder gebündelt werden müssen. Fraglich ist dabei, ob entsprechende Konsistenzprüfalgorithmen auch in der Lage sind dynamische Beeinflussungen ohne Simulation zu berücksichtigen.

3. Die Entwicklung (der Weg) eines Szenarios wird oft nicht berücksichtigt, man begnügt sich mit dem Resultat (das Zukunftsbild); Möglichkeiten der Gegensteuerung werden nicht beachtet (um z. B. bestimmte Szenarien zu vermeiden) vielmehr versucht die Organisation sich der entstehenden Situation anzupassen.

4. Interne Faktoren und das eigene Aktionspotential werden oft bei den Szenarien nicht berücksichtigt. Szenarien fokussieren ausschließlich auf externe Entwicklungen und vernachlässigen dabei die interne Entwicklung, die jedoch auch einen Einfluss auf externe Faktoren haben kann.

Bei der Anwendung der Szenario-Technik in großen, konzernähnlich strukturierten Unternehmen wird nach neueren Erkenntnissen oft nur ein Szenario erstellt (siehe Gausemeier und Stollt 2008), nämlich das wahrscheinlichste Szenario (engl. *Most-Likely Scenario*), wobei sich dies dann aber nicht von einer Prognose unterscheidet. Dies hat die Ursache in begrenzten für die Szenario-Erstellung zur Verfügung stehenden Mitteln und in der Vermeidung von Missverständnissen in unteren Hierarchieebenen. Die Nachteile liegen klar auf der Hand: die Prüfung der Robustheit von Strategien gegenüber unterschiedlichen Entwicklungen kann mit diesem Ansatz nicht durchgeführt werden.

Der Einsatz reiner Simulationsanwendungen (z. B. basierend auf der System Dynamics Methode) unterstützt oft die Strukturierung und vergleichende Evaluierung von Szenarien nicht. Die folgende Liste beschreibt einen ersten Satz von Anforderungen, die ein Werkzeug zur Erstellung von Szenarien unterstützen muss, z. B.:

- Es muss eine Simulation zur Ermittlung der Konsistenz von Annahmen in der Form von Wirkzusammenhängen zwischen den Variablen des Szenarios unterstützt werden. Dabei sollte die Modellierung sowohl externer als auch interner Variablen möglich sein (für das Netzwerk und auch für die Partner).

- Es wird eine Strukturierungsmöglichkeit für Szenarien anhand ihrer Entwicklung (d. h. Eintritt von Ereignissen und Ausführung von einfachen Aktionen bzw. Gegenmaßnahmen) gebraucht. Die zeitliche Entwicklung sollte durch Simulation unterstützt darstellbar sein.

- Das Werkzeug muss eine Sensitivitätsanalyse der entwickelten Szenarien unterstützen.

- Das Werkzeug muss die Analyse der Robustheit von geplanten Strategien unterstützen.

1.3 Zielsetzung

Aus der dargelegten Grobanalyse der Problemstellung ergibt sich als Zielsetzung dieser Arbeit die Beantwortung der folgenden zwei Fragestellungen:

> *Sind Szenario-Techniken geeignet, die strategische Planung in Produktionsclustern zu unterstützen?*
>
> *Wie muss ein Werkzeug zur Szenarioerstellung in Produktionsclustern konzipiert sein?*

Dabei soll keine Analyse der vielen unterschiedlichen Szenario-Techniken durchgeführt werden, sondern vielmehr eine Methode, die den genannten Anforderungen entspricht, beispielhaft eingesetzt werden. Als Methode wird für diese Arbeit die von Helmer (1977) eingeführte und am BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH weiterentwickelte dynamisch-kausale Cross-Impact Analyse (CCIA) gewählt (Duin 1995a, 2007a, 2007b; Krauth et al. 1994; Krauth et al. 1998; Duin et al. 2005; Duin et al. 2009; Duin und Thoben 2013, 2014). In der Feinanalyse werden weitere Anforderungen ermittelt, auf deren Grundlage die Methode entsprechend erweitert wird. Dieser Ansatz wird dann *Szenario-Simulation* genannt.

Die Szenario-Simulation wird als prototypisches Softwaresystem mit Hilfe einer objektorientierten Sprache (in diesem Fall *Java*) implementiert, wobei weitgehend auf vorhandene Softwarebibliotheken zurückgegriffen wird. Das Softwaresystem soll die Erstellung, Simulation, Speicherung und graphische Darstellung von Szenarien in Rahmen von CCIA Modellen ermöglichen. Das Ziel ist hierbei, die er-

weiterte CCIA in Rahmen eines existierenden Industrial Clusters zur Strategieentwicklung und -bewertung einzusetzen und den Einsatz zu evaluieren.

1.4 Vorgehensweise

Die im Rahmen dieser Arbeit angewandte Vorgehensweise basiert auf dem Ansatz der Aktionsforschung (engl. *Action Research*) und des Entwicklungssubjektes (engl. *Developing Subject*) nach Checkland (1999, 2000) bzw. Checkland und Holwell (2007). Dieser Ansatz zeichnet sich u. a. dadurch aus, dass – basierend auf einem theoretischen Rahmen und einer Methodologie – eine praktische Gestaltung in einem realen Umfeld vorgenommen wird, um durch Beobachtung reflexiv einen Erkenntnisgewinn zu erzielen. Dies wurde im Rahmen einer Fallstudie gemacht.

Das Entwicklungssubjekt stellt die strategische Planung im Produktionscluster dar, speziell die Schritte der Strategieentwicklung und -bewertung. Der theoretische Rahmen ist durch die vorhandene Theorie der Industrial Cluster und der Szenario-Techniken gegeben. Die Methodologie ist die in dieser Arbeit entwickelte Methode der erweiterten CCIA und deren Anwendung. Der praktische Einsatz erfolgt am Beispiel eines Netzwerks in einem deutschen Luftfahrtcluster.

1.5 Aufbau der Arbeit

Die Struktur der Arbeit ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Arbeit ist in neun Kapitel gegliedert. Dieses erste Kapitel deckt den Bereich der Einführung ab.

Es folgt der Bereich der detaillierten Problemanalyse und der Darstellung des Standes der Technik. Dazu werden im zweiten Kapitel zunächst die strategische Planung und Produktionscluster eingeführt und deren Akteure und Prozesse genauer untersucht. Im dritten Kapitel wird eine Analyse zum Stand der Technik bei den Szenario-Techniken präsentiert. Aktuelle Techniken werden bzgl. ihrer Eignung und Stärken und Schwächen untersucht.

Das vierte und fünfte Kapitel decken den Bereich der Konzeption und Umsetzung der Szenario-Simulation basierend auf der erweiterten CCIA ab. Zunächst werden im vierten Kapitel die Anforderungen aus Anwendungs- und methodischer Sicht dargestellt. Anschließend wird die Cross-Impact Analyse beschrieben und es werden konzeptioneller Erweiterungen der CCIA eingeführt, um die identifizierten Schwächen anderer Ansätze auszugleichen bzw. die identifizierten Anforderungen umzusetzen. Die Implementierung des erweiterten Systems mit Hilfe der Programmiersprache Java als Software-Werkzeug für die Szenario-Simulation wird im fünften Kapitel vorgestellt.

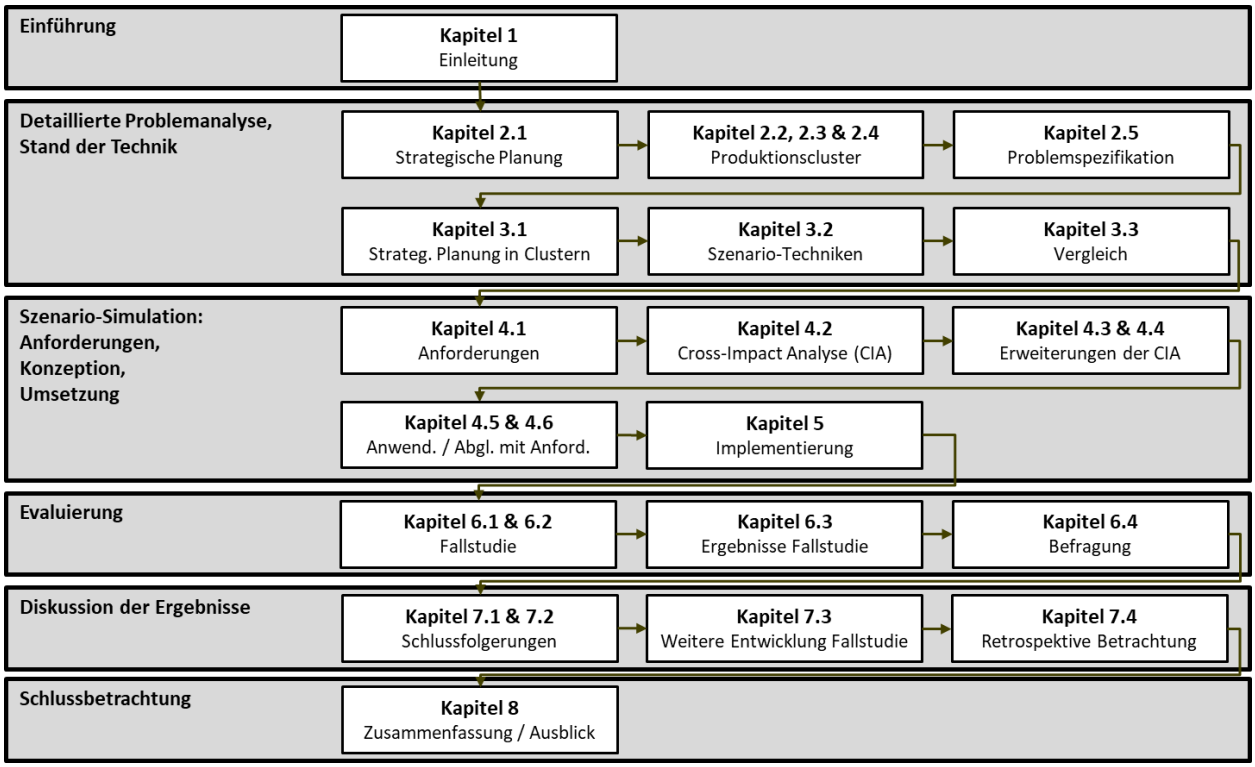


Abbildung 1: Struktur der Arbeit

Es folgt der Bereich der Anwendung und Evaluierung in einem deutschen Luftfahrtcluster. Im sechsten Kapitel wird dieses Cluster kurz eingeführt und die Anwendung der erweiterten CCIA erläutert. Aus den Kenntnissen über die Zielsetzungen, Strukturen und Prozesse des Clusters wird durch ein Projektteam ein Cross-Impact-Modell entwickelt. Anschließend wird die Anwendung der CCIA-Methode durch Befragung des Projektteams evaluiert.

Im siebenten Kapitel werden die Ergebnisse der Fallstudie diskutiert und ein retrospektiver Blick auf das entstandene Cross-Impact-Modell geworfen. Ebenfalls wird der praktische Einsatz bewertet und somit die o. a. Forschungsfrage beantwortet.

Das achte Kapitel fasst die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen und skizziert in einem Ausblick weitere Schritte, die sich aus der vorliegenden Arbeit ergeben. Abschließend wird in Kapitel 9 die genutzte Literatur aufgeführt.

2 Strategische Planung in Produktionsclustern

Planung bedeutet *„vorausschauendes, systematisches Durchdenken und Formulieren von Zielen, Handlungsalternativen und Verhaltensweisen, deren optimale Auswahl sowie die Festlegung von Anweisungen zur rationellen Realisierung der Ausgewählten Alternative“* (Hammer 2015, S. 13). Die strategische Planung beschäftigt sich mit der langfristigen, die gesamte Organisation betreffende Tätigkeitsfeld- und Geschäftsfeldplanung und hat damit die Aufgabe der Analyse von Erfolgspotentialen und der Entwicklung langfristiger Erfolgskonzepte zur Sicherung der Zukunft einer Organisation, in diesem Falle eines Produktionsclusters.

Die industrielle Herstellung komplexer Produkte erfolgt im Produktionsprozess, der ein *„strukturverändernder Vorgang ist, bei dem Materialien, Informationen und Energie transportiert oder umgewandelt werden“* (Nedeβ 1997, S. 2). Ein Produktionsprozess besteht in der Regel aus mehreren (Prozess-)Schritten, die eine Prozesskette bilden. Häufig werden entlang dieser Prozesskette Beiträge von unterschiedlichen Unternehmen erbracht. Diese Form der Arbeitsteilung beruht auf dem Prinzip der Kombination von Kernkompetenzen der am Gesamtprozess beteiligten Partner, wobei einzelne Prozessschritte in Abhängigkeit der vorhandenen Kernkompetenzen bestimmten Partnern zugeordnet werden. Durch diese Art der Zusammenarbeit entstehen Wertschöpfungsketten (im Engl. *Supply-Chains*), die auf langfristig angelegte Abnehmer-Lieferanten-Beziehungen basieren (z.B. Seifert 2007, S. 7; Hans 2010, S. 8).

„Ob Schweizer Uhren, Messer aus Solingen, Filme aus Hollywood, […] oder Papiermaschinen aus Heidenheim: Viele Produkte, Produktgruppen oder sogar Branchen werden nicht erst in jüngster Zeit mit bestimmten Herkunftsregionen oder Standorten assoziiert“ (Kiese 2012, S. 21). Seit dem Erscheinen von Porters Buch *The Competitive Advantage of Nations* (1990) werden Cluster nicht nur in der Forschung näher betrachtet, sondern auch in der Praxis der Wirtschaftsförderung und Regionalpolitik angewandt (Kiese 2014, S. 167). Neben der Agglomeration von Unternehmen und weiterer Institutionen einer Wertschöpfungskette oder Branche sind Beziehungen in der Form von Netzwerken ein konstitutives Element von Clustern (Duschek et al. 2010, S. 130). Als Netzwerk wird dabei ein Set von Beziehungen bzw. Relationen zwischen zumindest drei Akteuren (Individuen oder Organisationen) verstanden, wobei die Beziehungen redundant und unvollständig spezifiziert sein können (Kiese 2012, S. 39; Duschek et al. 2010, S. 127). Krätke und Scheuplein (2001, S. 6) sprechen in diesem Zusammenhang von einem *Produktionscluster*.

Zunächst wird in Abschnitt 2.1 der Begriff der Planung und der strategischen Planung als Teilfunktion des Managements eingeführt. Anschließend wird in Abschnitt 2.2 dargelegt, wie Produktion in Produktionsclustern und in den enthaltenen

Netzwerken organisiert wird. Im Abschnitt 2.3 werden Beispiele für Produktionscluster gegeben. Abschnitt 2.4 beschreibt die Herausforderungen an die strategische Planung in Produktionsclustern und mündet in Abschnitt 2.5 mit einer Problemspezifikation.

2.1 Strategische Planung

Die strategische Planung ist eine Teilfunktion des Managements und beschäftigt sich mit der langfristigen Tätigkeitsfeld- und Geschäftsfeldplanung eines Clusters und hat damit die Aufgabe der Analyse von Erfolgspotentialen und der Entwicklung langfristiger Erfolgskonzepte zur Sicherung der Zukunft.

Management kann als *„ein Komplex von Steuerungsaufgaben, die bei der Leistungserstellung und -sicherung in arbeitsteiligen Systemen erbracht werden müssen“* (Schreyögg und Koch 2020, S. 7) beschrieben werden. Die dabei abgedeckten Funktionen umfassen die Planung, Organisation und Kontrolle und sind als Querschnittfunktionen zu sehen. Sie werden auf die originären Funktionen einer Organisation (z. B. Beschaffung, Produktion und Vertrieb) angewandt und stellen den dispositiven Faktor dar.

Die vom Management zu lösenden Probleme sind repetitiver Natur und aufgrund der in Organisationen vorhandenen Dynamik nicht grundsätzlich lösbar. Daher werden die Funktionen des Managements oft als ein kreisförmiges Modell dargestellt. Wöhe (2016, S. 52) identifiziert fünf Bereiche im Managementkreis: Zielbildung, Planung, Entscheidung, Ausführung und Kontrolle. Begleitend dazu sind die Bereiche Kontrolle und Information.

Das Management wird innerhalb einer Organisation auf unterschiedlichen Ebenen realisiert. Zäpfel (2000, S. 13–14) unterscheidet drei Ebenen des Managements und damit auch der Planung: Die Aufgaben der *strategischen Planung* beinhalten die Ziel- und Strategiefindung für das Leistungserstellungssystem mit dem Ziel der langfristigen Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit. Auf der Ebene der *taktischen Planung* werden Strategien konkretisiert. Insbesondere werden Planungen bzgl. Produktionsprogramm, Betriebsmittel und Produktionsorganisation erstellt. In der *operativen Planung* werden die taktischen Entscheidungen konkretisiert und realisiert.

2.1.1 Strategiebegriff

Die Definition des Begriffs Strategie ist in der akademischen Literatur sehr unterschiedlich besetzt und nicht eindeutig festgelegt. Mintzberg et al. identifizierten bereits in den 1990er Jahren zehn verschiedene Schulen der Strategielehre im betriebswirtschaftlichen Bereich (Mintzberg et al. 2008). Was allen Schulen gemein-

sam ist, fasst Mintzberg als die sogenannten 5 Ps zur Bestimmung des Strategiebegriffs zusammen (Mintzberg 2000; Mintzberg et al. 2008):

- **Plan**: Strategie als Plan. In diesem Sinne wird eine Strategie als langfristiger Weg-Ziel-Komplex gesehen, wobei Ziele festgeschrieben werden, um dann den Mitteleinsatz zur Zielerreichung zu bestimmen.

- **Pattern**: Strategie als Muster. In diesem Sinne besteht eine Strategie aus bestimmten Handlungs- und Entscheidungsmustern, die sich aus der Vergangenheit für die Zukunft übernehmen lassen.

- **Position**: Strategie als Position. Hier geht es bei der Strategie um die Frage, welche Markt- und Wettbewerbsposition eingenommen werden soll. Die Frage lautet: In welcher Nische kann die Organisation sich etablieren?

- **Perspective**. Strategie als Perspektive. In diesem Sinne geht es darum zu bestimmen, wie die Organisation im Verhältnis zur Umwelt steht. Es handelt sich um eine nach außen orientierter Perspektive.

- **Ploy**. Strategie als Manöver bzw. Trick. Unter dieser Sicht wird eine Strategie als eine Art Spiel gesehen. Es geht vor allem um die Auseinandersetzung mit dem Wettbewerb und die damit verbundenen Spielzüge.

In der deutschsprachigen Literatur wird meistens eine bewusste, rationale und prozessorientierte strategische Planung verfolgt (z. B. Weber 2005, S. 24), die sich zwischen der sogenannten Designschule nach Chandler (1962) und der Planungsschule nach Ansoff (1988) und Kreikebaum (1997) eingliedern lässt.

Hungenberg versucht ein gemeinsames Grundverständnis der strategischen Planung zu formulieren (Hungenberg 2014, S. 4–5). Demnach bezieht sich eine Strategie immer auf die grundsätzliche Entwicklung einer Organisation als Ganzes (Einheit) mit all seinen Funktionseinheiten, Geschäftsprozessen und Geschäftseinheiten. Im Rahmen der strategischen Planung muss eine Organisation eingebettet in ihre Umwelt betrachtet werden, woraus folgt, dass sowohl interne Faktoren als auch externe Faktoren und deren Wechselspiel untereinander für die Situation verantwortlich sind. Eine Strategie verfolgt immer langfristige Ziele einer Organisation mit einem Planungshorizont von 5-10 Jahren oder mehr und legt die Politiken und Richtlinien sowie die Mittel und Wege zur Erreichung dieser Ziele fest. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sowohl die unternehmensinternen als auch -externen Faktoren und damit auch Zielsetzungen einer Dynamik unterliegen.

Entscheidend ist an dieser Stelle das Kriterium des organisatorischen Geltungsbereichs, der im herkömmlichen Fall eines Einzelunternehmens drei Fälle unterscheidet (z. B. Petry 2006, S. 46; Hungenberg 2014, S. 15–17):

- **Unternehmensstrategie**. Die Gesamtstrategie eines Unternehmens stellt den Bezugsrahmen für alle Teilbereiche des Unternehmens dar, an der sich die Entscheidungsträger orientieren. Aus der Gesamtstrategie können Teilstrategien für die einzelnen Unternehmensbereiche abgeleitet werden. Dazu gehört z. B. die Allokation von Ressourcen und ein Risikoausgleich zwischen den Bereichen.

- **Geschäftsbereichsstrategien**. Eine Geschäftsbereichsstrategie legt das Vorgehen für bestimmte Produkt-Markt-Kombinationen fest. Im Wesentlichen handelt es sich um Wettbewerbsstrategien. Es können zwischen der Strategie der Kostenführerschaft, der Differenzierung, der Konzentration auf Schwerpunkte und der Nischenstrategie unterschieden werden (Petry 2006, S. 46). Dabei haben alle Strategien ihre eigenen Risiken und Chancen.

- **Funktionsbereichsstrategien**. Bei diesen Strategien handelt es sich um die Langfristplanung der klassischen Funktionsbereiche eines Unternehmens. Zwischen den Funktionsbereichen existieren Interdependenzen. Die Funktionsbereichsstrategien stellen eine Konkretisierung übergeordneter Strategien dar, und verbinden die strategische mit der taktisch-operativen Planung.

Es fällt auf, dass in dieser Darstellung die Netzwerkstrategie fehlt, womit nicht die Strategie, an welchen Clustern bzw. Netzwerken ein Unternehmen teilnehmen will gemeint ist, sondern vielmehr die Strategie der Netzwerke in einem Cluster bzw. Clusterinitiative, mit der das Unternehmen verpartnert ist.

2.1.2 Ziele, Aufgaben und Prozess der strategischen Planung

Die strategische Planung beschäftigt sich mit der langfristigen, die gesamte Organisation betreffende Tätigkeitsfeld- und Geschäftsfeldplanung und hat damit die Aufgabe der Analyse von Erfolgspotentialen und der Entwicklung langfristiger Erfolgskonzepte zur Sicherung der Zukunft der Organisation.

Die Begriffe der Strategieentwicklung und der strategischen Planung werden in der Literatur oft synonym verwendet. Daher wird im Folgenden zwischen diesen beiden Begriffen nicht weiter unterschieden. Eine Definition des Prozesses der strategischen (Unternehmens-)Planung gibt z. B. Kreikebaum:

> *„Strategische Unternehmensplanung beschreibt in präskriptiver Sicht den Prozeß, in dem eine rationale Analyse der gegenwärtigen Situation und der zukünftigen Möglichkeiten und Gefahren zur Formulierung von Absichten, Strategien, Maßnahmen und Zielen führt. Diese Bausteine des strategischen Planungsprozesses geben an, wie das Unternehmen unter bestmöglicher Ausnutzung der vorhandenen Ressourcen die durch die Umwelt bedingten Chancen wahrnimmt und die Bedrohungen abwehrt.“* (Kreikebaum 1997, S. 21)

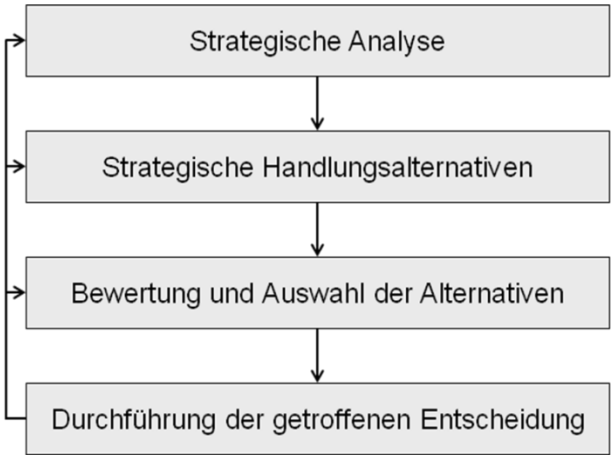


Abbildung 2: Idealtypischer strategischer Planungsprozess (Weber 2005, S. 25)

Der strategischen Planung vorgeschaltet ist immer eine Planung der strategischen Ziele (Hungenberg 2014, S. 27). Weber (2005, S. 25) analysiert verschiedene Darstellungen des strategischen Planungsprozesses und gibt einen idealtypischen Prozess in Anlehnung an den klassischen Entscheidungsprozess des Phasentheorems an (siehe Abbildung 2).

Es werden vier Phasen der strategischen Planung unterschieden, die durch Vor- und Rückkopplungen miteinander verbunden sind (siehe Abbildung 2):

- **Strategische Analyse (intern, extern)**: Die erste Phase ist die strategische Analyse, die sich mit der Informationsgewinnung und -auswertung beschäftigt und der Phase der Entwicklung strategischer Handlungsalternativen vorausgeht. Die strategische Analyse wird weiterhin in interner und externer (Umwelt-) Analyse gegliedert. Bei der externen Analyse werden Gefahren und Gelegenheiten aus dem Umfeld des Netzwerks ermittelt, während bei der internen Analyse der Fokus auf die Stärken und Schwächen liegt. Die Resultate beider Analysen werden dann in einer Synthese zur Ermittlung von Chancen und Risiken integriert.

- **Ermittlung strategischer Alternativen**: Aufbauend auf der strategischen Analyse werden strategische Alternativen erarbeitet, die geeignet erscheinen, das Netzwerk langfristig erfolgreich in seinem Umfeld zu positionieren. Das Ergebnis der Formulierungsphase sind in der Regel mehrere unterschiedliche Strategiealternativen. Die Ableitung von Maßnahmen zur Umsetzung der Alternativen ist ein Teil dieses Schrittes. Die Umsetzung einer strategischen Alternative geschieht durch Maßnahmen zur Implementierung der Strategie, die ihrerseits wiederum geplant werden müssen. Für jede strategische Alternative wird ein Bündel von (strategischen) Maßnahmen entworfen, die die strategische Alternative realisieren. Dabei kann z. B. eine

bestimmte Maßnahme zur Implementierung verschiedener Alternativen dienen.

- **Bewertung und Auswahl strategischer Alternativen und Maßnahmen**: Die strategischen Alternativen sind auf ihre Zielwirksamkeit hin zu beurteilen, damit diejenige Alternative ermittelt werden kann, die am besten geeignet scheint, vorgegebene Zielsetzungen zu erfüllen. Ausschlaggebend für die Bewertung ist die Antizipation der Zielerreichung unter Abwägung des (monetären) Aufwands. Die vom Planungsteam vorgenommene Auswahl muss auf jeden Fall in der Organisation (im Cluster) abgestimmt werden, um eine entsprechend breite Unterstützung zu bekommen.

- **Durchführung der getroffenen Entscheidung**: Die ermittelte Strategie wird implementiert.

2.2 Produktion in Clustern und Netzwerken

Ein Produktionsunternehmen ist ein Unternehmen bei dem die Produktion in Form der *Leistungserstellung* die betriebliche Hauptfunktion darstellt (Wöhe et al. 2016, S. 313). Das Unternehmen setzt verschiedene *Produktionsfaktoren* (sog. Inputs) zur Leistungserstellung (Produktion) ein. Als klassische Produktionsfaktoren werden *Arbeitsleistung*, *Betriebsmittel* und *Werkstoffe* angesehen, die bei der betrieblichen Leistungserstellung miteinander kombiniert werden (Wöhe et al. 2016, S. 46). Zunehmend wird auch die *Information* als erster, dem Einsatz aller anderen Produktionsfaktoren vorangehender Produktionsfaktor angesehen (z. B. Picot 1990).

Produktion findet in *Betrieben* statt. Im marktwirtschaftlichen Wirtschaftssystem können Betriebe mit Unternehmungen bzw. Unternehmen gleichgesetzt werden. Der Ort der kompletten Leistungserstellung ist meistens lokal bzw. regional begrenzt. Die Unternehmen sind eingebettet in einer Umgebung bestehend aus Beschaffungsmarkt, Absatzmarkt, Kapitalmarkt und regulativen Instanzen des Staates (Wöhe et al. 2016, S. 45).

Zunehmend wird Produktion jedoch nicht nur in Einzelunternehmen, sondern in kooperativen, vernetzten Strukturen realisiert (Wegehaupt 2007, S. 2), wobei regional auf Strukturen wie *Industrial Cluster* fokussiert wird. Diese Form wird Produktionscluster bzw. Produktionsnetzwerk genannt (Krätke und Scheuplein 2001, S. 6; Sydow und Möllering 2009, S. 17) und beinhalten eine spezielle Form der Unternehmensnetzwerke (regionale Netzwerke), die wiederum eine spezielle Ausprägung zwischenbetrieblicher Kooperation darstellen (Becker 2011; z. B. Hess 2002; Theling und Loos 2004). Daher wird zunächst der Begriff der Kooperation eingeführt, bevor Unternehmensnetzwerke und anschließend Cluster eingeführt werden.

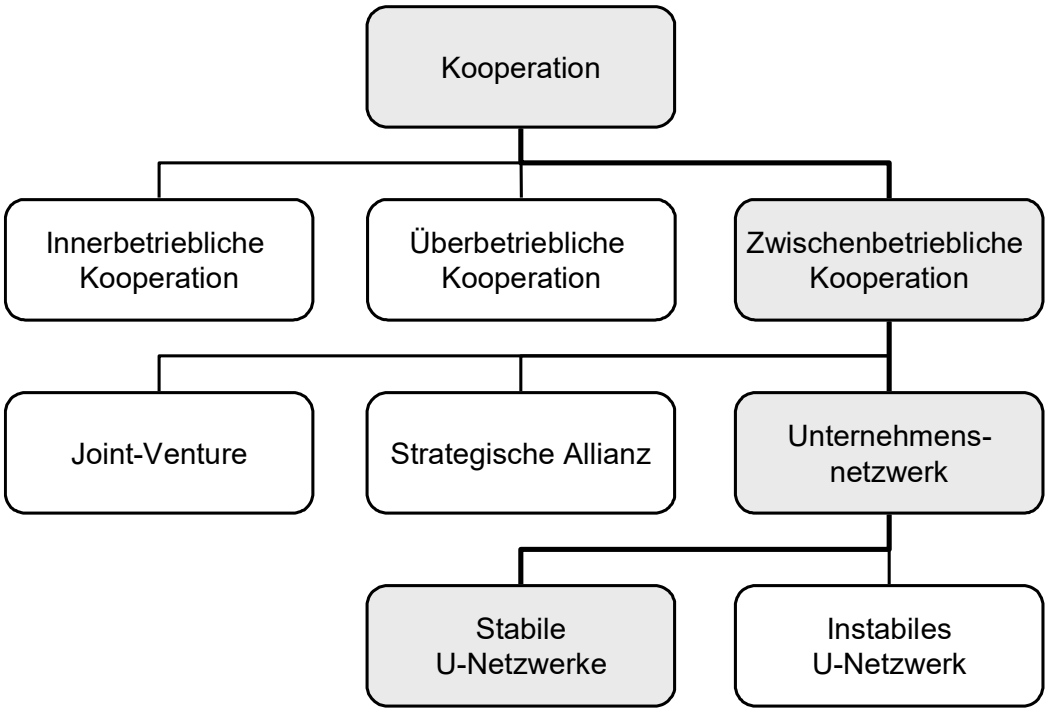


Abbildung 3: Untergliederung des Kooperationsbegriffs (nach Hess 2002)

2.2.1 Kooperation und Kollaboration

Kooperation (aus dem Lateinischen: *Cooperatio* = Zusammenarbeit, Mitwirkung) ist das interdependente Zusammenwirken von Handlungen zweier oder mehrerer selbstständiger Lebewesen, Personen oder Systemen, wie z. B. Unternehmen und anderen Organisationen:

> *„Kooperationsbeziehungen können nur zwischen autonomen Partnern stattfinden. Kooperation bedeutet Interaktion insofern der eigene Zielerreichungsgrad – bewusst freiwillig herbeigeführt – auch von Maßnahmen anderer abhängt. Diese Interdependenz kann entweder über Tauschbeziehungen, über Kompetenz- und / oder Ressourcenzusammenlegung für ein oder mehrere gemeinsame Projekte sowie über beide Arten gleichzeitig hervorgerufen werden. Autonomie auf der einen Seite und gleichzeitig – bewusst herbeigeführt – Interdependenz auf der anderen sind konstitutive Merkmale jedweder Kooperation.“ (Tröndle 1987, S. 23)*

Wie in Abbildung 3 dargestellt kann Kooperation innerhalb und zwischen Unternehmen stattfinden und damit in innerbetriebliche, überbetriebliche und zwischenbetriebliche Kooperation unterschieden werden (z. B. Hess 2002). Bei der innerbetrieblichen Kooperation ist die Autonomie im Sinne der Entscheidungsfreiheit zur Teilnahme an bzw. Beendigung einer Kooperation nicht gegeben. Häufig findet man diese Form bei den Unternehmen eines Konzerns. Die überbetriebliche Ko-

operation verzichtet auf die Erstellung am Markt verwertbarer Produkte und Dienstleistungen. Typische Beispiele dafür sind Handwerkskammern oder Branchen-Verbände deren Ziel die Bündelung der Interessen ihrer Mitglieder ist (Hess 2002, S. 9). Typisch für die zwischenbetriebliche Kooperation sind im Wesentlichen zwei Aspekte: Zum einen wird die Kooperation zum Zweck der Generierung eines Ergebnisses mit Marktzugang vereinbart und zum anderen sind an der Kooperation mindestens zwei rechtlich unabhängige Partner beteiligt. Die inner- und überbetriebliche Kooperation wird im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Die zwischenbetriebliche Kooperation zeigt verschiedene Ausprägungen wie z. B. Joint-Venture, strategische Allianz und Unternehmensnetzwerk, wobei die beiden erst genannten im weiteren Verlauf nicht näher betrachtet werden. Die Hauptmerkmale eines Unternehmensnetzwerkes sind nach Hess (2002, S. 12):

- Die Aufnahme und Durchführung von Kooperation erfolgt durch mehrere rechtlich (und vor der Aufnahme der Kooperation wirtschaftlich) unabhängige Unternehmen.

- Die Kooperationspartner stimmen betriebliche Funktionen ab, führen diese aber nicht zusammen.

- Die Zusammenarbeit ist darauf ausgerichtet am Markt verwertbare Produkte bzw. Dienstleistungen anzubieten.

Unternehmensnetzwerke unterteilen sich grundsätzlich wieder in stabile und instabile bzw. dynamische Unternehmensnetzwerke. Die Kooperation im Netzwerk kann sich zwischen einzelnen Personen im Unternehmen, Abteilungen und ganze Unternehmen abspielen; so kann z. B. in einem bestimmten Netzwerk nur eine einzige Abteilung eines Unternehmens vertreten sein.

Die unterschiedlichen Facetten der Kooperation von Unternehmen können durch einen morphologischen Kasten für Kooperationen dargestellt werden (siehe Abbildung 4). Ein entsprechender Vorschlag stammt von Engelbrecht (2000, S.61), der wiederum von anderen (Jahn 2005; Eggers und Engelbrecht 2005; z. B. Zeller 2008; Theling und Loos 2004; Wegehaupt 2007; Osiecka 2006) aufgegriffen und weiterentwickelt wird.

Alter (2002, S. 102) führt eine fünfstufiges Modell für die Integration von Geschäftsprozessen ein, das auch auf die Kooperation zwischen den Partnern von Unternehmensnetzwerken angewandt werden kann (Graser et al. 2006):

- Gleiche Kultur: In der untersten Stufe haben die beteiligten Partner zumindest ein gleiches Verständnis und Wertesystem bzgl. Erwartungen und Zielsetzungen, Risiken und Konfliktlösung.

Gegenstand der Kooperation	Beschaffung Einkauf	Produktion	Absatz Vertrieb	Markt-forschung	F&E	Komplette Supply-Chain
Richtung	horizontal		vertikal		diagonal	
Intensität	Erfahrungs-austausch	Aufgaben- und Funktionsabstimm.		Wechselseitige Spezialisierung	Gemeinschafts-unternehmen	
Partnergröße	inhomogen			homogen		
Struktur	polyzentrisch			pyramidial (hierarchisch)		
Partnerherkunft	lokal	regional		national	international	
Anzahl der Partner	2 Partner		3-10 Partner		>10 Partner	
Zeitlicher Horizont	Kurzfristig (< 1 Jahr)		Mittelfristig (< 5 Jahre)		langfristig bzw. unbefristet	
Bindung	Vereinbarungen Spielregeln			Vertragsbindung		

Abbildung 4: Morphologie von Kooperationsbeziehungen (nach Engelbrecht 2000)

- Gleiche Standards: In der zweiten Stufe haben die Partner untereinander gleiche Technologie, Terminologie und Möglichkeiten voneinander unabhängig laufende Geschäftsprozesse zu unterstützen.

- Informationsaustausch: In dieser Stufe erlauben sich die Partner gegenseitig den Zugriff auf Daten und Informationen um die Unterstützung ihrer voneinander unabhängig laufende Geschäftsprozesse zu ermöglichen.

- Koordination: In der vierten Stufe werden die voneinander unabhängig laufenden Geschäftsprozesse zusätzlich synchronisiert.

- Kollaboration: In der fünften und höchsten Stufe sind die Geschäftsprozesse integriert. Die Unternehmenskulturen sind harmonisiert, gemeinsam festgelegt Standards werden unterstützt, vertrauliche Informationen werden ausgetauscht und geschäftliche Aktionen werden koordiniert ausgeführt.

Kollaboration ist nach Alters Modell die höchste Integrationsstufe und schließt die vier vorhergehenden Stufen mit ein. Kollaboration stellt in diesem Sinne ein Bestandteil der Kooperation dar.

Im Referenzmodell für kollaborative Netzwerke (Camarinha-Matos et al. 2008; Camarinha-Matos und Afsarmanesh 2006) wird eine Vier-Felder-Matrix über die Dimensionen „Gemeinsame Aktivitäten“ (in engl. *Joint Activity*) und Integrationsgrad (im engl. *Integration Level*) definiert (siehe Abbildung 5). Die Hauptdiagona-

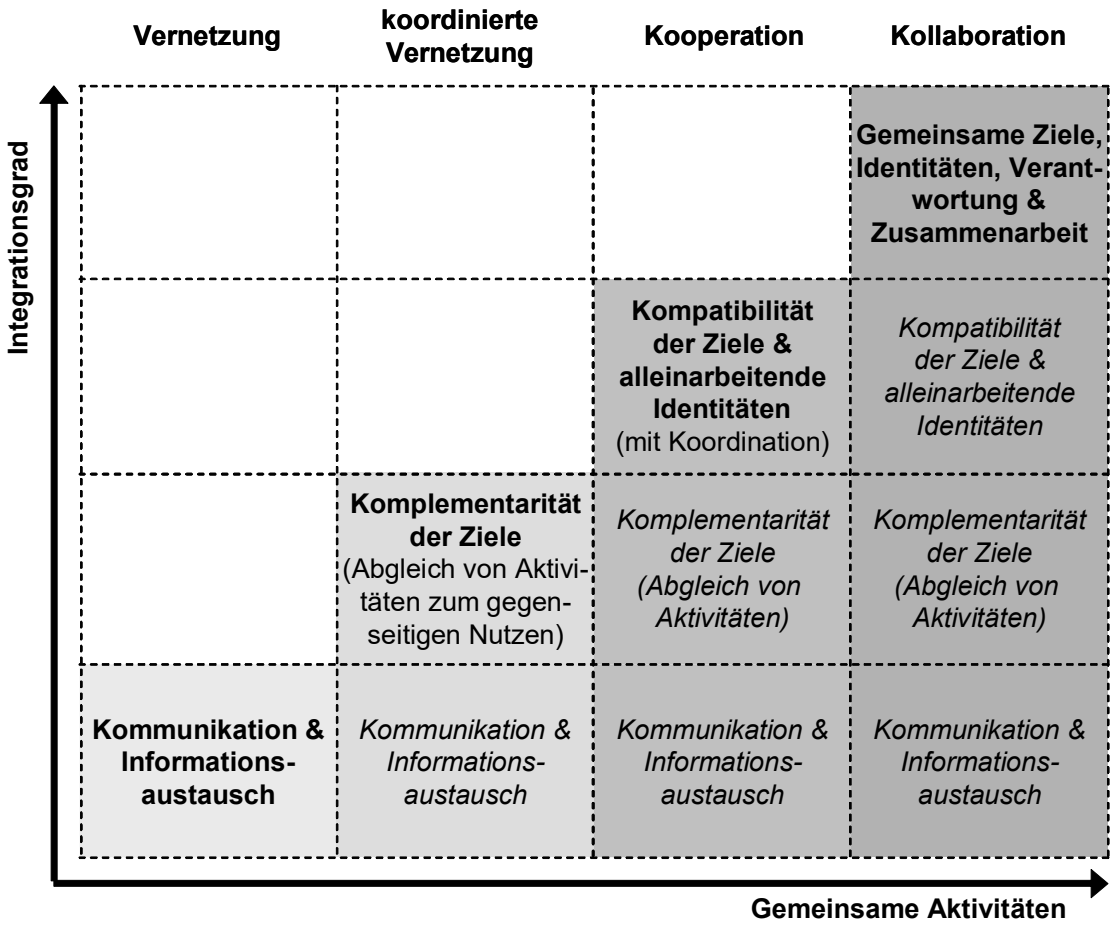


Abbildung 5: Matrix „gemeinsamer Anstrengungen“
(nach Camarinha-Matos und Afsarmanesh 2006, S. 30)

le dieser Matrix definiert vier verschiedene Stufen „gemeinsamer Bestrebungen“ (im engl. *Joint Endeavor*).

- **Vernetzung** (im engl. *Networking*). Dieser Level enthält die gegenseitige Vernetzung der Partner zum Zwecke der Kommunikation und des Informationsaustauschs zum gegenseitigen Nutzen.

- **Koordinierte Vernetzung** (im engl. *coordinated networking*). Auf diesem Level werden zusätzlich die Aktivitäten der Partner zum gegenseitigen Nutzen (Effizienzsteigerung) angepasst (harmonisiert bzw. koordiniert).

- **Kooperation**. Auf diesem Level werden zusätzlich vorhandene Ressourcen gemeinsam genutzt, um miteinander kompatible Zielsetzungen zu erreichen. Existierende Aufgaben werden unter den Partnern koordiniert und aufgeteilt.

- **Kollaboration**. In diesem höchsten Level existiert ein Prozess, in dem Informationen ausgetauscht und Ressourcen und Verantwortlichkeiten gemeinsam genutzt werden, um die Planung, Implementierung und Evaluie-

rung eines gemeinsamen Aktionsplans zur Erreichung gemeinsamer Ziele zu erreichen. Eine Gruppe von Organisationen verbessert dadurch ihre Möglichkeiten insgesamt. Dies impliziert, dass Risiken gemeinsam getragen werden, und dass auch der Lohn der gemeinsamen Anstrengung geteilt wird. Kollaboration erfordert gegenseitiges Engagement und Vertrauen.

In diesem Sinne ist die Kooperation als auch die Kollaboration eine Gradationsstufe im Rahmen „gemeinsamer Bestrebungen".

Theling und Loos (2004) untersuchen den Unterschied bei den deutschsprachigen Begriffen Kooperation und Kollaboration. Dabei identifizieren sie als mögliche Differenzierungskriterien zum einen den Gegenstand der Zusammenarbeit sowie die Struktur des Lösungsprozesses und die Struktur der Lösung. Kooperationsgegenstand ist demnach die arbeitsteilige Leistungserstellung an einem Objekt, während Kollaborationsgegenstand die gemeinsame Ausführung einer Teilaufgabe an einem Objekt bezeichnet. Bei einer Kollaboration wird während eines gemeinsamen Lösungsprozesses eine integrierte Lösung erstellt, während bei einer Kooperation die parallel erstellten Teilbeiträge zu einer Lösung zusammengeführt werden. Eine Übersicht über die Unterscheidung der Begriffe zeigt Tabelle 1.

Findet in einer zwischenbetrieblichen Kooperation Kollaboration statt, so handelt es sich um ein *kollaboratives Unternehmensnetzwerk*. Da der Begriff der Kollaboration begriffshistorisch anders belegt ist (Kollaborateure arbeiten mit dem Feind bzw. einer Besatzungsmacht zusammen, siehe (Tauber 2006, S. 11)) werden im Folgenden die verbalisierte Form der Begriffe Kollaboration (also: kollaborieren) und Kooperation (also: kooperieren) synonym verwendet.

2.2.2 Klassifizierung von Unternehmensnetzwerken

Kooperieren bzw. kollaborieren (im o. g. Sinne) zwei oder mehr Unternehmen miteinander kann von einem Unternehmensnetzwerk gesprochen werden (z. B. Jagdev und Thoben 2001). Ein solches Unternehmensnetzwerk hat vielerlei Merkmale anhand derer ein Unternehmensnetzwerk klassifiziert werden kann

Kriterien	Kooperation	Kollaboration
Gegenstand	Arbeitsteilige Leistungserstellung an einem Objekt	Gemeinsame Ausführung einer Teilaufgabe an einem Objekt
Struktur des Lösungsprozesses	Parallel	Integriert
Struktur der Lösung	Teilbeiträge der Partner sind zum Ende zusammenzuführen	Integrierte Lösung wird erstellt

Tabelle 1: Kriterien zu Kooperation und Kollaboration (Theling und Loos 2004)

(Zielorientierung, adressiertes Marksegment, Netzwerkgröße, Art und Qualität der Interaktionen zwischen den Netzwerkpartnern u. v. m.). Im Folgenden werden kurz mehrere Möglichkeiten der Klassifizierung von Unternehmensnetzwerken aufgezeigt.

Sydow fasst die Merkmale zur Typologisierung interorganisationaler Unternehmensnetzwerken tabellarisch zusammen und kommt dabei auf 26 verschiedene Merkmale (Sydow 2006, S. 394). Gleichzeitig führt er in diesem Zusammenhang zwei wesentliche Merkmale auf: zum einen die Steuerungsform – er unterscheidet hier zwischen einer hierarchischen und heterarchischen Form –, und zum anderen die zeitliche Stabilität, wobei zwischen stabil und dynamisch unterschieden wird. Vor dem Hintergrund der Vielzahl möglicher Typisierungsmöglichkeiten sieht er die Fokussierung auf diese beiden Aspekte *„als Grundlage einer Typisierung von Unternehmensnetzwerken, die vielfache Verwendung finden kann“* (Sydow 2006, S. 393). Viele Autoren beziehen sich in ihren Arbeiten auf diese Matrix (Eschenbächer 2009, S. 22; Hans 2010, S. 16; Brütsch 1999, S. 19; Seifert 2007, S. 10, 22; Wohlgemuth 2002, S. 23; Eggers und Engelbrecht 2005, S. 9) – sie wird auch *Vierfelder-Matrix* genannt.

Entlang dieser Typologie von Sydow werden die Einordnungsmöglichkeiten von interorganisationalen Unternehmensnetzwerken auf vier Hauptformen reduziert: Strategische Netzwerke, Regionale Netzwerke, Projektnetzwerke und Virtuelle Unternehmen (siehe Abbildung 6). Sie weisen unterschiedliche, jedoch keineswegs disjunkte, Eigenschaften hinsichtlich ihrer Steuerungsform und zeitlichen Stabilität auf:

- **Strategische Netzwerke** werden von einem oder mehreren fokalen Unternehmen geführt. Ein fokales Unternehmen ist ein führendes Unternehmen, welches mehr als die anderen Partner innerhalb eines Netzwerkes die Strategie vorgibt (z. B. den adressierten Markt, die einzusetzenden Technologien und die Ausgestaltung des Netzwerkes). Entsprechend handelt es sich hier um vorwiegend hierarchisch organisierte und tendenziell langlebige Netzwerke. In strategischen Netzwerken organisieren sich Unternehmen unterschiedlicher Größe, wobei die Führung innerhalb in der Regel bei den endverbrauchernahen Großunternehmen liegt.

- **Regionale Netzwerke** bestehen aus KMUs und zeichnen sich im Gegensatz zu den strategischen Netzwerken, die häufig global aufgestellt sind, durch einen starken Regionalbezug aus. Ihnen liegt die Kernidee zugrunde, aus der Kooperation Vorteile bzgl. der Marktposition gegenüber Großunternehmen zu erzielen. Neben ihrer räumlichen Nähe zeigen regionale Netzwerke eher eine heterarchische Organisationsstruktur. Sie treten insbesondere in räumlichen Agglomerationen – sogenannten Clustern – auf. Im Gegensatz zu den strategischen Netzwerken spielt bei den regionalen Netzwerken eine

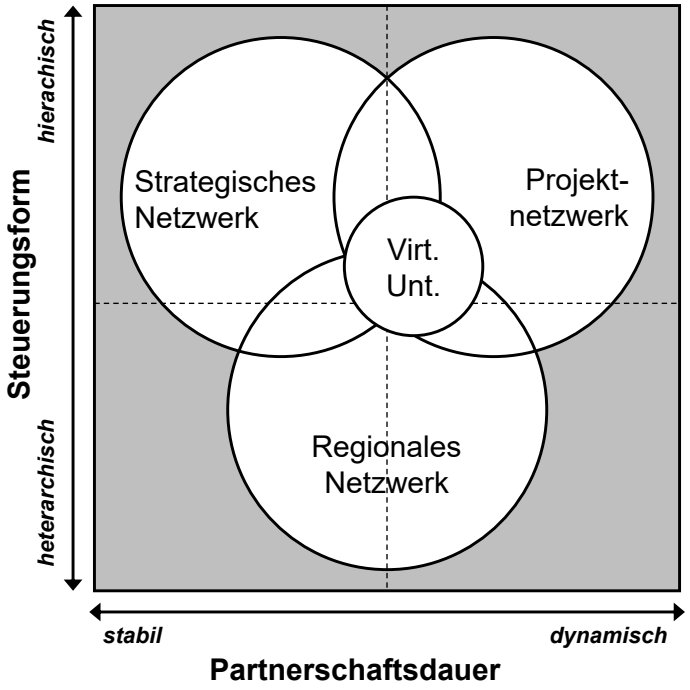


Abbildung 6: Eine Typologie interorganisationaler Netzwerke (Sydow 2006, S. 396)

emergente Strategie bzw. kollektive Strategie eine größere Rolle (Sydow 2006, S. 397). Dies ist das Resultat der polyzentrischen Organisation der Netzwerke und die damit einhergehende fehlende strategische Netzwerkführerschaft.

- **Projektnetzwerke** unterscheiden sich von den beiden vorgenannten Netzwerktypen durch ihre zeitliche Befristung, die sich auf gemeinsame Projektaktivitäten bezieht. Der Abschluss eines Projektes bedeutet aber keineswegs das unbedingte Ende der Geschäftsbeziehungen. Vielmehr bleiben diese latent erhalten und werden bei Bedarf neu aktiviert.

- Ein **virtuelles Unternehmen** wird von Sydow als eine besondere Form der Projektnetzwerke betrachtet. Durch den konsequenten Einsatz von IuK-Technologie wird dem Kunden der Eindruck vermittelt, als würde die Leistungserstellung von einem einzelnen integrierten Unternehmen erbracht. Beispielhaft wird in diesem Zusammenhang auf die virtuelle Fabrik Euregio Bodensee hingewiesen. Die Zeitdauer dieses Netzwerktyps ist begrenzt, was auf die hohe Dynamik dieser speziellen Kooperationsform hindeutet.

2.2.3 Industrial Cluster und Cluster-Modelle

Gegen Ende des 19. Jahrhundert identifizierte Alfred Marshall (1890) bereits die regionalökonomische Struktur von industriellen Distrikten, in denen es zur Ver-

flechtung lokal produzierender Unternehmen gekommen war. Knapp ein Jahrhundert später belegt Micheal Porter, dass diese Agglomeration von Unternehmen den Erfolg von Regional- und Nationalökonomien stark beeinflusst und welche Faktoren dafür zuständig sind (Porter 1990; Porter 1998). Seit dem erfreut sich der Begriff des *Industrial Clusters* (im Folgend auch kurz *Cluster* genannt) nicht nur in der Forschung, sondern auch in der Praxis der Wirtschaftsförderung und Regionalpolitik großer Beliebtheit (Kiese 2014, S. 167). Porters Begriffsdefinition des Clusters wird bis heute von vielen Autoren genutzt, da sie viele mit Clustern verbundene Aspekte berücksichtigt:

> *"A cluster is a **geographically proximate** group of **interconnected companies and associated institutions** in a **particular field**, linked by **commonalities and complementarities**. The geographic scope of a cluster can range from a single city or state to a country or even a group of neighboring countries. Clusters take **varying forms** depending on their **depth** and **sophistication**, but most include end-product or service companies; suppliers of specialized inputs, components, machinery, and services; financial institutions; and firms in related industries. Clusters also often include firms in downstream industries (i.e. channels or customers); producers of complementary products; and specialized infrastructure providers. Clusters also often involve a number of **institutions**, governmental and otherwise, that provide specialized **training**, **education**, **information**, **research**, and **technical support** (such as universities, think tanks, vocational training providers); and standards-setting agencies. **Government departments** and **regulatory agencies** that significantly influence a cluster can be considered part of it. Finally, many clusters include **trade associations** and **other collective private sector bodies** that support cluster members"* (Porter 2000, S. 254).

Demnach gelten für Cluster die folgenden konstituierenden Merkmale:

- Es handelt sich um eine Agglomeration (räumliche Ballung) von Unternehmen einer Branche oder Beteiligte einer Wertschöpfungskette und ist damit auf eine Region beschränkt.

- Weiterhin gibt es in der Region assoziierte Institutionen, zuständig für z. B. Aus- und Weiterbildung, Forschung und technischen Support. Öffentliche und private Institutionen, wie z. B. Handelskammern können ebenfalls als Cluster-Mitglieder gerechnet werden.

- Es gibt vielerlei von Beziehungen zwischen den Akteuren im Cluster, die sich durch das Vorhandensein verschiedener Unternehmensnetzwerke ausdrückt.

Lis (2019) gibt an, dass die räumliche Nähe der Organisationen nur in der Entstehungsphase für die regionale Netzwerkbildung wichtig ist.

2.2.3.1 Cluster und regionale Netzwerke

Im deutschen Sprachraum werden die Begriffe Cluster und (regionale) Netzwerke oft gleichgesetzt (Sydow und Duschek 2011, S. 256). Obwohl die beiden Termini eng miteinander verbunden sind, und das Vorhandensein von Netzwerken ein konstituierendes Element für die Entstehung von Clustern ist, sollten sie nicht synonym genutzt werden. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale sind (Pfohl et al. 2010, S. 533):

- **Regionale Reichweite**: Cluster beschränken sich im Gegensatz zu Netzwerken auf einen kleineren Raum (meist Standort oder Region/Nation). Netzwerke können über weite Distanzen funktionieren.

- **Kooperationsverhältnis**: Akteure eines Clusters stehen oft gleichzeitig in einem Kooperations- und Wettbewerbsverhältnis mit den übrigen Unternehmen im Cluster. Der Beitritt zu einem Cluster ist meist problemlos, während der Eintritt in einem Netzwerk restriktiver gehandhabt wird. Oft ist in einem Netzwerk die Kooperation intensiver, sodass Vertrauen eine große Rolle spielt.

- **Unternehmensbeteiligung**: Eigeninvestitionen und finanzielle Beteiligung ist in Netzwerken oft größer als bei Clustern.

- **Ziele und Vision**: Im Cluster steht die Vision der regionalen Entwicklung im Vordergrund, während Netzwerke einer kollektiven Strategie folgen, die u. U. ganz andere Ziele verfolgt.

- **Form der Zusammenarbeit**: Cluster sind meist losere Kooperationen, die im Gegensatz zu Netzwerken weniger formal formulierte Bindungen vorsehen.

2.2.3.2 Zweck und Eigenschaften von Clustern

Der Zweck eines Clusters, speziell eines Produktionsclusters ist die Herstellung bestimmter Produkte bzw. Produktgruppen und/oder anderer Leistungen, wobei die Erzeugnisse einen regionalen Charakter haben können (z. B. Kuckucksuhren aus dem Schwarzwald).

Der Produktion in Clustern wird dabei eine Reihe positiver Eigenschaften zugeschrieben, z. B. (Boja 2011, S. 36):

- Es entsteht ein signifikanter lokaler Markt für Produkte und Dienstleistungen; durch die Konzentration der Unternehmen in einer Region könne mehr Kunden erreicht und damit der Markt vergrößert werden.

- Die Transportkosten in der lokalen Supply-Chain sind gering.

- Einfacher Zugang zu Ressourcen.

- Neue Unternehmen haben die Möglichkeit in einem expandierenden Cluster sich leicht zu integrieren und zu wachsen.

- Es liegt eine große Spezialisierung bei den Produkten und Dienstleistungen vor.

- Durch den internen Wettbewerb im Cluster liegt eine große Motivation bei den Mitgliedern des Clusters vor.

- Die örtliche Nachbarschaft der Unternehmen fördert das Vertrauen untereinander und erleichtert den Austausch und die Kommunikation. Dadurch entsteht Kooperation.

- Durch die Konzentration von Unternehmen mit gleichem oder ähnlichem Unternehmensgegenstand entsteht ein Pool spezialisierter Arbeitskräfte mit entsprechendem Erfahrungswissen. Dies ermöglicht den Unternehmen einen besseren Zugang zum Arbeitsmarkt.

- Durch die örtliche Nachbarschaft der Unternehmen wird der Austausch von Wissen und neuen Ideen befördert. Dies kann kooperativ auf Unternehmensebene geschehen als auch durch Fluktuation der Arbeitnehmer zwischen den Unternehmen. Dadurch werden Innovationen in den Unternehmen gefördert, was zu einer höheren Innovationsgeschwindigkeit als auch -rate führt und damit die Produktivität steigert.

2.2.3.3 Typologie von Clustermodellen

Basierend auf einer Analyse der Literatur zu *New Industrial Districts* unterscheidet Markusen (1996) zwischen vier verschiedenen Typen von Clustern (siehe Abbildung 7):

- **Clustermodell nach Marshall**: Dieses Modell wird von lokalen KMUs dominiert, die untereinander in langfristigen Zuliefer- und Abnehmerbeziehungen stehen, wobei Kleinserien- oder Unikatfertigung im Vordergrund steht. Investitionsentscheidungen werden lokal getroffen. Kooperationen mit Unternehmen außerhalb der Region sind eher selten. Der regionale Arbeitsmarkt ist stark auf das Cluster bezogen und sehr flexibel. Arbeitnehmer

identifizieren sich eher mit der Stärke der Region als mit einzelnen Unternehmen, was dazu führt, dass Arbeitnehmer in diese Region zuziehen, anstatt abzuwandern. In den meisten Fällen haben sich unterstützende Funktionen, z. B. für Finanzierung, technische Unterstützung und Dienstleistungen ebenfalls in der Region angesiedelt. Diese Art der Cluster haben eine gute Aussicht auf langfristiges Wachstum und Beschäftigung.

- **„Hub-and-Spoke"-Modell**: Bei diesem Modell wird die Struktur durch ein oder mehrere große Unternehmen dominiert, die ihre Zulieferbetriebe in der Nähe haben. Die Großunternehmen sind häufig nicht regional eingebettet und unterhalten zusätzlich ausgeprägte Beziehungen zu nicht-regionalen Zulieferern und Kunden. Massenproduktion steht meistens im Vordergrund. Investitionsentscheidungen werden ebenfalls lokal getroffen, aber mit überregionalen Auswirkungen. Kooperationsbeziehungen der dominanten Unternehmen mit ihren Zulieferern existieren sowohl in der Region als auch überregional, aber kaum unter den fokalen Unternehmen. Der Arbeitsmarkt ist regional, wobei sich Arbeitnehmer zuerst mit den Großunternehmen identifizieren und danach erst mit der Region. Diese Art der Cluster ziehen Arbeitskräfte von Außerhalb an. Unterstützende Funktionen werden von den Großunternehmen organisiert. Es gibt keine Verbände, die gemeinschaftliche Aufgaben, wie z. B. das Management einer gemeinsamen Infrastruktur, wahrnehmen. Starke lokale Regierungen regulieren und unterstützen die Kernindustrie, z. B. durch Infrastrukturausbau. Die Wachstumschancen hängen stark von den Strategien der fokalen Unternehmen ab.

- **Satellitenplattform-Modell**: In diesem Modell wird die Struktur durch große Unternehmen mit externen Zentralen dominiert. Massenproduktion ist stark verbreitet. Es gibt keine ausgeprägten Beziehungen zu lokal Zulieferern, aber starke Verbindungen zu nicht-regionalen Unternehmen, die durch die Zentralen bestimmt werden. Investitionsentscheidungen werden ebenfalls in den Zentralen getroffen. Der Grad der Kooperation zwischen den Unternehmen ist eher gering. Arbeitnehmer identifizieren sich mehr mit dem Unternehmen als der Region, wobei eine Fluktuation von und nach außen besonders auf der mittleren und oberen Managementebene zu beobachten ist. Die Hauptquelle finanzieller, technischer und anderer Unterstützungsleistung liegt außerhalb des Clusters. Ebenfalls gibt es keine Verbände, die gemeinschaftliche Aufgaben wahrnehmen. Lokale Regierungen unterstützen die Unternehmen des Clusters beispielsweise durch Bereitstellung von Infrastruktur und steuerlichen Anreizen. Das Wachstum bzw. die Existenz des Clusters ist abhängig von der Strategie der Mutterkonzerne und kann jederzeit gefährdet sein, z. B. durch die Entscheidung der Verlegung von Produktionsstätten in attraktivere Regionen.

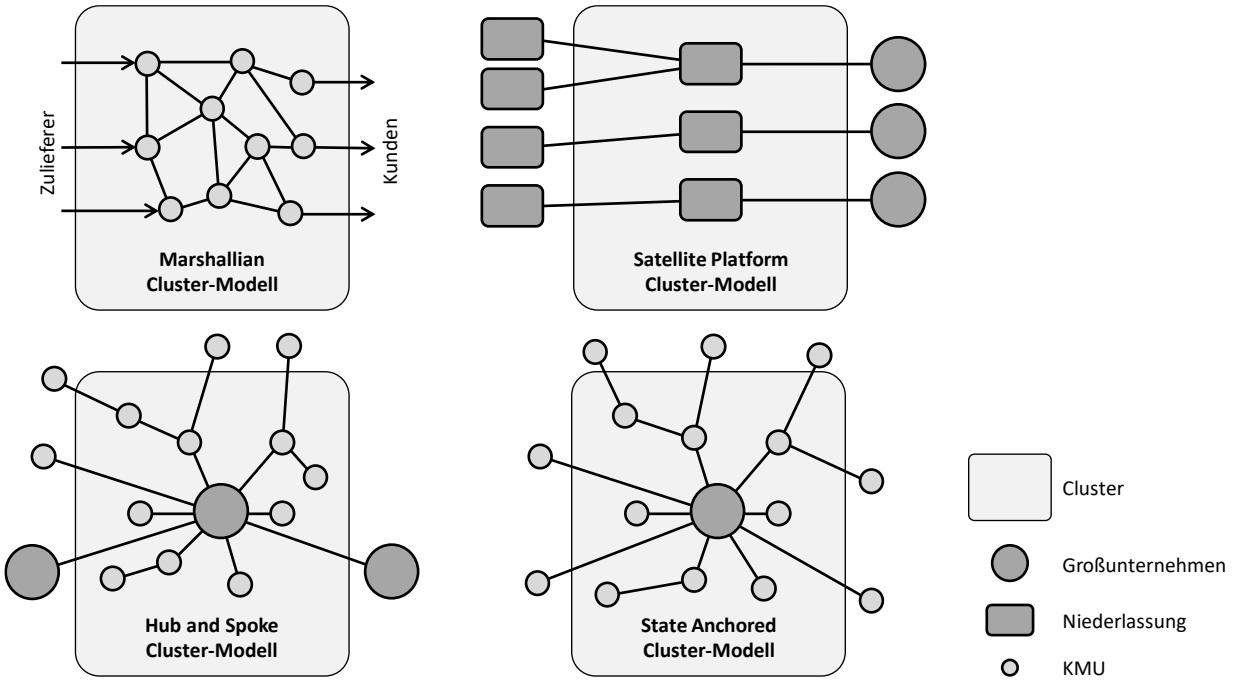


Abbildung 7: Clustertypen (nach Markusen 1996, S. 297)

- **Staatlich verankertes Modell**: In diesem Fall wird die Struktur des Clusters durch ein oder mehrere staatliche Institutionen, wie z. B. bei einem Militärstützpunkt, dominiert. Zulieferer siedeln sich in der Umgebung an und erzielen ihre Umsätze mit den fokalen Institutionen, aber nicht untereinander. Investitionsentscheidungen werden teilweise lokal getroffen. Geschäftsbeziehungen sind meist kurzfristig. Kooperation durch die fokalen Institutionen findet innerhalb und außerhalb des Clusters statt, während die angesiedelten Zulieferer wenig miteinander kooperieren. Fokale Institutionen können eine hohe Fluktuation bei den Arbeitskräften haben. Wirtschaftsverbände und lokale Regierungen spielen eine untergeordnete Rolle. Auch hier sind das Wachstum bzw. die Existenz des Clusters abhängig von der Strategie der staatlichen Institution bzw. deren übergeordneten Instanz.

Diese Typisierung von Markusen wird von vielen Autoren aufgegriffen, z. B. von Boja (2011), He und Fallah (2011) und Portugal Ferreira et al. (2012). He und Fallah (2011) untersuchten die Entwicklung von Technologie-Clustern und kamen zu der Erkenntnis, dass die meisten Cluster nicht eindeutig einer der obigen Typen zugeordnet werden können, vielmehr existieren Mischformen der genannten Typen. Weiterhin wurde festgestellt, dass Clustertypen abhängig von der Branche sind und dass sich der Typ eines Clusters mit der Entwicklung über die Phasen des Lebenszyklus (siehe Abschnitt 2.2.3.5) verändert.

Romanelli und Kessina (2005, S. 350) differenzieren nach der Dominanz in einer Agglomeration (in Anlehnung an Markusens Hub-and-Spoke-Modell) in der einen Dimension und nach dem Grad der Verbundenheit der Akteure in der anderen Di-

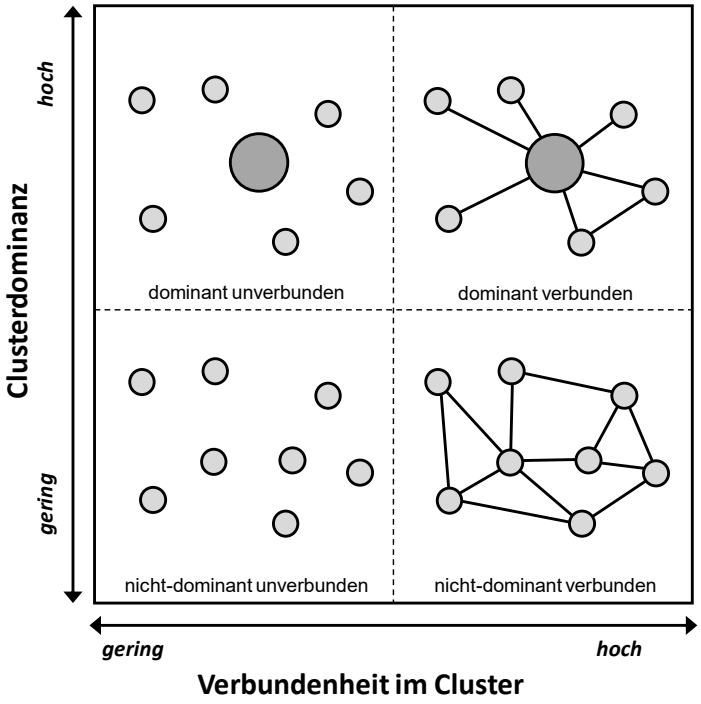


Abbildung 8: Clusterklassifikation (nach Romanelli und Khessina 2005, S. 350)

mension. Daraus ergibt sich eine Vierfeldermatrix (siehe Abbildung 8). Während die Quadranten auf der linken Seite der Abbildung 8 wegen kaum existierender Austauschbeziehungen zwischen den Akteuren eher kein Cluster darstellen, sondern als reine Agglomerationen zu verstehen sind, in denen Akteure Konzentrationsvorteile genießen, weist die Unterscheidung zwischen den beiden Quadranten auf der rechten Seite der Abbildung 8 auf einen bedeutenden Aspekt in der Unterscheidung von Clustererscheinungsformen hin, der für die Führung von Bedeutung ist. Neben der Ansicht, dass in regionalen Clustern eher heterarchische Strukturen anzutreffen sind, zeigt sich, dass regionale Cluster durchaus durch dominante Clusterakteure charakterisiert sein können.

2.2.3.4 Akteure und Rollen in einem Cluster

Kiehlmann (2014, S. 24) unterschiedet in Anlehnung an Rehfeld (2009) vier Bereiche von Akteuren im Zusammenhang von Clusterpolitik, Clusterinitiative und Clusterakteuren (siehe auch Abbildung 9):

- **Clusterinitiative**: Eine Clusterorganisation hat die Aufgabe, das Cluster in seiner Entwicklung zu stärken (Pfeil 3 in Abbildung 9). Eine Clusterorganisation besitzt eine Organisationsform und vereint eine Geschäftsstelle und/oder ein Clustermanagement und die Mitglieder (aus dem regionalen Umfeld) in sich. Das Clustermanagement richtet sich nach den Bedürfnissen der Mitglieder und ist für die strategische Ausrichtung des Clusters verant-

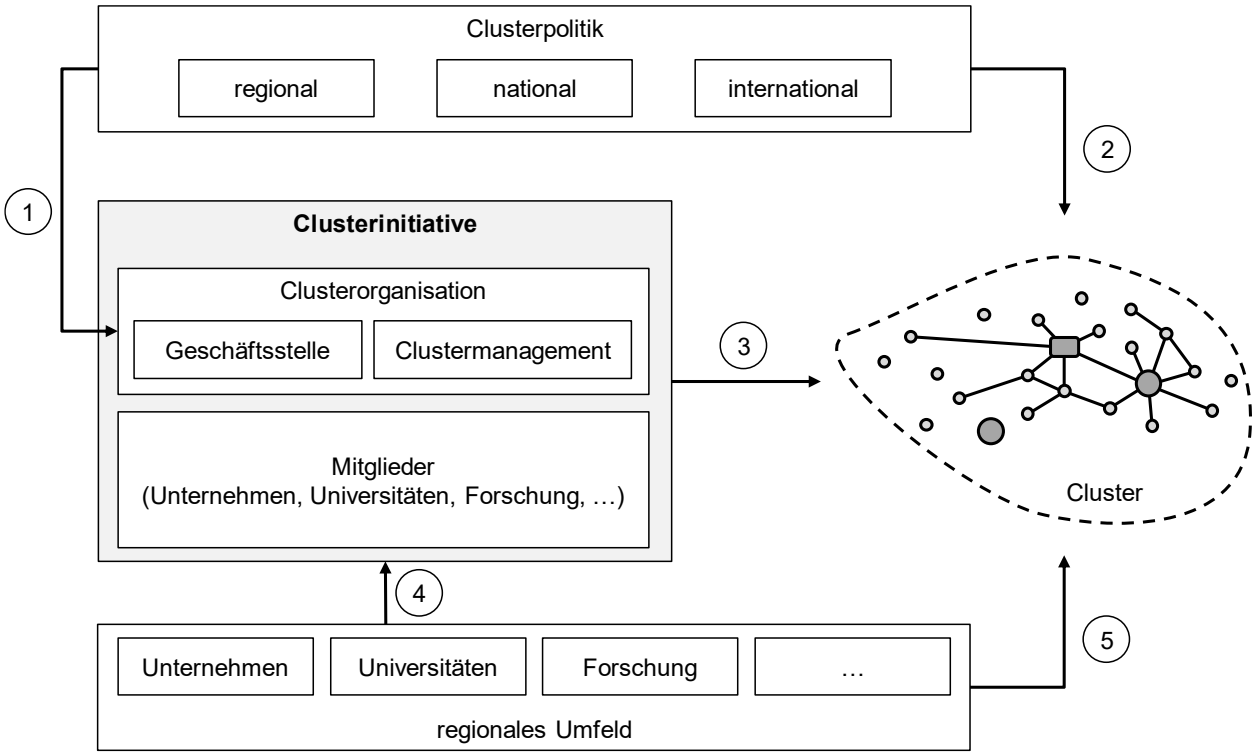


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Clusterpolitik, Clusterinitiative und Clusterakteuren (Kiehlmann 2014, S. 24)

wortlich, wobei sich die expliziten Aufgaben des Clustermanagements je nach Phase des Clusterlebenszyklus stark unterscheiden können.

- **Clusterpolitik**: Die Gründung einer Clusterorganisation kann durch eine gezielte Clusterpolitik (z. B. über Strukturmittel) unterstützt werden. Politische bzw. finanzielle Unterstützung kann aus der Region, vom Bund oder der EU kommen. Dabei kann zwischen einer expliziten Förderung über eine Clusterinitiative (Pfeil 1 in Abbildung 9) und einer impliziten Förderung (z. B. über Förderprogramme, Pfeil 2 in Abbildung 9) unterschieden werden.

- **Regionales Umfeld**: Akteure aus dem regionalen Umfeld (Unternehmen, Universitäten, Forschung, usw.) prägen die Clusterbildung. Dies kann unabhängig von Clusterpolitik und/oder Clusterinitiativen geschehen (Pfeil 5 in Abbildung 9). Gleichzeitig können die Akteure aus dem Umfeld die Gründung einer expliziten Clusterinitiative forcieren (Pfeil 4 in Abbildung 9).

- **Cluster**: Das Cluster ist die regionale Agglomeration wie in Abschnitt 2.2.3 dargestellt.

Sölvell (2008, S. 17) unterscheidet sechs Arten von Akteuren, deren optimales Zusammenspiel für den Erfolg einer Clusterinitiative wichtig ist. Da das Zusammen-

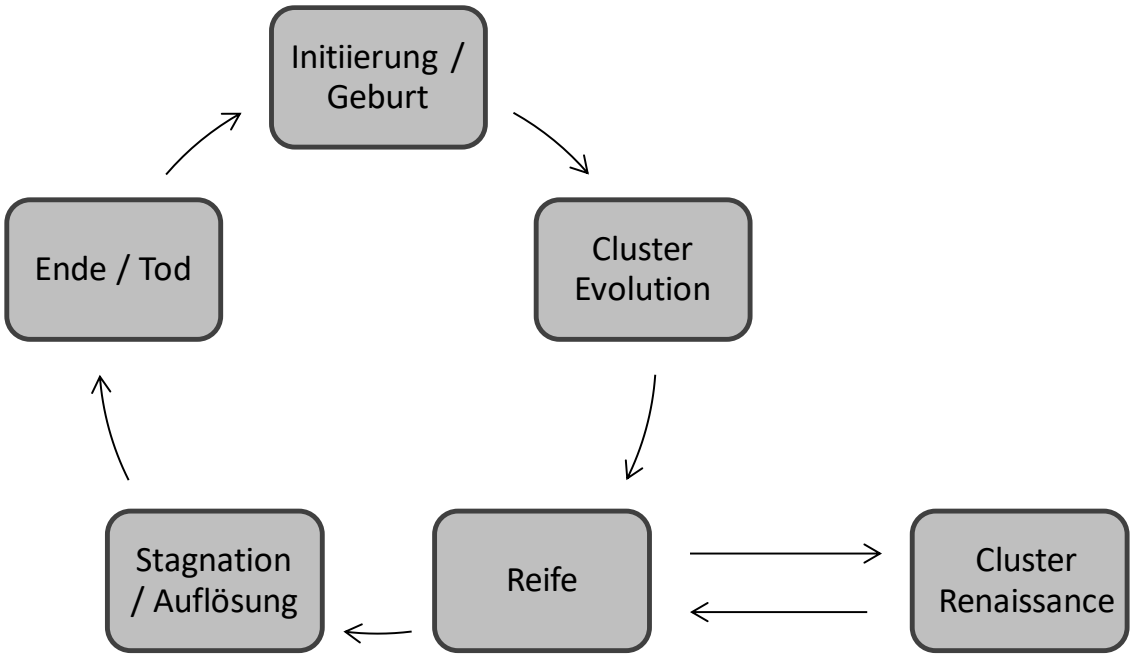


Abbildung 10: Cluster-Lebenszyklus

spiel der Akteure ein wichtiger Erfolgsfaktor sein kann, sind die Akteure im Abschnitt 2.2.3.6.4 erläutert.

2.2.3.5 Der Lebenszyklus eines Clusters

Der Lebenszyklus eines Clusters beschreibt die Phasen von der Entstehung über die Evolution bis zur stabilen Reifephase und weiter bis hin zur möglichen Auflösung. Da ein Cluster zunächst auf unbegrenzte Zeit angelegt ist, ist die Auflösung des Clusters eher eine ungewöhnliche Situation. Viel wahrscheinlicher ist, dass das Cluster durch die Phase einer Renaissance geht, wobei sich Zielsetzung und Struktur des Clusters erheblich ändern können.

Die einzelnen sechs Phasen des Lebenszyklus eines Clusters sind in Abbildung 10 dargestellt. Nach Sölvell (2008, S. 53–62) handelt sich dabei um:

- **Initiierungsphase / Geburt**. Es gibt zwei Gründe, warum sich in einer Region ein Cluster bildet. Zum einen können natürliche Faktoren, wie die landschaftliche Beschaffenheit, Klima, Zugang zum Meer eine entscheidende Rolle spielen (z. B. Weinanbau-Cluster oder Papierindustrie-Cluster), zum anderen wird eine zufällige Innovation mit Unternehmensgründung(en) an einem bestimmten Ort angenommen. Um diesen Kristallisationspunkt entwickelt sich dann ein Cluster. Ein Beispiel hierfür ist die Teppichindustrie der USA, die sich in Dalton (Georgia) angesiedelt hat (Krugman 1991).

- In der **Evolutionsphase** gründen sich neue oder siedeln sich neue Unternehmen in der Region an, um an den wirtschaftlichen Erfolg teilzuhaben.

Dabei tritt oft Wettbewerb und Kooperation gleichzeitig auf. Zusätzlich zu den Neueintritten in der Region entstehen Organisationsnetzwerke, die ein weiteres Wachstum befördern, sofern die Cluster-Faktoren (siehe Abschnitt 2.2.3.6) günstig sind.

- Nach der Evolution erreicht ein Cluster die **Phase der Reife**. In dieser Phase operiert der Cluster auf gleichbleibendem Niveau ohne große Änderungen in der Zielstellung und der Wertschöpfung. Häufig wird eine Konsolidierung unter den Partnern beobachtet. Effizienzdenken herrscht vor.

- Hervorgerufen durch Änderungen bei den Cluster-Faktoren kann es eine **Auflösungsphase** geben. Während dieser Phase verschwinden Akteure durch Wegzug oder Insolvenz. Der Cluster beginnt zu schrumpfen, Netzwerke verkleinern sich oder lösen sich auf.

- Am Ende der Auflösungsphase steht der **Tod** des Clusters, d. h. der Cluster ist nicht mehr existent.

- Befindet sich der Cluster in der Reifephase oder zu Beginn einer Auflösungsphase kann eine **Renaissance** eintreten. Beispielsweise kann die Emergenz neuer Technologien dazu führen, dass neue Unternehmen, neue Produkte oder neue Geschäftsmodelle auftreten und ein Cluster mehr oder weniger radikal umgebaut wird, bis wieder eine Reifephase eintritt. Als Beispiel gibt Sölvell (2008, S. 61) die Telekommunikationsindustrie an, die in vielen Ländern neu geregelt wurde, mit der Folge, dass es mehr Wettbewerb, unterschiedliche Geschäftsmodelle und zugleich auch neue Produkte (Mobiltelefonie, Internet, u. a.) gab.

Basierend auf dem Lebenszyklusmodell eines Clusters führt Bode (2011, S. 151–153) ein vierphasiges Cluster-Entwicklungsmodell ein:

- Phase 1 – **Identifizierungsphase**: In dieser Phase wird das regionalökonomische Potential und eventuelle Standortvorteile geprüft. Ebenso wird eruiert, ob wichtige regionale Partner kooperationsbereit sind, um ein vorhandenes Clusterpotential zu befördern.

- Phase 2 – **Aktivierungsphase**: Schlüsselakteure der Branche werden gezielt aktiviert und zu der Entwicklung einer gemeinsamen Vision eingeladen. Erste Netzwerkstrukturen entstehen. Eine gemeinsam entwickelte Strategie wird formuliert. Ziel dieser Phase ist es, eine formale Ausgestaltung des Clusters und die Art der Kooperation vertraglich festzulegen.

- Phase 3 – **Wachstumsphase**: Die gemeinsam fixierte Strategie wird umgesetzt. Der Wissenstransfer zwischen den Mitgliedern wird stimuliert, erste

Erfolge werden publiziert. Vertrauen unter den Mitgliedern wird hergestellt. Wichtig ist, dass in dieser Phase eine „kritische Masse“ des Clusters erreicht wird, sodass weitere Akteure an das Cluster herantreten, um sich an der Kooperation zu beteiligen.

- Phase 4 – **Nachhaltigkeitsphase**: In dieser Phase muss das hergestellte Vertrauen nachhaltig aufrechterhalten werden. Weiterhin müssen gemeinsame Projekte initiiert und weiterverfolgt werden. Durch professionelles Marketing entsteht eine regionale Marke, die die gesamte Region stärkt. Weiterhin kann es in dieser Phase zu Neuorientierungen des Clusters kommen.

2.2.3.6 Erfolgsfaktoren für Cluster

In der Literatur werden verschiedene Modelle von Faktoren bzw. Erfolgsfaktoren beschrieben, die die Clusterentwicklung positiv beeinflussen.

2.2.3.6.1 Porters Diamantenmodell

Porter beschreibt in seinem Werk *The Competitive Advantage of Nations* (Porter 1990) ein Modell, das den Erfolg von Nationen und Regionen (insbesondere Technologie-Cluster, wie das Silicon Valley) durch vier untereinander in Wechselbeziehung stehenden Determinanten bestimmt. Bei den vier Determinanten handelt es sich um:

- **Faktorkonditionen**: Hierbei handelt es sich um die Verfügbarkeit der Produktionsfaktoren, wie Humanressourcen (Anzahl von Fachkräften), materielle Ressourcen (Rohstoffe, Energie, Flächen), Wissensressourcen, Kapital-

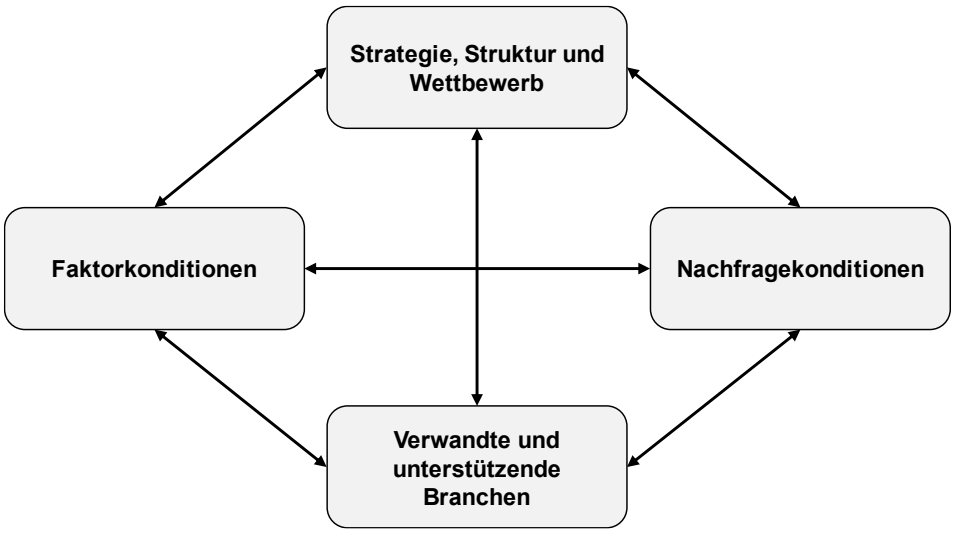


Abbildung 11: Porters Diamantenmodell

ressourcen und Infrastruktur.

- **Strategie, Struktur und Wettbewerb**: Strategie und Wettbewerb beeinflussen die Entwicklung innerhalb der Branche. Wettbewerb fördert die Produktivität und die Innovation in der Region.

- **Nachfragekonditionen**: Eine hohe Nachfrage befördert den Cluster, anspruchsvolle Kunden zwingen die Branche innovativ und qualitativ hochwertig zu sein.

- **Verwandte und unterstützende Branchen**: Kurze räumliche Distanz vor- und nachgelagerter Industrien befördern das Cluster und erleichtern die Kommunikation, was wiederum Ideen und Innovation fördert.

2.2.3.6.2 Etzkowitzs Triple-Helix-Modell

Etzkowitz und Zhou (2017) beschreiben eine Modell, das drei Determinanten für den Erfolg von Clustern in der Form von Innovationen beinhaltet und deshalb das Triple-Helix-Modell genannt wird. Die drei Stränge dieses Modells sind Wissenschaft und Forschung, Industrie und der Staat (öffentliche Hand). Diese voneinander unabhängigen Stränge überlappen sich paarweise und befördern dabei den Wissenstransfer und damit die Innovation: Universitäten und Forschungseinrichtungen entwickeln in öffentlich oder industriell geförderten Projekten neues Wissen und neue Technologien, die Industrie benötigt wissenschaftlich ausgebildetes Personal für Entwicklungs- und Managementaufgaben und die öffentliche Hand fördert direkt bzw. indirekt die Entstehung innovativer Cluster (durch F&E-Projekte bzw. durch Clusterinitiativen).

2.2.3.6.3 Sölvells Cluster Initiative Performance Model

Sölvell et al (2003) stellen ein Performanzmodell für Clusterinitiativen vor, das in drei Bereiche unterteilt ist, die die Performanz eines Clusters bzw. einer Clusterinitiative beeinflussen:

- **Zielsetzungen**: Der Bereich der Zielsetzungen einer Clusterinitiative ist unterteilt in sechs Bereiche: Forschung und Forschungsnetzwerke, politische Maßnahmen, Kooperation, Aus- und Weiterbildung, technologische Innovation und Clusterexpansion.

- **Umfeld**: Die sozio-ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen in der Region müssen günstig sein, damit eine Clusterinitiative erfolgreich sein kann.

- **Entwicklungsprozess**: Ein auf den Clusterlebenszyklus abgestimmtes Clustermanagement muss etabliert sein, das den einzelnen Phasen entsprechend

agiert. Dies beinhaltet z. B. Unterstützung des Aufbaus und der Planung des Clusters, finanzielle Förderungen, Management der Clustermitglieder und Entwicklung von Vertrauen, Austausch von Wissen, Kooperation und die Konsolidierung interner Ressourcen.

Basierend auf diesem Modell kann eine Evaluation eines Clusters vorgenommen werden, wobei auf die folgenden wesentlichen Faktoren fokussiert wird:

- Anzahl und Komplexität der Verbindungen zwischen Industrie und Forschung
- Erhöhte Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Vergleich
- Grad der Innovationsfähigkeit bzgl. neuer Technologien
- Clusterattraktivität bzgl. neuer Mitglieder, insbesondere Produktivität und neue Märkte
- Zielerreichungsgrad bzgl. selbst gesteckter Clusterziele

2.2.3.6.4 Sölvells Clusterakteursmodell

Ein weiteres Modell von Sölvell (Sölvell et al. 2003; Sölvell 2008) fokussiert auf die Clusterakteure und deren möglichen Entscheidungen und Aktivitäten für die Clusterentwicklung. Es handelt sich dabei um:

- **Regierung und öffentliche Hand**: Regierungsstrukturen und Institutionen der öffentlichen Hand (Ministerien, Behörden und ausführende Agenturen und deren regionalen Ableger) können die Regionalentwicklung und damit die Beförderung von Clustern durch finanzielle Anreize (z. B. Förderprogramme) unterstützen. Ebenso etablieren sie in der Regel eine Clusterinitiative und unterstützen das Clustermanagement.
- **Finanzierungssysteme**: Diese Akteure werden durch Banken, Risikokapitalgeber und anderen Investoren vertreten. Sie stellen finanzielle Unterstützung für Unternehmen und Neugründungen bereit.
- **Ausbildung, Wissenschaft und Forschung**: Akteure aus den Bildungssystemen, der Wissenschaft und Forschung (Universitäten und Hochschulen, Forschungsinstitute, Technologietransferstellen und Wissenschaftszentren) unterstützen den Innovationsprozess durch die Bereitstellung speziell ausgebildeter Arbeitskräfte. Ebenso sind sie im Wissenstransfer von der Forschung in die Industrie aktiv.

- **KMUs**: Spezialisierte kleine und mittlere Unternehmen stellen in der Regel den Kern eines Clusters dar. Dies können Wettbewerber, Zulieferer (von Vorprodukten, Maschinen) oder Dienstleister (z. B. Berater) sein. Die Entwicklung dieser KMUs und deren kooperativen Verbindungen untereinander spiegeln den Charakter des Clusters wider und sind der wichtigste Faktor in der Clusterentwicklung. Die Größe eines Clusters wird direkt durch die Anzahl der beteiligten KMUs bestimmt.

- **Nichtregierungsorganisationen (NRO)**: Akteure, wie z. B. Handelskammern und Verbände unterstützen die Kooperation und das Marketing des Clusters. Oft wird eine Clusterinitiative durch einen solchen NRO initiiert.

- **Medien**: Die Medien berichten über Cluster und Clusterinitiativen und befördern somit den Bekanntheitsgrad und die Entwicklung und Etablierung der Marke des Clusters. Beispielsweise hat die Marke „Silicon Valley“ einen derartig Bekanntheitsgrad gewonnen, dass andere Cluster sich ebenfalls mit einem „Valley“ schmücken (Boja 2011, S. 40).

2.2.3.6.5 Bodes Erfolgsfaktoren für Clusterinitiativen

Bode (2011) führt sechs Faktoren auf, die den Erfolg einer Clusterinitiative ermöglichen. Es handelt sich um:

- **Professionelles Cluster-Management**: Von der Professionalität des Clustermanagements hängt die effektive Clustersteuerung ab. Hierzu zählen neben der organisationalen Fähigkeit des Clustermanagements die Schaffung eines Umfelds, in dem Informationen ausgetauscht und Innovationen generiert werden können.

- **Gemeinsame Vision**: Die erfolgreiche Steuerung des Clusters wird erheblich durch die Formulierung einer gemeinsamen Vision unterstützt. Die Umsetzung dieser Vision führt zur Schaffung eines gemeinsamen Mehrwerts.

- **Größe der Clusterinitiative**: Die Einbindung einer hinreichend großen Zahl an Unternehmen und Partnern aus Bildung, Forschung und Wissenschaft ist ein wichtiger Faktor, der den Clustererfolg langfristig erst möglich macht. Durch eine entsprechende Clustergröße ist gewährleistet, dass ausreichend Ressourcen und Fähigkeiten in eine Kooperation eingebracht werden und sich ein aktiver Wissens- und Erfahrungsaustausch entwickelt.

- **Aktive Mitwirkung der Mitglieder**: Die Bereitschaft der Mitglieder zu einer aktiven Mitwirkung führt zu fachlichen Wissensaustausch in Projekt- und Arbeitsgruppen. Dies setzt die Bereitschaft der Unternehmen voraus, ein langfristiges Engagement einzugehen.

- **Wechselseitiges Vertrauen**: Vertrauen gilt als notwendige Voraussetzung für die Entstehung, Gestaltung und der reibungslosen Koordination der Zusammenarbeit in der Clusterinitiative.

- **Gemeinsamer Mehrwert**: Der Erfolg einer Clusterinitiative ist nur dann gewährleistet, wenn langfristig ein gemeinsamer Mehrwert entsteht, der über den individuell erreichbaren Unternehmenserfolg hinausgeht. Der Nutzen muss für alle Clusterakteure transparent sein und kann z. B. in überbetrieblichen Werten (Infrastruktur, usw.) münden.

2.2.3.7 Clusterinterne Netzwerke

„Das wichtigste Charakteristikum innerhalb eines Clusters bilden Netzwerke zwischen den Akteuren einer Branche eines Clusters“ (Steinkemper 2013, S. 273). Diese Netzwerke bestehen aus Produzenten, Dienstleistern, Kunden und Lieferanten sowie Forschungseinrichtungen und öffentlichen Institutionen und sind dafür verantwortlich, dass eine Region über verbesserte Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit neu Impulse für Wachstum und Beschäftigung erhält.

Steinkemper (2013, S. 275) merkt weiterhin an, dass in vielen Publikationen *Cluster* und *Netzwerk* synonym verwendet werden, rät aber davon ab. Die beiden Termini sollten unterschiedlich genutzt werden. Auch Duschek et al merken an: *„Während Cluster und Netzwerke oftmals (und nicht nur in der Praxis) gleich gesetzt werden, verstehen wir Cluster als miteinander verwobene Netzwerke interorganisationaler Beziehungen in einer spezifischen Region“* (Duschek et al. 2010, S. 130).

Lerch (2009, S. 59) und Duschek et al. (2010, S. 131) argumentieren, dass Netzwerkbeziehungen in einem Cluster auf vier Ebenen identifiziert werden können:

- **Organisationale Ebene**: Auf dieser Ebene können personale Netzwerke zwischen den Mitarbeitern einer Organisation in und zwischen den Substrukturen der Organisation (z. B. Gruppen, Abteilungen, Divisionen) identifiziert werden.

- **Netzwerkebene**: Organisationen (im und außerhalb des Clusters) unterhalten Beziehungen untereinander und bilden Organisationsnetzwerke, die sich nur teilweise im Cluster befinden.

- **Clusterebene**: Auf der Clusterebene gibt es netzwerkartige Beziehungen zwischen Organisationen, die sowohl zu einer spezifischen Branche als auch zu einer bestimmten Region gehören. Es handelt sich um clusterinterne Organisationsnetzwerke.

- **Feldebene**: Cluster können ein wesentlicher Bestandteil des organisationalen Feldes sein. Cluster oder Repräsentanten des Clusters stehen dann in Verbindung mit anderen Clustern einer anderen Branche in der Region.

Im Folgenden werden nur die clusterinternen Netzwerke (Netzwerke auf Clusterebene) betrachtet. Beispiele für clusterinterne Netzwerke sind die Clusterinitiative, und spezielle Fokus- bzw. Arbeitsgruppen für den Wissens- und Technologietransfer. Es kann aber auch andere Netzwerke, z. B. Beschaffungsnetzwerke in einem Cluster geben.

2.2.3.8 Merkmale von Netzwerken in Clustern

Aus den bisher dargestellten Sachverhalten lassen sich zusammenfassend einige wichtige Merkmale zur Charakterisierung von Netzwerken in Clustern angeben. In Erweiterung der von Duin (2008) angeführten Liste von Merkmalen, die die Relevanz von strategischer Planung für derartige Netzwerke begründen, sind dies:

- Die Mitglieder eines Netzwerks in einem Cluster gehören einer spezifischen Branche an. Dies hängt von der jeweiligen Ausrichtung des Clusters ab. Die Richtung der Kooperation kann sowohl horizontal, vertikal und beides (diagonal) sein.

- Der zeitliche Horizont eines Clusters ist immer langfristig. bzw. unbefristet.

- Die Partner in einem Cluster und deren Netzwerke können je nach Clustertyp Unternehmen unterschiedlicher Größe sein.

- Die Zielsetzung eines Clusters ist direkt bzw. indirekt mit der Erzielung eines Mehrwerts verbunden. Der eigentliche Zweck des Clusters ist die Produktion von Produkten bzw. Produktgruppen und anderen Erzeugnissen.

- Ein Cluster ist immer zielorientiert, d. h. es ist immer in einer spezifischen Branche oder Domäne aktiv und oft besteht ein gewisses Maß an Wettbewerb zwischen den Partnern. Dabei können die Einzelziele der Mitglieder voneinander abweichen, jedoch nicht über ein Maß hinaus, das die Kooperation im Cluster untereinander grundsätzlich gefährdet.

- Die Mitglieder eines Clusters haben von sich aus (intrinsisch motiviert) das Interesse und das Potential langfristig zu kooperieren. Sie folgen dabei einer kollektiven Netzwerkstrategie (Sydow und Möllering 2009, S. 206) (Petry 2006, S. 47).

- Bei Clusternetzwerken handelt es sich sehr häufig um nicht-fokale Netzwerke. Die Mitglieder dieser Netzwerke sind autonome Organisationen, d. h. sie befinden sich nicht untereinander in einem hierarchischen oder anderen Ab-

hängigkeitsverhältnis. Die Bindung innerhalb des Clusters wird durch die Vereinbarung von Spielregeln geregelt.

- Die Phasen im Lebenszyklus eines Clusters, die der strategischen Planung bedürfen, sind vor allem die Initiierungs- gefolgt von der Evolutionsphase (Cluster-Konzeption und Wachstum) und die Renaissance (Cluster-Redefinition).

2.3 Beispiele für Produktionscluster

Im Folgenden werden drei ausgewählte Beispiele von industriellen Clustern vorgestellt. Die Beispiele beruhen auf dokumentierten Fallstudien. Eine Zusammenfassung der Beispiele befindet sich in Tabelle 2. Die Beispiele wurden so ausgewählt, dass produktionsrelevante Branchen abgedeckt sind: optische Technologien, Medizintechnik und Luft und Raumfahrttechnik. Eine Übersicht zu deutschen Clustern gibt es auf der Web-Site von Clusterplattform Deutschland (www.clusterplattform.de).

2.3.1 OpTec Berlin-Brandenburg

Das Optik Cluster in Berlin Brandenburg zeichnet sich durch eine starke wissenschaftliche Basis und die hohe Anzahl spezialisierter, kleiner und mittlere Unternehmen mit einem breitgefächerten Know-how aus. Dies ist die Grundlage für einen wechselseitigen Transfer zwischen Wissenschaft und Industrie. Gleichzeitig kann dies ein Treiber für Innovationen in dieser und benachbarten Branchen sein. Der Kern des Clusters besteht aus ca. 390 Technologieunternehmen (298 in Berlin, 92 in Brandenburg), 10 Hochschulen und 26 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, davon 11 in Brandenburg und 25 in Berlin. Im Cluster arbeiten ca. 16.600 Beschäftigte.

Am 14.09.2000 wurde *OpTecBB e.V.* von Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Universitäten und Verbänden mit Unterstützung der zuständigen Landesministerien Brandenburgs und des Senats von Berlin gegründet. 2018 hatte der Verein ca. 110 institutionelle Mitglieder (Quelle: Web-Site: optecbb.de/lang/de/mitgliederlisten/mitgliederliste.php).

Das Ziel ist die Gestaltung einer Plattform für die Vernetzung der Akteure innerhalb der Region, als auch für die Vernetzung der Region mit anderen Photonik-Clustern. Es werden inhaltliche Beiträge zur strategischen Ausrichtung der optischen Technologien und Mikrosystemtechnik in der Hauptstadtregion geleistet.

Cluster	Quellen	Kurzbeschreibung
OpTecBB	(Sydow et al. 2007) (Lerch 2009) (Duschek et al. 2010) (Sydow und Zeichhardt 2013)	Optec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e.V. ist das Kompetenznetz für optische Technologien und Mikrosystemtechnik in den Ländern Berlin und Brandenburg. OpTecBB e.V. ist eine Initiative von Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen in Berlin und Brandenburg, die gemeinsame Wege zur Erschließung und Nutzung dieser Technologien gehen wollen. www.optecbb.de
Medical Valley EMN	(Dückert et al. 2011) (Bahadir 2017) (Hilke 2017)	Im Medical Valley EMN e.V. haben sich Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Gesundheitsversorgung und Politik zusammengeschlossen, um ihre Ressourcen im Cluster zu bündeln. Hieraus versprechen sie sich eine verbesserte Technologie- und Problemlösungskompetenz, die zur Entwicklung und Vermarktung bedarfsgerechter und effizienter Lösungen mit hohem weltweitem Bedarf führt. Dabei wird insbesondere auf innovative diagnostische und therapeutische Verfahren, Lösungen für ein selbstbestimmtes Leben zu Hause – auch im Alter, Lösungen für die Gesundheitsförderung und Prävention und Entwicklung der P4 Medizin (präventiv, prädiktiv, partizipativ, personalisiert) fokussiert. medical-valley-emn.de
AVIASPACE / AVIABELT	(Steinkemper 2013) (Duin und Thoben 2014)	Seit 2005 vereint der AVIABELT Bremen e.V. Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen der Luft- und Raumfahrtindustrie aus der Metropolregion Bremen-Oldenburg mit dem Ziel, Bremen als Zentrum für luftfahrttechnische Anwendungen weiter auszubauen und die Positionierung der bremischen Luftfahrtakteure im europäischen Wettbewerb zu verbessern. Durch den AVIABELT Bremen e. V. werden die Mitgliedsunternehmen beim Ausbau von Kompetenzen und damit bei der Erschließung neuer Absatzmärkte unterstützt. Im Dezember 2017 wurde AVIABELT in AVIASPACE umbenannt. www.aviabelt.de

Tabelle 2: Industrielle Beispiele für Cluster

Zu den vom Cluster adressierten Aktivitäten gehören: Bündelung der Aktivitäten im Bereich der optischen Technologien und Mikrosystemtechnik zum Vorteil der Unternehmen, Forschungs- und Entwicklungs- sowie der Ausbildungseinrichtungen und der Politik, Vernetzung der Akteure im Raum Berlin und Brandenburg durch einen organisierten Austausch von Informationen und damit verbundenen Veranstaltungen mit dem Ziel, F&E-Projekte zu initiieren und Innovationen zu realisieren, Gestaltung von übergreifende Themen (Integrativthemen) zur Nach-

wuchskräftesicherung, Gründungsunterstützung, Finanzierung und Förderung, Internationalisierung und Messen sowie Standortmarketing.

In der Clusterinitiative wurden clusterinterne Netzwerke etabliert, die sogenannten OpTecBB-Fokusgruppen (Duschek et al. 2010, S. 133). Eine dieser Fokusgruppen ist das RSS-Netzwerk (Röntgenstoff- und -strukturanalysenetzwerk), das auf die Entwicklung und Vermarktung von Röntgenanalysetechnologien ausgerichtet ist. Das RSS-Netzwerk ist aber auch über die Clusterinitiative hinaus Bestandteil einer größeren UV-/Röntgenstrahlen Community in Berlin-Brandenburg.

Auf Clusterebene ist OpTecBB Mitglied vom nationalen OpecNet Deutschland e.V., dem Zusammenschluss aller deutschen regionalen Kompetenznetze für optische Technologien. Zudem ist OpTecBB Mitglied der EPIC (European Photonics Industry Consortium).

Nach Ansicht des Autors handelt es sich um ein Cluster nach dem Modell von Marshall, da die lokalen KMUs, die untereinander in langfristigen Zuliefer- und Abnehmerbeziehungen stehen, dominieren und Kleinserien- oder Unikatfertigung im Vordergrund stehen.

2.3.2 Medical Valley EMN

Das Cluster der Metropolregion Nürnberg ist der Medizintechnik zuzuordnen und umfasst etwa 500 Unternehmen, wobei 180 davon dedizierte Medizintechnikunternehmen sind. Mit Siemens und seinem Sektor „Healthcare“ hat einer der größten Akteure in der Medizintechnik seinen Sitz im Cluster. Über 50 Forschungsinstitute, Anwenderzentren und ähnliche Einrichtungen widmen sich branchenspezifisch und interdisziplinär vernetzt fachtechnischen Fragen (Hilke 2017). Die vom Cluster adressierten Aktivitäten umfassen alle Stufen der medizinischen Versorgung, von der Prävention über Diagnostik, Therapie bis hin zur Rehabilitation. Zurzeit (2018) hat die Clusterinitiative 161 Mitglieder (Quelle: Web-Site: medical-valley-emn.de/medical-valley/mitglieder-und-partner).

Das Medical Valley EMN (Europäische Metropolregion Nürnberg) umfasst Medizintechnikfirmen, Forschungseinrichtungen und Institutionen der Gesundheitswirtschaft aus der Metropolregion Nürnberg. Am 01.01.2007 wurde der *Medical Valley EMN e.V.* gegründet, um die Vernetzung zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesundheitsversorgung zielgerichtet zu optimieren. Weiteres Ziel ist es, die Innovationszyklen neuer Medizintechnikprodukte zu verkürzen und eine strategische Weiterentwicklung zum „Exzellenzzentrum für Medizintechnik“.

Medical Valley EMN wurde im Jahr 2010 zu einem der 15 ausgewählten Spitzencluster in Deutschland. Seit 2003 wurden in diesem Cluster 35 Startup-

Unternehmen gegründet und 500 neue Arbeitsplätze geschaffen. Dabei wurden ca. 50 Mio. € Risikokapital eingesetzt (Bahadir 2017).

Nach Ansicht des Autors hat dieser Cluster sowohl Merkmale des Satellite Platform Cluster-Modells als auch des Hub and Spoke Cluster-Modells. Es befindet sich eine große Niederlassung von Siemens in der Region (Satellite Platform) und es finden sich spezialisierte KMUs der Zuliefernetzwerke und Forschungseinrichtungen in der Region (Hub and Spoke).

2.3.3 AVIABELT Bremen

Das Luft- und Raumfahrcluster in Bremen umfasst Betriebe und Forschungseinrichtungen, die in der Entwicklung, Produktion und dem Vertrieb von Luft- und Raumfahrtsystemen und deren Komponenten tätig sind. Der Jahresumsatz belief sich auf rund 2 Milliarden Euro (WfB Wirtschaftsförderung Bremen GmbH 2012, S. 14). Moderne Leichtbautechnologien und Hochauftriebssysteme stellen neben dem Bau und Betrieb von Satelliten die Hauptschwerpunkte für den Standort dar.

Am 20.10.2005 wurde der *AVIABELT Bremen e.V.* als Clusterorganisation (im Folgenden kurz AVIABELT genannt) gegründet. Die Themenschwerpunkte des AVIABELT liegen einerseits in der Netzwerkbildung als auch im Technologietransfer. Ziel ist dabei, die technische wie auch organisatorische Vernetzung zwischen Produzenten, Zulieferern, Dienstleistern und Forschungseinrichtungen in den Bereichen Materialentwicklung, Hochauftrieb, Konstruktion, Fertigungstechnologie und Robotik voranzutreiben. Zur Profilbildung des Standortes Bremen soll vor allem der Schwerpunkt Luftfahrt weiter ausgebaut und konsequent gestärkt werden. Ein weiteres Ziel ist dabei, die Positionierung der bremischen Luftfahrtakteure im europäischen Wettbewerb zu verbessern. Daher repräsentiert der AVIABELT als Netzwerk das Bremer Luft- und Raumfahrtcluster.

Im Juli 2014 hatte der AVIABELT insgesamt 41 Mitglieder, von denen 31 aus dem Bereich Industrie und sieben aus dem Bereich Forschung stammen. Zudem gibt es drei weitere Mitglieder aus den Bereichen Wirtschaftskanzlei, Wirtschaftsprüfer und die Wirtschaftsförderung Bremen. Bei der Analyse der Mitgliedsorganisationen fällt auf, dass Unternehmen der Luftfahrtindustrie stark im AVIABELT vertreten sind. Im Gegensatz dazu ist die Abdeckung der Raumfahrtbranche gering ausgeprägt. So ist z. B. einer der größten Akteure der Raumfahrttechnik in Bremen bisher nicht Mitglied im Netzwerk.

Auf der Netzwerkebene wurden und werden im AVIABELT kleinere interorganisationale Netzwerke in der Form von Arbeitsgruppen (AGs) zu bestimmten Themen gebildet. Ein Beispiel dafür ist *AG Kooperation*. Auf der Clusterebene unterhält der AVIABELT partnerschaftliche Beziehungen zu weiteren Clustern, wie z. B. der *Hanse-Aerospace* (Hamburg), dem *European Aerospace Cluster Part-*

nership (EACP) oder der türkischen *HUKD - Aviation & Space Clustering Association*.

Nach Ansicht des Autors hat der Luft- und Raumfahrtcluster der Metropolregion Bremen-Oldenburg sowohl Merkmale des Satellite Platform Cluster-Modells als auch des Hub and Spoke Cluster-Modells. Zum einen finden sich große Niederlassungen (Werke) von *Airbus S.A.S* (mit Sitz in Tolouse) bzw. Schwesterunternehmen wie die *Astrium GmbH* in der Region (Satellite Platform), zum anderen gibt es große Akteure, wie die *OHB AG*. In beiden Fällen befinden sich spezialisierte KMUs der Zuliefernetzwerke und Forschungseinrichtungen in der Region (Hub and Spoke).

Im Dezember 2017 hat sich die Clusterorganisation AVIABELT Bremen e.V. in *AVIASPACE Bremen e.V.* umbenannt. Hintergrund ist, dass die Clusterinitiative mehr Mitglieder aus dem Bereich der Raumfahrt integrieren möchte.

2.4 Herausforderungen an die strategische Planung in Produktionsclustern

Im Vergleich zu der strategischen Planung in einer monolithischen Organisation wie einem Unternehmen ist die strategische Planung in Netzwerken, wie sie eine Clusterinitiative darstellt, unterschiedlich. Dies betrifft vor allem die Strategieebenen und die Gegenstände der strategischen Planung, weniger den Prozess der strategischen Planung.

2.4.1 Strategieebenen der Clusterstrategie

Die Entwicklung und Umsetzung von Clusterstrategien fällt in den Aufgabenbereich des Hauptnetzwerks, der Clusterinitiative, sodass es sich um eine Netzwerkstrategie der Clusterorganisation handelt. Ziel ist es, die strategische Ausrichtung des Clusters vorzunehmen und seinen langfristigen Erfolg zu sichern.

Eine von mehreren Unternehmen gemeinschaftlich entwickelte und implementierte Strategie zur Stabilisierung interdependenter Aufgabenumwelten wird eine *kollektive Strategie* genannt (Bresser 1989, S. 545). Diese Strategieebene kann, sofern sie von den Mitgliedern eines Netzwerks gemeinschaftlich entwickelt und umgesetzt wird, eine Netzwerkstrategie oder aber unabhängig von der Netzwerkebene sein.

Abbildung 12 zeigt die verschiedenen Netzwerkstrategieebenen (siehe auch Wohlgemuth und Hess 2007, S. 7–9). Innerhalb eines Netzwerks werden Netzwerkfunktionsbereichsstrategien, Netzwerkgeschäftsbereichsstrategien und Netzwerkgesamtstrategien unterschieden. Darüber hinaus können verschiedene Netzwerke in bestimmten Bereichen im Rahmen kollektiver Netzwerkstrategien kooperieren.

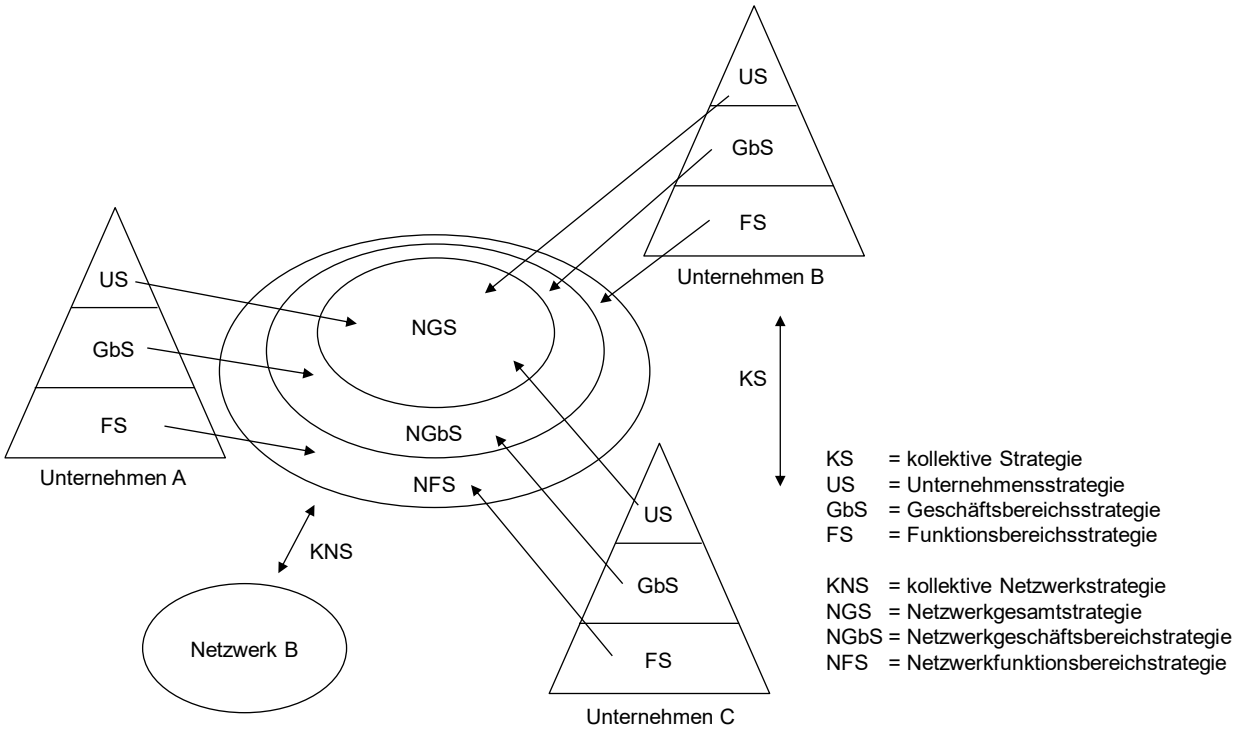


Abbildung 12: Netzwerkstrategieebenen (Petry 2006, S. 47)

Bei Strategien, die nur eine Funktion im Netzwerk adressieren (z. B. Produktion, Beschaffung, F&E) handelt es sich um Netzwerkfunktionsbereichsstrategien. Falls sich der Zweck des Netzwerks nur auf eine Funktion beschränkt, ist dies die einzige relevante Strategieebene. Auf der Ebene der Netzwerkgeschäftsbereichsstrategien wird festgelegt, wie sich das Netzwerk im Wettbewerb der einzelnen Geschäftsfelder verhält und welche Maßnahmenbündel gemeinsam umgesetzt werden sollen. Alle strategischen Entscheidungen, die über die Funktions- und Geschäftsbereiche hinausgehen fallen in die Ebene der Netzwerkgesamtstrategie. Dies betrifft Fragen der Rechtsform des Netzwerks, aber auch die Auswahl, Entwicklung und Abstimmung der im Netzwerk zu bearbeitenden Geschäftsfelder. Daher ist eine Unterscheidung zwischen Netzwerkgeschäftsbereich- und Netzwerkgesamtstrategie nur dann sinnvoll, wenn das Netzwerk in verschiedenen Geschäftsbereichen tätig ist oder sein will.

2.4.2 Zielebenen in Produktionsclustern

Der strategischen Planung ist die Planung strategischer Ziele vorgeschaltet. Die Zielsetzungen in Unternehmen bzgl. des eigenen Erfolges und bzgl. der Ziele für das Netzwerk und die Zielsetzungen des Netzwerks können jedoch unterschiedlich sein. Abbildung 13 zeigt die verschiedenen Zielebenen auf.

Zur Definition von Netzwerkzielen bedarf es explizit formulierter Unternehmensziele der einzelnen Mitglieder des Netzwerks. Diese Ziele können zwischen den

einzelnen Partner sehr unterschiedlich sein. Das Netzwerk wird oft als Mittel gesehen, um die eigenen Unternehmensziele zu erreichen. Es ist davon auszugehen, dass jeder Partner im Netzwerk mit der Kooperation eigene Ziele verfolgt. Diese Ziele der Netzwerkbeteiligung bzw. für das Netzwerk erklären den Beitrag des Netzwerks für die eigene Zielerreichung des Partners. Wenn die Teilnahme an der Kooperation die Erreichung der eigenen Ziele unterstützt, so ist der jeweilige Partner an einer langfristigen Erhaltung und Weiterentwicklung des Netzwerks interessiert. Dies ist jedoch nur dann zu erwarten, wenn auch alle anderen Partner im Netzwerk in gleicher Weise profitieren.

Da die Ziele der Netzwerkbeteiligung der einzelnen Partner unterschiedlich und untereinander nicht immer transparent sind, bedarf es einer Abstimmung gemeinsamer Ziele des Netzwerks. Diese bündeln dann die unterschiedlichen Ziele auf der Netzwerkebene als Netzwerkziele. Netzwerkziele können dabei allgemeiner oder spezieller Natur sein. Auch können auf der Netzwerkebene Ziele formuliert werden, die nicht eines der Partnerziele repräsentieren.

2.4.3 Prozesse der strategischen Planung in Produktionsclustern

Der grundsätzliche Prozess der strategischen Planung in Produktionsclustern ist der gleiche wie in Einzelunternehmen und ist im Abschnitt 2.1.2 skizziert. Hittmar und Jankal (2015, S. 11), Wohlgemuth und Hess (2007, S. 12) und Petry (2006, S. 41) geben sehr ähnlichen Prozesse im Rahmen des Netzwerkmanagements an.

Romero Diaz (2007, S.79ff) gliedert die Initiierungsphase eines Netzwerks in die drei Prozesse *Umweltanalyse*, *strategische Planung* und *Strategieimplementierung*. In der Umweltanalyse beschränkt er sich auf die Aktivitäten der technologischen und ökonomischen Analyse des Marktes. Der Prozess der strategischen Planung besteht aus den Aktivitäten Zielsetzung und Strategieanalyse und Strategieformulierung. Der Prozess der Strategieimplementierung besteht aus den drei Aktivitäten Geschäftsprozessdefinition, IuK-Infrastrukturdefinition und der Definition der Führungsstruktur.

2.4.4 Gegenstand der strategischen Planung in Clustern

Wie bereits in Abschnitt 2.4.1 dargelegt fokussiert die strategische Planung bei Produktionsclustern auf die vorhandenen oder aufzubauenden Geschäftsbereiche und den vorhandenen bzw. aufzubauenden Funktionsbereichen des Clusters.

Wichtig ist dabei, dass die Zielsetzungen der Mitglieder und auf Netzwerkebene (siehe Abschnitt 2.4.2) berücksichtigt werden. Zu den Hauptzielen auf der Clusterebene gehören:

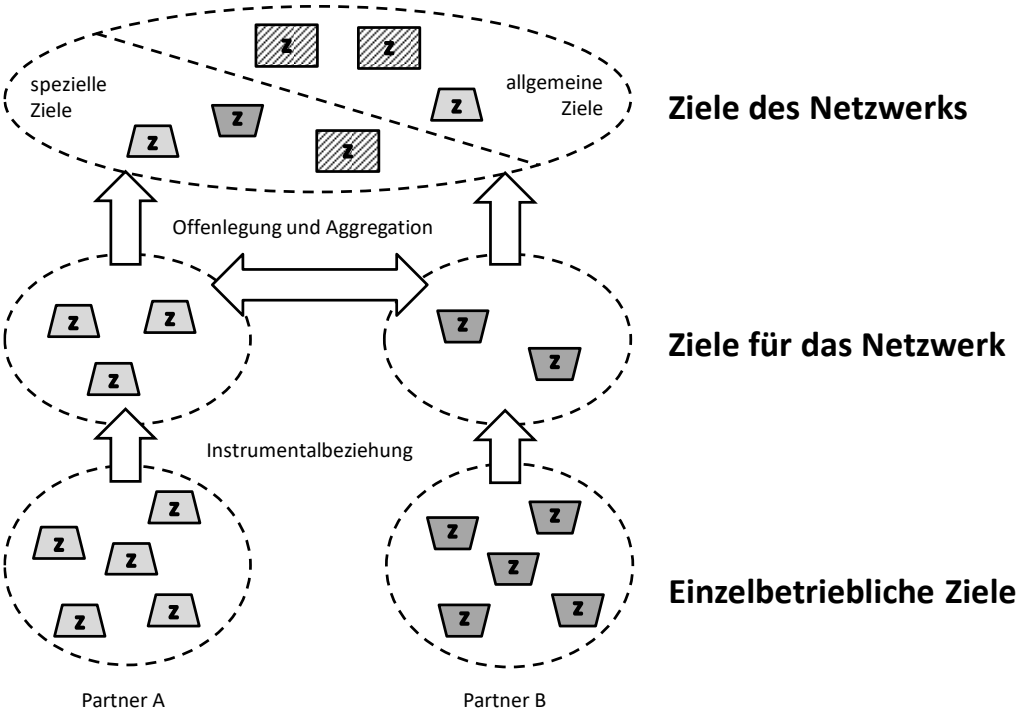


Abbildung 13: Zielebenen in Netzwerken (Wohlgemuth und Hess 2007, S. 29)

- Erzielen von Wettbewerbsvorteilen für das Cluster und die einzelnen Mitglieder im Cluster
- Aufbau neuen Wissens und Entwicklung neuer Technologien als Innovation im Cluster
- Organisation und Unterstützung von Wissens- und Erfahrungsaustausch unter den einzelnen Mitgliedern des Clusters

Romero Diaz (2007, S.84) untergliedert die Gegenstände der strategischen Planung in drei Bereiche:

- **Marktorientierte Planung**. Zu diesem Bereich gehört die Festlegung bzw. Planung des Absatzmarktes, z. B. Zielkunden, des Produkt– und Dienstleistungsangebots, der Marketingstrategie, Preisstrategie, der Markenentwicklung und die Ausgestaltung von Öffentlichkeitsarbeit.
- **Finanzplanung**. In diesem Bereich werden das dem Cluster zur Verfügung stehende Budget geplant.
- **Planung des Betriebs und Organisation**. Zu diesem Bereich gehört die Planung der Lenkungsstrukturen in der Form von Verträgen und Vereinbarungen, Organisationsstrukturen, Kooperationsregeln und der Rechte- und Rollenverteilung. Weiterhin sind Mitgliedsprofile und Größe des Clusters

Gegenstand der Planung, sowie interne Dienstleistungsangebote für die Partner bzw. Mitglieder.

2.5 Problemspezifikation

Die strategische Planung als Teil des Netzwerkmanagements in einem Produktionscluster unterscheidet sich von der strategischen Planung für Einzelorganisationen (Sydow 2006, S. 404). Strategien müssen nicht nur auf der Ebene der Einzelunternehmen, der Geschäftsbereiche und der Funktionsbereiche formuliert werden, sondern vielmehr als *kollektive Strategien*. Daneben gilt es die jeweiligen Partner im Cluster z. B. als Schlüsselkunde, Systemlieferant oder eben als Netzwerkorganisator strategisch zu positionieren.

Charakteristisch für kollektive Strategien sind drei Merkmale (Wohlgemuth und Hess 2007, S. 5):

- Eine gemeinsame Ressourcenmobilisierung, d.h. durch Abstimmung oder durch Zusammenlegung von Leistungspotentialen.
- Die gemeinsame Formulierung von Maßnahmen über eine Vereinbarung über zukünftige Handlungsziele.
- Die Verankerung dieser Maßnahmen auf einer Ebene, die über der der einzelnen Organisationen liegt.

Während die beiden erstgenannten Kriterien notwendige Bedingungen für das Vorliegen kollektiver Strategien repräsentieren, stellt die letztere Eigenschaft die hinreichende Bedingung dar. Erst sie gestattet eine begriffliche Abgrenzung von Konzern- und mehrbetrieblichen Strategien (Wohlgemuth und Hess 2007, S. 5).

Es gibt eine Vielzahl von Methoden zur Unterstützung der strategischen Planung. Einen Überblick über geeignete Ansätze für Unternehmensnetzwerke geben Wohlgemuth und Hess (2007, S. 74–100). Es stellt sich jedoch die Frage, ob die für Einzelunternehmen erprobten Methoden auch im Kontext der strategischen Planung für Produktionscluster eingesetzt werden können.

Zudem stellt sich die Frage, wer bzw. welche Akteure in einem Cluster die strategische Planung für das Cluster durchführen sollte. Die Clusterorganisation vertreten durch das Clustermanagement wird eine wichtige Rolle im Strategieplanungsprozess spielen, sie muss jedoch auch die strategischen Anforderungen und Zielsetzungen der einzelnen Mitglieder und lokale und regionalpolitische Zielsetzungen berücksichtigen.

3 Stand der Technik in der strategischen Planung für Produktionscluster

Diese Arbeit fokussiert auf zwei Planungsaspekte für Produktionscluster: (1) Die Suche nach erfolgversprechenden Strategien und (2) Bewertung der Strategien bzgl. Erfolg, Sensitivität und Robustheit. Dieses Kapitel beschreibt den aktuellen Stand der Technik bzgl. dieser Aspekte, die dem Bereich der strategischen Planung zuzuordnen sind.

Im Abschnitt 3.1 wird dargestellt, welche Methoden der strategischen Planung für Produktionscluster bzw. den darin enthaltenen Netzwerken anwendbar sind. Im folgenden Abschnitt 3.2 werden Methoden aus dem Bereich der Szenario-Techniken vorgestellt und anschließend in Abschnitt 3.3 miteinander verglichen.

3.1 Methoden der strategischen Planung für Produktionscluster

Prinzipiell stehen alle Methoden der strategischen Planung auch für die strategische Planung in Clustern zur Verfügung, jedoch ist nicht klar, ab sich auch alle Methoden für den Einsatz im Rahmen Clustern eignen. Der Einsatz von Methoden auf Netzwerkebene wurde von verschiedenen Autoren untersucht.

Wohlgemuth und Hess (2007, S. 74ff) unterscheiden zwischen Instrumenten zur phasenübergreifenden und zur phasenspezifischen Unterstützung der Strategieentwicklung in Netzwerken. Erstere sind Instrumente, die darauf abzielen, den kollektiven Prozess der Strategieentwicklung zu unterstützen, während die zweiten Instrumente die „klassischen“ Methoden repräsentieren. Sie propagieren für die interne Analyse eine modifizierte Werteschöpfungskettenanalyse, für die strategische Positionierung eine modifizierte Space-Analyse (Strategic Position and Action Evaluation) und weiterhin modifizierte Portfolio-Methoden.

Weber (2005) untersucht traditionelle strategische Analyseverfahren und entwickelt ein erweitertes Analysekonzept, um den Anforderungen für den Einsatz der strategischen Planung im Unternehmensnetzwerk gerecht zu werden.

Romero Diaz (2007) schlägt für die Planung der Netzwerkstrategie diverse Instrumente des strategischen Managements vor, sieht aber keine Notwendigkeit für netzwerkspezifische Modifikationen.

3.2 Stand der Technik bei den Szenario-Techniken

Seit den 1990er Jahren wird die Szenario-Technik als Methode zur Vorausschau im Rahmen der strategischen Planung vermehrt eingesetzt (Reymann 2013, S. 19).

Die Szenariotechnik ermöglicht Planern und Entscheidungsträgern, verschiedene in sich schlüssige Bilder von möglichen Zukünften zu erstellen und entsprechende Konsequenzen für vorhandene heutige Alternativen abzuleiten. So können Organisationen die Betroffenheit durch Vulnerabilitäten erfassen, Risiken minimieren, Chancen nutzen und die Resilienz steigern, d. h. den Umgang mit einer dynamischen Umwelt verbessern.

Die Szenario-Technik geht auf Arbeiten von Kahn und Wiener (1967) zurück und hat seit ihrem erstmaligen Auftreten eine Vielzahl von Abwandlungen und Verfeinerungen erlebt (z.B. Mietzner und Reger 2005; Gräßler et al. 2020; Sarpong und Amoah 2015).

Grundsätzlich gesehen basieren Szenario-Techniken auf der systemischen Sichtweise unter Berücksichtigung des Konzeptes der „multiplen Zukünfte“. Den Einsatz der Szenario-Technik für die strategische Unternehmensplanung wurde z. B. von Götze (1993, 1994), Wilson (2000), Fink und Schlake (2000), Geschka (1999, 2006), Mietzner (2009), Sarpong und Amoah (2015) und von Gräßler et al. (2020) beschrieben.

Ein Szenario beschreibt *„ein Zukunftsbild, das auf einer in sich schlüssigen Kombination von denkbaren Entwicklungen (Projektionen) einzelner Einflussfaktoren beruht“* (Gausemeier et al. 2014, S. 56). Ein Szenario ist somit das Bild einer denkbaren zukünftigen Situation und des Entwicklungsweges dorthin. Auf diesem Entwicklungsweg können wiederholt Störereignisse auftreten, die mit möglichen Korrekturmaßnahmen beantwortet werden. Die Menge aller möglichen Szenarien wird häufig in der Form eines Trichters dargestellt, der sich von der Gegenwart in die Zukunft erstreckt (siehe Abbildung 14). Die mittlere Achse des Trichters bildet das Trendszenario und die zukünftige Entwicklung unter der Annahme stabiler

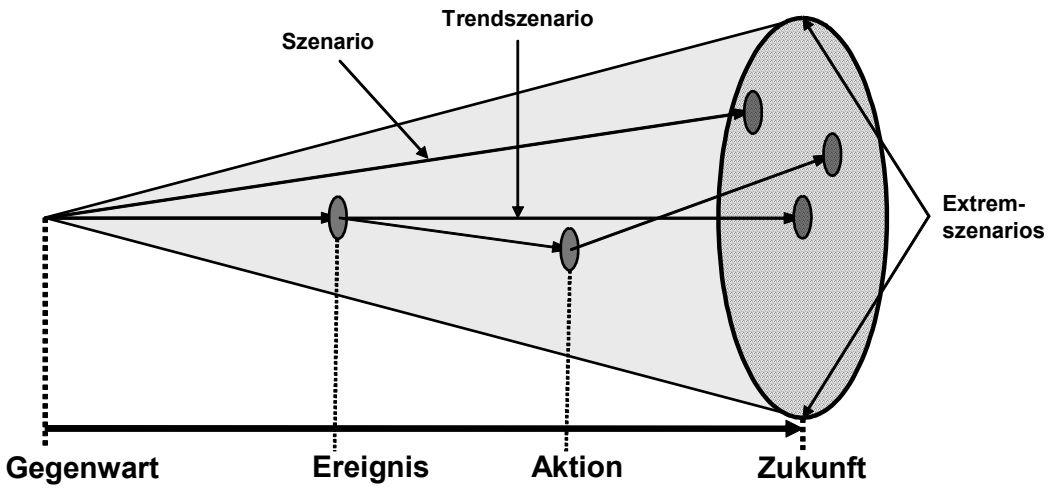


Abbildung 14: Szenario-Trichter (Geschka und Hammer 1992, S. 315)

Umweltentwicklungen darstellt. Die auf dem äußeren Rand des Trichters liegenden Szenarien werden als Extremszenarios bezeichnet. Alle anderen Szenarien befinden sich im Inneren des Trichters (Kegels).

Die eigene langfristige Planung orientiert sich nicht mehr nur an einer einzelnen Prognose, sondern wird durch den Abgleich mit mehreren als relevant eingestuften Szenarien auf Robustheit geprüft. Bei den Szenario-Techniken gibt es verschiedene Ansätze für die Szenarioerstellung, wie z. B. rein intuitiv logische Szenarien bis hin zu simulationsbasierter Erzeugung von Szenarien mit der Trend-Impact Analyse oder Cross-Impact Analyse (Huss und Honton 1987; Mietzner 2009). Eine genauere Darstellung der Cross-Impact Analyse findet sich in Kapitel 4.2.

Das umfangreiche methodische Feld der Szenario-Techniken ist stark unstrukturiert, so dass Bradfield et al. von einem „methodologischem Chaos“ sprechen (Bradfield et al. 2005, S. 800). Varum und Melo bestätigen diesen Eindruck in ihrer Literaturanalyse zum Thema *Scenario Planning* (Varum und Melo 2010, S. 364). Trotzdem gibt es Versuche, Szenario-Techniken zu kategorisieren. Börjeson et al. (2006, S. 725) unterscheiden drei Kategorien und sechs verschiedene Typen von Szenarien. Van Notten (2006, S. 72) typisiert Szenarien anhand dreier Makro-Charakteristiken in Abhängigkeit ihrer Zielsetzung, Entwicklungsmethode und inhaltlicher Aussage und unterteilt weiter anhand von zehn Mikro-Charakteristiken. Eine weiter detailliertere Auswahl von Ansätzen und deren Typologisierung findet sich bei Nowack und Günther (2009). Einen gute Zusammenfassung der Entwicklungen im Bereich der Szenario-Techniken geben z. B. Mietzner und Reger (2004, 2005), Bishop et al. (2007), Kosow et al. (2008), Amer et al. (2013) und Gräßler et al. (2020). Eine retrospektive Analyse zu szenariobasierten Investitionsentscheidungen findet sich bei Vecchiato (2019).

3.2.1 Phasen der Szenario-Technik

Der Prozess zur Erstellung von Szenarien läuft in verschiedenen Phasen ab. In der Literatur werden unterschiedliche Vorschläge gemacht, wie diese Phasen abzugrenzen und zu benennen sind. Kosow et al. schlagen die folgenden fünf generellen Phasen vor (Kosow et al. 2008, S. 19–23):

Phase 1 **Szenariofeldbestimmung**. In dieser Phase wird definiert, was der Gegenstand der Szenarien ist und wie der Gegenstand abgegrenzt wird. Ebenfalls wird festgelegt, welche Fragen anhand der Szenarios erörtert werden sollen und welcher Zeithorizont betrachtet werden soll.

Phase 2 **Identifikation von Schlüsselfaktoren**. Anschließend wird das Szenariofeld anhand von Schlüsselfaktoren (manchmal auch Deskriptoren genannt) beschrieben. Bei Schlüsselfaktoren handelt es sich um zent-

rale Größen, die das Szenariofeld beschreiben, auf das Szenariofeld wirken (Umweltfaktoren) oder eine Außenwirkung haben. Es sind Parameter, Trends und Ereignisse, die im weiteren Verlauf des Prozesses zentral betrachtet werden.

Phase 3 **Analyse der Schlüsselfaktoren**. In dieser Phase wird der Szenario-Trichter aufgespannt, indem die einzelnen Schlüsselfaktoren daraufhin analysiert werden, welche möglichen Ausprägungen sie in der Zukunft haben können.

Phase 4 **Szenario-Generierung**. Es wird untersucht, welche Ausprägungen der Schlüsselfaktoren zu konsistenten Faktorenbündeln zusammengefasst und weiter zu Szenarien verdichtet werden können. Praktische Erfahrungen legen nahe, dass nicht mehr als 4-5 Szenarien generiert werden sollten. Streng genommen ist der Prozess mit dieser Phase beendet.

Phase 5 **Szenario-Transfer**. Einige Szenario-Techniken führen diese optionale Phase als dem Prozess zugehörig mit auf, in der die erzeugten Szenarien genutzt werden, um Schlussfolgerungen bzgl. der in der ersten Phase aufgeworfenen Fragestellungen zu erhalten. Dies können z. B. Wirkungsanalysen, Stakeholder-Analysen und Strategiebewertungen sein.

3.2.2 Explorative und normative Ansätze in der Szenario-Technik

Szenario-Techniken werden in explorative und normative Verfahren unterschieden (Kosow et al. 2008, S. 23; Bishop et al. 2007, S. 10; Börjeson et al. 2006, S. 725). Diese beiden Pole stehen für zwei unterschiedliche Grundhaltungen in der Methodik.

Explorative bzw. deskriptive Verfahren untersuchen die Zukunft ausgehend von der Gegenwart unter Zuhilfenahme von *was-wäre-wenn*-Fragestellungen und betrachten nicht die Wünschbarkeit der so ermittelten Szenarien. Zukunftsbilder werden unter Zuhilfenahme von treibenden Einflüssen und deren Folgen entwickelt. Sie unterstützen eine explorative Funktion und versuchen Unsicherheiten, Entwicklungspfade und Schlüsselfaktoren zu erschließen und ermöglichen damit die Auswirkungen möglicher Entscheidungen und Maßnahmen gedanklich durchzuspielen.

Normative Szenarien hingegen berücksichtigen Werte und Interessen der relevanten Stakeholder. Es wird entweder nach der Wünschbarkeit zukünftiger Situationen (wo wollen wir hin?) oder aber ausgehend von einer wünschenswerten Zukunft erörtert, wie diese herzustellen ist (wie kommen wir dahin?). Mit der zweiten Frage-

stellung wird von einer wünschenswerten Zukunft in Richtung Gegenwart geschaut. Es geht darum herauszuarbeiten, wie dieser Zustand erreicht werden kann. Verfahren nach diesem Ansatz werden eingesetzt, um aufzuzeigen, wie bestimmte Ziele erreicht werden können und haben damit eine Zielbildungs- und Strategieentwicklungsfunktion.

Bei explorativen Szenarien wird oft versucht, die Wahrscheinlichkeiten zukünftiger Entwicklungen zu bestimmen. Bei normativen Ansätzen wird dies nur selten gemacht, da angenommen wird, dass es genügend aktive Gestaltungsspielräume gibt, um das Eintreten der gewünschten Situation zu beeinflussen.

Kosow et al. (2008, S. 24) weisen darauf hin, dass Szenarien immer normative Aspekte haben, da im Prozess der Szenarioerstellung viele Entscheidungen bzgl. der Bestimmung des Szenariofelds und der Auswahl der Schlüsselfaktoren getroffen werden. Nur wird diese Normativität in den unterschiedlichen Ansätzen sehr unterschiedlich offengelegt. In der Praxis werden vor allem in der Strategieentwicklung explorative als auch normative Szenarien kombiniert genutzt.

3.2.3 Drei idealtypische Szenario-Techniken

Kosow et al. (2008, S. 32–57) unterscheiden drei idealtypische Szenariotechniken, wie sie in Tabelle 3 mit ihren Vor- und Nachteilen dargestellt sind. Dabei handelt es sich um die folgenden drei Techniken:

- **Szenarien auf Basis von Trendextrapolationen**: Ein Trend wird verstanden als eine langfristige Entwicklungsrichtung im Sinne einer Zu- oder Abnahme einer interessierenden Größe. Ausgangspunkt der Trendanalyse ist die Trendbeobachtung und das Sammeln quantitativer Informationen und Daten (z. B. Zeitreihen). Identifizierte Trends werden dann in die Zukunft projiziert, indem zukünftige Trendverläufe unter Zuhilfenahme statistischer Methoden berechnet werden. Das zugrunde liegende Instrumentarium wird Trendanalyse genannt (Fahrmeir et al. 2016). Häufig wird nur ein Szenario, das Trendszenario, erzeugt.

  Zusätzlich kann im Rahmen von Trendextrapolationen die Trend-Impact-Analyse (TIA) eingesetzt werden (Agami et al. 2008). In diesem Fall werden neben den extrapolierten Trendverläufen weiter Verläufe generiert, deren Werte von Wirkungen und Eintrittswahrscheinlichkeiten zukünftiger Ereignisse abhängen. Im Rahmen der Szenario-Generierung ist die TIA geeignet, für einzelne Schlüsselfaktoren die Entwicklung zu variieren und somit verschiedene zukünftige Ausprägungen festzusetzen.

- **Systematisch-formalisierte Szenariotechniken**: Im Rahmen dieser Gruppe von Techniken werden Schlüsselfaktoren zunächst klar definiert, anschlie-

ßend variiert, um dann miteinander in verschiedenen Ausprägungen zu Szenarien kombiniert zu werden. Dies geschieht auf systematische und formalisierte Art und Weise.

Der Ablauf dieser Technik ist wie folgt: Als erstes werden Einflussfaktoren identifiziert und untereinander in Bezug gesetzt (Einflussanalyse). Dies kann z. B. mit Hilfe des Vesterschen Papiercomputers (Vester 2002, S. 226 ff.) gemacht werden. Dadurch werden aktive und kritische Faktoren identifiziert, die dann als Schlüsselfaktoren im weiteren Prozess Verwendung finden.

Zur Analyse der Schlüsselfaktoren werden für jeden Schlüsselfaktor verschiedene alternative zukünftige Ausprägungen bestimmt. Für die Variation und Kombination dieser Ausprägungen zu Szenarien werden vor allem zwei verschieden Methoden angewandt: die Konsistenzanalyse und eine Variante der korrelierten Cross-Impact-Analyse (CIA) (siehe auch Abschnitt 4.2).

Anschließend wird eine bündelweise Konsistenzprüfung durchgeführt, d. h. für alle theoretisch möglichen Faktorausprägungsbündel wird ein Konsistenzmaß ermittelt. Durch eine abschließende Clusteranalyse, der nah beieinander liegenden konsistenten Faktorausprägungsbündel werden die Roh-Szenarien ermittelt und abschließend in Prosa beschrieben.

- **Kreativ-narrative Szenariotechniken**: Diese Gruppe der Szenario-Techniken ist geprägt durch den expliziten Einsatz von Kreativitätstechniken, Intuition und impliziten Wissens. Hier wird häufig ein starker Fokus auf den Szenario-Prozess als Kommunikationsprozess bzw. als Partizipationsansatz gelegt. Die angewandten Verfahren in dieser Gruppe der Szenariotechniken sind sehr unterschiedlich formalisiert, und bewegen sich zwischen dem Ansatz des quasi-literarischen Aufschreibens von Szenarien bis hin zur vollständigen Permutation einiger weniger zukünftiger Möglichkeiten, wobei man sich aber meistens auf zwei Schlüsselfaktoren mit jeweils zwei Ausprägungen beschränkt, da es ansonsten sehr schnell unübersichtlich wird.

  Im Rahmen dieser Gruppe der Methoden sei auch der *Intuitive Logics* Ansatz, entwickelt vom Stanford Research Institute (RSI), Global Business Networks und Shell, beschrieben von Pierre Wack erwähnt (Wilson 1998; Mietzner und Reger 2004, S. 53). Dieses Vorgehen fokussiert auf Entscheidungen unter Unsicherheit und bezieht alle verfügbaren Informationen über die Zukunft mit ein. Neben den objektiven Fakten können auch „Bauchgefühl“ und Einschätzungen von Experten des Szenariofelds integriert werden. Die Vorgehensweise im Intuitive Logics wird von Kosow et al. (2008, S. 48–49) zusammenfassend beschrieben.

	Trendextrapolation	**Formalisierte Techniken**	**Narrative Techniken**
Identifikation der Schlüsselfaktoren	Trendbeobachtung und Trendanalyse (inkl. Operationalisierung)	Identifikation und Charakterisierung, z. B. über Einflussanalyse	Kollektives Sammeln und ordnen relevanter Faktoren
Analyse der Schlüsselfaktoren	Zeitreihenanalyse und Trendextrapolation; Variation von Trends durch Trend-Impact-Analyse	Konsistenzanalyse oder Cross-Impact-Analyse zur Bildung konsistenter Ausprägungsbündel	Szenario-Workshop inkl. Entwicklung und Ausarbeitung von Visionsansätzen
Szenario-Generierung	Entwicklung eines wahrscheinlichsten Szenarios (Business-As-Usual-Szenario)	Statistische Auswahl der Rohszenarien; Verschriftung der Szenarien	Normative Auswertung und narrative Verdichtung zu konsistenten Szenarien durch Feedbackschleifen
Vorteile	Nachprüfbare Berechnungen; Abgesichertes Zukunftswissen bei starken Trends	Systematische Bewertung von Faktoren; Formalisierte Konsistenzprüfung bzw. Wahrscheinlichkeitsberechnung von Ausprägungsbündeln; Transparent für Experten	Beteiligung vieler und vielfältiger Akteure; Transparenter konsensbildender Diskurs; Keine Beschränkung der Anzahl der zu berücksichtigenden Faktoren; Fokus auf Gestaltungsoptionen
Nachteile	Umfassende quantitative Datenlage benötigt; Betrachtung einer einzigen möglichen Zukunft anstelle alternativer Zukünfte; Kann zu viel Sicherheit suggerieren	Anzahl der Faktoren ist begrenzt; Intuitive und normative Elemente sind kaschiert; Überformalisierung auf Kosten der Inhalte; Für Laien intransparent	Wunschszenarios in besonderer Weise selektiv da provokant: eignen sich nur bedingt als „Endprodukt“; Ressourcenintensiv

Tabelle 3: Überblick über drei idealtypische Szenariotechniken (nach Kosow et al. 2008, S. 57)

Im Folgenden werden drei systematisch-formalisierte Ansätze der Szenario-Technik, die im deutschsprachigen Raum entwickelt und angewandt wurden, etwas detaillierter dargestellt.

3.2.4 Szenario-Technik nach dem Batelle-Ansatz

Dieser systematisch-formalisierte Ansatz der Szenario-Technik beruht auf den Forschungsergebnissen des Batelle-Instituts und ist in mehreren Publikationen ausführlich dargestellt worden (z. B. Geschka und Reibnitz 1987; Reibnitz 1987, 1991, 2005; Geschka 2006; Götze 1993).

Die Vorgehensweise dieses Ansatzes der Szenario-Technik umfasst acht Schritte:

Schritt 1 **Aufgabenanalyse**. Zu einem Untersuchungsthema (z. B. Unternehmen, strategische Geschäftseinheit, Produktgruppe oder Produkt) wird die Struktur analysiert. Es werden vorhandene Ziele und Strategien sowie Stärken und Schwächen zusammengetragen.

Schritt 2 **Einflussanalyse**. In diesem Schritt werden die externen Einflussbereiche und die in ihnen wirkenden Faktoren analysiert und erfasst. Hieraus lässt sich ableiten, welche Bereiche die treibenden und welche die getriebenen sind, da diese unterschiedlich behandelt werden müssen.

Schritt 3 **Projektionen**. Für die in der Einflussanalyse ermittelten Einflussfaktoren werden in diesem Schritt Zukunftsprojektionen erarbeitet. Bei jedem mit Unsicherheit behafteten Faktor müssen die Zukunftsprojektionen in Alternativen angegeben werden.

Schritt 4 **Alternativenbündelung**. Die zu den Einflussfaktoren erarbeiteten alternativen Projektionen werden in diesem Schritt zu logisch-plausiblen Szenenariostrukturen zusammengefügt.

Schritt 5 **Szenario-Entwicklung**. In diesem Schritt werden Szenarien erstellt, indem in anschaulicher Weise die konsistenten Entwicklungsmöglichkeiten der Einflussfaktoren beschrieben und damit erfahrbar gemacht werden.

Schritt 6 **Konsequenzenanalyse**. Die in den Szenarien liegenden Chancen und Risiken werden in diesem Schritt ermittelt. Darauf basierend können dann Strategien bestimmt werden, die die Chancen nutzen und Risiken in Chancen umwandeln.

Schritt 7 **Störereignisanalyse**. In der Störereignisanalyse werden mögliche Störereignisse gesammelt, ihre Wirkungen auf das Untersuchungsthema analysiert und mögliche Präventiv- und Reaktivmaßnahmen entwickelt.

Schritt 8 **Szenario-Transfer**. Ziel dieses Schrittes ist es, eine Leitstrategie zu entwickeln, die unter den Szenarien-Rahmenbedingungen greift. Es werden nicht nur gleichartige Aktivitäten der Szenarien berücksichtigt, sondern auch innovative und modifizierte Aktivitäten aus den Szenarien. Des Weiteren wird innerhalb dieses Schrittes ein Umfeldbeobachtungssystem, das zur Überwachung und Anpassung der Leitstrategie dient, definiert und implementiert.

Diese Szenario-Methode kann im Rahmen der Planung unterschiedlich eingesetzt werden. Die strategische Planung profitiert von dieser Szenario-Methode durch die Entwicklung und Überprüfung von Leitbildern (Corporate Identity), der Entwicklung von Zielen und Strategien bzw. der Bewertung strategischer Entscheidungen.

Mit dieser Szenario-Methode kann nicht nur das Gesamtunternehmen analysiert und bewertet werden, vielmehr können einzelne SGEs (strategische Geschäftseinheiten) bzw. Unternehmensfunktionen (Innovations- und Produktplanung, Produktionsplanung, Personalplanung, usw.) von dem Einsatz der Szenario-Methode profitieren. Ebenso kann dieser Ansatz der Szenario-Technik auf der Ebene von Netzwerken und Clustern eingesetzt werden.

3.2.5 Szenario-Management nach Gausemeier et al.

Der Ansatz der Szenario-Technik (Abschnitt 3.2.4) wurde in den 90er Jahren zum Szenario-Management weiterentwickelt (Gausemeier et al. 1996, 1998; Fink et al. 2000; Fink und Siebe 2011, S. 64 ff; Gausemeier und Stollt 2008). Es handelt sich ebenfalls um einen systematisch-formalisierten Ansatz. Wie auch schon bei Reibnitz (siehe Abschnitt 3.2.4) basiert diese Methode auf den beiden Prinzipien der multiplen Zukunft und des vernetzten Denkens.

Das Szenario-Management verläuft in den in Abschnitt 3.2.1 genannten fünf Phasen, hier benannt als Szenario-Vorbereitung, Szenariofeld-Analyse, Szenario-Prognostik, Szenario-Bildung und Szenario-Transfer. Die mittleren drei Phasen repräsentieren den Prozess der Szenario-Erstellung (siehe Abbildung 15).

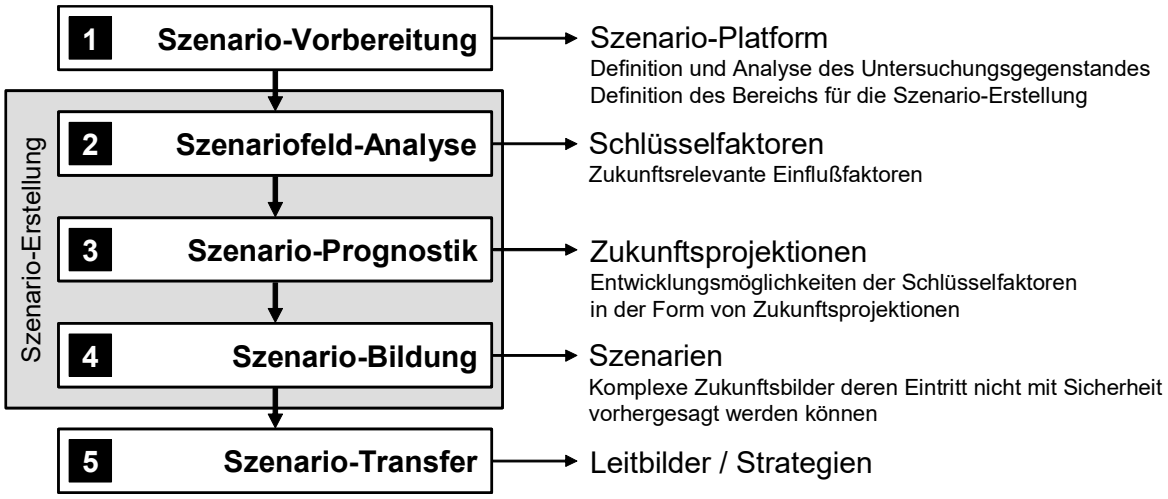


Abbildung 15: Die fünf Phasen des Szenario-Managements
(Gausemeier et al. 1996, S. 17)

Phase 1 – Szenario Vorbereitung

In dieser Phase wird das Szenario-Projekt vorbereitet. Es untergliedert sich in die beiden Unterphasen *Projektbeschreibung* und *Gestaltungsfeldanalyse*. Im Rahmen der Projektbeschreibung werden die Aufgaben des Szenario-Projektes festgelegt, wobei sich die Aufgaben immer auf einen bestimmten Gegenstand bezieht, der Gestaltungsfeld genannt wird. Gausemeier et al. geben vier typische Gestaltungsfelder an (Gausemeier et al. 1996; Gausemeier und Kinkel 2008):

- **Unternehmen**: Es werden Unternehmensszenarien erstellt (oder Szenarien für Unternehmensbereiche).

- **Produkte**: Im Hauptinteresse dieses Gestaltungsfeldes stehen allgemeine (Produktklassen) oder spezielle Produkte. Es werden Produktszenarien erarbeitet.

- **Technologien**: Technologische Lösungsansätze stehen im Mittelpunkt von Technologieszenarien.

- **Globale Gestaltungsfelder**: Regionale, nationale, internationale und globale Entwicklungen werden in diesem Gestaltungsfeld behandelt. Es wird entsprechend z. B. von Globalszenarien gesprochen.

Je nachdem ob das Szenario-Management zur Ziel- oder zur Mittelplanung eingesetzt werden soll, ergibt dies unter Berücksichtigung der vier Gestaltungsfelder acht verschiedene Aufgabenstellungen, die ein Szenario-Projekt erfüllen kann (z. B. Zielplanung für einen Technologieeinsatz).

Als nächstes muss innerhalb der Projektbeschreibung das Szenariofeld definiert werden. Typische Szenariofelder sind z. B.:

- **Umfeld**: Wird das Umfeld des Gestaltungsfeldes zum Szenariofeld erklärt, werden ausschließlich nicht lenkbare (Einfluss-) Größen betrachtet.

- **Gestaltungsfeld**: Wird entsprechend nur das Gestaltungsfeld betrachtet, werden auch nur lenkbare Größen berücksichtigt.

- **Gesamtsystem**: Für diesen Fall werden sowohl Größen aus dem Umfeld als auch aus dem Gestaltungsfeld betrachtet. Es werden also Systemszenarien entwickelt.

Phase 2 – Szenariofeld-Analyse

Die Aufgabe dieser Phase ist es, die für das gewählte Szenariofeld charakteristischen Schlüsselfaktoren zu bestimmen. Das Vorgehen ist in Abbildung 16 dargestellt.

Zuerst wird das Szenariofeld in Einflussbereiche zerlegt. Das wird mit einem hierarchischen Entwurf getan, indem z. B. ein Unternehmensbereich, ein Marktbereich und ein globaler Umfeldbereich definiert werden. Diese Bereiche werden dann weiter untergliedert, und es können Lenkungsbereiche und Umfeldbereiche identifiziert werden:

- **Lenkungsbereiche** können direkt vom Szenario-Anwender (z. B. das Unternehmen) beeinflusst werden.

- **Umfeldbereiche** hingegen können nicht vom Szenario-Anwender beeinflusst werden, haben aber einen starken Einfluss auf das Gestaltungsfeld.

Anschließend wird jeder Einflussbereich durch Einflussgrößen beschrieben. Dies kann durch eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden geschehen (z. B. diskursive Verfahren wie das „Cognitive Mapping“, Kreativitätsmethoden, wie etwa die Methode 6-3-5 und durch weitere Quellen, wie Web- oder Literaturrecherchen). Es sollte darauf geachtet werden, dass die Anzahl der Einflussfaktoren in Bezug auf die Einflussbereiche ausgewogen ist.

Als nächstes werden die Einflussgrößen untereinander vernetzt. Dabei wird für je zwei Größen festgelegt, ob sie sich gegenseitig beeinflussen. Aus der Analyse der Vernetzung können dann die Schlüsselfaktoren identifiziert werden.

Phase 3 – Szenario-Prognostik

In dieser Phase werden für die ermittelten Schlüsselfaktoren Zukunftsprojektionen ermittelt. Diese Zukunftsprojektionen bilden später die Grundlage für die Bildung von Szenarien. Die Entwicklung von Schlüsselfaktoren sollte sowohl als Trend- als auch als Extremprojektion durchgeführt werden. Zunächst werden die Schlüsselfaktoren in zwei Schritten aufbereitet:

- Für jeden Schlüsselfaktor werden seine Merkmale identifiziert.

- Anhand der identifizierten Merkmale wird eine Ist-Beschreibung für jeden Schlüsselfaktor angefertigt.

Anschließend werden für jeden Schlüsselfaktor bis zu drei verschiedene Zukunftsprojektionen ermittelt: eine Trendprojektion und zwei Extremprojektionen. Dazu muss der Zeithorizont der Betrachtung genau festgelegt werden. Die Schlüs-

selfaktoren, bei denen sich die Extremprojektionen sehr stark von der Trendprojektion unterscheiden, sind die kritischen Schlüsselfaktoren.

Im letzten Schritt dieser Phase wird den Projektionen eine Wahrscheinlichkeit zugeordnet. Dies kann numerisch als auch deskriptiv geschehen. Auf jeden Fall sollten die entwickelten Zukunftsprojektionen schriftlich begründet und damit dokumentiert werden.

Phase 4 – Szenario-Bildung

In dieser Phase werden die Zukunftsprojektionen über Projektionsbündel zu Rohszenarien und weiter zu aussagekräftigen Szenarien verarbeitet.

Bei der Projektionsbündelung werden alle theoretisch möglichen Kombinationen von Zukunftsprojektionen hinsichtlich ihrer Widerspruchsfreiheit und Plausibilität geprüft. Da es sich um eine sehr große Anzahl von Kombinationen handelt, wird dies rechnerbasiert durchgeführt. Die Projektionsbündel werden auf ein handhabbares Maß reduziert und in einem Projektionsbündel-Katalog festgehalten.

In der Rohszenario-Bildung werden die relevanten Projektionsbündel zu wenig Gruppen (Rohszenarien) zusammengefasst. Dies geschieht mit Hilfe der Cluster-

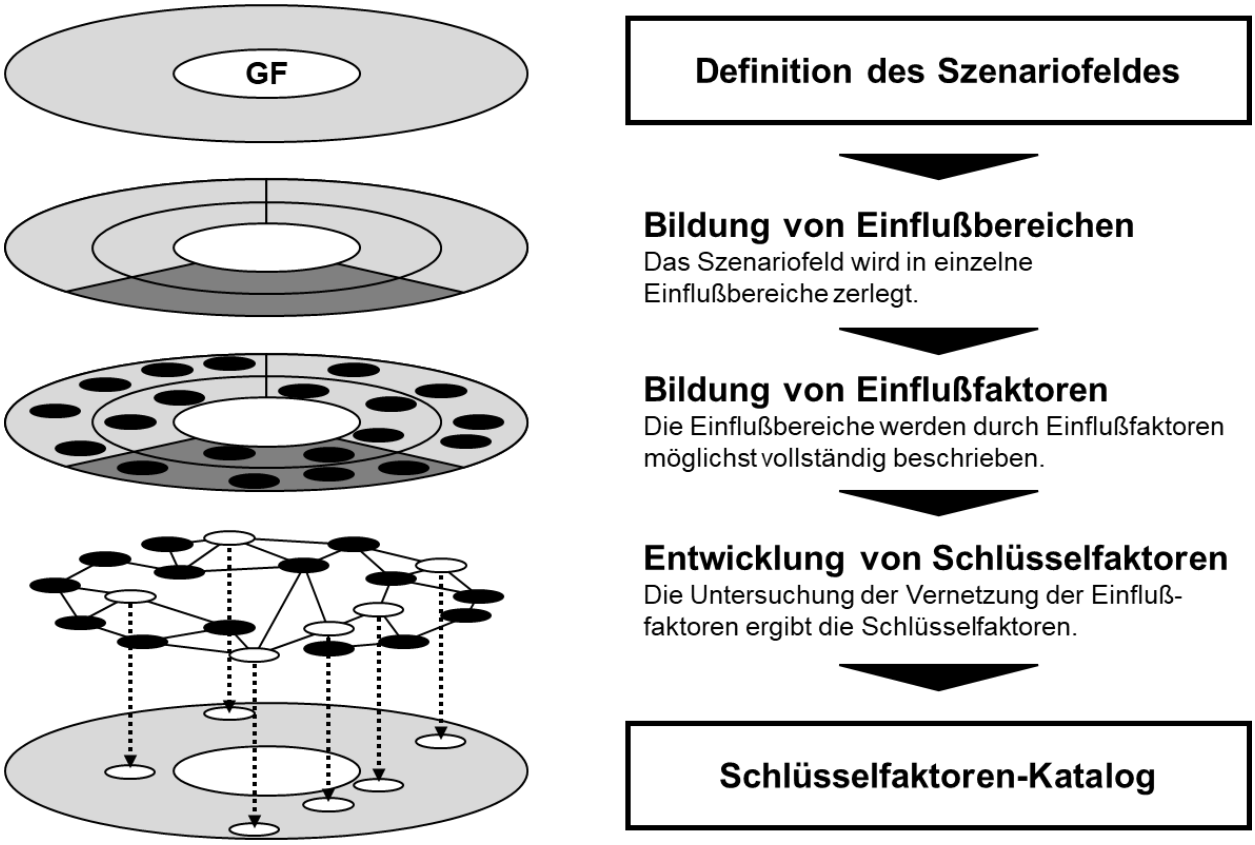


Abbildung 16: Vorgehen bei der Szenariofeld-Analyse (nach Gausemeier et al. 1996, S. 218)

analyse. Die (meistens zwei bis vier) Rohszenarien werden im Rohszenarien-Katalog näher beschrieben.

Bei dem folgenden Zukunftsraum-Mapping werden graphische Verfahren angewandt, mit denen Zukunftsprojektionen, Projektionsbündel und Rohszenarien sowie die Beziehung zwischen diesen Objekten visualisiert werden können. Mit Hilfe dieses Mappings wird das Verständnis sowohl für Szenario-Ersteller als auch Szenario-Anwender für den betrachteten Zukunftsraum verbessert.

Abschließend werden Rohszenarien durch möglichst bildhafte Beschreibung der Ausprägungen dokumentiert. Diese stellen dann die resultierenden Szenarien dar.

Phase 5 – Szenario-Transfer

In dieser Phase wird die entsprechende Strategie an die unterschiedlichen Szenarien ausgerichtet, d. h. die Strategie wird zukunftsrobust gemacht. Diese Phase ist in drei Unterphasen eingeteilt: die Auswirkungsanalyse, die Eventualplanung und die Robustplanung.

In der Auswirkungsanalyse wird eine Matrix über die einzelnen Szenarien einerseits und den Gestaltungsfeldkomponenten andererseits aufgespannt. In jedem Feld dieser Matrix wird dann der Einfluss des Szenarios in der Form von möglichen Chancen und Risiken eingetragen.

In der Eventualplanung werden die Chancen und Risiken in Maßnahmen übertragen. Ein Maßnahmenkatalog, der sich auf die Chancen und Risiken eines spezifischen Szenarios und einer spezifischen Gestaltungsfeldkomponente bezieht, wird ein Eventualplan genannt.

In der Robustplanung werden nun die Eventualpläne für die einzelnen spezifischen Gestaltungsfeldkomponenten über die Szenarien zusammengefasst. Anschließend werden die Robustpläne aller Gestaltungsfeldkomponenten zur zukunftsrobusten Gesamtstrategie für das Gestaltungsfeld verknüpft.

Das Szenario-Management erlaubt, zukunftsrobuste Unternehmensleitbilder, zukunftsrobuste strategische Erfolgspositionen und eine zukunftsrobuste Marktleistung zu gestalten.

3.2.6 Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis von Retropolation von Zukunftsszenarien nach Reymann

Reymann (2013) analysierte bestehende Ansätze zur szenariobasierten Strategieentwicklung und betrachtete Ansätze, die eine gute Unterstützung der Planung von strategischen Zielen und Maßnahmen bieten. Darüber hinaus wurden Ansätze un-

tersucht, die eine detaillierte Betrachtung des Prämissen-Controllings erlauben. Die Analyse zeigt, dass der Weg vom Heute in die langfristige Zukunft von den existierenden Ansätzen der Szenario-Technik nicht ausreichend berücksichtigt wird. Daher schlägt er vor, dass Unternehmen neben dem langfristigen Gesamthorizont der Planung weitere, kurzfristigere Planungshorizonte zur Verfügung gestellt werden und formuliert ein Verfahren zur Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis einer Retropolation von Zukunftsszenarien.

Das Verfahren besteht aus sieben Phasen:

Phase 1: Erstellung von Markt- und Umfeldszenarien

Für die Erstellung dieser Szenarien wird auf den Ansatz des Szenario-Managements nach Gausemeier (siehe Abschnitt 3.2.5) zurückgegriffen.

Phase 2: Entwicklung von Strategievarianten

In dieser Phase werden alternative Strategievarianten entwickelt. In Kombination mit der in der ersten Phase verwendeten Szenario-Managements wird dafür die von Bätzel (z.B. Gausemeier et al. 2014, S. 198) vorgeschlagene Methode zur Entwicklung und Auswahl von Strategiealternativen genutzt.

Phase 3: Bewertung der Markt- und Umfeldszenarien

Bei der Strategieentwicklung werden Situationen berücksichtigt, die aus planerischer Sicht eher unwahrscheinlich sind. Es werden zukunftsrobuste und fokussierte Strategien unterschieden. Eine zukunftsrobuste Strategie wird dem größten Teil der Szenarien gerecht. Fokussierte Strategien hingegen sind konsequent auf das Eintreten eines Szenarios ausgerichtet, das als Referenzszenario bezeichnet wird (Gausemeier et al. 2014, S. 95). Die in der ersten Phase erstellten Szenarien werden bewertet und ein Referenzszenario wird ausgewählt. Die Auswahl erfolgt anhand der Kriterien „Eintrittswahrscheinlichkeit der Szenarien“ und „Stärke der Auswirkung der Szenarien auf das betrachtete Unternehmen“.

Phase 4: Bewertung der Strategievarianten

In dieser Phase werden die Strategievarianten aus der zweiten Phase bewertet und eine Referenzstrategie ausgewählt. Dabei wird das von Bätzel vorgeschlagene Vorgehen (Analyse der Erreichbarkeit und Attraktivität von Strategievarianten) erweitert um die „Zukunftsrelevanz der Strategievarianten“. Mit diesem Teilkriterium wird explizit berücksichtigt, wie gut eine Strategievariante zum Referenzszenario passt.

Phase 5: Entwicklung einer Szenario-Roadmap

Um das Problem der langen Zeithorizonte zu verringern, werden in dieser fünften Phase Zwischenschritte für die Erreichung des Referenzszenarios erstellt. Die Zwischenschritte zeigen mögliche Entwicklungspfade vom Heute zum Referenzszenario auf und helfen dabei, die Strategie besser an die antizipierte Umweltentwicklung anzupassen. Der Pfad von der Ausgangssituation inklusive der Zwischenschritte bis zum Referenzszenario wird in Analogie zu einer Straßenkarte als Szenario-Roadmap bezeichnet. Die Szenario-Roadmap bietet Unterstützung bei der noch zu erstellenden Strategie-Roadmap.

Phase 6: Entwicklung einer Strategie-Roadmap

Aus der zuvor ausgewählten Strategie werden zunächst einzelne Zwischenziele abgeleitet, die die wesentlichen Meilensteine darstellen, die das Unternehmen bei der Umsetzung der Strategie erreichen muss. Zur weiteren Unterstützung der Planung werden diese Ziele zeitlich priorisiert und mit der Szenario-Roadmap aus der Phase 5 abgeglichen. Damit wird erreicht, dass die Strategie nicht nur mit dem Referenzszenario übereinstimmt, sondern auch mit den in der Szenario-Roadmap erwarteten Änderungen. Abschließend werden konkrete Maßnahmen zur fristgerechten Erreichung der Ziele erarbeitet. Die Gesamtheit der priorisierten Ziele und Maßnahmen wird als Strategie-Roadmap bezeichnet.

Phase 7: Strategische Kontrolle

Abschließend wird die strategische Kontrolle implementiert, wobei zwischen Umsetzungs- und Prämissen-Controlling unterschieden wird. Das Ziel des Umsetzungs-Controllings sind Handlungsempfehlungen, die die Umsetzung der Strategie unterstützen. Die der Strategie zugrunde liegenden Annahmen werden im Prämissen-Controlling überwacht. Bei Abweichungen von den getroffenen Annahmen, sind entsprechende Handlungsempfehlungen zur Anpassung der Strategie abzuleiten.

3.3 Vergleich der dargestellten Szenario-Methoden in Bezug auf ihrer Eignung

Die verschiedenen Methoden der Entwicklung und Nutzung von Szenarien und deren Einbettung in der strategischen Planung haben jeweils eigene Stärken und Schwächen. Tabelle 4 zeigt einen Vergleich der dargestellten Methoden unter Berücksichtigung des Vorgehens, der genutzten Modellelemente, der formalen Analysemethoden, des Ergebnisses, der Berücksichtigung von Wechselwirkungen und deren Vor- und Nachteile.

	Trend-extrapolation	**Batelle**	**Gausemeier**	**Reymann**	**Narrative Techniken**
Vorgehen	Methoden der Trendanalyse	8 Schritte	5 Phasen	7 Phasen	kreativ / Workshops
Modell-elemente	Einzelne Trends	Deskriptoren	Schlüssel-faktoren	Schlüssel-faktoren	(kein formales Modell)
Formale Analyse	Methoden der Trendanalyse	Einfluss-analyse; Konsistenz-analyse	Konsistenz-analyse; Clusterbildung mit Rohszenarien	Konsistenzanalyse; Clusterbildung mit Rohszenarien	keine formale Analyse
Ergebnis	Extrapolierte Trends	konsistente Szenarien	3-5 konsistente Szenarien	Referenz-szenario mit Entwicklungs-pfad	Szenarien (als Beschreibung)
Berücksichtigung von Wechsel-wirkungen	Je nach gewähltem Ansatz der Trendanalyse	Ja (Einfluss-analyse)	Ja (Konsistenz-analyse)	Ja (Konsistenz-analyse	Keine formale Wechselwirkungsanalyse
Vorteile	Nachprüfbare Berechnungen	Systematisches Vorgehen	Systematisches Vorgehen; Formalisierte Konsistenzprüfung bzw. Wahrscheinlichkeiten; Transparent für Experten	Systematisches Vorgehen; Formalisierte Konsistenzprüfung bzw. Wahrscheinlichkeiten; Strategie-Roadmap und Szenario-Roadmap sind Bestandteil des Ansatzes; Transparent für Experten	Transparenter konsensbildender Diskurs
Nachteile	Umfassende quantitative Datenlage benötigt; Betrachtung einer wahrscheinlichen Zukunft	Anzahl der Faktoren ist begrenzt; Fehlende Formalismen bei Szenariobündelung	Anzahl der Faktoren ist begrenzt; Intuitive und normative Elemente sind kaschiert; Überformalisierung auf Kosten der Inhalte; Für Laien intransparent	Anzahl der Faktoren ist begrenzt; Intuitive und normative Elemente sind kaschiert; Überformalisierung auf Kosten der Inhalte; Für Laien intransparent	Selektive und provokante Szenarios; Ressourcenintensiv

Tabelle 4: Vergleich von Szenario-Methoden

Dem Einsatz von Szenario-Techniken im Rahmen der Analyse und Bewertung von kollaborativen Produktionsnetzwerken in Clustern spricht grundsätzlich nichts entgegen, da die unterschiedlichen Belange auf Netzwerk- und Partnerebene bei der Szenarioerstellung berücksichtigt werden können.

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

- Rein deskriptive Methoden können bestimmte Trends vernachlässigen, da sie von den Szenario-Erstellern nicht antizipiert werden. Die eingeschätzten Entwicklungen verschiedener am Szenario beteiligter Variablen (Trends) könnten widersprüchlich sein, da sie nicht methodisch auf Konsistenz geprüft werden. Es besteht die Gefahr, dass plausible Szenarien nicht formuliert und damit auch nicht berücksichtigt werden.Rechnergestützte Ansätze können zwar die Konsistenz von Szenarien ermitteln, überprüfen dabei aber oft Myriaden von möglichen Konstellationen und haben als Ergebnis Tausende von konsistenten Szenarien, die dann wieder gebündelt werden müssen. Fraglich ist dabei, ob entsprechende Konsistenzprüfalgorithmen auch in der Lage sind dynamische Beeinflussungen ohne Simulation zu berücksichtigen.

- Die Entwicklung (der Entwicklungspfad) eines Szenarios wird bis auf Reymanns Ansatz der Retropolation nicht berücksichtigt, man begnügt sich mit dem Resultat (das Zukunftsbild). Möglichkeiten der Gegensteuerung werden im Vorfeld nicht beachtet (um z. B. bestimmte Szenarien zu vermeiden) vielmehr versucht die Organisation bzw. das Netzwerk sich der entstehenden Situation anzupassen bzw. implementiert eine Strategie-Kontrolle bestehend aus Umsetzungs- und Prämissen-Controlling. Auch bei Reymanns Ansatz wird der Entwicklungspfad ausschließlich zu einem ausgewählten Referenzszenario hergestellt, um den Zeithorizont strategischer Maßnahmen zu verkürzen.

- Interne Faktoren und das eigene Aktionspotential werden oft bei den Szenarien nicht berücksichtigt. Szenarien fokussieren je nach Ausrichtung auf externe Entwicklungen und vernachlässigen dabei die interne Entwicklung, die jedoch auch einen Einfluss auf externe Faktoren haben kann.

- Die Modellierung strategischer Aktionen wird nicht unterstützt. Strategische Optionen werden in der Phase des Szenariotransfers untersucht. Es findet keine formale Analyse der Auswirkungen auf selektierte Faktoren statt.

- Ereignisse, die die Erreichung bestimmter Szenarien beeinflussen werden oft nicht berücksichtigt und nicht explizit modelliert.

4 Konzept der Szenario-Simulation basierend auf einer erweiterten dynamisch-kausalen Cross-Impact Analyse

In diesem Kapitel wird ein Konzept erläutert, dass auf der Simulation „verschiedener Zukünfte“ basiert und deshalb *Szenario-Simulation* genannt wird. Der Begriff ist angelehnt an dem Verständnis von Breuer: *„Wenn Sie in den Modellgleichungen nur ein Szenario deterministisch berechnen, so heißt es ‚Planung‘. Wenn Sie mit dem gleichen Modell mehrere Szenarien deterministisch simulieren, so heißt es ‚Szenario-Simulation‘ “* (Breuer 2014, S. 15).

In Abschnitt 4.1 werden zunächst die Anforderungen an die Szenario-Simulation formuliert. Anschließend werden in Abschnitt 4.2 die Grundlagen der kausalen Cross-Impact Analyse (CCIA) ausgeführt, bevor in Abschnitt 4.3 Konzepte für eine Erweiterung der CCIA dargelegt werden. In Abschnitt 4.4 wird die Scenario-Tree Management Methode eingeführt, die die Anwendung des Konzeptes der Szenario-Simulation (Abschnitt 4.5) erlaubt. Der Abschnitt 4.6 untersucht die Abdeckung der zuvor formulierten Anforderungen.

4.1 Anforderungen

Sowohl aus der Anwendungs- als auch aus methodischer Sicht können Anforderungen an die Szenario-Simulation formuliert werden.

4.1.1 Anforderungen aus der Anwendungssicht

Aus der bisherigen Darstellung von Produktionsclustern und den darin enthaltenen Unternehmensnetzwerken und deren strategischer Planung aus Kapitel 2 lassen sich die folgenden Anforderungen ableiten:

- Gegeben durch die Non-Fokalität der Netzwerke in einem Cluster müssen langfristige bzw. strategische Pläne in einem *kollektiven Prozess* entwickelt werden. Dies beinhaltet die gemeinsame Definition von Vision und Mission des Clusters. Ebenfalls muss die Entwicklung langfristiger Ziele gemeinsam erfolgen. Die Ergebnisse müssen leicht kommunizierbar und transparent sein, damit jedes Mitglied die Kompatibilität zur eigenen Zielsetzung prüfen kann. Ebenso sollten Ziele aus den verschiedenen Zielebenen (siehe auch Abbildung 13) abbildbar sein.

- Da ein Cluster eine Systemgrenze hat, kann zwischen *internen* und *externen Faktoren* unterschieden werden. Interne Faktoren können von den Akteuren im Cluster beeinflusst, also geplant werden. Gegenstände dieser Planung sind z. B.

- Größe des Clusters bzw. Netzwerks
- Kompetenzprofile der Mitglieder
- Organisationsstruktur im Netzwerk
- Kooperationsregeln
- IuK-Technologien bzw. technische Standards für die Kollaboration
- Anzahl der Instanziierten VOs pro Zeitraum

Externe Faktoren kommen aus den Sphären, die das Netzwerk umgibt, also der technologischen, sozialen, ökologischen und gesamtwirtschaftlichen Einbettung des Clusters. Entwicklungen in diesen Sphären können eine erhebliche Dynamik aufweisen und einen starken Einfluss auf die Zielerreichung bzw. der Ausprägung der internen Faktoren haben. Daher müssen sie im Rahmen einer Langfristplanung berücksichtigt werden. Beispiele von externen Faktoren sind:

- Technologieentwicklung im Umfeld des Clusters
- Veränderte gesellschaftliche Rahmenbedingungen
- Veränderungen im Markt (z. B. Eintritt weiterer Wettbewerber)

- Die Gegenstände der Planung sind unterschiedlicher Natur (z. B. Markt, Finanzen, Betrieb und Organisation). Jegliche zur Langfristplanung eingesetzte Methode muss dies berücksichtigen und damit sind einschränkende Planungsmethoden ausgeschlossen.

4.1.2 Anforderungen aus methodischer Sicht

Aus der Darstellung der Anforderungen aus Abschnitt 4.1.1 und der Betrachtung der unterschiedlicher Szenario-Techniken (Kapitel 3.2-3.3) können die folgenden Anforderungen formuliert werden:

- Beim Einsatz der Szenario-Technik wird bei den meisten Methoden auf die verschiedenen Ausprägungen von Schlüsselfaktoren zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft (Zeithorizont) fokussiert. Es werden zwar die Konsistenz von Ausprägungsbündeln (Konsistenzanalyse) oder deren Wahrscheinlichkeiten (Cross-Impact Analyse) berücksichtigt, nicht aber die Entwicklung der einzelnen Faktoren von der Gegenwart bis zum Zeithorizont und deren kausalen Wechselwirkungen.

- Die Entwicklung von Schlüsselfaktoren hängt oft von sehr vielen Einflüssen ab, die wiederum von anderen Einflüssen abhängen. Sehr häufig beinhalten derartige System sogenannte Rückkopplungsschleifen, die einerseits für ein nachhaltiges Wachstum sorgen können (positive Rückkopplung) oder bestimmte Maßnahmen gar nicht erst zur Entfaltung kommen lassen (negative Rückkopplung) (Sterman 2000, S. 13). Die explizite Modellierung dieser Rückkopplungsschleifen wäre wünschenswert.

- Szenarien sollten nicht nur nach der Konsistenz verschiedener Faktorausprägungsbündel strukturiert werden, sondern auch nach den Ereignissen, durch deren Eintritt bestimmte Szenarien erst auftauchen. Ebenfalls stehen den Akteuren im Rahmen einer strategischen Planung verschiedene Maßnahmen bzw. Instrumente zur Verfügung, um Einfluss auf die Entwicklung von Schlüsselfaktoren zu nehmen. Diese Ereignisse und Instrumente sollten genutzt werden können, um Szenarien zu strukturieren.

- Um Szenarien mit Ereignissen und Instrumenten zu strukturieren, müssen diese auch explizit modelliert werden können. Bei der Modellierung sollte dann auch eine Quantifizierung des Einflusses von Ereignissen und Instrumenten berücksichtigt werden, um eine Grundlage zur Evaluierung der Wirksamkeit von Maßnahmen zu schaffen.

- Die Evaluation der Wirksamkeit von Maßnahmen oder Maßnahmenbündeln bedarf einer Vergleichbarkeit auf quantitativer Ebene, damit festgestellt werden kann, welche Maßnahmen unter Einsatz welcher Kosten den zukünftigen Verlauf der Schlüsselfaktoren wie stark beeinflussen. Dahinter stehen Fragestellungen, wie z. B. können die Verläufe bestimmter Schlüsselfaktoren über oder unter einer festgelegten Zielmarke gehalten oder gepusht werden.

- Weiterhin sollte das Szenario-Modell die Analyse der Sensitivität bzw. der Robustheit von strategischen Maßnahmen erlauben. Im ersten Fall geht es darum, wie empfindlich reagieren einzelne Faktoren auf bestimmte Maßnahmen. Im zweiten Fall wird eruiert, inwieweit bestimmte strategische Maßnahmen durch den Eintritt bestimmter Ereignisse negativ beeinflusst werden.

4.2 Cross-Impact Analyse (CIA)

Die Cross-Impact Analyse wurde Mitte der 1960er Jahre von Gordon und Helmer entwickelt (Gordon 1999). Die Methode wurde zur Grobanalyse von wechselwirkenden sozialen, politischen, technologischen, ökologischen und ökonomischen Ereignissen (multi-disziplinären Systemen) genutzt. Später wurden dann von Kane

(1972; Kane et al. 1973) Trendvariablen und von Helmer (1972, 1977, 1979) sowohl Instrumente als auch eine zeitabhängige Komponente (Zeitreihen) eingeführt.

4.2.1 Entwicklungen der CIA

Allen CIA-Ansätze gemeinsam ist der systemanalytische Ansatz, die Interdependenzen der wichtigsten Systemgrößen durch Experten paarweise schätzen zu lassen, wodurch eine Cross-Impact Matrix als Systemformulierung entsteht. Je nach Methode werden verschiedene Formen von Expertenurteilen erhoben und verschiedene Auswertungsalgorithmen angewendet. Die CIA versucht methodisch die Zusammenhänge der Eintrittswahrscheinlichkeiten zwischen verschiedenen, zukünftig möglichen Ereignissen darzustellen und deren gegenseitige Auswirkungen zu berücksichtigen. Später wurde die Methode um Wirkungen auf Trendvariablen erweitert (z.B. Helmer 1977; Marthaler et al. 2019).

Als Methode im Rahmen der Szenario-Technik wird die CIA genutzt um wechselwirkende Wahrscheinlichkeiten zwischen paarweisen Faktorausprägungen zu analysieren (Gausemeier et al. 1996, S. 263–264; Götze 2006; Kosow et al. 2008, S. 42). In diesem Fall wird der Eintritt einer Faktorausprägung schlicht als ein Ereignis interpretiert, wobei viele dieser Ereignisse bzw. deren Eintrittswahrscheinlichkeiten untereinander in Wechselwirkung stehen. Es wird zwischen drei verschiedenen Ansätzen unterschieden:

- **Korrelierte Cross-Impact Analyse**: In diesem Ansatz werden die Wahrscheinlichkeiten paarweiser Faktorausprägungen als bedingte oder gemeinsame Wahrscheinlichkeiten angegeben.

- **Statisch-kausale Cross-Impact Analyse**: Die Wechselwirkungen zwischen zwei Faktorausprägungen können auch als kausale Einflüsse interpretiert werden. Dann ist der Grund für das eine Eintreten einer Faktorausprägung der Eintritt einer anderen Faktorausprägung, die dies kausal verursacht.

- **Dynamisch-kausale Cross-Impact Analyse**: Der genannte kausale Einfluss kann natürlich auch durch die Einbeziehung mehrerer Zeithorizonte über die Zeit variieren. In diesem Fall ähnelt die Cross-Impact Analyse der Simulationstechnik.

Im Laufe der Zeit ist die CIA weiterentwickelt und stark ausdifferenziert worden (Kosow et al. 2008, S. 43). Neuere Entwicklungen beinhalten fuzzy-gesteuerte qualitative Ansätze (Asan et al. 2004; Asan und Asan 2007) und Cross-Impact-Bilanz Analyse (z.B. Weimer-Jehle 2006, 2015; Scheele et al. 2018; Schweizer 2020). Topka (2019) setzt logistische Regression im Rahmen einer Cross-Impact-Analyse von Innovationsprojekten ein. Die Cross-Impact Analyse spielt nach wie

vor eine Rolle in der akademischen Literatur, wie die Zusammenstellung in Tabelle 5 zeigt.

Jahr	Autoren	Titel	Zeitschrift/ Werk	Zusammenfassung
(2021)	Salo, A., Tosoni, E., Roponen, J., & Bunn, D. W.	Using cross-impact analysis for probabilistic risk assessment	*Futures & Foresight Science*	Aufbauend auf der Charakterisierung probabilistischer Abhängigkeiten von Risiken wird ein Ansatz zur probabilistischen Cross-Impact-Analyse entwickelt, der Unterstützung für die Erhaltung der Konsistenz ermittelter Aussagen bietet und eine mathematische Optimierung zur Berechnung unterer und oberer Grenzen des Gesamtrisikos einsetzt.
(2021)	Stankov, I. et al.	From causal loop diagrams to future scenarios: Using the cross-impact balance method to augment understanding of urban health in Latin America	*Social Science & Medicine*	Auf der Grundlage von Kausalkreisdiagrammen, die in mehreren Gruppenworkshops zur Modellbildung entwickelt wurden, wurde die Methode der Cross-Impact-Balance (CIB) angewendet, um die Stärke und Art der Beziehungen zwischen den Faktoren des Lebensmittel- und Verkehrssystems zu verstehen und mögliche zukünftige urbane Gesundheitsszenarien zu ermitteln.
(2020)	Ghasemian, S., Faridzad, A., Abbaszadeh, P., Taklif, A., Ghasemi, A., & Hafezi, R.	An overview of global energy scenarios by 2040: identifying the driving forces using cross-impact analysis method	*International Journal of Environmental Science and Technology*	Die Studie analysiert die Ergebnisse und Aussichten einzelner Energieszenarien bis 2040, die durch Anwendung einer Cross-Impact-Analyse quantifiziert wurden. Dazu gehören z.B. Wachstum des Bruttoinlandsprodukts, technologische Entwicklungen, Primärenergiebedarf nach Sektoren und Energieversorgung nach Brennstoffen.
(2020)	Schweizer, V. J.	Reflections on cross-impact balances, a systematic method constructing global socio-technical scenarios for climate change research	*Climatic Change*	Erfahrungen mit der algorithmischen Technik Cross-Impact Balances (CIB) zur Untersuchung von Szenarien werden erörtert. Statt sich ausschließlich auf die Intuition von Experten zu verlassen, wurde mit CIB zwei Arten von Unsicherheiten für die Forschung zum Klimawandel erforscht.
(2020)	Kadaifci, C., Asan, U., & Bozdag, E.	A new 2-additive Choquet integral based approach to qualitative cross-impact analysis considering interaction effects	*Technological Forecasting and Social Change*	In dieser Studie wird eine qualitative Cross-Impact-Analyse auf der Basis des 2-additiven Choquet-Integrals entwickelt, um bestimmte Nachteile (z.B. Doppelwirkungen) zu lösen. Anhand eines Beispiels werden die Anwendbarkeit und die Wirksamkeit dieses Ansatzes veranschaulicht.

Jahr	Autoren	Titel	Zeitschrift/ Werk	Zusammenfassung
(2019)	Kemp-Benedict, E., Carlsen, H., & Kartha, S.	Large-scale scenarios as 'boundary conditions': A cross-impact balance simulated annealing (CIBSA) approach	*Technological Forecasting and Social Change*	Die Cross-Impact Balances (CIB) Methode wird modifiziert sodass schwache, statt null, skalenübergreifende Wechselwirkungen zugelassen werden. Das Konzept der schwachen Wechselwirkungen wird formalisiert, indem metastabile Zustände, die bei kleinen Störungen stabil sind, berücksichtigt werden. Ein Algorithmus zur Identifizierung metastabiler Zustände zur Kombination von Zuständen wird vorgeschlagen.
(2019)	Topka, V. V.	The Cross-Impact Analysis of Innovative Projects in a Portfolio	*Journal of Computer and Systems Sciences International volume*	Es werden Wechselwirkungen zwischen Projektpaaren innerhalb konstruierter Portfolios berücksichtigt. Die binäre probabilistische Wechselwirkung von Projekten innerhalb des Portfolios führt zu einem synergetischen Ergebnis: Die gemeinsame Durchführung von zwei oder mehr Projekten kann deren Wirkung verstärken. Der Ansatz wird in Form eines logistischen Modells dargestellt.
(2018)	Panula-Ontto, J., Luukkanen, J., Kaivo-Oja, J., O'Mahony, T., Vehmas, J., Valkealahti, S., ... & Repo, S.	Cross-impact analysis of Finnish electricity system with increased renewables: Long-run energy policy challenges in balancing supply and consumption	*Energy Policy*	Diese Studie analysiert Probleme, die sich aus dem Einsatz erneuerbarer Energien ergeben, mit einem Cross-Impact-Modell, das auf einem expertengesteuerten Modellierungsprozess basiert. Das Modell wird mit einer neuartigen computergestützten Cross-Impact-Technik, EXIT, analysiert. Ziel der Studie ist es, die wichtigsten direkten Triebkräfte des Wandels im Zeitraum bis 2030 im Stromverbrauch und in der Erzeugung in Finnland zu identifizieren.
(2018)	Panula-Ontto, J., & Piirainen, K. A.	EXIT: An alternative approach for structural cross-impact modeling and analysis	*Technological Forecasting and Social Change*	In diesem Artikel wird der EXIT-Ansatz eingeführt, ein neues Modellierungsverfahren und Berechnungsmethode für die strukturelle Cross-Impact-Analyse. EXIT extrahiert Erkenntnisse aus einem von Experten erstellten Cross-Impact-Modell, das die Struktur der direkten Interaktionen innerhalb eines Systems beschreibt. Eine Software, die die EXIT-Transformation implementiert, ist frei verfügbar.

Tabelle 5: Aktuelle Literatur zur Cross-Impact Analyse

Wie später in diesem Kapitel noch gezeigt wird, können Varianten der dynamisch-kausalen CIA aber auch als eigenständige Methode zur Erzeugung von Szenarien genutzt werden.

4.2.2 Dynamisch-kausale Cross-Impact Analyse

Die folgende Darstellung der kausalen Cross-Impact-Analyse beruht auf den Ausführungen von Böhling (1985; Böhling und Pestel 1989) und O. Helmer (1977, 1972, 1977, 1979, 1981) und konzentriert sich auf eine formal-theoretische Darstellung dieses Ansatzes der Modellbildung und Simulation.

Es wird davon ausgegangen, dass a-priori das Systemverhalten bekannt bzw. abschätzbar ist. Die Cross-Impact-Analyse erlaubt dann die Untersuchung von Eingriffen in das modellierte System (z. B. durch Aktionen und Ereignisse).

4.2.2.1 Modellelemente der kausalen Cross-Impact-Analyse

In diesem Abschnitt werden die Modellelemente der kausalen Cross-Impact-Analyse dargestellt (vgl. Böhling 1985).

4.2.2.1.1 Das Zeitmodell

Im Gegensatz zu anderen Simulationsmethoden, wie z. B. der Systems-Dynamics-Methode (Sterman 2000) ist das Zeitmodell der kausalen Cross-Impact-Analyse nicht kontinuierlich, sondern beruht auf einem diskreten Modell. Der Zeitabschnitt unter Betrachtung wird definiert durch einen Anfangs- und einem Endzeitpunkt, wobei der Anfangszeitpunkt meistens in der Vergangenheit oder im Heute und der Endzeitpunkt in der Zukunft liegt. Die betrachtete Periode dazwischen wird in n Szenen mit der Szenenlänge $S(j)$ mit $1 \leq j \leq n$ unterteilt. Der Endzeitpunkt eines kausalen Cross-Impact Modells wird auch als Zeithorizont H bezeichnet (siehe Abbildung 17).

Der Einfachheit halber wird im Folgenden davon ausgegangen, dass jede Szene eines Modells von gleicher Länge ist. Meistens wird für die Szenenlänge ein Zeitabschnitt wie z. B. ein Monat, ein Quartal oder ein Jahr gewählt.

4.2.2.1.2 Trendvariablen

Das grundlegende Element des dynamisch-kausalen Cross-Impact Modells ist die Trendvariable. Trendvariablen repräsentieren messbare Systemgrößen, die sich über die Zeit kontinuierlich verändern. Der Modellautor definiert für ein bestimmtes Cross-Impact Modell k Trendvariablen T_i mit $1 \leq i \leq k$.

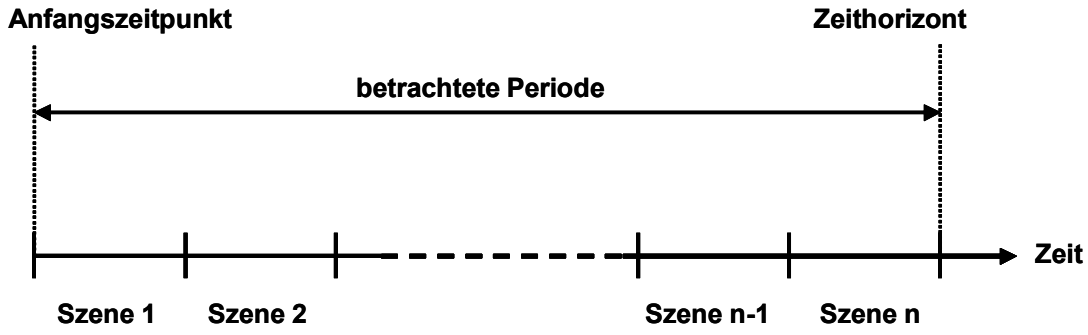


Abbildung 17: Diskretes Zeitmodell der kausalen Cross-Impact-Analyse

Für jede Trendvariable T_i wird eine sogenannte A-Priori-Zeitreihe $T_i(j)$ mit $1 \leq j \leq n$ bestimmt. Diese Zeitreihe beschreibt den von dem Modellautoren vermuteten zukünftigen Verlauf der Trendvariablen T_i. Weiterhin wird für jeden Trend T_i ein Maximalwert U_{T_i} und ein Minimalwert L_{T_i} bestimmt. Per Definition gilt für jeden Trend T_i:

$$L_{T_i} < T_i(j) < U_{T_i} \tag{1}$$

Der geschätzte A-Priori-Verlauf einer Trendvariablen stellt für den Simulationsalgorithmus einen Referenzfall dar, der als Ausgangswert für die Berechnung der simulierten Werte $T_i'(j)$ genommen wird.

Um eine Unsicherheit bei der Schätzung der A-Priori-Zeitreihe eines Trends zu berücksichtigen, wird für jeden Trend T_i eine Volatilität $v_i(j)$ mit $1 \leq j \leq n$ bestimmt. Die Volatilität beschreibt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von p=0,5 der Wert eines Trends im Intervall $\left[R(T_i(j) - v_i(j)), R(T_i(j) + v_i(j))\right]$ liegt, wobei R die R-Raum-Transformation darstellt.

Die R-Raum-Transformation garantiert, dass während der Simulation die berechneten Werte $T_i'(j)$ zwischen den festgelegten Minimal- und Maximalwert des Trends liegen. Dies geschieht, indem das Maximum U_{T_i} auf $+\infty$, das Minimum L_{T_i} auf $-\infty$ und einen Zentralwert A (s. u.) auf 0 abgebildet wird, so dass gilt:

$$L_{T_i} < T_i'(j) < U_{T_i} \tag{2}$$

Wenn L_{T_i} und U_{T_i} realistisch gewählt werden, kann angenommen werden, dass eine Trendvariable an diesen Grenzen eine gewisse Resistenz aufzeigt, sich also

nur wenig ändert. Genau dieses Verhalten wird durch die *R*-Raum-Transformation garantiert (siehe Abbildung 18).

Der Trend T_i wird durch folgende Formel in den *R*-Raum transformiert:

$$R(T_i) = \frac{k\left(T_i - A\right)}{\left(T_i - L_{T_i}\right)\left(U_{T_i} - T_i\right)} \tag{3}$$

$$\text{mit } k = \frac{\left(A - L_{T_i} + v_i\right)\left(U_{T_i} - A - v_i\right)}{v_i}.$$

A beschreibt einen Zentralwert, bei dem die *R*-Raum-Transformation Null ergibt. Für die Wahl von *A* gibt es in der Literatur verschiedene Vorschläge. Böhling schlägt einen symmetrischen Ansatz vor (Böhling 1985, S. 110):

$$A = \frac{L_{T_i} + U_{T_i}}{2} \tag{4}$$

Helmer gibt an, dass für *A* der Median der A-Priori-Zeitreihe des Trends genutzt werden kann (Helmer 1977, S. 22), also

$$A = Median\left(T_i\left(j\right)\right), \quad 1 \le j \le n \tag{5}$$

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, *A* in Abhängigkeit der jeweiligen Szene zu bestimmen. Am einfachsten wäre dann

$$A = T_i\left(j\right) \tag{6}$$

Die *R*-Raum Transformation ist so gewählt, dass $R\left(A + v_i\right) = 1$ und für den Fall, dass $A = \left(L_{T_i} + U_{T_i}\right)/2$ gewählt wurde, gilt auch $R\left(A - v_i\right) = -1$. Im Intervall $\left[A - v_i, A + v_i\right]$ verhält sich die *R*-Raum-Transformation weitestgehend linear, sofern sich *A* nicht sehr nah bei dem oberen bzw. unteren Grenzwert befindet.

4.2.2.1.3 Ereignisvariablen

Weiterhin kann der Modellautor Ereignisvariablen in einem Cross-Impact Modell definieren. Ereignisvariablen repräsentieren Ereignisse, die den Verlauf von Trendvariablen beeinflussen und ebenfalls das Auftreten oder Ausbleiben anderer Ereignisse begünstigen. Es handelt sich um wiederkehrende Ereignisse, d. h. sie können im Verlauf der Simulation mehrmals auftreten.

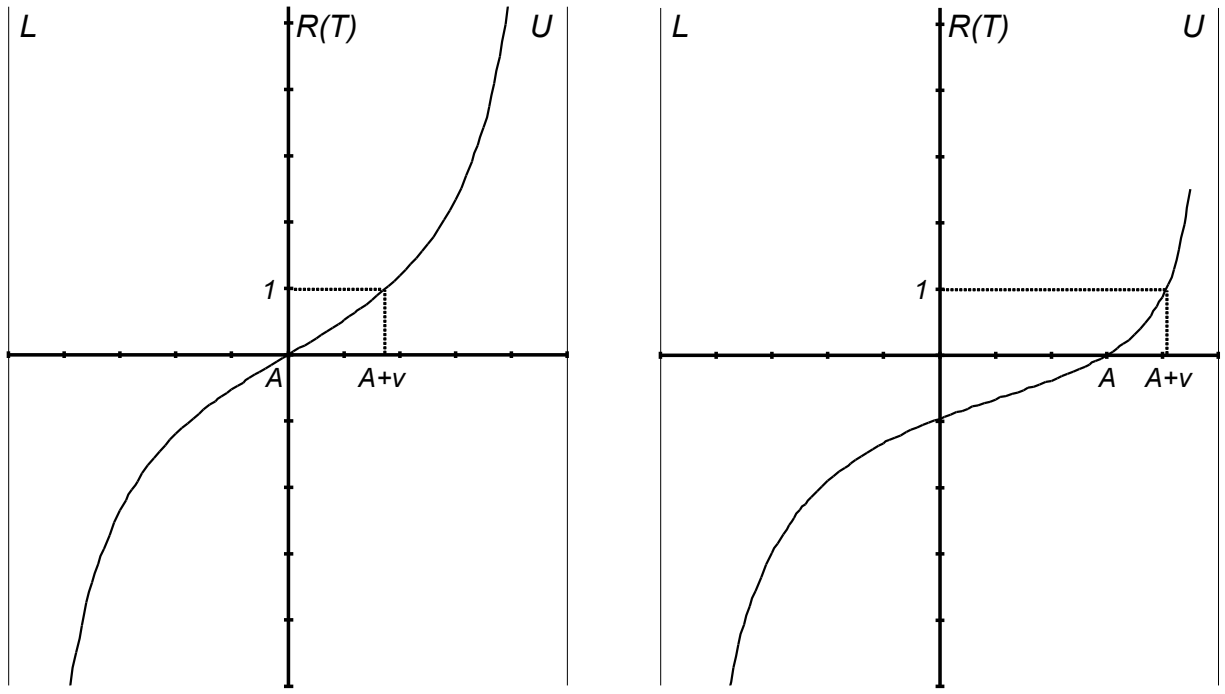


Abbildung 18: R-Raum-Transformation

: zentriert (links) und nicht zentriert (rechts)

Für jede Ereignisvariable E_i mit $0 \leq i \leq l$, wobei l die Anzahl der Ereignisse in einem Cross-Impact Modells angibt, wird eine Zeitreihe von A-Priori-Eintrittswahrscheinlichkeiten $p_{e_i}(j)$ mit $1 \leq j \leq n$ definiert.

Jede Ereignisvariable kann ebenfalls eine maximale Eintrittswahrscheinlichkeit U_{E_i} und eine minimale Eintrittswahrscheinlichkeit L_{E_i} haben. Per Definition gilt für jedes Ereignis E_i:

$$0 \leq L_{E_i} < p_{E_i}(j) < U_{E_i} \leq 1 \tag{7}$$

Für Ereignisvariablen ist ebenfalls eine Volatilität definiert, die jedoch per Definition konstant ist:

$$v_{E_i}(j) = 0,25 \tag{8}$$

Analog zur Simulation der Trendvariablen, wird vom Simulationsalgorithmus für jede Ereignisvariable ausgehend von der A-Priori-Eintrittswahrscheinlichkeit eine aktualisierte Eintrittswahrscheinlichkeit $p'_{E_i}(j)$ berechnet. Diese Berechnung findet – wie bei den Trends – ebenfalls im R-Raum statt, wobei folgende Formel benutzt wird (siehe z. B. Helmer 1977; Böhling 1985):

$$R(p_{E_i}) = \frac{k(p_{E_i} - a)}{(p_{E_i} - L_{E_i})(U_{E_i} - p_{E_i})} \tag{9}$$

mit $a = \frac{L_{E_i} + U_{E_i}}{2}$ und $k = \frac{((U_{E_i} - L_{E_i})/2)^2 - v_{E_i}{}^2}{v_{E_i}}$.

Die in Kapitel 4.2.2.1.2 aufgeführten Überlegungen bzgl. der Wahl von a und k und auch die Bedingungen für die Volatilitäten $v_{E_i}(j)$ gelten hier genauso.

4.2.2.1.4 Akteursvariablen

Ein Cross-Impact Modell sollte immer mindestens eine Akteursvariable beinhalten. Jedem Akteur P_i mit $0 \le i < p$, wobei p die Anzahl der Akteure angibt, wird für jede Szene j mit $1 \le j \le n$ ein marginales Budget $B_{P_i}(j)$ zugeordnet. Weiterhin ist jedem Akteur eine Menge Aktionen assoziiert, die im folgenden Abschnitt (siehe Abschnitt 4.2.2.1.5) beschrieben sind.

4.2.2.1.5 Aktionsvariablen

Zu jedem Akteur wird eine Menge assoziierter Aktionsvariablen (kurz: Aktionen) $\mathrm{A}_{P_i} = \{A_1, A_2, ...\}$ festgelegt, wobei A_i die Aktionsvariablen repräsentieren mit $0 \le i < m$, und m gibt die Anzahl der Aktionsvariablen in einem Cross-Impact Modell an. Aktionsvariablen repräsentieren Instrumente bzw. Maßnahmen, die den Akteuren zur Verfügung stehen, um Eingriffe in das System vorzunehmen. Falls eine Aktion Element der Menge A_{P_i} ist, kann sie definitionsgemäß nicht Element der Menge A_{P_j} mit $i \ne j$ sein.

In jeder Szene kann ein Akteur von seinem marginalen Budget in einer oder mehrerer seiner assoziierten Aktionen investieren. Diese Investition wird als Kosten $K_{A_i}(j)$ der Aktion registriert. Je mehr ein Akteur investiert, desto größer sollte die Intensität der Wirkung der Aktion sein. Die Intensität einer Aktion ist deshalb beschrieben durch eine Kosten-Intensitäts-Funktion $I_{A_i}(K_{A_i}(j))$ mit

$$I(k) = 1 - 2^{-ak^2 - bk} \tag{10}$$

mit $a = \frac{h - g}{g^2 h - h^2 g}$ und $b = \frac{2g^2 - h^2}{g^2 h - h^2 g}$ (siehe auch Abbildung 19).

In der Literatur (z. B. Böhling 1985, S. 113) werden vier unterschiedliche Typen der Kosten-Intensitätsfunktion vorgeschlagen:

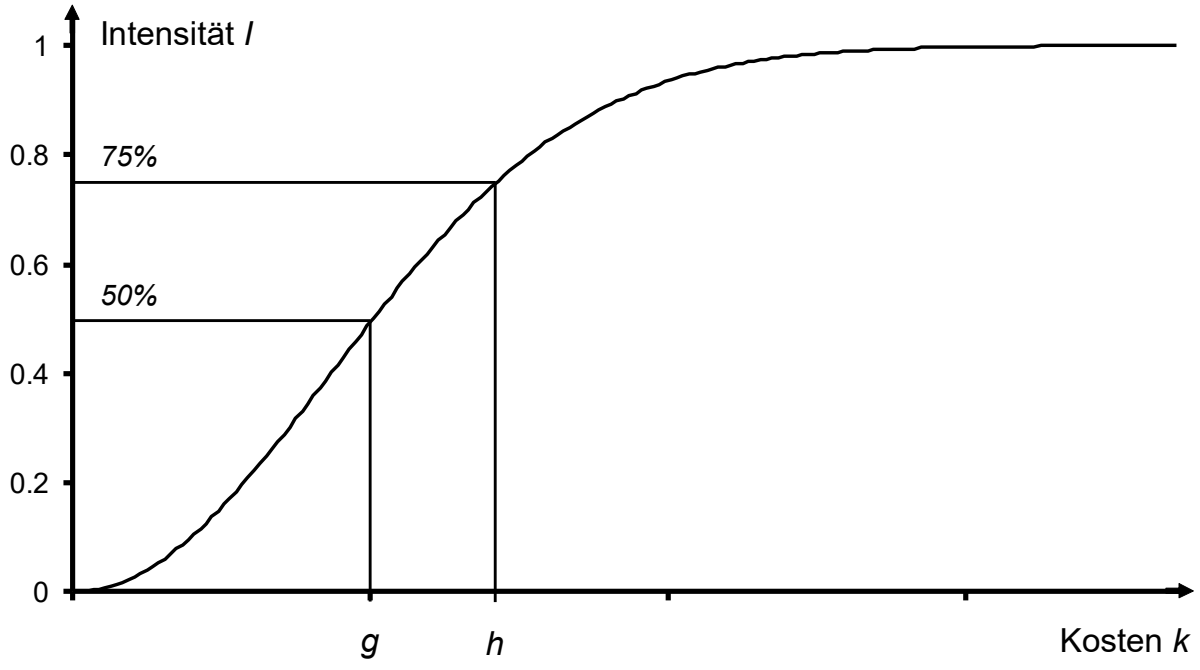


Abbildung 19: Kosten-Intensitäts-Funktion

Typ 1: Anfangssteigung ist gleich Null mit $a = \frac{1}{g^2}$ und $b = 0$

Typ 2: Geringe Anfangssteigung mit $a = \frac{2}{3g^2}$ und $b = \frac{1}{3g}$

Typ 3: Mittlere Anfangssteigung mit $a = \frac{0,2}{g^2}$ und $b = \frac{0,8}{g}$

Typ 4: Fallende Steigung mit wachsenden Kosten mit $a = 0$ und $b = \frac{1}{g}$

Ein Akteur darf per Definition in die zu ihm assoziierten Aktionen nicht mehr investieren, als sein Budget zulässt, d. h.

$$\sum_{A_i \in \mathrm{A}_{P_i}} K_{A_i}(j) \leq B_{P_i}(j) \tag{11}$$

4.2.2.1.6 Cross-Impact-Koeffizienten

Trendvariablen, Ereignisvariablen und Aktionsvariablen interagieren in einem Cross-Impact-Modell über Cross-Impacts, die durch Koeffizienten beschrieben

	Trends	Ereignisse
Trends	Trends auf Trends	Trends auf Ereignisse
Ereignisse	Ereignisse auf Trends	Ereignisse auf Ereignisse
Aktionen	Aktionen auf Trends	Aktionen auf Ereignisse

Abbildung 20: Cross-Impact-Matrix

sind. Trends und Ereignisse können sich gegenseitig beeinflussen, Aktionen werden nicht beeinflusst. Werden die Beeinflussungsmöglichkeiten in Matrixform aufgetragen, entsteht die Cross-Impact-Matrix (siehe Abbildung 20). Die Cross-Impact-Matrix C enthält alle Koeffizienten $c_{V_i,V_j}(j)$ für jede Szene j mit $1 \leq j \leq n$. Ein Cross-Impact-Koeffizient beschreibt die Stärke und Richtung, wie eine Variable V_j eine andere Variable V_i mit $V_j \in T \cup E \cup A$ und $V_i \in T \cup E$ beeinflusst, wobei $T = \{T_i \text{ mit } 0 \leq i < k\}$, $E = \{E_i \text{ mit } 0 \leq i < l\}$, und $A = \{A_i \text{ mit } 0 \leq i < m\}$.

Die Stärke einer Wechselwirkung wird durch den Absolutwert des Koeffizienten beschrieben. Die Richtung wird durch das Vorzeichen festgelegt. Ein positiver Koeffizient bewirkt eine Abweichung in gleicher Richtung, während ein negatives Vorzeichen eine Abweichung in Gegenrichtung beschreibt.

Im Folgenden stehen T_i, E_i, A_i für Variablen, die via Cross-Impact-Koeffizienten c_{V_i,V_j} mit $V_i \in T \cup E \cup A$ und $V_j \in T \cup E$, wobei $T = \{T_i \text{ mit } 0 \leq i < k\}$, $E = \{E_i \text{ mit } 0 \leq i < l\}$, und $A = \{A_i \text{ mit } 0 \leq i < m\}$ beinflussen. v_i und v_j sind die Volatilitäten der Trends T_i and T_j, und $v_e = 0{,}25$. Δ beschreibt die Differenz zwischen dem a-Priori- und simulierten Wert eines Trends (oder einer Ereigniseintrittswahrscheinlichkeit). Aufgrund des Simulationsalgorithmus (siehe Abschnitt 4.2.2.1.7) können die verschiedenen Cross-Impact Koeffizienten c_{V_i,V_j} dann nach den in Tabelle 6 dargestellt Gleichungen abgeschätzt werden.

Cross-Impact	Abschätzungsformel
Trend auf Trend	$\frac{\Delta T_j}{v_j} = c_{T_i,T_j} \cdot \frac{\Delta T_i}{v_i}$
Trend auf Event	$\frac{\Delta E_j}{v_e} = c_{T_i,E_j} \cdot \frac{\Delta T_i}{v_i}$
Ereignis auf Trend	$\frac{\Delta T_j}{v_j} = c_{E_i,T_j} \cdot \frac{p''(E_i)}{v_e}$ wobei $p''(E_i) = \begin{cases} 1 - p'_{E_i} & \text{wenn } E_i \text{ eintritt} \\ -p'_{E_i} & \text{sonst} \end{cases}$
Ereignis auf Ereignis	$\Delta p_{E_j} = c_{E_i,E_j} \cdot p''(E_i)$, wobei $p''(E_i) = \begin{cases} 1 - p'_{E_i} & \text{wenn } E_i \text{ eintritt} \\ -p'_{E_i} & \text{sonst} \end{cases}$
Aktion auf Trend	$\frac{\Delta T_j}{v_j} = c_{A_i,T_j} \cdot I_{A_i}(K_{A_i})$ wobei $I_{A_i}(K_{A_i})$ die Intensität der Aktion A_i angibt
Aktion auf Ereignis	$\frac{\Delta E_j}{v_j} = c_{A_i,E_j} \cdot I_{A_i}(K_{A_i})$ wobei $I_{A_i}(K_{A_i})$ die Intensität der Aktion A_i angibt

Tabelle 6: Abschätzung von Cross-Impact-Koeffizienten

4.2.2.1.7 Der Simulationsalgorithmus

Der Simulationsalgorithmus berechnet unter Berücksichtigung der Cross-Impact-Koeffizienten neue, simulierte Werte für alle Trend- und Ereignisvariablen eines kausalen Cross-Impact-Modells. Dabei ist die Berechnung der simulierten Werte für die erste Szene etwas einfacher als für die Folgeszenen.

Berechnungen in der ersten Szene

In der ersten Szene werden simulierte Werte für Trendvariablen durch eine zufällige Störung der A-Priori-Werte unter Berücksichtigung der Volatilität erzeugt. Dies wird durch die Funktion $NOISE(i, j)$ realisiert, die eine zufällige Störung der Trendvariablen T_i in Szene *j* mit Hilfe eines Zufallszahlengenerators verursacht.

Die Addition von $T_i(1)$ und $NOISE(i,1)$ wird im R-Raum durchgeführt, um sicherzustellen, dass die festgelegten Minimal- und Maximalwerte nicht unter- bzw. überschritten werden. Der Zufallszahlengenerator ist so ausgelegt, dass $R(T_i')$ im Intervall von $R(T_i - v_i)$ bis $R(T_i + v_i)$ mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,5 liegt. $NOISE(i) + R(T_i)$ hat eine Gauss'sche Verteilung mit $R(T_i)$ als Median und $R(T_i \pm v_i)$ als Quartile (Wert der mit der Wahrscheinlichkeit von 0,25 unter- bzw. überschritten wird – siehe auch Abbildung 21):

$$\varphi(R(T_i')) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\left(R(T_i') - R(T_i)\right)^2}{2\sigma^2}} \tag{12}$$

mit $\sigma = \dfrac{R(T_i + v_i) - R(T_i)}{\vartheta\sqrt{2}}$ und $\vartheta = 0{,}4769$

Nun kann die folgende Summe gebildet werden:

$$R(T_i'(1)) = R(T_i(1)) + NOISE(i,1) \tag{13}$$

$T_i'(1)$ resultiert aus der Umkehrfunktion

$$T_i'(1) = R^{-1}(R(T_i(1)) + NOISE(i,1)) \tag{14}$$

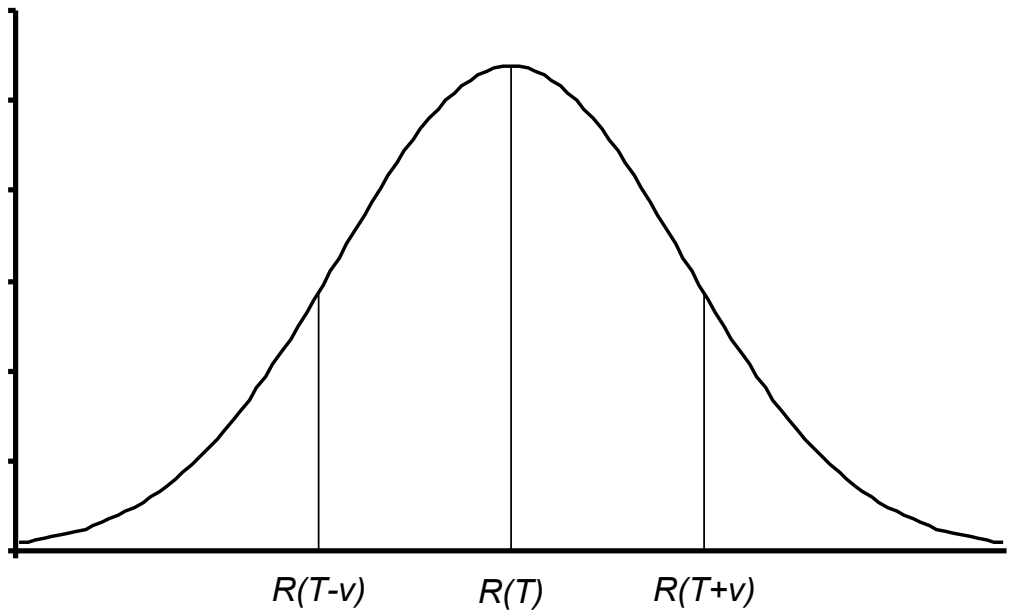


Abbildung 21: Überlagerung von Trendvariablen mit *NOISE*

Als nächstes werden die Ereignisse „gezogen“. Das Eintreten bzw. Ausbleiben der Ereignisvariablen wird durch einen Zufallsgenerator ermittelt, der auf einer Rechteckverteilung auf dem Intervall [0,1] basiert.

Anschließend werden die „gesetzten“ Aktionen berücksichtigt. Der Modellautor wählt die Aktionsvariablen, die für den momentanen Simulationslauf vorgesehen sind. Dabei werden die Kosten der Aktion dem Akteur in Rechnung gestellt. Wie schon gesehen bestimmen die Kosten die Intensität der Aktion. Die Summe aller Kosten der Aktionen eines Akteurs darf nicht das Gesamtbudget des Akteurs überschreiten.

Für die Ermittlung simulierter Werte in der ersten Szene eines Cross-Impact Modells wird die Cross-Impact Matrix *C* nicht berücksichtigt, weil Cross-Impacts nur zwischen den Szenen wirken können.

Berechnungen in der zweiten Szene

In der zweiten Szene werden die simulierten Werte der Trendvariablen wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} R\left(T_i'(2)\right) \;=\; & R\left(T_i(2)\right) + NOISE(i,2) + && \text{(Term I)} \\ & \sum_{x=1}^{k} c_{T_x,T_i}(1) \cdot \frac{\Delta T_x(1)}{v_x(1)} + && \text{(Term II)} \\ & \sum_{x=1}^{l} c_{E_x,T_i}(1) \cdot \frac{p''(E_x,1)}{v_{E_x}} + && \text{(Term III)} \\ & \sum_{x=1}^{m} c_{A_x,T_i}(1) \cdot I_{A_x}(K_{A_x}(1)) && \text{(Term IV)} \end{aligned} \tag{15}$$

mit $\Delta T_i(1) = T_i'(1) - T_i(1)$ und $i = 1(1)k$. $c_{T_x,T_i}(1)$, $c_{E_x,T_i}(1)$ und $c_{I_x,T_i}(1)$ sind die korrespondierenden Koeffizienten der Cross-Impact Matrix *C* für die erste Szene.

Die Terme I-IV beschreiben die folgenden Beeinflussungen des Trends T_i:

Term I A-Priori-Wert addiert mit *NOISE()*.

Term II Summe der Wechselwirkungen hervorgerufen durch Abweichungen aller Trends aus der ersten Szene (multipliziert mit dem Cross-Impact Koeffizienten).

Term III Summe der Wechselwirkungen hervorgerufen durch das Erscheinen oder Ausbleiben von Ereignissen.

Term IV Summe der Wechselwirkungen hervorgerufen durch „gesetzte“ Aktionen.

Der Term I wird in derselben Art und Weise wie in der ersten Szene berechnet. Der Term II zeigt, dass eine Abweichung, die durch einen beeinflussenden Trend hervorgerufen wird, in „Überraschungseinheiten“ gemessen wird. Es handelt sich um ein Vielfaches der Volatilität, das dann mit dem Cross-Impact-Koeffizienten multipliziert wird.

Term III beschreibt den Einfluss von Ereignissen auf den Trend T_i. p'' ist definiert als

$$p''(E_x,1) = \begin{cases} 1 - p'_{E_i}(1) & \text{wenn } E_i \text{ in Szene 1 einftritt} \\ -p'_{E_i}(1) & \text{sonst} \end{cases} \tag{16}$$

p' steht für die berechnete Eintrittswahrscheinlichkeit das entsprechende Ereignis. Helmer (1977) schlägt vor, allen Ereignissen die konstante Volatilität von $v_e = 0,25$ zu geben.

Der Term IV berücksichtigt die Wechselwirkungen der Aktionen, die in der ersten Szene gesetzt sind, wobei $I_{A_x}(K_{A_x}(1))$ die Intensität der Aktion A_x angibt. Die Summe der Kosten der „gesetzten“ Aktionen ist bereits in der vorherigen (ersten) Szene ermittelt und von den Budgets der korrespondierenden Akteure abgezogen worden.

Die Erscheinwahrscheinlichkeit eines Ereignisses für die zweite Szene wird durch folgende Gleichung bestimmt:

$$\begin{aligned} R(p'_{E_i}(2) = R(p_{E_i}(2)) + & \qquad \text{(Term I)} \\ \sum_{x=1}^{k} c_{T_x,E_i}(1) \cdot \frac{\Delta T_x(1)}{v_x(1)} + & \qquad \text{(Term II)} \\ \sum_{x=1}^{l} c_{E_x,E_i}(1) \cdot \frac{p''(E_x,1)}{v_{Ex}} + & \qquad \text{(Term III)} \\ \sum_{x=1}^{m} c_{A_x,E_i}(1) \cdot I_{A_x}(K_{A_x}(1)) & \qquad \text{(Term IV)} \end{aligned} \tag{17}$$

Die Terme I-IV repräsentieren die folgenden Einwirkungen auf die Erscheinwahrscheinlichkeit des Ereignisses E_i:

Term I A-Priori Erscheinwahrscheinlichkeit für die zweite Szene. Zu bemerken ist an dieser Stelle, dass die Berechnung der neuen Eintrittswahrschein-

lichkeit nicht wie bei den Trends durch ein stochastisches Rauschen (NOISE) gestört wird.

Term II Abweichungen hervorgerufen durch Trends.

Term III Abweichungen hervorgerufen durch das Erscheinen oder Ausbleiben von Ereignissen der vorherigen (ersten) Szene.

Term IV Abweichungen hervorgerufen durch „gesetzte“ Aktionen der vorherigen (ersten) Szene.

Nach dieser Berechnung wird wieder mit Hilfe des Zufallsgenerators das Erscheinen oder Ausbleiben aller Ereignisse simuliert, unter Berücksichtigung der neuen Erscheinwahrscheinlichkeit $p'_{E_i}(2)$.

Abschließend werden analog zu den Berechnungen der ersten Szene die Kosten und Intensitäten gesetzter Aktionen ermittelt und den Akteuren in Rechnung gestellt.

Berechnungen in allen Folgeszenen bis zum Zeithorizont *H*

Die Berechnung aller Folgeszenen geschieht analog zur Berechnung der zweiten Szene bis zum Zeithorizont *H*.

4.2.2.2 Diskussion der kausalen Cross-Impact-Methode

Die Cross-Impact-Matrix *C* stellt die Invariante des Cross-Impact-Modells dar. Alle anderen Modellelemente werden durch die Simulation in ihrem Verhalten beeinflusst, während die Cross-Impact-Matrix konstant bleibt.

Des Weiteren hat der mathematische Formalismus der dargestellte Cross-Impact Analyse bestimmte Eigenschaften, die sie von anderen Ansätzen unterscheidet:

- Das Modell simuliert, wie sich eine Störung im System fortpflanzt, z. B. wie sich die Störung durch Rückkopplungen in Regelkreisen verstärkt – oder einfach verpufft, weil keine entsprechenden Wechselwirkungen mit anderen Variablen vorliegen.

- Tendenziell „will“ das System immer wieder zum Business-As-Usual-Szenario (die apriori-Zeitreihen der Trend- und Ereignisvariablen) zurückkehren.

- Das System kann sich immer nur in den Grenzen der definierten Maximal- und Minimalwerte der Trendvariablen bewegen. Dies führt dazu, dass

Wachstumsentwicklungen einer S-Kurve entsprechen. S-Kurven sind in der realen Welt sehr verbreitet, wie Modis (1994) zeigt.

Wechselwirkungen wirken, wie in Abschnitt 4.2.2.1.7 dargestellt, nur zwischen zwei aufeinander folgenden Szenen. Häufig wird aber eine andauernde oder verzögerte Wirkung zwischen zwei Variablen gebraucht. Beispielsweise kann die Einführung einer neuen Technologie erst nach einer geraumen Zeit vom Markt aufgenommen werden. Die Wirkung erscheint in der Terminologie von Cross-Impact ein paar Szenen später. Andererseits ist die kürzeste Zeitspanne einer Wirkung immer die Länge einer Szene und ist damit abhängig, wie diese definiert wurde. Dies ist für die Berechnung von Kennziffern von Nachteil. So sollte beispielsweise die Ermittlung des Bruttogewinns eines Unternehmens nicht durch Wechselwirkungen von Variablen „Erlöse“ und „Ausgaben“ auf eine Variable „Gewinn“ modelliert werden. Der Zusammenhang dieser Variablen ist direkt und zeitunabhängig. Daher sollte es möglich sein, die Werte von Variablen auch direkt innerhalb einer Szene arithmetisch miteinander zu verknüpfen (z. B. Gewinn = Erlöse – Ausgaben).

Nicht alle ein System beeinflussenden und real beobachtbaren Ereignisse verhalten sich wie in dem dargestellten Cross-Impact-Formalismus beschrieben. Ereignisse können sich z. B. gegenseitig ausschließen (beispielsweise kann der Marktführer einer Branche nicht in den Konkurs gehen und anschließend eine disruptive Technologie in den Markt einführen). Weiterhin kann es Ereignisse geben, die nur einmal und dann nicht wieder auftreten (z. B. die Auflösung eines Clusters). Des Weiteren sind Ereignisse so definiert, dass sowohl das Eintreten als auch das Ausbleiben eine Wirkung generiert. Dies ist oft für das dynamische Modellverhalten problematisch (Im Fall, dass Eintrittswahrscheinlichkeit $p \neq 0{,}5$), weil dann oft das gesamte Modell in eine Richtung gelenkt wird, so dass es sich empfiehlt, Ereignisse ganz ausschalten zu können (wenn das Ereignis nicht eintritt, soll es auch keine Wirkung haben).

Bevor Ereignisse und Aktionen explizit gesetzt werden, sollte eine Konsistenzanalyse durchgeführt werden. Ziel der Konsistenzanalyse ist der Nachweis, dass das Modell „in sich“ konsistent ist. Dies ist der Fall, wenn die Durchschnittswerte aller Trendvariablen über eine hinreichend große Anzahl von Läufen im Rahmen der gegebenen Volatilitäten liegen, ohne dass störende Ereignisse oder unterstützende Aktionen die Verläufe beeinflussen. Diese Simulation wird dann Business-As-Usual-Szenario (BAUS) genannt.

Ist ein Modell durch starke positive Rückkopplungsschleifen geprägt, kann es sein, dass einige Trendvariablen besonders sensitiv gegenüber Veränderungen sind (eine geringe Abweichung in einer Szene setzt dann beispielsweise ein starkes Wachstum in Gang, wobei die Richtung der Abweichung ebenfalls eine Rolle spielen kann). Mehrere Einzelläufe des Modells zeigen dann die Sensitivität des Modells

auf und zeigen an, ob es einen oder mehrere Attraktoren für bestimmte Variablen gibt.

Die Cross-Impact-Analyse hat (v. a. im Vergleich mit anderen Methoden) gewisse Vor- und Nachteile. Zu den Nachteilen gehören:

- **Eingeschränkte Modellierungsmöglichkeiten**. Im Gegensatz zur Systems-Dynamics-Methode sind die Möglichkeiten der Modellierung beschränkt. Abweichungen sind immer nur durch einen Koeffizienten gegeben, es können keine Funktionen (z. B. Sinus, Cosinus oder Polynome) benutzt werden.

- **Eingeschränkte Wertebereiche**. Für jede (Trend-) Variable wird ein Wertebereich festgelegt, der (durch Zuhilfenahme der *R*-Raum-Transformation) von den simulierten Werten nicht verlassen werden kann. Dadurch wird z. B. jedes exponentielle Wachstum einer Variablen gebremst und in eine S-Kurve abgeschwächt.

- **Große Menge von Ausgangsdaten**. Ein komplettes Modell erfordert die Angabe einer großen Menge von Ausgangsdaten. Während bei einer Systemvariablen der Systems-Dynamics-Methode nur der Startwert angegeben werden muss, muss bei der Definition einer Trendvariablen eine apriori-Zeitreihe, eine Volatilitäten-Zeitreihe, ein Minimum und ein Maximum angegeben werden.

- **Ein Cross-Impact wirkt immer nur zwischen der Szene *n* und *n*+1**. Im Normalfall ist dieses Modell ausreichend, kann aber z. B. verzögerte Wirkungen und anhaltende Wirkungen nur ungenügend modellieren.

- **Kein explizites Szenario-Management**. Wie bei anderen Methoden ist auch bei der Cross-Impact-Analyse die Erzeugung unterschiedlicher Szenarien vorgesehen, ohne aber ein explizites Szenario-Management zu definieren. Der Nutzer muss seine Szenarien selbst organisieren, was zu einem erhöhten Zeitaufwand führt.

Einige der aufgeführten Nachteile stellen sich bei näherer Betrachtung auch als ein Vorteil dieser Methode heraus:

- **Unrealistische Trendverläufe werden automatisch vermieden**. Durch die *R*-Raum-Transformation werden Trendverläufe, die eine starke Abweichung von der apriori-Zeitreihe haben, in einen S-förmigen Verlauf gezwungen. Dadurch werden unrealistisches exponentielles Wachstum über alle Grenzen hinaus vermieden.

- **Explizites Modellieren von Ereignissen und Instrumenten**. Bei der kausalen Cross-Impact-Analyse werden Eingriffsmöglichkeiten in das System explizit in

Form von Ereignissen und der Akteur/Aktionen-Kombination explizit modelliert.

- **Unkompliziertes Modellieren**. Durch die Bereitstellung der unterschiedlichen Variablentypen Trend, Ereignis und Akteur/Aktion und die Verknüpfungsmöglichkeit zwischen den Variablen durch Koeffizienten ist das Modellieren sehr einfach gehalten.

Im folgenden Kapitel werden einige Erweiterungen zur kausalen Cross-Impact-Analyse vorgeschlagen, um verschiedene der o. g. Nachteile zu überwinden.

4.3 Konzeption der erweiterten dynamisch-kausalen Cross-Impact Analyse

Zur Generierung von Szenarien wurde am BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH eine Variante der in Kapitel 4.2.2 dargestellten dynamisch-kausalen Cross-Impact Analyse basierend auf den Arbeiten von Helmer (1972, 1977, 1979) als Softwaresystem implementiert (Krauth 1992; Duin 1995b; Krauth et al. 1998). Bis heute wurden mehrere Erweiterungen gegenüber dem von Helmer vorgestellten Formalismus eingeführt. Dabei handelt es sich um zeitverzögerte Wechselwirkungen, Schwellwert-Wechselwirkungen, Einführung von Ausdrucksvariablen und einer Methode zum Strukturieren von Szenarien. Zusätzlich wurde das Ereignis-Modell angepasst. Die aktuelle Version der am BIBA realisierten Cross-Impact Analyse beinhaltet einen grafisch-interaktiven Modell-Editor, eine Simulationskomponente zur Berechnung der Modelle und eine grafische Ausgabe (Duin 2007a; Duin und Thoben 2013).

Auf Basis der Diskussion aus Kapitel 4.2.2.2 und unter Berücksichtigung der Anforderungen aus Abschnitt 4.1, soweit sie auf der formalen Modellierungs- und Simulationsebene berücksichtigt werden können, werden in diesem Abschnitt verschiedene Erweiterungen vorgeschlagen, deren Nützlichkeit in der Evaluation (siehe Kapitel 6) nachgewiesen wird.

4.3.1 Erweitertes Ereignis-Konzept

Zunächst wird für Ereignisvariablen eine Art Erscheintyp eingeführt, der einmalig erscheinende und mehrmals erscheinende Ereignisse unterscheidet:

- Erscheintyp **„Single“**: Ereignisse von diesem Erscheintyp können während eines Simulationslaufs über alle Szenen nur einmal erscheinen.

- Erscheintyp **„Multiple“**: Ereignisse dieses Erscheintyps können während eines Simulationslaufs über alle Szenen in jeder Szene nach ihrer Wahr-

scheinlichkeit erscheinen. Dies entspricht dem herkömmlichen Ereignis-Modell.

Die a priori vorgegebenen Wahrscheinlichkeiten der Ereignisse vom Typ „Single“ sind kumulativ, d. h. es muss gelten

$$v_{E_i}(1) \leq v_{E_i}(2) \leq \ldots \leq v_{E_i}(n) \tag{18}$$

Die Wirkung eines Single-Events ist ab dem konkreten Erscheinen kontinuierlich auf alle Folgeszenen unter Berücksichtigung des Verzögerungsfaktors.

Weiterhin können Ereignisvariablen gruppiert werden. Ereignisvariablen, die in einer Gruppe organisiert sind, schließen ihr Erscheinen gegenseitig aus. Ist einmal ein Ereignis aus einer Gruppe erschienen, so kann keines der anderen Ereignisse der Gruppe erscheinen. Dabei ist zu unterscheiden, welchen Erscheintyps diese Variable ist:

- Nach dem Erscheinen einer Ereignisvariablen vom Typ „Single“ kann diese Variable und alle anderen Variablen der Gruppe bis zum Ende des Simulationslaufs nicht erscheinen.

- Nach dem Erscheinen einer Ereignisvariablen vom Typ „Multiple“ in einer bestimmten Szene, kann in dieser Szene keine weiter Ereignisvariable der Gruppe erscheinen. In den Folgeszenen jedoch kann eine andere Ereignisvariable erscheinen, die wiederum das Erscheinen weiterer Variablen für diese Folgeszene ausschließt.

Zusätzlich soll der Status eines Ereignisses gesetzt werden können. Der Status kann vier Werte annehmen:

- Status **„Random“**: Das Eintreten des Ereignisses wird durch einen Zufallszahlengenerator gesteuert.

- Status **„Set“**: Das Ereignis tritt immer ein in wirkt entsprechend.

- Status **„Unset“**: Das Ereignis tritt nie ein und wirkt entsprechend (mit reziproker Stärke in Gegenrichtung zu dem Status „Set“ – siehe auch Abschnitt 4.2.2.1.3).

- Status **„Off“**: Das Ereignis tritt nie ein und entwickelt auch keine Wirkung.

Mit diesen Erweiterungen des Ereignis-Konzeptes können Ereignisse in einem Wechselwirkungsmodell weitaus flexibler modelliert werden. Ebenfalls werden bei

richtigem Einsatz dieser Konzepte Simulationsergebnisse für gewisse Problemstellungen weitaus realistischer dargestellt.

4.3.2 Erweitertes Cross-Impact-Konzept

4.3.2.1 Zeitreihen-Cross-Impacts

Im Gegensatz zu einem über die Zeit konstanten Cross-Impact wird bei einem Zeitreihen-Cross-Impact der Koeffizient für jede Szene s explizit angegeben. Dies ermöglicht dem Modellautoren die Variation der Stärke und Richtung von Wechselwirkungen in Abhängigkeit der betrachteten Szene.

4.3.2.2 Grenzwert-Cross-Impacts

Dieser Typ Wechselwirkungen ist abhängig von dem aktuellen Wert einer Variablen. Der Wertebereich einer Variablen wird dabei in verschiede Intervalle unterteilt, wobei jedem Intervall eine Wechselwirkung zugeordnet wird.

4.3.2.3 Verzögerungsfaktoren

Es werden Verzögerungsfaktoren (im Engl. *delay factors*) eingeführt, die multiplikativ mit den Cross-Impacts verknüpft sind, sodass eine Wechselwirkung verzögert bzw. nachhaltig wirken kann. Der Simulationsalgorithmus für Trends (siehe Abschnitt 4.2.2.1.7) stellt sich mit der Einführung dieser Verzögerungsfaktoren dann wie folgt dar:

$$\begin{aligned} R(T_i'(s)) = R(T_i(s)) + NOISE(i,s) + \\ \sum_{x=1}^{k}\sum_{y=1}^{s-1} D_{T_x,T_i}(s-y)\cdot c_{T_x,T_i}(y)\cdot \frac{\Delta T_x(y)}{v_x(y)} + \\ \sum_{x=1}^{l}\sum_{y=1}^{s-1} D_{E_x,T_i}(s-y)\cdot c_{E_x,T_i}(y)\cdot \frac{p''(E_x,y)}{v_{E_x}} + \\ \sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{s-1} D_{A_x,T_i}(s-y)\cdot c_{A_x,T_i}(y)\cdot I_{A_x}(K_{A_x}(y)) \end{aligned} \tag{19}$$

$D_{V_i,V_j}(s-y)$ ist der Verzögerungsfaktor für Szene s mit $1 \le s \le n$ und $1 \le y < s$. Weiterhin ist $V_j \in \mathrm{T} \cup \mathrm{E} \cup \mathrm{A}$ und $V_i \in \mathrm{T} \cup \mathrm{E}$ wobei $\mathrm{T} = \{T_i \text{ mit } 0 \le i < k\}$, $\mathrm{E} = \{\mathrm{E}_i \text{ mit } 0 \le i < l\}$ und $\mathrm{A} = \{A_i \text{ mit } 0 \le i < m\}$. Ausgehend von der betrachteten Szene s werden die Abweichungen und damit verzögerte Wirkungen aller vorherigen Szenen aufaddiert. Dies geschieht in den inneren Summen der obigen Gleichung.

Für den dritten Term muss die Funktion zur Ermittlung der Wirkstärke von Ereignissen erweitert werden:

$$p''(E_x, y) = \begin{cases} 1 - p'_{E_i}(t_0) & \text{wenn } E_i \text{ in } t_0 \text{ eintritt und } t_0 > s - y \\ -p'_{E_i}(t_0) & \text{wenn } E_i \text{ in } t_0 \text{ nicht eintritt und } t_0 > s - y \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \tag{20}$$

Analog kann die Formel zur Berechnung aktueller Ereigniseintrittswahrscheinlichkeiten erweitert werden:

$$\begin{aligned} R(p'_{E_i}(s) = R(p_{E_i}(s)) + \\ & \sum_{x=1}^{k}\sum_{y=1}^{s-1} D_{T_x,T_i}(s-y)\cdot c_{T_x,T_i}(y)\cdot \frac{\Delta T_x(y)}{v_x(y)} + \\ & \sum_{x=1}^{l}\sum_{y=1}^{s-1} D_{E_x,T_i}(s-y)\cdot c_{E_x,T_i}(y)\cdot \frac{p''(E_x,y)}{v_{E_x}} + \\ & \sum_{x=1}^{m}\sum_{y=1}^{s-1} D_{A_x,T_i}(s-y)\cdot c_{A_x,T_i}(y)\cdot I_{A_x}(K_{A_x}(y)) \end{aligned} \tag{21}$$

Auch hier werden die verzögert auftretenden Wirkungen aller Vorgänger-Szenen durch die inneren Summen der obigen Gleichung berücksichtigt.

4.3.3 Ausdrucksvariablen

Um den Anwender der Cross-Impact-Analyse zu ermöglichen, die vorhandenen Variablentypen miteinander arithmetisch zu verknüpfen, werden Ausdrucksvariablen definiert. Ausdrucksvariablen sind keine Bestandteile eines Cross-Impact-Modells, helfen aber beispielsweise bei der Kennziffernbildung. Ausdrucksvariablen werden durch eine Zeitreihe beschrieben, die sich arithmetisch aus bereits definierten Variablen berechnen lässt und durch eine Beschreibungssprache definiert werden. Die Beschreibungssprache ist in Abbildung 22 in der erweiterten Backus-Naur Form (EBNF) dargestellt (z.B. Wirth 1996).

Das Token `<number>` repräsentiert eine Zahl, die als ganzzahliger Wert oder in Fließkommadarstellung angegeben wird. Ein `<ident>` kann alpha-numerische Zeichen enthalten bis auf <Leerzeichen>, „=“, „+“, „-“, „*“, „/“, „(“, „)“, „[“, „]“, „;“ und „:“).

Die Semantik dieser Sprache ist durch folgende Regeln gegeben:

```
<expressDef>  ::=    <function> | <expression> |
                     "[" <constArray>  "]".
<constArray>  ::=    <number>   | <number> "," <constArray>.
<function>    ::=    ( <funcid> "(" <expression> ")" ) |
                     ( "POWER" "(" <expression> "," <expression> ).
<funcid>      ::=    "SQRT" | "SQR" | "SPOWER" | "ABS" | "SIGN".
<expression>  ::=    [ "+" |"-" ] <term> {( "+" | "-" ) <term>}.
<term>        ::=    <factor> {( "*" | "/" ) <factor>}.
<factor>      ::=    <variable> | <number>  |
                     ( "(" <expression> ")" ) | <function>.
<variable>    ::=    (<ident> ":" <component>)  |
                     ("IMPACT" ":" <ident> ":" <ident>).
<component>   ::=    "aPriori"   | "volatility"        |
                     "average"   | "standardDeviation" |
                     "occurence" | "status"            |
                     "cost"      | "intensity"         |
                     "budget"    | "value"             |
                     "median"    | "quant10"           |
                     "quant90"   | "extrememin"        |
                     "extrememax".
```

Abbildung 22: EBNF für Ausdrucksvariablen

- Ein `<ident>` bezeichnet eine Variable (Trend, Ereignis, Aktion oder Akteur) im Cross-Impact-Modell oder eine andere Ausdrucksvariable.

- Eine `<component>` ist relativ zum Variablentyp zu verstehen, d. h. eine Trendvariable hat beispielsweise keine Budget-Zeitreihe, wohl aber eine apriori-Zeitreihe.

- Die Funktionen `POWER`, `SQRT`, `SQR`, `ABS` und `SIGN` werden in der üblichen Weise berechnet.

4.3.4 *R*-Raum-Transformation

Abschließend soll die R-Raum-Transformation aus Abschnitt 4.2.2.1.2 kritisch untersucht werden. Für den Fall, dass Gleichung $A = T_i(j)$ für die Auswahl des Zentralwertes genutzt wird, ist zu beobachten, dass sich die *R*-Raum-Transformation nicht zu beiden Grenzwerten hin gleich verhält. Bei gleichem Abstand je eines apriori-Wertes zum oberen Grenzwert U_{T_i} im einen Fall und zum unteren Grenzwert L_{T_i} im anderen Fall sieht die Linearität im Intervall $[A - v_i, A + v_i]$ deutlich anders aus. Dies macht sich bemerkbar durch die „leichtere“ Verschiebbarkeit des größeren A-Priori-Wertes in Richtung $(L_{T_i} + U_{T_i})/2$, wenn er durch Zufallsrauschen gestört wird. Dies kann dadurch ausgeglichen werden, dass k in Abhängig-

keit von A gewählt wird: es soll gelten, dass $R(A+v_i)=1$ gilt, wenn $A \leq (L_{T_i}+U_{T_i})/2$ und $R(A-v_i)=-1$ sonst.

Falls also $A > (L_{T_i}+U_{T_i})/2$, so sollte $k=\frac{(A-v_i-L_{T_i})(U_{T_i}-A+v_i)}{v_i}$ gewählt werden.

Die R-Raum-Transformation funktioniert nur dann, wenn $k \geq 0$ gegeben ist. Dadurch ergibt sich für die Volatilitäten $v_i(j)$ bzw. für A bzw. für L_{T_i} und U_{T_i} die folgende Einschränkung:

$$v_i(j) < A - L_{T_i} \text{ und } v_i(j) < U_{T_i} - A \tag{22}$$

Die Rücktransformation aus dem R-Raum ergibt sich zu

$$R^{-1}(x) = -\left(\frac{k}{2x} - \frac{(U_{T_i}+L_{T_i})}{2}\right) \pm \sqrt{\frac{Ak}{x} - U_{T_i}L_{T_i} + \left(\frac{k}{2x} - \frac{(U_{T_i}+L_{T_i})}{2}\right)^2} \tag{23}$$

Eine weitere Möglichkeit für eine R-Raum-Transformation besteht z. B. darin die trigonometrische Funktion Tangens zu nutzen, z. B.

$$R(T_i) = k \tan\left(-\frac{\pi}{2} + \pi\left(\frac{T_i - L}{U - L}\right)^b\right) \tag{24}$$

Da $R(A)=0$ sein soll, lässt sich $b = -\frac{\log(2)}{\log\left(\frac{A-L}{U-L}\right)} = \frac{\log(2)}{\log(U-L)-\log(A-L)}$ bestimmen. Weiterhin soll $R(A+v)=1$ sein, so dass sich $k = \frac{1}{\tan\left(-\frac{\pi}{2} + \pi\left(\frac{A+v-L}{U-L}\right)^b\right)}$ ergibt. Auch hier kann k in Anhängigkeit von A zu (L+U)/2 gewählt werden.)

Die Umkehrfunktion ergibt sich dann zu

$$R^{-1}(x) = L + (U - L)\left(\frac{\arctan\left(\frac{x}{k}\right)}{\pi} + \frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{b}} \tag{25}$$

Der Vorteil dieser Funktion ist die einfache Berechnung.

4.4 SCENT – Scenario-Tree Management Methode

SCENT (Scenario-Tree Technique) wurde von Duin (1995a) erstmals beschrieben. Bei SCENT handelt es sich um eine objektorientierte Technik für Simulationsmodelle, die die strukturierte Erzeugung und Bearbeitung simulierter Szenarien erlaubt.

4.4.1 Objektorientierte Sichtweise

Objektorientierte Techniken für Simulationsmodelle sind von verschiedenen Autoren eingeführt worden. Im Gegensatz zu dem Gebiet der Programmiersprachen, wo eine objektorientierte Programmiersprache eine Reihe wohldefinierter Konzepte berücksichtigen muss, ist der Ausdruck „objektorientiert“ im Bereich der Simulation nicht eindeutig definiert.

Schmidt (1994) beschreibt die objektorientierte Vorgehensweise in der Modellbildung als Definition unabhängiger Modellkomponenten, die untereinander in Verbindung stehen können. Weiterhin muss eine objektorientierte Modellspezifikation die folgenden beiden Anforderungen erfüllen:

- Jede Komponente (eines Systems) muss für sich selbst ausführbar sein. Dies bedeutet, dass eine Komponente, die ein Teil eines größeren Systems darstellt, auch als ein eigens Modell gesehen werden kann. Der Unterschied zwischen Modell und Komponente verschwimmt bei diesem Ansatz. Es gibt nur noch Unter- bzw. Obermodelle.

- Die Reihenfolge, in der die einzelnen Modellkomponenten definiert werden, ist unabhängig. Es sollte keinen Unterschied machen, ob zuerst Komponente 1 und dann Komponente 2 definiert wird oder umgekehrt.

Ein Vorteil bei dieser Vorgehensweise für die Modellspezifikation ist die strukturelle Vergleichbarkeit von Modell und Realität, besonders wenn die definierten Modellkomponenten Objekte der Realität darstellen.

Zahn und Greschner (1993) begründeten den Ansatz objektorientierter Kausaldiagramme. Ihr Ansatz basiert stärker als der vorherige auf den Konzepten der objektorientierten Programmierung. Nach diesem Ansatz speichert ein Objekt seine Charakteristiken (Attribute und Prozeduren) in sogenannten Slots. Von einem Objekt können andere Objekte abgeleitet werden, die dann die festgelegten Charakteristika des Mutter-Objekts erben. Die so abgeleitete Klasse von Objekten kann für eine weitere Konkretisierung modifiziert werden.

Die Objektklassenhierarchie kann als Wissensrepräsentation für ein Problemfeld gesehen werden. Aus dieser Klassenhierarchie können Kausaldiagramme als generische Modelle erzeugt werden, indem die Objekte untereinander verknüpft werden. Durch Instanziierung kann dann aus einem generischen Modell ein spezifisches Modell generiert werden. Anschließend kann das spezifische Modell entweder qualitativ vorsimuliert oder gleich quantitativ simuliert werden.

Das SCENT-Konzept basiert hauptsächlich auf dem objektorientierten Konzept der Vererbung. Bei einer objektorientierten Programmiersprache kann eine neue Klasse von Objekten durch die Ableitung von einer bereits existierenden Objektklasse erzeugt werden (z. B. Goos und Zimmermann 2006). Die abgeleitete Klasse (Kind-Klasse) erbt dann alle Eigenschaften (Attribute und Methoden) von der Oberklasse (Eltern-Klasse). Für die abgeleitete Klasse können weitere Attribute deklariert oder existierende neu definiert werden. Falls zu einem späteren Zeitpunkt die Eltern-Klasse verändert wird, wird diese Änderung an alle abgeleiteten Klassen vererbt. Durch Mehrfachvererbung können so ganze Klassenhierarchien aufgebaut und einfach gewartet werden. Eine Klassenhierarchie kann als Baum visualisiert werden.

Wird diese Konzept auf die Erstellung und das Management von Szenarien übertragen, bedeutet dies, dass Szenarien voneinander abgeleitet werden, wobei das Kind-Szenario von dem Eltern-Szenario erbt. Innerhalb des Kind-Szenarios können dann Modellelemente neu definiert (überschrieben) oder auch neue Modellelemente zugefügt werden. Durch Mehrfachvererbung entstehen auf dieser Art und Weise Szenariobäume. Wird in einem Eltern-Szenario ein Modellelement nachträglich verändert, so wird diese Veränderung ebenfalls an alle abgeleiteten Kind-Szenarios vererbt, die dies wieder and ihre Kind-Szenarien vererben usw.

4.4.2 Szenario-Verwaltung im Simulationsmodell

Bei einem Cross-Impact-Modell kann ein Szenario als eine bestimmte Konstellation von Modellparametern gesehen werden. Um ein bestimmtes Szenario zu erzeugen werden z. B. Aktionen und/oder Ereignisse gesetzt, die A-Priori-Zeitreihen der Trends verändert oder die Stärke der Cross-Impact Koeffizienten variiert.

Bei einer konventionellen Modellierungs- und Simulationssoftware werden Szenarien dadurch erzeugt, dass eine existierende Modelldatei geladen, manipuliert und unter anderem Namen wieder gespeichert wird. Normalerweise unterscheiden sich die so erzeugten Dateien nur geringfügig, weil nur wenige Parametereinstellungen geändert werden. Diese Vorgehensweise hat zwei grundsätzliche Nachteile:

- Es wird schnell eine unüberschaubare Anzahl von Szenarien (und damit Dateien) erzeugt.
- Wenn es notwendig wird, das Ursprungsmodell grundsätzlich zu ändern, müssen alle nach diesem Verfahren erzeugten Dateien ebenfalls (und meistens manuell) geändert werden.

Diese Nachteile können überwunden werden, wenn nach der Erstellung eines neuen Szenarios eine Verbindung zwischen den einzelnen Modellelementen (Variablen und Cross-Impacts) sichergestellt wird. Dies kann durch die Operation *Ableiten eines Szenarios* realisiert werden (siehe Abbildung 23).

Jedes Modellelement (Variable oder Cross-Impact) muss im Kontext eines Szenarios definiert werden. Der Szenario-Kontext ist eine Art Container, der die einzelnen Modellelemente enthält. Bei der Erstellung eines neuen und zunächst leeren Modells, wird gleichzeitig ein (ebenfalls leerer) Szenario-Kontext vorgegeben, sodass die Definition von Variablen und Cross-Impacts immer innerhalb dieses Szenario-Kontexts stattfindet. Dieses Szenario wird als Basisszenario bezeichnet und stellt die Wurzel des Szenario-Baums dar. Nachdem das Basisszenario definiert ist, können von diesem (Eltern-)Szenario weitere Szenarien (Kind-Szenarien) abgeleitet werden. Von jedem abgeleiteten Szenario können weitere Szenarien abgeleitet werden, sodass eine Baumstruktur entsteht, die Szenariobaum genannt wird.

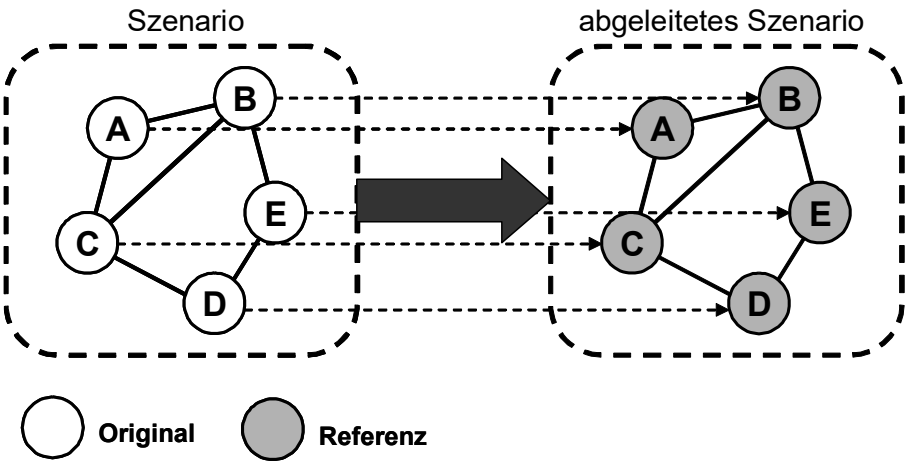


Abbildung 23: Ableitung eines Szenarios

Nicht nur die Szenarien als Variablenkontext, sondern auch die Modellelemente (Variablen und Cross-Impacts) bilden eine Baumstruktur, weil eine Verbindung zwischen den Variablen aufrecht erhalten bleibt (das ist beispielhaft in Abbildung 24 durch eine Punktlinie dargestellt).

Die Variablen- und Cross-Impact-Definitionen im Basisszenario sind die *Originale* und in jedem abgeleiteten Szenario befinden sich *Referenzen* zu diesen Originalen. Wird nun ein Original manipuliert, so vererbt sich diese Manipulation entlang den Ästen des Szenario-Baums und alle Referenzen ändern sich automatisch ebenfalls. Dies geschieht dadurch, dass eine Verbindung zwischen den Modellelementen in den einzelnen Szenarios beibehalten wird. Das Manipulieren von Referenzen ist in diesem Ansatz nicht erlaubt.

Bei der Generierung eines Szenario-Baums mit unterschiedlichen Szenarien in den Blättern und Verzweigungen ist dieses Verhalten allein nicht sinnvoll, weil sich alle Szenarien gleichen würden. Es muss möglich sein, ein Modellelement zu manipulieren, ohne dass sich diese Änderung im ganzen Baum fortpflanzt, sondern lokal bleibt. Dies wird durch die Operation „Redefinition eines Modellelements“ ermöglicht. Bei Anwendung dieser Operation wird eine *Referenz* in eine *Kopie* verwandelt, die dann per Definition manipulierbar ist. Wird ein *Original* verändert, vererbt sich diese Änderung nicht an die *Kopie*. Die Änderung am *Original* vererbt sich im Szenario-Baum abwärts an alle *Referenzen*, bis das Ende erreicht ist oder eine *Kopie* erreicht wird. An dieser Stelle stoppt der Vererbungsmechanismus. *Kopien* wiederum können *Referenzen* haben, an die alle Änderungen, die an der *Kopie* vorgenommen werden, vererbt werden.

Jedes Modellelement im Szenario-Baum ist also von der Form *Original*, *Referenz* oder *Kopie*. Diese Form wird im Folgenden auch Typus (nicht zu verwechseln mit dem Variablentyp, wie Trend, Ereignis, Aktion, usw.) genannt. *Originale* können in jedem Szenario definiert werden. Im entsprechenden Unterbaum werden dann *Referenzen* von dem *Original* eingefügt. Ein beispielhafter Szenariobaum ist in Abbildung 24 dargestellt.

Das Konzept der Strukturierung von Szenarien in einer Baumstruktur zusammen mit der Unterscheidung von Modellelementen als *Original*, *Referenz* und *Kopie* und einem Satz von Operation auf Szenario- und Modellelementlevel beschreiben die SCENT (Scenario Tree Technique).

Zwei Operationen betreffen direkt die Manipulation der Szenarien: *Erzeugen eines Szenarios* und *Löschen eines Szenarios*. Für Variablen und Cross-Impacts werden mehrere Operationen benötigt, um eine gute Wartbarkeit des Szenario-Baums zu gewährleisten. Nach jeder Operation müssen alle Szenarien im Szenario-Baum wieder in einem konsistenten Zustand sein (z. B. darf ein Cross-Impact nicht auf

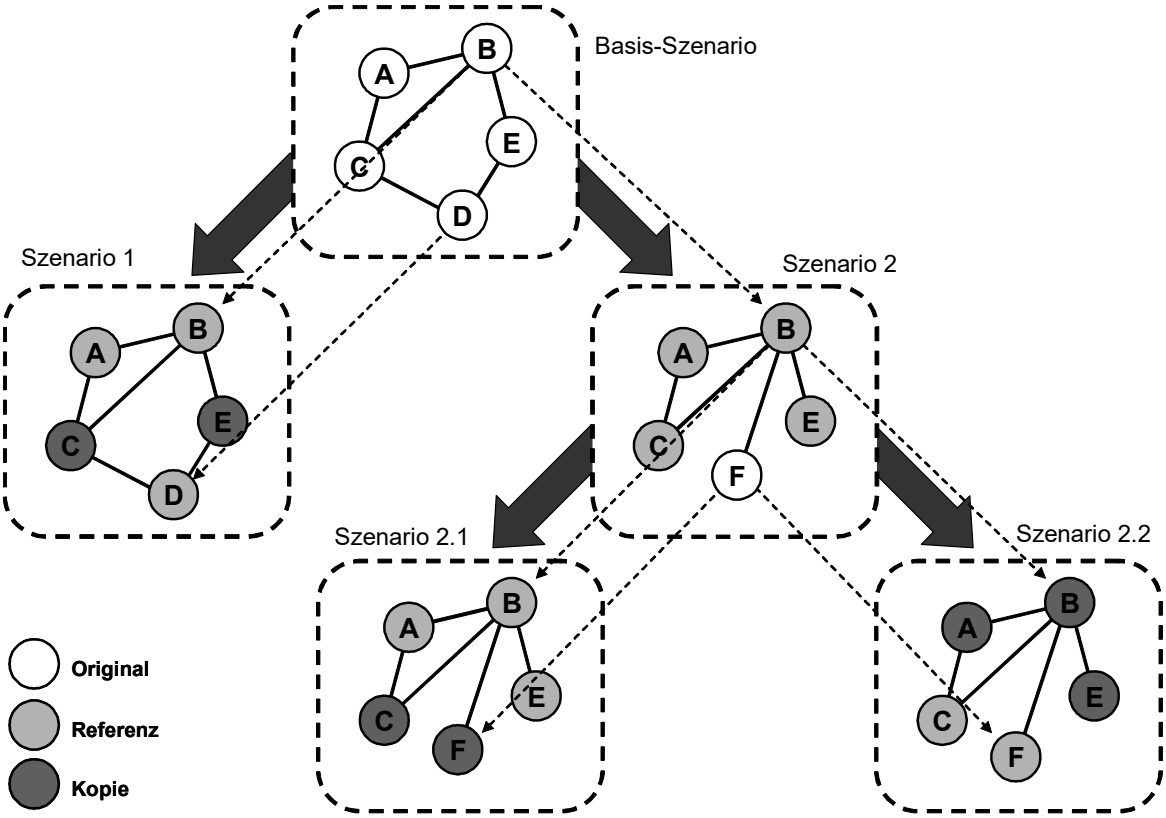


Abbildung 24: Beispielhafter Szenariobaum

einer Variablen wirken, die es nach einer Löschen-Operation evtl. gar nicht mehr gibt). Im Einzelnen gibt es die folgenden Operationen auf den Szenariobaum:

- **Ableiten (Erzeugen) eines Szenarios**. Es wird ein neues Kind-Szenario erzeugt, wobei alle Modellelemente (Variablen und Cross-Impacts) als Referenzen der Modellelemente des Eltern-Szenarios im Kind-Szenario erzeugt werden.

- **Löschen eines Szenarios**. Wird ein Szenario gelöscht, werden alle von diesem Szenario abgeleiteten Kind-Szenarien (Sub-Szenarios) ebenfalls gelöscht inklusive aller beinhalteten Modellelemente. Das Löschen des Basis-Szenarios (die Wurzel des Szenariobaums) ist nicht erlaubt.

- **Definition eines Modellelements (Variable oder Cross-Impact)**. Jedes Modellelement wird im Kontext eines Szenarios definiert. Für dieses Szenario ist das definierte Modellelement ein Original, für alle Sub-Szenarien wird das Modellelement als Referenz eingefügt. Vor der Erzeugung des Elements muss geprüft werden, ob das Element bereits in diesem oder einem der Sub-Szenarien definiert ist. Ist dies der Fall kann es nicht erzeugt werden.

- **Löschen eines Modellelements (Variable oder Cross-Impact**). Wenn ein Original-Modellelement gelöscht wird, wird dieses Element inklusive aller Referenzen und Kopien vom gesamten Szenario-Baum und damit aus dem Modell entfernt. Wird eine Variable gelöscht, so werden alle Cross-Impacts auf oder von dieser Variablen ebenfalls gelöscht. Wird ein Referenz- oder Kopie-Modellelement gelöscht, wird dieses beginnend von dem Szenario, aus dem es gelöscht werden soll, im gesamten Unterbaum entfernt.

- **Manipulation eines Modellelements (Variable oder Cross-Impact)**. Attribute eines Modellelements können nur dann verändert werden, wenn es entweder ein Original oder eine Kopie ist. Die Veränderung wird dann von dem Szenario, in dem sich dieses Modellelement befindet, an alle Unterszenarien vererbt, in denen dieses Modellelement als Referenz definiert ist. Diese Vererbung gilt nicht für Kopien im Unterbaum.

- **Redefinition eines Modellelements (Variable oder Cross-Impact)**. Das Redefinieren ändert die Art des Modellelements dahingehend, dass aus einer Referenz eine Kopie wird.

- **Redeklaration eines Modellelements (Variable oder Cross-Impact)**. Das Redeklarieren ändert eine Kopie wieder in eine Referenz um. Manipulationen, die an der Kopie vorgenommen wurden, gehen dabei verloren. Die Referenz ist nach dieser Operation wieder identisch mit dem Original.

- **Verschieben eines Modellelements (Variable oder Cross-Impact)**. Die Original-Definition eines Modellelements kann innerhalb des Szenario-Baums jeweils um einen Level nach unten (in eine Kind-Szenario) oder nach oben (in das Eltern-Szenario) verschoben werden. Dies gilt nicht für Referenzen oder Kopien. Wird das Modellelement in das Eltern-Szenario verschoben, erscheint das Modellelement in allen Unterbäumen, die von dem Eltern-Szenario erreichbar sind und in denen das Modellelement bisher nicht vorhanden war, als Referenz. Wird das Modellelement in ein Kind-Szenario verschoben, verschwindet es in allen Unterbäumen des Szenarios bis auf den in dem das Modellelement geschoben wurde.

- **Propagieren eines Modellelements (Variable oder Cross-Impact)**. Diese Operation fügt ein Modellelement, das zu einem früheren Zeitpunkt innerhalb eines Unterbaums gelöscht wurde, wieder ein. Das Modellelement erscheint von dem ausgewählten Szenario an wieder in allen Szenarien des Unterbaums als Referenz. Es handelt sich um eine Art „Ent-Löschen“ von Referenzen.

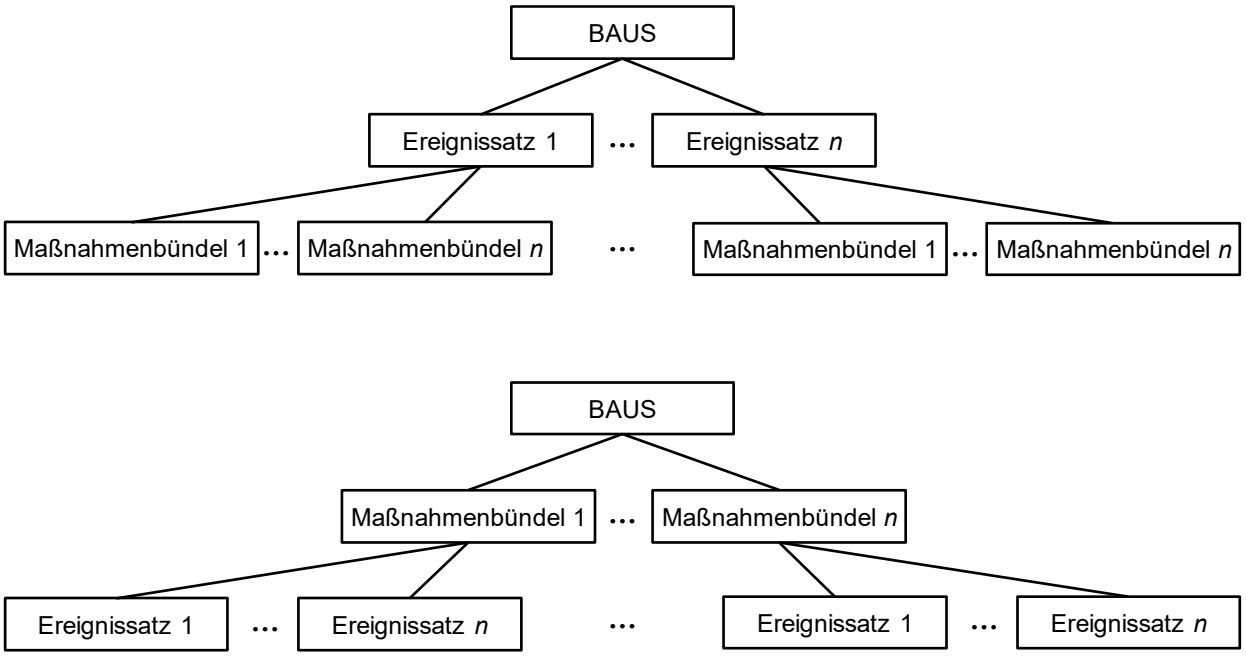


Abbildung 25: Mögliche Szenariobäume in der Szenario-Simulation

4.5 Anwendung des Konzepts der Szenario-Simulation

Dieses Konzept erlaubt dem Nutzer die Erstellung, Simulation und Verwaltung von Szenarien und stellt eine Erweiterung für herkömmliche Simulationsmodelle dar. Für die Implementierung wurde die in diesem Kapitel eingeführte Variante der dynamisch-kausale Cross-Impact-Analyse mit den dargestellten Erweiterungen als Simulationsmethode gewählt, um die Szenario-Simulation zu realisieren.

Das Ziel der Szenario-Simulation ist es, ausgehend von dem BAUS den Szenariotrichter aufzuspannen, indem Ereignisse und Maßnahme variiert eingeführt werden. Ereignisse werden in bestimmten Kombinationen zu Ereignissätzen zusammengefasst, wobei ein Ereignissatz eine oder mehrere Ereignisse umfasst. Maßnahmen werden zu Maßnahmenbündeln mit einer oder mehreren Aktionen zusammengefasst. Die Strukturierung in Baumstrukturen kann mit der im Abschnitt 4.4 dargestellten Methode SCENT durchgeführt werden, wobei es zwei mögliche Ansätze gibt (siehe Abbildung 25):

- Ausgehend vom BAUS werden zunächst Ereignisse zu Ereignissätzen zusammengefasst und entsprechende Szenarien generiert. Dies unterstützt die Störereignisanalyse, indem festgestellt werden kann ob, wie stark und in welcher Richtung die Ereignissätze das BAUS verändern. Anschließend werden für jeden Ereignissatz verschiedene Maßnahmenbündel zusammengestellt und entsprechende Szenarien generiert, um zu prüfen, ob durch entsprechende Maßnahmen die negativen Effekte der Ereignisse wettgemacht werden können.

- Ausgehend vom BAUS werden zuerst Maßnahmenbündel identifiziert, die die strategischen Ziele unterstützen. Dies unterstützt die Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich Eignung und Zielerreichung der identifizierten Strategien. Anschließend werden Ereignisse zu Ereignissätzen zusammengefasst und entsprechende Szenarien generiert, um die Robustheit der Maßnahmenbündel gegenüber Störereignissen zu prüfen.

Die Maßnahmenbündel des oberen Baums in Abbildung 25 müssen nicht notwendigerweise den Maßnahmenbündeln des Baumes im unteren Bereich entsprechen. Im ersten Fall werden die Maßnahmenbündel dahingehend zusammengestellt, dass sie die vorhandenen Störereignisse optimal kompensieren. Im unteren Fall werden die Maßnahmenbündel hinsichtlich der strategischen Zielerreichung erstellt.

4.6 Abdeckung der Anforderungen

Die Abdeckung der im Abschnitt 4.1 aufgeführten Anforderung durch die vorgestellten Szenario-Simulation auf der Basis der dynamisch-kausalen Cross-Impact Analyse mit Erweiterungen ist in Tabelle 7 aufgeführt.

Anforderungen	**Abdeckung der Anforderungen**
aus Anwendungssicht	
Unterstützung des kollektiven Strategieprozesses; Unterstützung der Modellierung von Zielen auf verschiedenen Zielebenen; leicht kommunizierbare und transparente Ergebnisse	Die dargestellte Szenario-Simulation auf Basis der dynamisch-kausalen Cross-Impact Analyse lässt sich gut in einem Team durchführen. Deckt das Team die wichtigsten Clusterakteure ab, kann ein kollektiver Prozess realisiert werden. Ziele auf verschiedenen Zielebenen lassen sich durch Trend- und Ausdrucksvariablen formulieren. Die Methode an sich, nicht jedoch der zugrunde liegende formal-mathematische Ansatz, ist intuitiv und die Ergebnisse lassen sich in der Form von Diagrammen leicht kommunizieren.
Einbezug interner und externer Faktoren (interne Faktoren sind z. B. Größe des Clusters bzw. Netzwerk, Kompetenzprofile der Mitglieder, Organisationsstruktur im Netzwerk, Kooperationsregeln, IuK-Technologien bzw. technische Standards für die Kollaboration und Anzahl der Instanziierten VOs pro Zeitraum; externe Faktoren sind z. B. Technologieentwicklung im Umfeld des Clusters, veränderte gesellschaftliche Rahmenbedingungen, Veränderungen im Markt wie der Eintritt weiterer Wettbewerber)	Der dargestellte Ansatz unterscheidet nicht zwischen internen und externen Faktoren, daher gibt es diesbezüglich keine grundsätzlichen Einschränkungen. Es obliegt den Modellerstellern entsprechende Größen in der Form von Trend- und Ausdrucksvariablen zu definieren. Dabei können sowohl quantitative als auch qualitative Größen modelliert werden. Qualitative Größen müssen jedoch, z. B. durch Likert-Skalen (Likert 1932), quantifiziert werden.
Unterstützung verschiedener Planungsgrößen (z. B. aus Markt, Finanzen, Betrieb und Organisation)	Der dargestellte Ansatz unterscheidet nicht zwischen den verschiedenen Planungsgrößen, daher gibt es diesbezüglich keine grundsätzlichen Einschränkungen. Es obliegt den Modellerstellern ent-

Anforderungen	Abdeckung der Anforderungen
	sprechende Größen in der Form von Trendvariablen zu definieren.
Aus methodischer Sicht	
Einbeziehung der Entwicklung (Verlauf) der einzelnen Faktoren von der Gegenwart bis zum Zeithorizont der Planung und der kausalen Wechselwirkungen untereinander	Die Zeit von der Gegenwart bis zum Planungshorizont wird in der Form von Zeitreihen modelliert. Daher kann die Entwicklung von Größen über die Zeit unter dem Einfluss kausaler Wirkungen jederzeit eingesehen und überprüft werden.
Explizite Modellierung von Wirkungskreisen (Rückkopplungsschleifen)	Die explizite Modellierung von Wirkungskreisen wird durch die Cross-Impact-Matrix unterstützt. Die kleinste mögliche Rückkopplungsschleife ist ein Cross-Impact von einer Trend- oder Ereignisvariablen auf sich selbst. Es können sowohl positive als auch negative Rückkopplungsschleifen dargestellt werden.
Unterstützung bei der Strukturierung von Szenarien nach Ereignissen, Akteuren und den verschiedenen Maßnahmen bzw. Instrumenten	Die Strukturierung der Szenarien wird durch die SCENT-Methode gewährleistet. Die Art der Strukturierung obliegt den Modellerstellern.
Explizite Modellierung von Ereignissen und Maßnahmen bzw. Instrumenten und deren quantifiziere Einflüsse	Ereignisse, Akteure und deren Maßnahmen werden als Ereignis-, Akteurs- und Aktionsvariablen expliziert modelliert.
Vergleichbarkeit der Wirksamkeit von Maßnahmen auf quantitativer Ebene bzgl. Kosten und Wirksamkeit	Kosten und Intensitäten von Maßnahmen werden als Attribute von Aktionsvariablen explizit bei der Modellbildung mit angegeben. Die Überprüfung der Wirksamkeit von Aktionen bzgl. einer Zielerreichung kann durch einen Vergleich der Entwicklung von entsprechenden Zielgrößen, die als Trend- oder Ausdrucksvariablen dargestellt werden können, auf quantitativer Weise erfolgen. Dabei wird der Verlauf der Zielgrößen in verschieden Szenarien miteinander verglichen.
Unterstützung bei der Sensitivitätsanalyse und der Robustheitsanalyse von strategischen Maßnahmen	Die Sensitivitätsanalyse der verschiedenen im Modell enthaltenen Größen kann gleichzeitig mit dem Konsistenzcheck ausgeführt werden. De Robustheitsanalyse kann im Rahmen der Szenario-Simulation erfolgen, indem Szenarien generiert werden, in denen verschiedene Maßnahmenbündel durch (Stör-)Ereignissätze beeinflusst werden. Die Stärke der Störung und damit die Robustheit von Maßnahmen wird quantitativ angegeben.

Tabelle 7: Abdeckung der Anforderungen

5 Implementierung

In diesem Kapitel wird die prototypische Implementierung eines Cross-Impact-Modell-Editors und -Simulators dargestellt. Neben den in Abschnitten 4.1.1 und 4.1.2 angeführten anwendungsorientierten Anforderungen werden zusätzliche softwaretechnische Anforderungen eingeführt und diskutiert. Dies führt zu verschiedenen Implementierungsentscheidungen wie z. B. die Benutzung einer objektorientierten Programmiersprache wie Java. Für die objektorientierte softwaretechnische Modellierung hat sich die *Unified Modelling Language* (kurz: UML) durchgesetzt (Fowler und Scott 2003; Rumbaugh et al. 2010). UML wird daher für die Darstellung von Software-Paketen und Klassen genutzt.

Aufbauend auf den Anforderungen und den Implementierungsentscheidungen wird in Abschnitt 5.1 die Architektur des Softwaresystems entwickelt. Die beiden Hauptkomponenten sind das Kernsystem zur Datenhaltung, Simulation und Analyse (Abschnitt 5.2 und 5.3) und die Benutzungsoberfläche mit Modelleditor und Visualisierungselementen (Abschnitt 5.4). Die Benutzung des Systems wird anhand von Bildschirmdarstellungen erläutert.

Der Name des implementierten Softwaresystems ist JCrimp. Pate für die Namensgebung war der Ausdruck *Java-based Causal Cross-Impact Analysis*.

5.1 Softwarearchitektur

5.1.1 Softwaretechnische Anforderungen und Implementierungsentscheidungen

Zusätzlich zu den anwendungsorientierten Anforderungen aus den Abschnitten 4.1.1 und 4.1.2 wurden im Hinblick auf Benutzungsfreundlichkeit und Vermeidung von Barrieren für den Einsatz des Softwaresystems folgende softwaretechnischen Anforderungen aufgestellt:

- **Aktueller Stand der Technik**. Die Implementierung soll mit Mitteln (Prinzipien, Programmiersprache, Schnittstellen, usw.) vom aktuellen Stand der Technik erfolgen, damit eine gute Wartbarkeit gewährleistet ist.

- **Plattformunabhängigkeit**. Zwar hat sich das Betriebssystem Windows© von Microsoft© als Quasi-Industriestandard durchgesetzt, aber andere Branchen, wie z. B. Design-Agenturen, setzen weiterhin andere Plattformen ein (z. B. Apple MacOS X oder eine der vielen Linux-Varianten). Daher soll das System in verschiedenen Umgebungen lauffähig sein.

Implementierungsentscheidungen	Begründung
Programmieransatz: Objektorientierte Programmierung (OOP)	Die objektorientierte Programmierung (OPP) ist allgemein anerkannter Stand der Technik im Bereich Software-Engineering (z. B.Goos und Zimmermann 2006, S. 151 ff).
Design-Prinzip: Model-View-Controler (MVC)	Das Model-View-Controller-Prinzip trennt strikt zwischen (Daten-)Modell, Präsentation und Steuerung. Dieses Architekturkonzept ermöglicht einen flexiblen Programmentwurf und erleichtert die Wiederverwendbarkeit (bzw. Austausch) von einzelnen Komponenten ganz erheblich (Robinson und Vorobiev 2003, S. 7 ff).
Programmiersprache: Java	Java ist eine objektorientierte Standard-Programmiersprache mit weiter Verbreitung. Java-Programme werden plattformunabhängig entwickelt und können in einer Vielzahl von Umgebungen ausgeführt werden (Horton 2011, S. 2; Horstmann und Cornell 2018a, S. 2 ff). Ein weiterer Vorteil von Java ist, dass es mit einer sehr umfangreichen Bibliothek und den sogenannten Java Foundation Classes (JFC), für Standardfunktionen ausgestattet ist. Weiterhin existiert eine Vielzahl spezieller externer Bibliotheken bzw. Schnittstellen, die Aufgaben wie z. B. das Lesen und Schreiben von XML-Dateien oder das Darstellen von Diagrammen unterstützen.
Datenspeicherung: eXtensible Mark-up Language (XML)	Die eXtensible Mark-up Language (XML) ist aktueller Standard für den Austausch strukturierter Daten in der Form von Textdaten (Harold 2004). XML als Austauschformat zwischen Applikationen ist u. A. auch in der Industrie sehr verbreitet.
Benutzungsoberfläche: Swing	Swing ist ein Teil der JFC von Java und unterstützt die Programmierung grafischer Benutzungsoberflächen (Robinson und Vorobiev 2003).
Bibliothek/Schnittstelle: JDOM	Aus rechtlichen Gründen ist JDOM ein Eigenname und kein Akronym. Die JDOM Bibliothek erlaubt mit sehr einfachen Mitteln das Lesen und Schreiben von XML-Dateien (McLaughlin 2001, S. 137 ff).
Bibliotheke/Schnittstelle: JFreeChart	JFreeChart ist eine Bibliothek, die es erlaubt mit einfachen Befehlen komplexe Diagramme zu erstellen. JFreChart unterstützt verschiedene Diagramtypen, wie z. B. Säulen-, Balken-, Torten- oder Liniendiagramme (Object Refinery Limited 2016).
Bibliotheke/Schnittstelle: JGraph	JGraph ist eine frei Java-API für die Darstellung und interaktiven Manipulation von Graphen (Alder 2009). Dies erlaubt die Anzeige von Modellen in der Form von Wirkungsnetzen.

Tabelle 8: Implementierungsentscheidungen zu JCrimp

- **Multilingualität**. Da das zu entwickelnde System im Rahmen von Unternehmensnetzwerken eingesetzt werden soll, die sich über verschieden Kulturkreise und damit auch Sprachen erstrecken können, muss die Benutzungsoberfläche verschiedene Sprachen unterstützen.

- **Integrierte Hilfe**. Der Benutzer des Systems soll in der Lage sein, zu jeder Zeit eine kontextsensitive Hilfestellung zu bekommen.

Die auf Basis der angeführten Anforderungen getroffenen Implementierungsentscheidungen sind in Tabelle 8 dargestellt.

5.1.2 Konzeptioneller Überblick

Abbildung 26 gibt einen konzeptionellen Überblick über die funktionalen Bereiche der JCrimp Softwarearchitektur. Das MVC-Prinzip (Model-View-Controller) fordert die Unterscheidung zwischen Datenmodell, Repräsentation und Steuerung. Das Datenmodell ist durch die Klassen des Kernsystems realisiert, während die Repräsentation durch Swing-Elemente in der Benutzungsoberfläche realisiert worden ist. So hat z. B. ein Trend zwei verschiedene Repräsentationen: (1) ein Trend-Editor als Teil der Modell-Editoren zeigt alle zum Trend gehörigen Informationen (Daten) an und erlaubt deren Manipulation; (2) die Visualisierung erlaubt die Definition von Diagrammen, die die Simulationsergebnisse des Trends darstellen. Die Steuerung ist somit ebenfalls ein Teil der Benutzungsoberfläche und mit Swing-Elementen, wie `Actions` realisiert.

Die einzelnen Funktionsbereiche der Architektur sind:

- Das **Kernsystem** implementiert die die notwendigen **Datenstrukturen**, den **Simulationsalgorithmus** und stellt verschiedene **Analysewerkzeuge** bereit. Beim Kernsystem handelt es um ein Paket von Klassen, die keinerlei Benutzungsoberfläche haben, sondern Methoden zum Management (Erzeugen, Modifizieren und Löschen) von Modellelementen zur Verfügung stellen (siehe auch die Implementierungsbeschreibung in Abschnitt 5.2). Eine weitere wesentliche Aufgabe des Kernsystems besteht darin, die Modelldaten während der Manipulation konsistent zu halten.

- Der Bereich **Daten Speichern und Lesen** implementiert das Speichern und das Einlesen kompletter JCrimp-Modelle inkl. Simulationswerte in bzw. aus XML-Dateien (siehe auch die Implementierungsbeschreibung in Abschnitt 5.3). Dazu greift wird auf die Methoden des Kernsystems zurückgegriffen.

- Die **Benutzungsoberfläche** hat die Funktion JCrimp-Modelle inkl. deren Simulationsergebnisse zu repräsentieren (Darstellung am Bildschirm) und die vom Benutzer vorgenommene Steurung der Software umzusetzen. Dazu greift es auf die Methoden des Kernsystems zurück. Die wesentlichen Funktionsbereiche umfassen die Bereitstellung von **Modellelement-Editoren**, die **Simulationssteuerung**, die **Visualisierung** von Simulationsergebnissen und Steuerung und Repräsentation verschiedener **Analysewerkzeuge**.

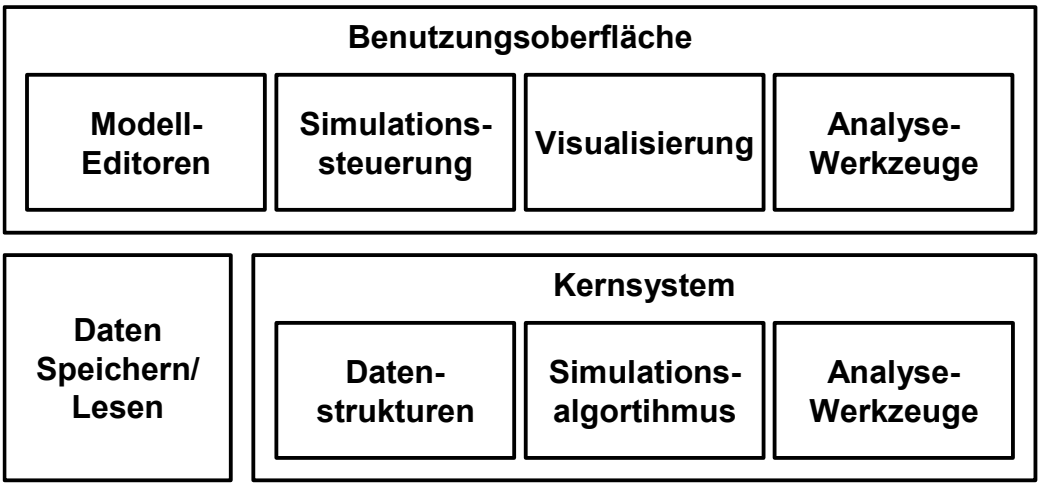


Abbildung 26: Softwarearchitektur von JCrimp

Weiterhin enthält das Gesamtsystem einige in Abbildung 26 nicht aufgeführte Elemente, wie z. B. einen Pool von kleinen Grafiken (Icons), die bei der Implementierung der Benutzungsoberfläche Verwendung finden. Die Programmierung, insbesondere die Namensgebung, ist unter Anwendung der allgemeinen Java-Programmierkonventionen (Horstmann und Cornell 2018b) vorgenommen worden.

5.1.3 Multilinguale Benutzungsoberfläche

Eine der softwaretechnischen Anforderungen aus Abschnitt 5.1.1 galt der Unterstützung von Multilingualität. Java ist durch verschiedene Konzepte auf i18n[1] (Internationalisierung) und l10n[2] (Lokalisierung) vorbereitet (Horstmann und Cornell 2018b, S. 297 ff).

I18n wird durch die Implementierung von so genannten Ressourcenbündeln realisiert. Während der Programmierung werden keine sprachabhängigen Zeichenketten in der Bedienoberfläche benutzt. Diese werden vielmehr in Textdateien (Ressource-Dateien) unter einem bestimmten Schlüssel abgelegt. Gibt es mehrere Textdateien mit Zeichenketten in unterschiedlicher Sprache, wird von einem Ressourcenbündel gesprochen. Jede einzelne Datei bekommt ein Suffix, der die enthaltene Sprache identifiziert (z. B. steht „_de“ für Deutsch und „_en“ für Englisch). Java öffnet dann automatisch je nach eingestellter Sprache die richtige Ressourcendatei. L10n bezieht sich auf die kulturell unterschiedliche Darstellung von Daten, wie Datum, Dezimaltrennzeichen, Tausendertrennzeichen, usw. Java bietet

[1] Bei der Abkürzung i18n bezieht sich die Zahl 18 auf die Anzahl der weggelassenen Buchstaben im engl. Wort „Internationalization“.
[2] Bei der Abkürzung l10n bezieht sich die Zahl 10 auf die Anzahl der weggelassenen Buchstaben im engl. Wort „Localization“.

verschiedene Formatierungsroutinen, die je nach eingestelltem Kulturkreis diese Daten richtig formatiert, bevor sie angezeigt werden.

JCrimp benutzt beide Konzepte für die Realisierung einer deutschsprachigen und einer englischsprachigen (britischen) Benutzungsoberfläche. Die Sprache kann in der Benutzungsoberfläche umgestellt werden.

5.1.4 Hilfe

Eine weitere der softwaretechnischen Anforderungen aus Abschnitt 5.1.1 galt der Bereitstellung von kontextsensitiver integrierter Hilfe. Dies wird von dem in Java integralen JavaHelp-System realisiert. Hilfetexte werden dabei multilingual in HTML-Dateien abgelegt.

Des weiteren erlaubt Swing einzelne Elemente, wie z. B. Knöpfe mit sogenannten Tooltips zu versehen. Ein Tooltip ist ein kurzer Text, der die Funktion des Elementes erläutert. JCrimp benutzt sowohl JavaHelp als auch die Tooltips, um dem Benutzer Hilfestellung zu geben. Die Hilfetexte sind jedoch (noch) nicht vollständig entwickelt.

5.2 Das Kernsystem

Das Kernsystem von JCrimp ist durch das Paket `javacrimp` realisiert und stellt alle notwendigen Datenstrukturen zur Datenhaltung und den Simulationsalgorithmus zur Verfügung. Es ist so konzipiert, dass es als Archiv verpackt werden kann und somit in anderen Anwendungen, die JCrimp-Modelle verarbeiten möchten integriert werden kann.

5.2.1 Datenstrukturen

Die 22 Klassen des Paketes `javacrimp` sind in dem konzeptionellen Klassendiagramm in Abbildung 27 dargestellt. Der Übersicht halber sind nur die Vererbungsrelationen dargestellt, andere Relationen wie Assoziationen, Aggregationen, Kompositionen und Abhängigkeiten sind weggelassen worden.

Die Klasse `Model` beinhaltet alle relevanten Modellattribute, z. B. Namen des Modells, Beschreibung, Version, Startjahr für die Simulation und Anzahl der Szenen im Modell. Hier befindet sich ebenfalls die Wurzel des Szenariobaums (siehe Abschnitt 4.4) und eine Liste von `Charts`.

Die Klasse `Scenario` realisiert alle Szenario-relevanten Attribute, wie z. B. Namen und Beschreibung des Szenarios, eine Liste von Variablen, die im Szenario

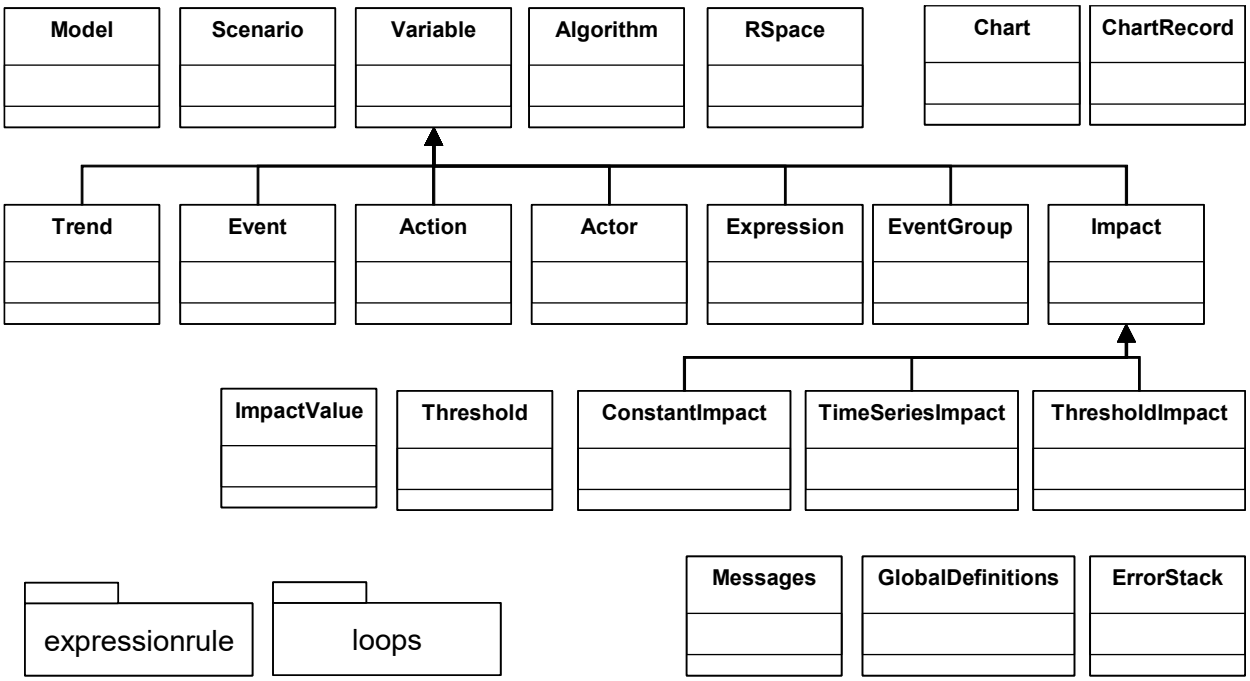


Abbildung 27: Klassen des Pakets `javacrimp`

definiert sind, als auch die Simulationsparameter (Anzahl der Läufe und *R*-Raum-Parameter). Weiterhin enthält jedes Szenario einen Verweis auf das Elternszenario und eine Liste von Verweisen zu den Kind-Szenarien. Jedes Szenario ist ein Knoten im Szenariobaum. Die Klasse Szenario enthält zudem Methoden zur Verwaltung des Szenario-Baumes und für das Management der Variablen im Szenario.

Die konkreten Variablen-Typen für Trends, Ereignisse, Aktionen, Akteure, Ausdrücke und Ereignisgruppen sind aus der abstrakten Klasse `Variable` abgeleitet. Die Klasse `Variable` ist zuständig für das Management einiger Basisdaten, wie z. B. den Namen und die Beschreibung der Variablen. Ebenfalls enthält es Attribute und Methoden zum Management der Variablen im Szenario-Baum. Die aus `Variable` konkret abgeleiteten Klassen sind in Tabelle 9 dargestellt.

Die Klasse `Impact` ist zwar von `Variable` abgeleitet, ist ihrerseits aber auch noch abstrakt und wird von den Klassen `ConstantImpact`, `ThresholdImpact` und `TimeSeriesImpact` realisert. Diese Unterklassen managen die Werte, die für die Berechnung der Wechselwirkungsstärke zuständig sind. In `Impact` selbst sind die Verweise auf beinflussende und beeinflusste Variable organisiert. `ImpactValue` und `Threshold` sind reine Container-Klassen, die entsprechende Wechselwirkungswerte zusammenfassen.

Die Klasse `Messages` stellt einen Zugriff auf das für die Internationalisierung notwendige Ressourcenbündel zur Verfügung. `ErrorStack` realisiert einen Stapel, auf dem die einzelnen Methoden des Kernsystems Fehlermeldungen ablegen

Klasse	Beschreibung
`Trend`	`Trends` speichern ein Minimum und ein Maximum und eine Reihe von vorgegebenen Zeitreihen (A-Priori-Werte, Volatilitäten und Zielwerte). Weiterhin werden hier simulierte Werte (Mittelwert, Median, Extremwerte, verschiedene Quartile, usw.) in der Form von Zeitreihen abgelegt. `Trends` halten eine Liste von `Impacts`, von denen sie beeinflusst werden.
`Event`	`Events` speichern ebenfalls ein Minimum und ein Maximum und eine Reihe von vorgegebenen Zeitreihen (A-Priori-Werte, Volatilitäten und Zielwerte). Weiterhin werden hier auch simulierte Werte (Mittelwert, Median, Extremwerte, verschiedene Quartile, Erscheinhäufigkeiten, usw.) in der Form von Zeitreihen abgelegt. Auch `Events` halten eine Liste von `Impacts`, von denen sie beeinflusst werden.
`Action`	Actions bestehen im Wesentlichen aus Kosten und Intensitäten, wobei die Intensität nach der Kosten-Intensitätsfunktion (siehe Abschnitt 4.2.2.1.5) berechnet werden. Aktionen sind immer einem Akteur zugeordnet.
`Actor`	Diese Klasse verwaltet die Budgets eines Akteurs.
`Expression`	Die Klasse Expression realisiert einen Ausdruck, wie in Abschnitt 4.3.3 beschreiben. Dazu wird ein Ausdruck mit der in Abbildung 22 dargestellten Syntax ausgewertet und in der Form einer Zeitreihe abgelegt.
`EventGroup`	Diese Klasse erlaubt die Zusammenfassung von Ereignissen zu Gruppen gemäß Abschnitt 4.3.1.

Tabelle 9: Von `Variable` konkret abgeleitete Klassen

können. Alle Klassen implementieren für die Datenmanipulation eine Konsistenzprüfung (z. B. die Prüfung auf Werte zwischen Minimum und Maximum bei einem Trend). Bei Nichteinhaltung der Konsistenz wird eine entsprechende Fehlermeldung abgelegt. Die Klasse `GlobalDefinitions` stellt dem Kernsystem globale Definitionen, wie z. B. Verzeichnispfade, zur Verfügung. Diese Informationen sind statisch implementiert und werden bei Programmstart durch eine Property-Datei initialisiert.

Schließlich organisiert das Kernsystem auch die Definition von Diagrammen (die Klassen `Chart` und `ChartRecord`). Hierbei werden keine grafischen Informationen gespeichert, sondern nur welche Zeitreihen von welchen Variablen im welchen Szenarien wie (Balkendiagramm, Liniendiagramm, usw.) dargestellt werden soll. Die Diagramm-Definitionen werden mitgespeichert.

Weiterhin beinhaltet das Paket `javacrimp` zwei Unterpakete. Das Paket `expressionrule` beinhaltet sieben Klassen zum Parsen und zur Auswertung von Ausdrucksregeln, die im Zusammenhang mit den Ausdruck-Variablen definiert sind. Das Paket `loops` beinhaltet fünf Klassen, die die Modellanalyse bzgl. Wirkungsketten und –kreisen unterstützen.

5.2.2 Simulationsalgorithmus

Der Simulationsalgorithmus (wie in Abschnitt 4.3.2 beschrieben) ist durch die Methode `simulate` der Klasse `Algorithm` im Paket `javacrimp` realisiert. Die Methode `simulate` gibt es in zwei Varianten. In der ersten Variante wird ein komplettes Szenario übergeben, das die Werte aller Variablen über alle Szenen bis zum Zeithorizont berechnet. In der zweiten Variante wird auch eine Szenario übergeben und die Szene, für die die Simulation durchgeführt werden soll.

Die für die Simulation wichtigen Paramater, wie die Anzahl der Berechnungen pro Szene und der zu verwendende *K*-Raum werden von dem übergebenen Szenario bezogen. Ebenfalls über das Szenario wird auf die einzelnen Variablen (Trends, Ereignisse, Aktionen, etc.) und Wechselwirkungen zugegriffen. Die notwendigen Variablenwerte, wie z. B. Minimum, Maximum und apriori-Werte werden direkt von den Variabeln bezogen. Jede an der Simulation beteiligte Variable muss eine Methode `initialiseForAlgorithm` und `finalizeAlgorithm` zur Verfügung stellen. Diese Methoden werden unmittelbar vor der eigentlichen Simulation und entsprechend danach aufgerufen. Die errechneten Simulationswerte werden von der Simulation den entsprechenden Variablen zur Speicherung übergeben.

Durch die Ausführung der Simulation werden entsprechend dem gegebenen Algorithmus Werte berechnet und in den Variablen szenenweise (als Zeitreihe) gespeichert Für Trend-Variablen handelt es sich um:

- Durchschnittswert (arithmetische Mittel) aller Berechnungen
- Standardabweichung aller Berechnungen
- Median aller Berechnungen
- 10%-Quartil aller Berechnungen
- 90%- Quartil aller Berechnungen
- größter Wert (Maximum) aller Berechnungen
- kleinster Wert (Minimum) aller Berechnungen
- Werte der letzten Simulationsberechnung

Mittelwert und Standardabweichung können ermittelt werden, indem die Simulationswerte und deren Quadrate während eines Laufes aufaddiert und am Ende mit der Anzahl der Läufe verknüpft werden (Hedderich und Sachs 2018, S.68 und S. 71):

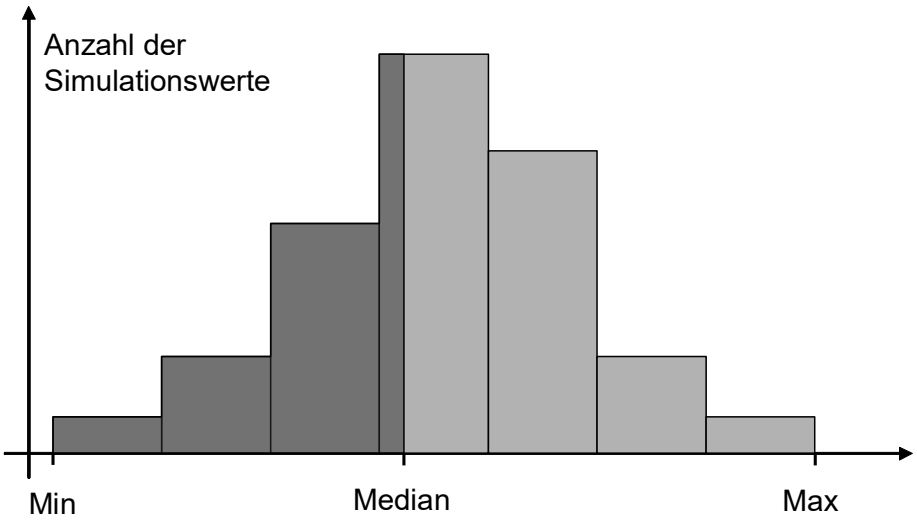


Abbildung 28: Histogramm von Simulationswerten einer Szene

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i, \quad \text{und} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^{\,2} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^{\,2} - \bar{x}\sum_{i=1}^{n} x_i}{n-1}} \tag{26}$$

Dies gilt jedoch nicht für die Quartile. Für eine sehr große Anzahl von Modellläufen ist die Ermittlung der Quartile (auch der Median ist ein Quartil, nämlich das 50%- Quartil) sehr aufwändig, da alle errechnet Werte zwischengespeichert werden müssen. Dies wird umgangen, indem der mögliche Wertebereich des Trends (gegeben durch das definierte Minimum und Maximum) in eine bestimmte Anzahl M von gleich großen Intervallen unterteilt wird. Aus der Statistik sind diese Intervalle als Klassen bekannt (Hedderich und Sachs 2018, S. 80). Jede Klasse ist mit einem Zähler ausgestattet, der am Anfang der Simulation auf Null initialisiert wird. Während des Simulationslaufs wird dann lediglich festgestellt, in welchem Intervall sich der simulierte Wert befindet, und der entsprechende Zähler wird inkrementiert. Dies reduziert den Speicherbedarf für sehr große Berechnungsumfänge erheblich. Gleichzeitig entsteht ein Histogramm, das die Verteilung der berechneten Werte über den Wertebereich der Variablen angibt (siehe Abbildung 28). Der Benutzer kann die Anzahl M der zu verwendenden Intervalle einstellen.

Die Berechnung der Quartile erfolgt über die Integration der Einzelflächen des Histogramms. Der Median befindet sich an der Stelle, die die Gesamtfläche in zwei gleich große Hälften zerteilt (siehe Abbildung 28). Das 10%-Quartil wird entsprechend ermittelt, so dass der linke Bereich 10% der Fläche beinhaltet und der rechte Bereich 90% der Fläche abdeckt.

Für Ereignis-Variablen werden die gleichen Werte ermittelt und gespeichert wie bei Trends. Zusätzlich werden noch folgende Werte ermittelt und ebenfalls als Zeitreihe abgelegt:

- Häufigkeit des Eintritts des Ereignisses
- Eintritt(e) während des letzten Simulationslaufs

Für Aktionsvariablen wird während der Simulation die entwickelte Intensität ermittelt und als Zeitreihe abgelegt. Ausdrucksvariablen werden entsprechend ihrer Regel ausgewertet und die Werte stehen ebenfalls als Zeitreihe zur Verfügung.

5.3 Datenspeicherung

Zur Speicherung von Cross-Impact-Modellen wird die XML (eXtensible Mark-up Language, z. B. Harold 2004) benutzt. Zur Beschreibung der Struktur der XML-Datei ist eine XSD (XML Schema Definition, Harold 2004, S. 667 ff) erstellt worden. Die Schema-Definition kann zur Validierung der XML-Datei genutzt werden. Die in der XML-Datei gespeicherten Daten enthalten nicht nur die Daten der einzelnen Modellelemente, sondern auch die Simulationswerte, sofern eine Simulation ausgeführt wurde.

Das Lesen und Schreiben der XML-Dateien ist im Paket `xmlinterface` realisiert. Dafür sind im Wesentlichen zwei Klassen verantwortlich: `XMLLoader` und `XMLSaver`. Beide Klassen stellen jeweils eine Methode zum Speichern bzw. Laden von XML-Dateien zur Verfügung. Weiterhin enthält dieses Paket die Klasse `HTMLSaver`, die ein JCrimp-Modell als HTML-Datei speichern kann. Dies ermöglicht die Übernahme von Modellkomponenten in andere Applikationen (z. B. Microsoft© Word).

Die Implementierung des Parsens und des Erzeugens der XML-Dateien ist mit der API (Application Programming Interface) JDOM (McLaughlin 2001, S. 137 ff) realisiert worden. Aus rechtlichen Gründen ist JDOM ein Eigenname und kein Akronym, könnte aber für *Java-based Document Object Model* stehen.

5.4 Benutzungsoberfläche

Da die Implementierung der Benutzungsoberfläche aus insgesamt 172 Klassen besteht, wird an dieser Stelle auf einer ausführlichen Darstellung verzichtet. Stattdessen wird die Implementierung durch die Paketstruktur erläutert. Alle zur Benutzungsoberfläche gehörenden Klassen befinden sich in dem Paket `ui`, das wiederum sechs Unterpakete hat (siehe Abbildung 29).

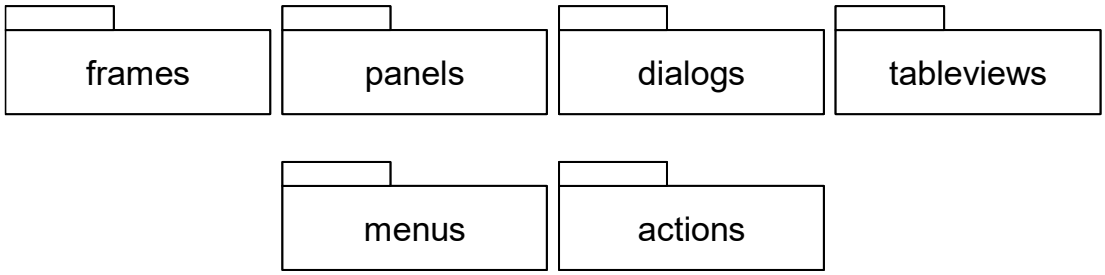


Abbildung 29: Sub-Pakete von `ui` (Benutzungsoberfläche)

- Paket **`frames`**: In diesem Paket ist das Hauptfenster der Anwendung definiert.

- Paket **`panels`**: Dieses Paket enthält Klassen, die die verschiedenen Arbeitsbereiche des Hauptfensters (siehe Abbildung 31) in der Form von erweiterten Panels implementieren.

- Paket **`dialogs`**: Hier befinden sich Klassen, die Dialogfenster der Anwendung implementieren. Dies sind vor allem die Modell-Editoren, aber auch Visualisierungsfenster, die z. B. Fehlermeldungen anzeigen oder die vom Benutzer definierten Diagramme präsentieren.

- Paket **`tableviews`**: JCrimp macht intensiven Gebrauch von tabellarischen Darstellungen in den Panels und Dialogen. Diese Tabellen sind in den Klassen dieses Pakets implementiert.

- Paket **`menus`**: Sowohl das Menü des Hauptfensters als auch alle Pop-Up-Menüs sind als Klassen in diesem Paket implementiert. Viele Oberflächenelemente, wie z. B. der Szenario-Baum, die Cross-Impact-Matrix oder die Trendtabelle haben ein Kontextmenü, das auf Windowssystemen durch das Drücken der rechten Maustaste aktiviert wird.

- Paket **`actions`**: Dieses Paket implementiert sogenannte Swing-Aktionen (nicht zu verwechseln mit den Aktionsvariablen von JCrimp), die bei der Anwahl von Menüeinträgen und Knöpfen ausgeführt werden. Das Paket `actions` ist weiter untergliedert in `chart`, `impact`, `scenario`, `timeseries` und `variable`, die entsprechende Aktionen auf dem Level implementieren.

Die Paketstruktur orientiert sich nicht an den Funktionsbereichen der oben aufgeführten Architektur (siehe Abbildung 26), sondern am Model-View-Controller-Prinzip. Die Pakete `frames`, `dialogs`, `panels` und `tableviews` repräsentieren die verschiedenen Sichten auf ein JCrimp-Modell, während die Klassen in den Paketen `menus` und `actions` die Controller repräsentieren.

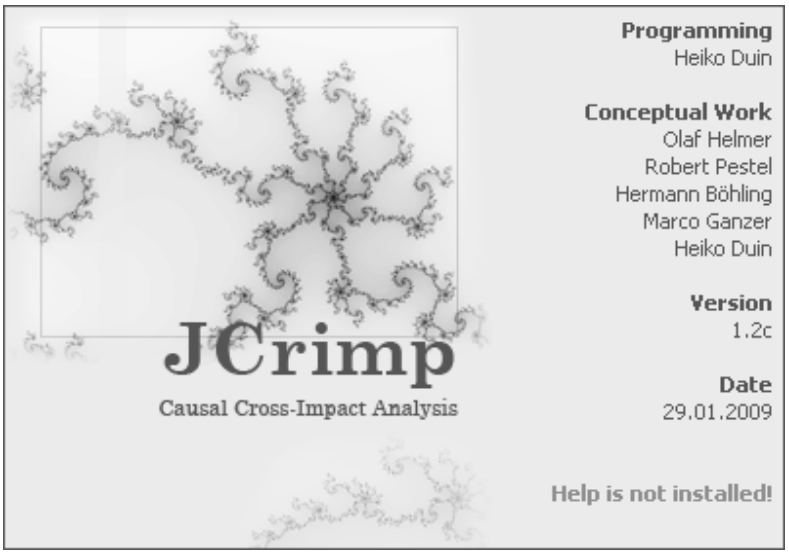


Abbildung 30: JCrimp Splash-Screen

JCrimp benutzt als sogenanntes „Look and Feel“ das System-Look-and-Feel, so dass die Oberflächenelemente unter Windows© wie typische Windows-Oberflächenelemente aussehen und sich entsprechend verhalten. Auf anderen Plattformen kann es dadurch zu einem veränderten Aussehen kommen. Für das Layout der Bedienelemente im Hauptfenster und in den einzelnen Dialogen wurde weitestgehend die „Java Look and Feel Design Guidelines“ (Sun Microsystems 2001) zur Erstellung von grafischen Benutzungsoberflächen angewendet. Damit erreicht die Software Erwartungskonformität gegenüber geübten Anwendern. Auch im Rahmen der Erwartungskonformität von Windows-Anwendern ist ein sogenannter „Splash-Screen“ implementiert worden (siehe Abbildung 30).

Abbildung 31 zeigt das Hauptfenster der JCrimp-Anwendung[3]. Wie bei Windows-applikationen üblich hat es im oberen Bereich eine Menüleiste und darunter eine (frei positionierbare) Werkzeugleiste. Im unteren Bereich befindet sich eine Statuszeile und rechts unten der Name des angewählten Szenarios im Szenario-Baum. Der Hauptbereich ist zweigeteilt: Auf der linken Seite wird der zum aktuellen Modell gehörige Szenario-Baum angezeigt und auf der rechten Seite ist der Arbeitsbereich, in dem die zu bearbeitenden Elemente angezeigt werden. Der Arbeitsbereich besitzt zehn Tabs mit denen der entsprechenden Ansichten auf das JCrimp-Modell eingestellt werden können (Abbildung 31 zeigt im Arbeitsbereich die Cross-Impact-Matrix-Ansicht). Im Einzelnen handelt es sich dabei um die folgenden Ansichten:

[3] Die in diesem Kapitel gezeigten Screen-Shots der JCrimp-Software beinhalten ein kleines Modell, das zu Testzwecken erstellt wurde, damit die Darstellungen in manchen Dialog-Fenstern nicht unübersichtlich werden.

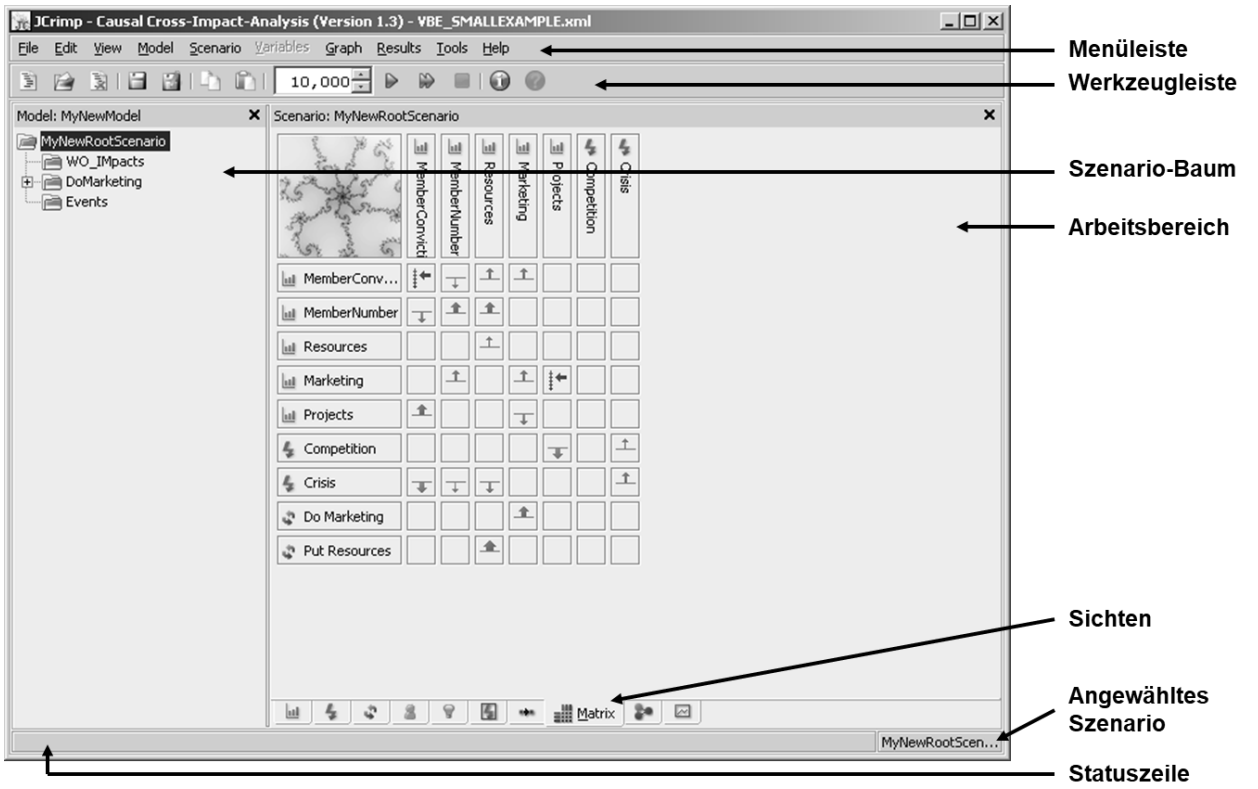


Abbildung 31: Das Hauptfenster von JCrimp

- **Trendliste**: Es werden alle Trendvariablen tabellarisch aufgelistet. Der Benutzer kann Trends auswählen, diese bearbeiten oder löschen und neu Trendvariablen anlegen. Ebenfalls kann hier die Reihenfolge der Trends festgelegt bzw. die Position der Definition im Szenariobaum festgelegt werden.

- **Ereignisliste**: Hier werden analog zur Trendliste alle Ereignisvariablen angezeigt und bearbeitet.

- **Aktionsliste**: Hier werden analog zur Trendliste alle Aktionsvariablen angezeigt und bearbeitet.

- **Akteurliste**: Hier werden analog zur Trendliste alle Akteurvariablen angezeigt und bearbeitet.

- **Ausdrucksliste**: Hier werden analog zur Trendliste alle Ausdrucksvariablen angezeigt und bearbeitet.

- **Ereignisgruppenliste**: Hier werden analog zur Trendliste alle Ereignisgruppen angezeigt und bearbeitet.

- **Cross-Impact-Liste**: Hier werden alle in der Cross-Impact-Matrix definierten Wechselwirkungen angezeigt und können auch bearbeitet werden.

- **Cross-Impact-Matrix** (Abbildung 31): Diese Ansicht zeigt die Cross-Impact-Matrix des Modells. Wechselwirkungen können durch einfache Maus-Klicks in die Matrix erzeugt und/oder in ihrer Stärke bzw. Richtung verändert werden. Auch die in der Matrix-Sicht angezeigten Variablen (Trends, Ereignisse und Aktionen) können über das Kontextmenü manipuliert (z. B. umsortiert oder editiert) werden.

- **Graph-Sicht** (Abbildung 37): Die Graph-Sicht stellt die Cross-Impact-Matrix als Wirkungsnetz dar. Es handelt sich hierbei um einen Graphen, bei dem die Knoten Variablen und die (gerichteten) Kanten Wechselwirkungen repräsentieren.

- **Diagramm-Sicht**: Diese Sicht listet alle definierten Diagramme tabellarisch auf, so dass sie manipuliert werden können. Dies beinhaltet auch die Erzeugung neuer Diagramme bzw. das Öffnen (Anzeigen) eines Diagramms. Diagramme werden in separaten Fenstern angezeigt.

Der in Abbildung 31 deaktivierte Menüeintrag „Variables“ ist dynamisch und ändert sich je nach eingestellter Ansicht im Arbeitsbereich Bei Ansicht der Variablenlisten können über dieses Menü entsprechende Variablen erzeugt, gelöscht und im Szenariobaum verschoben werden. Alle Ansichten stellen auch ein Kontextmenü zur Verfügung, das im Windows-Betriebssystem durch die Betätigung der rechten Maustaste aktiviert wird. Die Einträge im Kontextmenü beziehen sich auf die in der entsprechenden Ansicht selektierten Elemente. Die Ansicht des Szenario-Baums (Abbildung 31, linke Seite) kann ein- bzw. ausgeblendet werden.

Variablentypen		**Andere Elemente**	
	Trend		Cross-Impact-Matrix
	Ereignis		Cross-Impact (allgemein)
	Aktion		Zeitreihen-Impact
	Akteur		Schwellwert-Impact
	Ausdruck		Szenario
	Ereignis-Gruppe		Graph
			Resultat

Tabelle 10: Verwendete Piktogramme in JCrimp

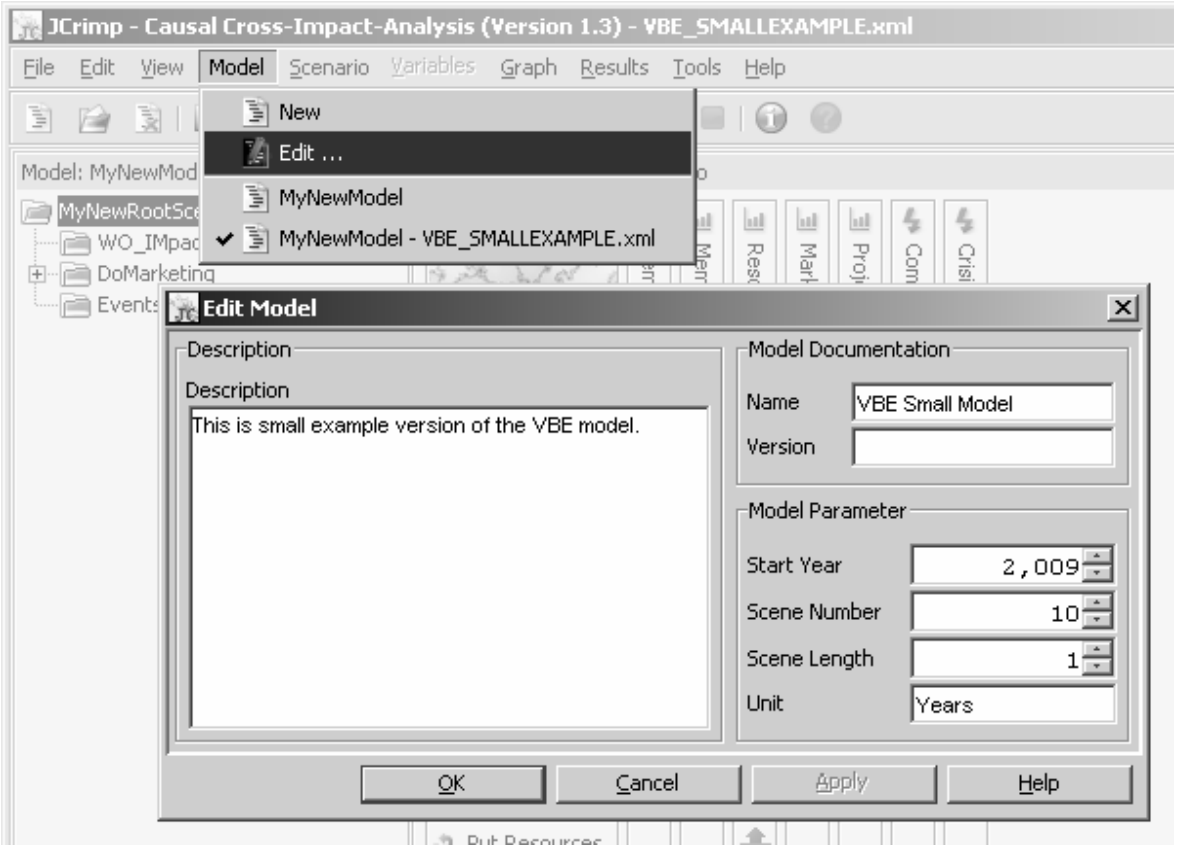


Abbildung 32: Der Edit-Model-Dialog (Modellparameter-Editor)

Um eine gute Orientierung für den Benutzer zu gewährleisten, werden die unterschiedlichen Modellelemente durch verschiedene Piktogramme (im Engl. Icons) repräsentiert. Tabelle 10 gibt eine Übersicht der verwendeten Piktogramme.

Die weitere Präsentation der Benutzungsoberfläche orientiert sich an den in Abbildung 26 dargestellten Funktionsbereichen.

5.4.1 Modell-Editor

Die Editierfunktionen für alle Modellelemente sind in der Form von modalen Dialogboxen realisiert. Um die Bedienung für den Benutzer einfach zu halten, sind alle Dialogboxen gleich aufgebaut. Zum einen haben sie immer eine Reihe von Knöpfen im unteren Bereich (z. B. „OK“, „Abbrechen“, „Hilfe“) zum anderen ist das Verhalten der einzelnen Dialogelemente gleichartig. Jedes Dialogelement hat einen vorangestellten Bezeichner, der sich rot färbt, sobald an diesem Element eine Änderung vorgenommen wurde.

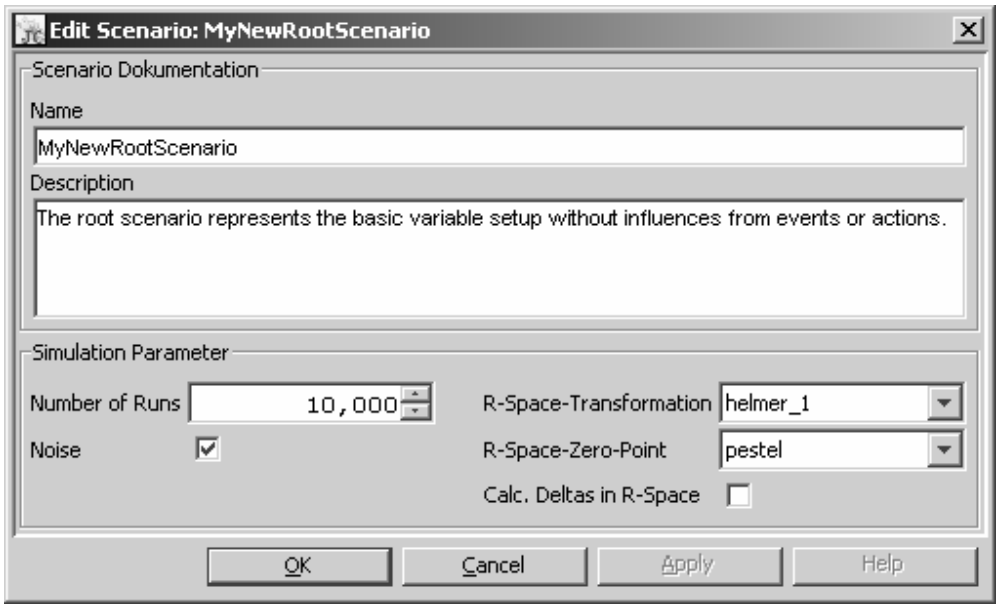


Abbildung 33: Der Edit-Scenario-Dialog (Szenario-Editor)

Abbildung 32 zeigt den Modellparameter-Editor mit dem die Basiseinstellungen zum Modell vorgenommen werden[4]. Dazu gehören einerseits dokumentarische Daten, wie Name, Beschreibung und Versionsnummer, andererseits simulationsrelevante Einstellungen, wie Startjahr, Anzahl der Szenen, Szenenlänge, usw. Alle folgenden Dialoge sind ähnlich aufgebaut, in dem Sinne, dass sie mit einer Knopfleiste im unteren Bereich ausgestattet sind und ähnliche Bedienelement haben. Zu dokumentarischen Zwecken haben alle Modell-Elemente einen Namen und eine Beschreibung.

Abbildung 33 zeigt den Szenario-Editor. Hier werden die für die Simulation des Szenarios relevanten Parameter eingestellt. Dies ist im Wesentlichen die Anzahl der Simulationsläufe. Außerdem kann bestimmt werden, ob NOISE (siehe Abschnitt 4.3) angewendet werden soll. Auf der unteren rechten Seite befinden sich einige Einstellungen für die Anwendung der *R*-Raum-Transformation (siehe Abschnitt 4.3.4).

Abbildung 34 zeigt den Trendvariablen-Editor. Im oberen Bereich „Documentation“ kann der Variablenname und die Beschreibung manipuliert werden. Zusätzlich kann hier eine der Variablen eine Einheit zugewiesen werden. Rechts oben in der Ecke wird der Typus (Original, Referenz oder Kopie) der Variablen angezeigt. Falls es sich um eine Referenz handelt, kann sie in eine Kopie verwandelt werden.

[4] In Abbildung 32 ist auch das Menü „Model | Edit …“, über das der Modellparameter-Editor aufgerufen werden kann dargestellt. Im Folgenden wird jedoch auf diese Darstellung verzichtet. Alle später dargestellten Editoren können ebenfalls über entsprechende Menüeinträge aufgerufen werden.

Ebenfalls ist eine Rückverwandlung von Kopie in Referenz möglich. Dieser Bereich für die Dokumentation ist für alle Elemente, die innerhalb eines Szenarios vorhanden sein können, definiert, also auch für Ereignisse, Aktionen, Akteure, Ausdrücke, Ereignisgruppen und Wechselwirkungen.

Der untere Bereich ist für das Management von Variablentyp-spezifischen Daten reserviert. Für Trendvariablen sind es das Minimum und Maximum (rechte Seite) und die A-Priori- und Volatilitäten-Zeitreihe. Die Werte der Zeitreihen können direkt-manipulativ mit der Maus verschoben (wenn wie in Abbildung 34 der Tab „Chart“ aktiviert ist) oder numerisch über die Tastatur eingegeben werden (wenn der Tab „Table“ aktiviert wird). Dieser Editor erlaubt auch das Erzeugen typischer Zeitreihen, wie eine konstante Reihe, eine linear steigende (bzw. fallende) Reihe, Wachstum repräsentierende Reihen und eine S-Kurve. Dazu werden die Werte der ersten und letzten Szene, auf die die Erzeugung einer entsprechenden Reihe angewandt werden soll, selektiert und per Kontextmenü (siehe Abbildung 34) die entsprechende Funktion angewandt.

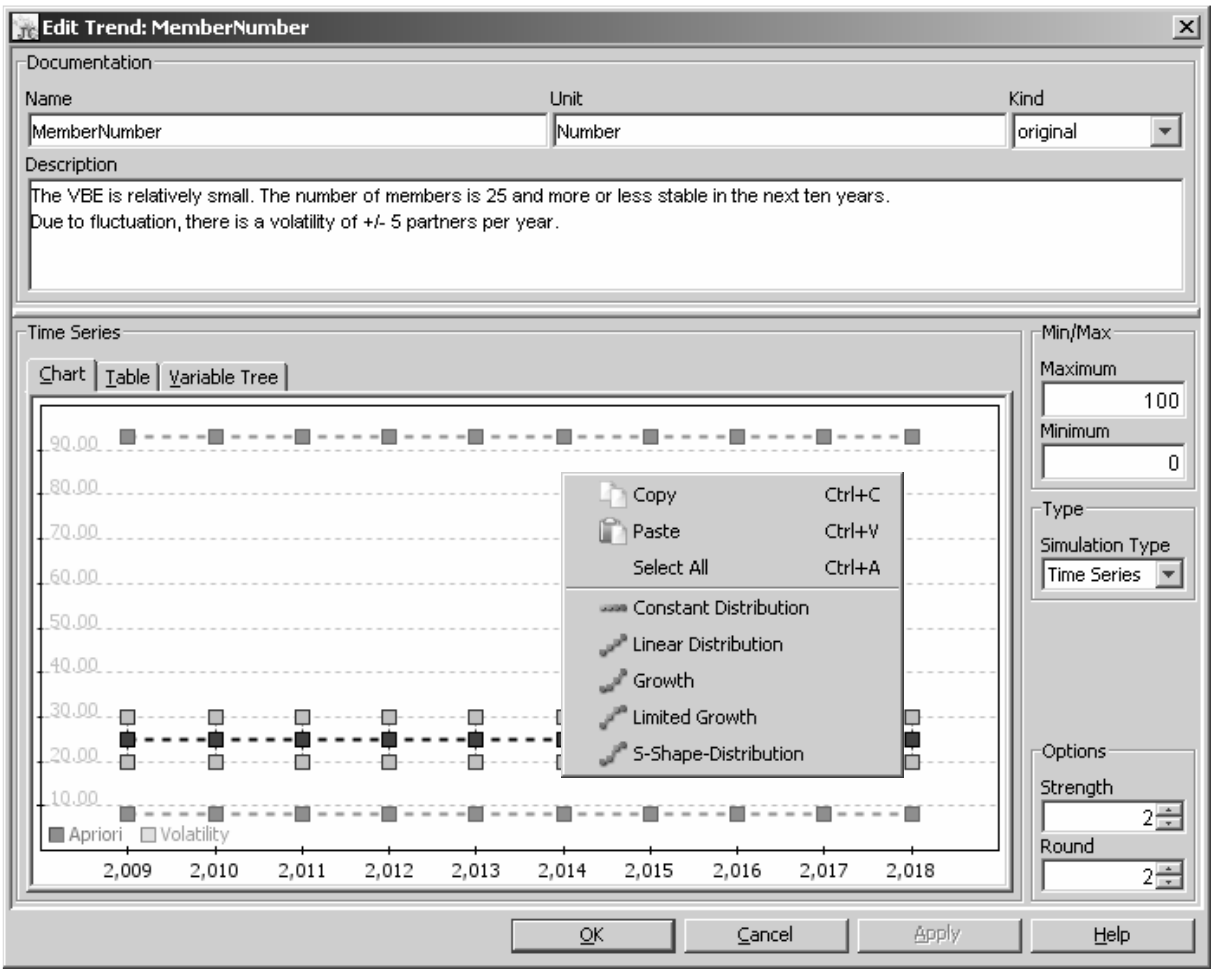


Abbildung 34: Der Edit-Trend-Dialog (Trendvariablen-Editor)

Wachstum	Berechnung
Exponentielles Wachstum	$v_i = v_1 + (v_n - v_1)\left(\frac{i}{n}\right)^s$
Begrenztes Wachstum	$v_i = v_n - (v_n - v_1)\left(\frac{n-i}{n}\right)^s$
S-Kurve	$v_i = \begin{cases} v_1 + \left(\frac{v_n - v_1}{2}\right)\left(\frac{2i}{n}\right)^s & \text{, für } i < \frac{n}{2} \\ v_n - \left(\frac{v_n - v_1}{2}\right)\left(\frac{2(n-i)}{n}\right)^s & \text{, sonst} \end{cases}$

Tabelle 11: Berechnung der Wachstumsfunktionen im Trend-Editor

Die beiden Optionen „Strength“ und „Round“ rechts unten beeinflussen die Erzeugung der Werte. „Round“ gibt die Anzahl der Nachkommastellen an, während „Strength“ den Exponenten s aus den Gleichungen aus Tabelle 11 repräsentiert. Seien die Werte v_1 und v_n gegeben. Die Werte v_2 bis v_{n-1} sollen berechnet werden. Die Berechnung erfolgt dann für alle i mit $1<i<n$ mit den in Tabelle 11 dargestellten Gleichungen.

Als Simulationstyp stehen die Werte „Time Series“ und „Start Value“ zur Verfügung. Im ersten Fall wird der Simulationsalgorithmus wie in Abschnitt 4.3.2.3 be-

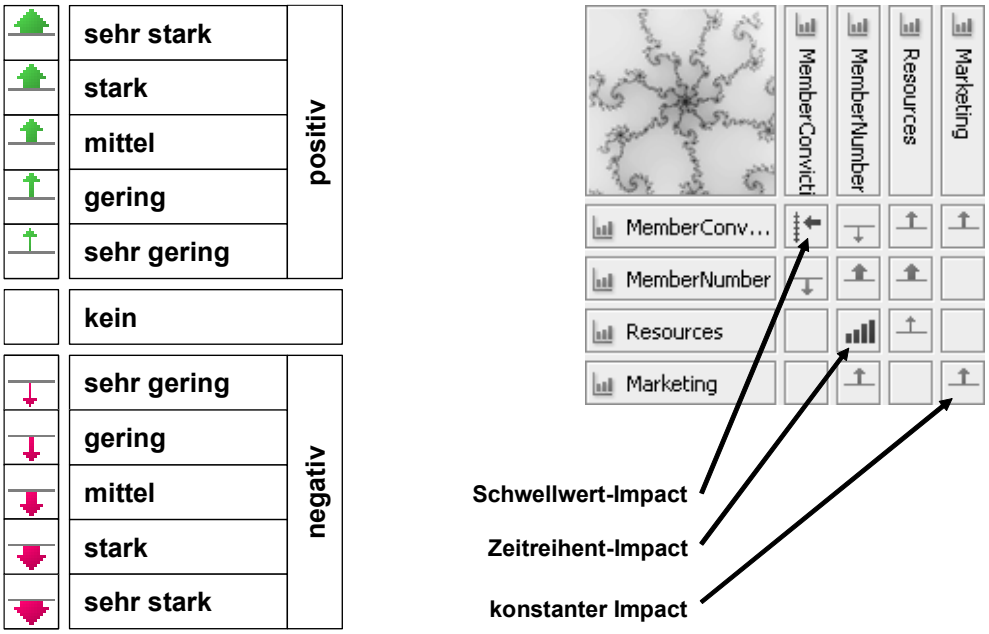


Abbildung 35: Die Cross-Impact-Matrix in JCrimp

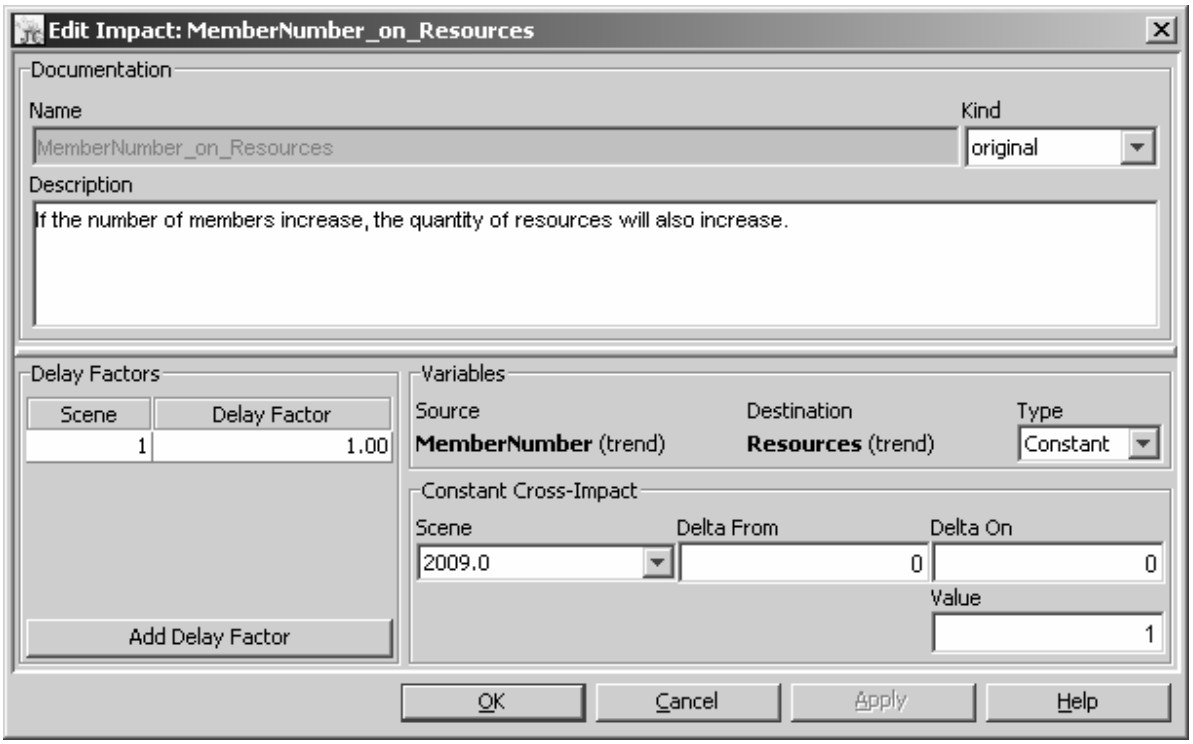


Abbildung 36: Der Edit-Impact-Dialog (Cross-Impact-Editor)

schrieben angewendet. Im zweiten Fall wird der A-Priori-Wert durch den simulierten Wert aus der vorhergehenden Szene ersetzt, so dass nur ein Startwert vorgegeben werden muss. Wird vom Simulationstyp „Start Value“ auf „Time Series“ umgeschaltet, und es liegen simulierte Werte vor, kann die simulierte Zeitreihe (der Mittelwerte) als A-Priori-Zeitreihe übernommen werden.

Analog zum Trendvariablen-Editor gibt es Editoren zur Bearbeitung von Ereignissen, Aktionen, Akteuren, usw.

Einen Ausschnitt aus der Cross-Impact-Matrix-Sicht ist in Abbildung 35 (rechte Seite) dargestellt. Konstante Impacts sind durch einen Pfeil nach oben (bzw. unten) dargestellt. Die Richtung eines Pfeils zeigt die Richtung der Wirkung (positiv bzw. negativ) an, und die Dicke des Pfeils repräsentiert die Stärke des Impacts. Die Stärke des Impacts kann durch Klicken in die entsprechende Matrixzelle geändert werden. Wird in den oberen Bereich geklickt erhöht sich der Wert, wird in den unteren Bereich geklickt verringert sich der Wert. Durch mehrmaliges Klicken kann auch die Richtung des Impacts verändert werden. Die linke Seite der Abbildung 35 zeigt die möglichen Abstufungen der Cross-Impact-Stärke in jede Richtung.

Zeitreihen- und Schwellwert-Impacts lassen sich nicht direkt in der Matrix manipulieren. Für die Manipulation dieser Impact-Typen gibt es den Impact-Editor. Auch für die Feineinstellung konstanter Impacts wird der Impact-Editor benutzt (siehe Abbildung 36).

Im oberen Bereich des Impact-Editors kann wieder eine Beschreibung eingegeben und der Typus eingestellt werden. Der Name des Impacts ist nicht frei wählbar, sondern wird aus den Namen der beeinflussenden und der beeinflussten Variablen und ein dazwischen gestelltes „_on_“ gebildet. Im unteren linken Bereich können Verzögerungsfaktoren (siehe Abschnitt 4.3.2.3) erstellt und manipuliert werden. Der untere rechte Bereich zeigt die Quelle und das Ziel des Impacts an. Darunter können typspezifische Einstellungen vorgenommen werden. Bei einem konstanten Impact kann z. B. der Koeffizient durch die Eingabe der Deltas von Quelle und Ziel (siehe Formeln in Tabelle 6) berechnet werden (siehe Abbildung 36).

Neben der Darstellung als Cross-Impact-Matrix kann ein Szenario als Causal-Loop Diagramm (Sterman 2000, S. 102) dargestellt werden (siehe Abbildung 37). Graphentheoretisch ist dieses Diagramm ein gerichteter, bewerteter Graph, bestehend aus Knoten und gerichteten Kanten, die mit einer reellen Zahl markiert sind (Werners 2013, S. 194). Die Knoten repräsentieren die Variablen des Modells, die (gerichteten) Kanten stellen die Cross-Impacts dar und werden als Pfeile visualisiert. Ein bewerteter Graph wird auch Netzwerk genannt. Um jedoch Verwechse-

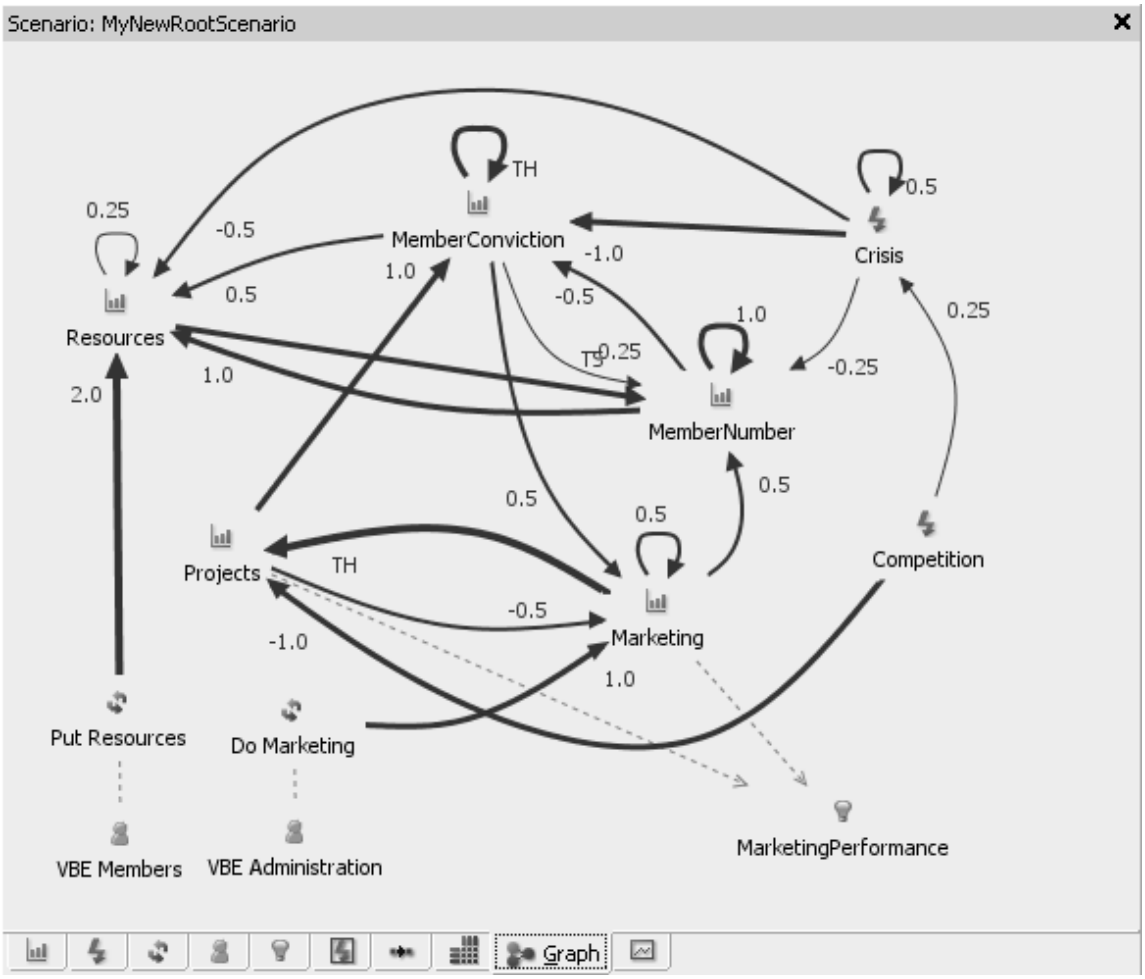


Abbildung 37: Das Modell in der Graph-Ansicht

lungen zu dem Begriff des Unternehmensnetzwerkes aus Abschnitt 2.2.2 zu vermeiden wird hier von einem Wirkungsnetz bzw. Wirkungsnetz-Diagramm gesprochen.

Der Typ einer Variablen wird durch das entsprechende Piktogramm angezeigt. Die Richtung einer Wechselwirkung wird durch die Farbe (grün für gleichgerichtet und rot für gegengerichtet) angezeigt. Die Dicke gibt die Stärke wieder. Die Pfeile können durch Einfügen von Stützpunkten gebogen werden. In dieser Sicht sind ebenfalls alle wichtigen Funktionen, wie z. B. das Erzeugen und Löschen von Variablen per Kontextmenü möglich. Bei großen Modellen bzw. Graphen können wahlweise Informationen ausgeblendet werden, indem z. B. bestimmte Variablentypen nicht angezeigt werden oder die Pfeile keine Dicke haben.

Das Layout des Graphen, d. h. die Positionen der Knoten und Kanten, werden beim Speichern in der XML-Datei mit abgelegt. Jedes Modellelement, das aus der Klasse `Variable` abgeleitet ist, ist mit einem Positionslayout ausgestattet.

5.4.2 Simulationssteuerung

Die einfachste Möglichkeit der Simulationssteuerung besteht im Starten und Stoppen der Simulation via Werkzeugleiste (siehe Abbildung 38). Es kann gewählt werden, ob nur das aktuell angewählte Szenario oder auch alle Sub-Szenarien simuliert werden sollen. Die Werkzeugleiste erlaubt auch die Eingabe der Anzahl der Modelläufe. Eine Änderung dieses Wertes wird im aktuell angewählten Szenario gespeichert. Wird eine Simulation gestartet, wird der Stopp-Knopf aktiviert und alle anderen Bedienelemente deaktiviert. Die Betätigung des Stopp-Knopfes stoppt die gerade laufende Simulation und berechnet die Ergebnisse (Mittelwerte usw.) mit der Anzahl der soeben erreichten Läufe. Dieselben Knöpfe sind auch als Einträge unter dem Menüpunkt *Scenario* anwählbar (siehe Abbildung 39).

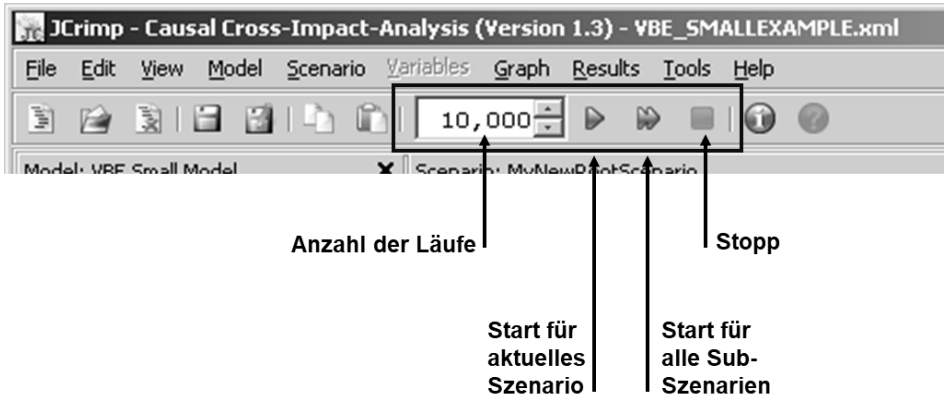


Abbildung 38: Steuerung der Simulation über die Werkzeugleiste

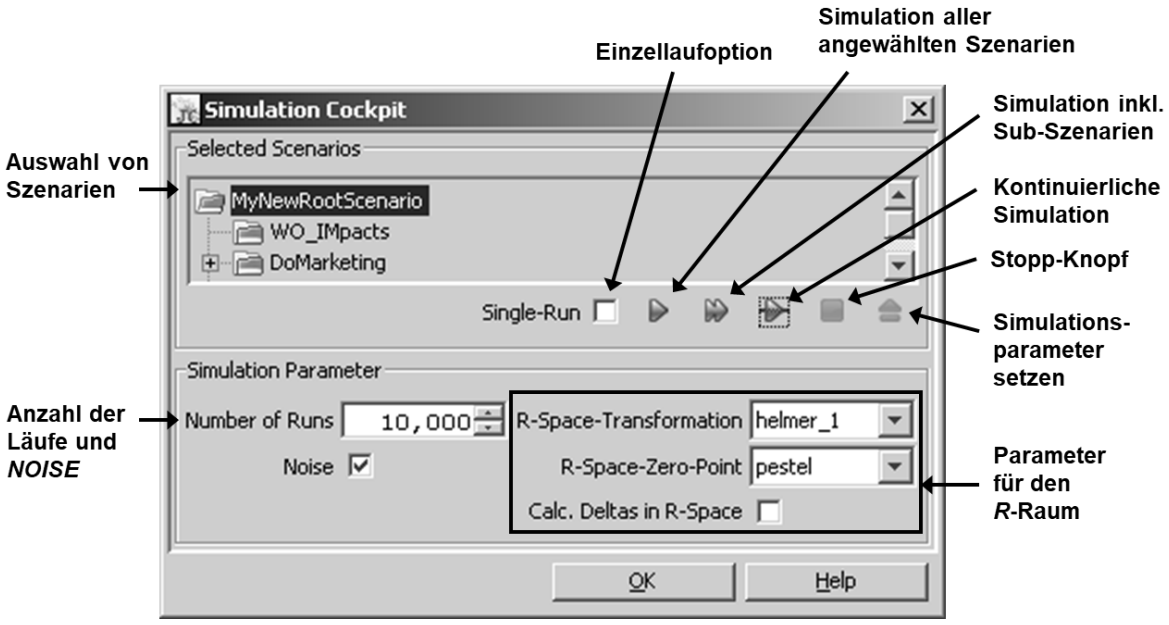


Abbildung 39: Das Simulationscockpit

Während einer Simulation werden in der Statuszeile aktuelle Informationen gegeben (siehe Abbildung 40). Der linke Fortschrittsbalken zeigt an, wie viele der selektierten Szenarien bereits simuliert wurden. Der rechte Fortschrittsbalken zeigt den Fortschritt im gerade simulierten Szenario an. Rechts daneben gibt es weitere Statusinformationen: den Namen des aktuell simulierten Szenarios, die Anzahl der bereits absolvierten Läufe, die bereits vergangene Zeit, die Anzahl der Läufe, die pro Sekunde berechnet werden und die geschätzte Restzeit bis zum Ende der Simulation.

Ist die Simulation beendet wird in der Statuszeile die Gesamtdauer der Simulation in Sekunden angezeigt. Außerdem werden alle geöffneten Resultat-Dialoge aktualisiert, so dass sie die aktuellen Simulationswerte anzeigen.

Abbildung 39 zeigt den Simulationscockpit-Dialog. Im unteren Bereich des Simulation-Cockpits können die Anzahl der Simulationsläufe, die Anwendung von NOISE (wie auch in der Werkzeugleiste) und verschiedene Parameter zur *R*-

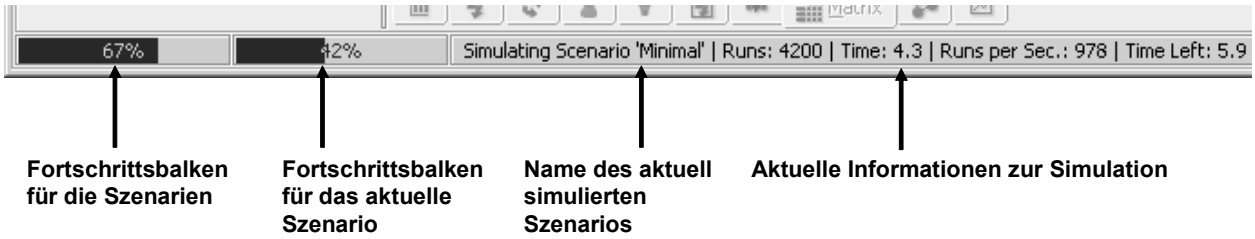


Abbildung 40: Statusanzeige während der Simulation

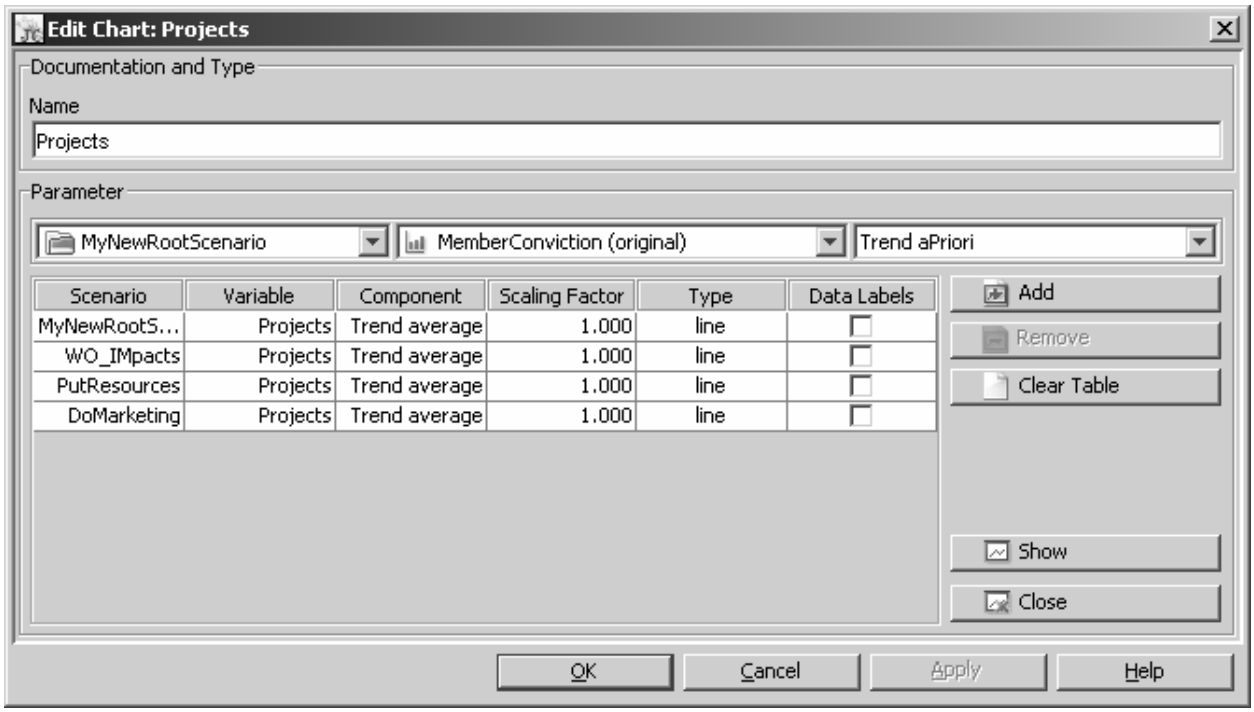


Abbildung 41: Der Edit-Chart-Dialog (Diagramm-Editor)

Raum-Transformation (wie auch im Szenario-Editor) eingestellt werden. Im oberen Bereich werden alle vorhandenen Szenarien baumartig aufgelistet. Die eingestellten Simulationsparameter können auf die ausgewählten Szenarien angewandt werden, indem der Knopf „Simulationsparameter setzen“ betätigt wird. Das Simulationscockpit bietet verschiedene Möglichkeiten die Simulation zu beeinflussen bzw. zu visualisieren.

- **Einzellaufoption**. Bei der Einzellaufoption werden alle angezeigten Diagramme nach jedem einzelnen Lauf aktualisiert. Wenn z. B. bei einem Trend die Mittelwertzeitreihe angezeigt wird, kann hintereinander der Durchschnitt von einem Lauf, zwei Läufen, drei Läufen, usw. beobachtet werden. Dabei „springt“ die Kurve (falls NOISE angeschaltet ist) erst hin und her und nähert sich dann langsam ihrer endgültigen Lage.

- **Simulation aller angewählten Szenarien**. Wie oben aufgeführt, werden alle angewählten Szenarien nacheinander entsprechend ihrer Simulationsparameter durchgerechnet. Am Ende werden alle angezeigten Diagramme aktualisiert.

- **Simulation aller angewählten Szenarien inkl. aller Sub-Szenarien**. Diese Option beinhaltet die Simulation aller angewählten Szenarien inklusive ihrer Sub-Szenarien. Am Ende werden alle angezeigten Diagramme aktualisiert.

- **Kontinuierliche Simulation**. Bei der kontinuierlichen Simulation werden alle angewählten Szenarien entsprechend ihrer Simulationsparameter simuliert. Anschließend werden offene Diagramme aktualisiert. Unterbrochen wird der Prozess durch die Betätigung des Stopp-Knopfes.

- **Simulationsstopp**. Wenn eine Simulation aktiv ist, kann sie durch das Drücken des Stopp-Knopfes gestoppt werden.

Komponente	Typ	Trend	Ereignis	Aktion	Akteur	Ausdruck
A-Priori	**B, L**	×	×			
Volatilität	**B, L, I1**	×	×			
Sollwertintervall	**I2**	×	×			
Sollwert-Minimum	**B, L**	×	×			
Sollwert-Maximum	**B, L**	×	×			
Mittelwert	**B, L**	×	×			
Median	**B, L**	×	×			
Standardabweichung	**B, L, I1**	×	×			
Letzter Lauf	**B, L**	×	×			
80%-Quartilsintervall	**I2**	×	×			
10%-Quartil	**B, L**	×	×			
90%-Quartil	**B, L**	×	×			
Extremwerte	**I2**	×	×			
Minimum	**B, L**	×	×			
Maximum	**B, L**	×	×			
Histogramm	**HA**	×	×			
Durchschnittl. Erscheinen	**B, L**		×			
Letzter Lauf Erscheinen	**B, L**		×			
Kosten	**B, L**			×		
Intensität	**B, L**			×		
Budget	**B, L**				×	
Ausdruckswerte	**B, L**					×

Tabelle 12: Variablenkomponenten und Diagrammtypen in JCrimp

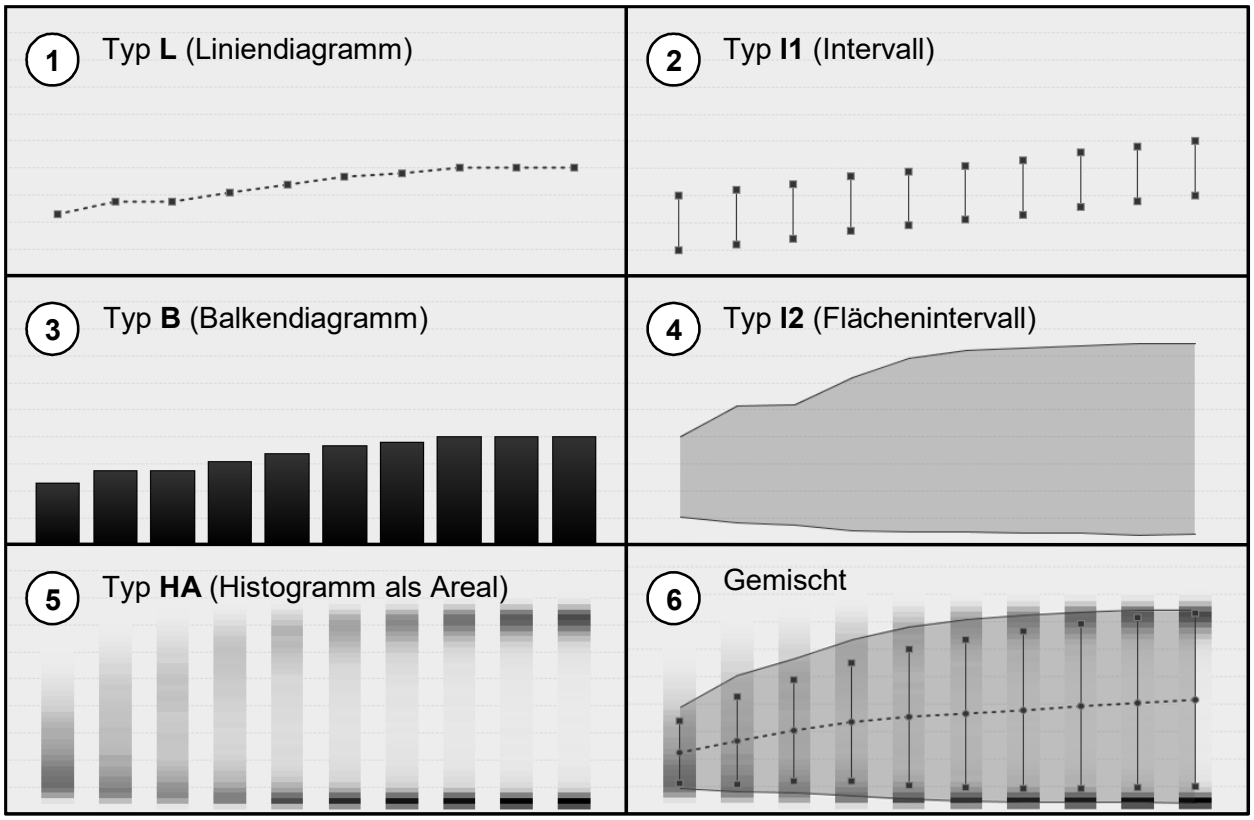


Abbildung 42: Diagrammtypen in JCrimp

Das Simulationscockpit kann dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn gleichzeitig Diagramme visualisiert werden (siehe Abschnitt 5.4.3). Diese Diagramme werden nach jedem Simulationslauf aktualisiert. Gerade bei der Einzellaufoption kann dann sehr dynamisch beobachtet werden, wie sich die Simulationswerte den Attraktoren nähern und welche Streubreite sie haben. Damit kann z. B. interaktiv ermittelt werden, wie viele Simulationsläufe sinnvoll sind, indem man die Simulation laufen lässt, bis sich die Simulationswerte nicht mehr wesentlich ändern.

5.4.3 Visualisierung der Ergebnisse

Die Ergebnisse einer Simulation werden durch Diagramme (bzw. Charts) visualisiert. Diese Diagramme sind nicht vordefiniert, sondern werden von dem Anwender mit Hilfe des Diagramm-Editors (siehe Abbildung 41) zusammengestellt. Im Diagramm-Editor kann ein Chart mit bis zu sechs Komponenten erstellt werden. Die Auswahl beinhaltet zunächst die Selektion des Szenarios, der Variablen und der Variablenkomponente. Daraufhin kann noch die Erscheinung der Daten beeinflusst werden, indem ein Skalierungsfaktor, der Darstellungstyp (Linie, Balken, usw.) und eine Datenbeschriftung eingestellt wird.

Tabelle 12 fasst die für Diagramme zur Verfügung stehenden Variablenkomponenten zusammen. Die meisten Komponenten betreffen Trend- und Ereignisvariablen. Je nach Komponente, kann sie unterschiedlich dargestellt werden (siehe Spalte „Typ“). Die verschiedenen zur Verfügung stehenden Diagrammtypen sind in Abbildung 42 dargestellt. Es handelt sich dabei um Liniendiagramm (Feld 1), einfaches Intervall (Feld 2), Balkendiagramm (Feld 3), flächiges Intervall (Feld 4) und ein Histogramm als Areal (Feld 5, siehe auch Abbildung 43, unterer Dialog). Diese können beliebig miteinander kombiniert werden (als Beispiel siehe Abbildung 42, Feld 6).

Nicht direkt in den Diagrammen, aber trotzdem für die Visualisierung realisiert sind Histogramme für Trend- und Ereignisvariablen. Das Histogramm zeigt die Verteilung der Simulationswerte über den Wertebereich einer Trend- oder Ereig-

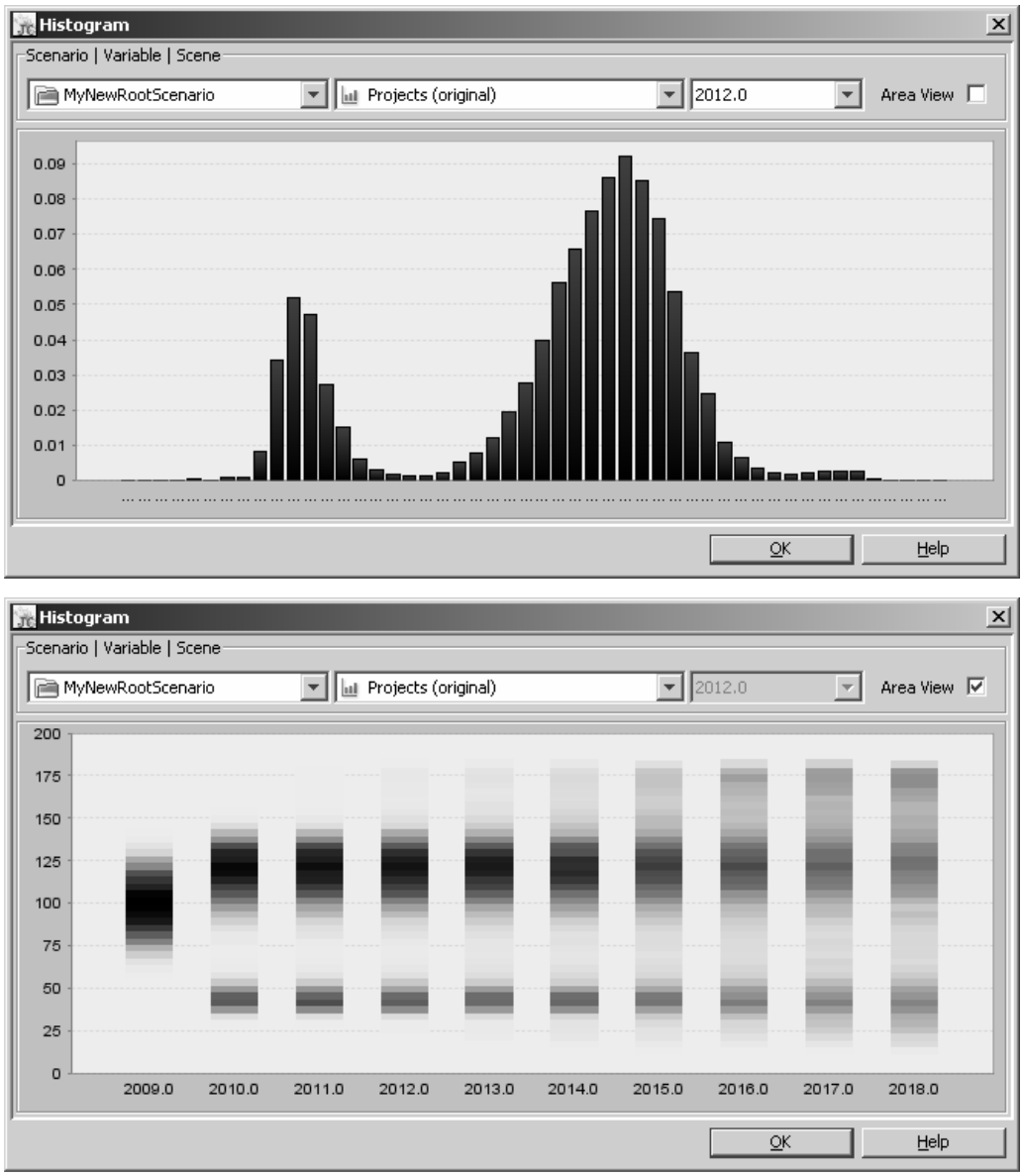


Abbildung 43: Histogramm und Histogramm als Areal

nisvariablen per Szene. Szenario, Variable und Szene können ausgewählt werden (Abbildung 43, oberer Dialog). Durch das Anwählen der Option „Area View“ (rechts oben in der Dialogbox) wird die Anzeige auf Histogramm als Areal umgeschaltet. In dieser Darstellung kann wieder die komplette Zeitreihe angezeigt werden. Das Histogramm wird dabei in einen Balken kodiert, der in die Anzahl der Klassenintervalle gleichmäßig in Feldern unterteilt ist. Jedem Feld wird eine Farbe abhängig von der Höhe des jeweiligen Histogrammbalkens zugewiesen, wobei die Farbe umso dunkler ist, je höher der entsprechende Balken ist. So ist in Abbildung 43 das Histogramm im oberen Dialog äquivalent mit dem Balken über der Jahreszahl „2012“ im unteren Dialog.

Die JCrimp-Anwendung erlaubt dem Benutzer aber auch, Standarddiagramme von den Variablen eines angewählten Szenarios zu generieren. Dabei wird für jede Trend-, Ereignis- und Ausdrucksvariable ein Chart mit entsprechenden Standard-Zeitreihen (bei einem Trend sind das z. B. A-Priori, Volatilitäten und Mittelwerte) generiert.

5.4.4 Analysewerkzeuge

Damit das dynamische Verhalten von JCrimp-Modellen vom Benutzer besser verstanden werden kann, bietet JCrimp zwei Analysewerkzeuge an: die Wirkungskettenanalyse und den Rückkopplungsschleifendetektor.

5.4.4.1 Die Wirkungskettenanalyse

Abbildung 44 zeigt den Dialog der Wirkungskettenanalyse. Dieser Dialog wird über den Menüeintrag „Tools | Impact Chains Analysis“ geöffnet. Im oberen Be-

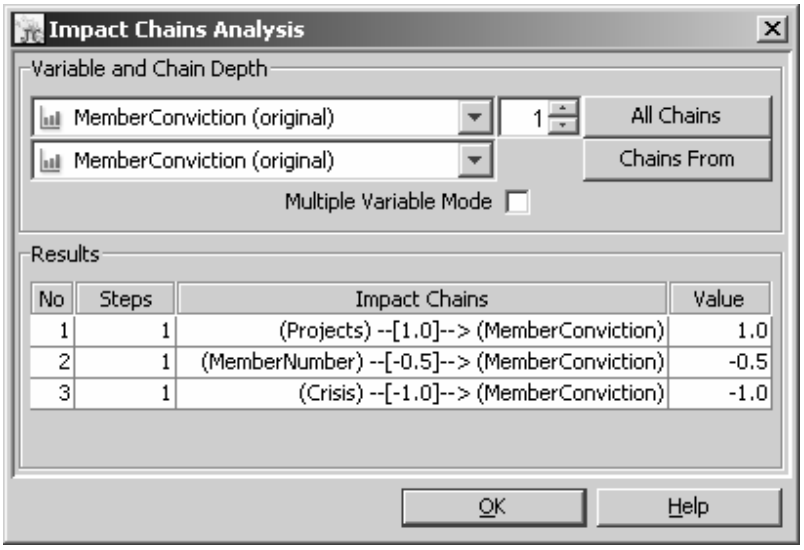


Abbildung 44: Die Wirkungskettenanalyse

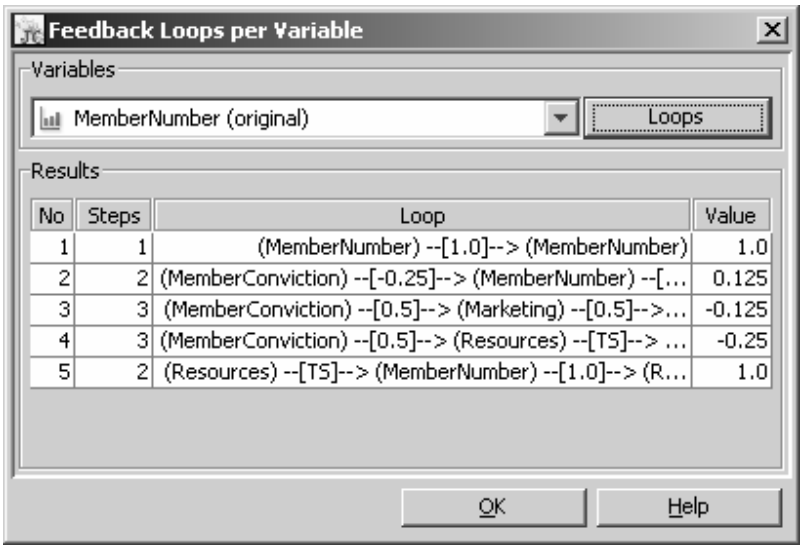


Abbildung 45: Der Rückkopplungsschleifendetektor

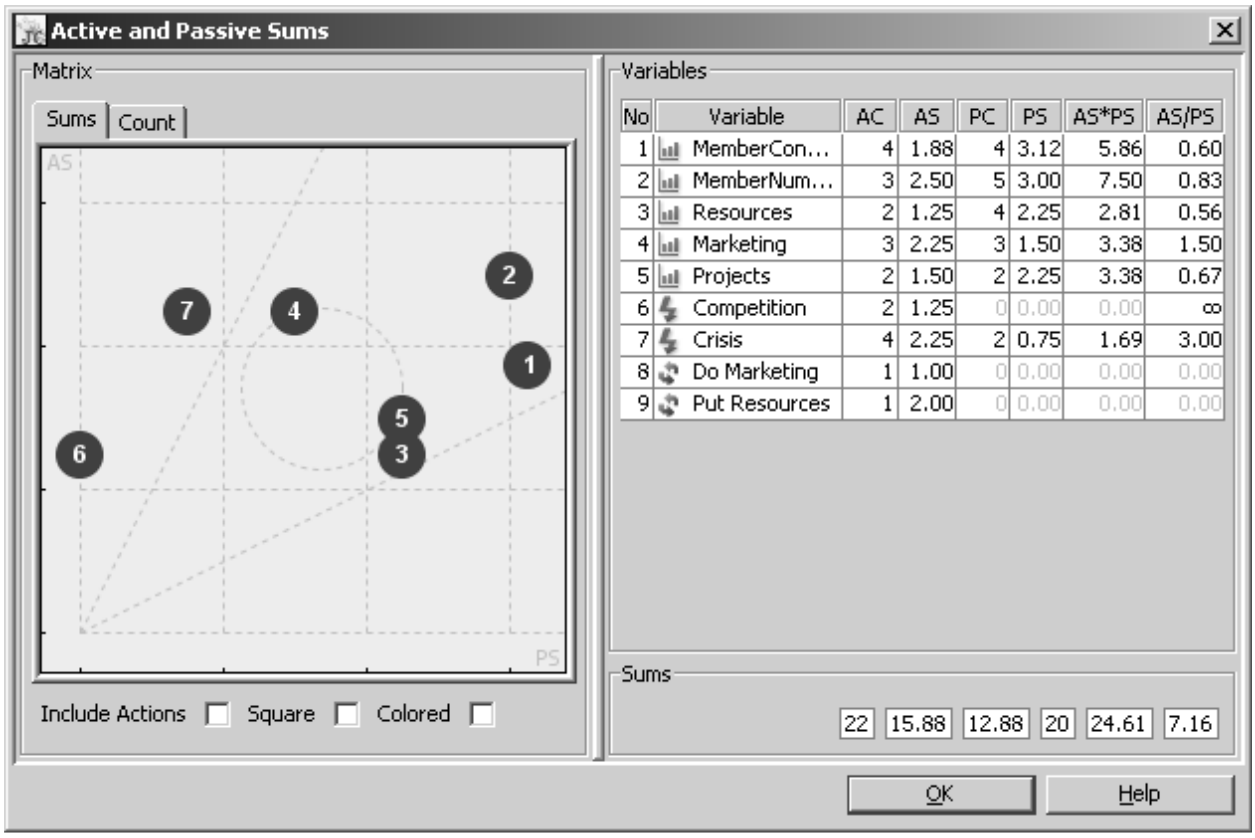
reich kann in der ersten Zeile eine Trend- oder Ereignisvariable gewählt werden, auf die die zu ermittelnden Wirkungsketten gerichtet sind. In dem Eingabefeld daneben kann die Anzahl der Schritte (Cross-Impacts) angegeben werden. Wird der Knopf „All Chains“ betätigt, erscheint im unteren Bereich des Dialoges das Ergebnis. Will der Benutzer nur die Ketten von einer bestimmten Variablen auf das Ziel wissen, so kann diese in der zweiten Zeile eingegeben werden. Nach dem Drücken des „Chains From“-Knopfes erscheinen dann im unteren Bereich alle wirkungsketten von der selektierten Variablen in der zweiten Zeile zur selektierten Variablen in der ersten Zeile.

5.4.4.2 Der Rückkopplungsschleifendetektor

Es gibt im Menüeintrag „Tools“ zwei Möglichkeiten, den Rückkopplungsschleifendetektor aufzurufen. Durch Anwahl des Eintrags „Feedback Loops of Scenario“ werden alle Rückkopplungsschleifen des gerade angewählten Szenarios ermittelt und als Liste ausgegeben. Wird der Eintrag „Feedback Loops per Variable“ selektiert, erscheint der Dialog, wie in Abbildung 45 dargestellt. In diesem Dialog wählt der Benutzer eine Trend- oder Ereignisvariable aus, die an den zu ermittelnden Rückkopplungsschleifen beteiligt soll. Durch Drücken des „Loops“-Knopfes werden dann alle Rückkopplungsschleifen ermittelt.

5.4.4.3 Aktiv- und Passivsummen Diagramm

Ein Aktiv- und Passivsummendiagramm ist ebenfalls als Analysewerkzeug implementiert. Es wird durch Anwahl des Menüeintrags „Tools | Active and Passive Sums“ geöffnet (siehe Abbildung 46). Auf der rechten Seite werden alle Trend- und Ereignisvariablen mit ihren Aktivhäufigkeiten (AC) und -summen (AS), sowie



No	Variable	AC	AS	PC	PS	AS*PS	AS/PS
1	MemberCon...	4	1.88	4	3.12	5.86	0.60
2	MemberNum...	3	2.50	5	3.00	7.50	0.83
3	Resources	2	1.25	4	2.25	2.81	0.56
4	Marketing	3	2.25	3	1.50	3.38	1.50
5	Projects	2	1.50	2	2.25	3.38	0.67
6	Competition	2	1.25	0	0.00	0.00	∞
7	Crisis	4	2.25	2	0.75	1.69	3.00
8	Do Marketing	1	1.00	0	0.00	0.00	0.00
9	Put Resources	1	2.00	0	0.00	0.00	0.00

22	15.88	12.88	20	24.61	7.16

Abbildung 46: Das Aktiv- und Passivsummendiagramm

Passivhäufigkeiten (PC) und -summen (PS) angezeigt. Zusätzlich wird das Produkt AS*PS und der Quotient AS/PS gebildet.

Auf der linken Seite dieses Dialogs befindet sich das eigentliche Diagramm. Optional können Aktionsvariablen eingeblendet, die Form des Diagramms auf quadratische Darstellung und Farben ein- bzw. ausgeblendet werden. Die beiden Reiter im oberen Bereich des Diagramms erlauben die Darstellung der Aktiv-/Passivsummen bzw. der Häufigkeiten der Wechselwirkungen.

6 Evaluierung

Der Gegenstand dieses Kapitels ist die Evaluierung der in Abschnitt 5 beschriebenen Software JCrimp durch die Anwendung im Rahmen einer Fallstudie (z.B. Yin 2018). Dazu wurde ein deutsches Luft- und Raumfahrtcluster ausgewählt, für das die strategische Planung im Cluster einen großen Stellenwert hat.

Im folgenden Abschnitt 6.1 wird die Fallstudie vorgestellt, d. h. die entsprechende Clusterinitiative wird anonymisiert eingeführt, und die Zielsetzung und Planung der Fallstudie wird skizziert. In Abschnitt 6.2 werden der Planungsprozess und die Anwendung im Rahmen der Fallstudie beschrieben. Abschnitt 6.3 beinhaltet die erzielten Ergebnisse, aus denen im späteren Abschnitt 7.1 Schlussfolgerungen gezogen werden. Abschließend beinhaltet Abschnitt 6.4 die Ergebnisse der Befragung der Teilnehmer an der Fallstudie.

6.1 Einführung in die Fallstudie

Das betrachtete Luftfahrtcluster umfasste im Jahr 2012 etwa 140 Unternehmen mit ca. 12.000 Beschäftigten und 20 Forschungseinrichtungen, die in Entwicklung, Produktion und Vertrieb von Luft- und Raumfahrtsystemen und deren Komponenten tätig waren. Innerhalb der Clusterinitiative wurde eine Clusterorganisation etabliert (siehe Abbildung 47). Die Mitglieder der Clusterinitiative sind spezialisiert im Technologiebereich der Luft- und Raumfahrt tätig, kommen aber auch aus anderen Branchen wie Automobilbau, Windenergie und Schiffbau.

Nach Ansicht des Autors hat der betrachtete Luft- und Raumfahrtcluster sowohl Merkmale des Satellite Platform Cluster-Modells als auch des Hub and Spoke Cluster-Modells (vgl. Abschnitt 2.2.3.3). Zum einen befinden sich große Niederlassungen (Werke) von Flugzeugherstellern bzw. Schwesterunternehmen in der Region (Satellite Platform), andererseits gibt es große Akteure aus dem Raumfahrtbereich. In beiden Fällen befinden sich spezialisierte KMUs der Zuliefernetzwerke und Forschungseinrichtungen ebenfalls in der Region (Hub and Spoke).

Zur Zeit der Fallstudie wurde das Cluster von einem Werk eines Flugzeugherstellers dominiert. Die Entwicklung eines neuen Flugzeugstypen ist gerade abgeschlossen worden, Engineering-Kompetenzen sind im Cluster stark vertreten, es sind aber keine weiteren Flugzeugentwicklungen geplant.

Auf einer Mitgliederversammlung des Luftfahrtclusters wurde die Durchführung einer kausalen Cross-Impact Analyse zur Unterstützung der strategischen Planung im Cluster im Rahmen eines Workshops vorgestellt. Die Zielsetzung umfasste die Identifikation der wichtigsten Einflussfaktoren und deren Vernetzung, die Identifikation strategischer Ansatzpunkte und geeigneter Umsetzungsmaßnahmen, sowie

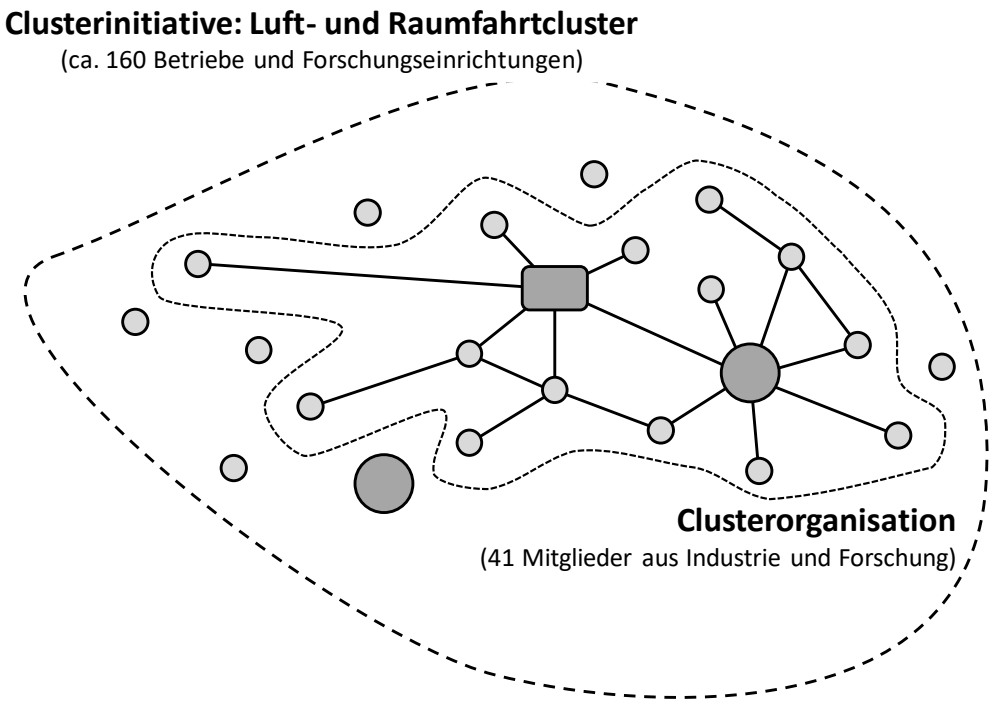


Abbildung 47: Das betrachtete Luft- und Raumfahrtcluster und die Cluster-Organisation als Netzwerk

deren Bewertung durch Szenario-Simulation. Geplant waren im Rahmen des Workshops vier bis fünf Sitzungen mit einem Team bestehend aus sechs bis acht Personen.

6.2 Anwendung

Vorgeschaltet ist der strategischen Planung die Definition der Mission und die Entwicklung einer Vision (Hungenberg 2014, S. 26). Bevor der eigentliche strategische Planungsprozess startet, muss die strategische Zielsetzung festgelegt sein. Weiterhin werden vier Phasen der strategischen Planung unterschieden, die durch Vor- und Rückkopplungen miteinander verbunden sind (siehe Abbildung 2). Die erste Phase ist die strategische Analyse, die sich mit der Informationsgewinnung und -auswertung beschäftigt und der Phase der Entwicklung strategischer Handlungsalternativen vorausgeht. Anschließend folgt die Phase der Bewertung und Auswahl, wobei sich die Bewertung an den vorgeschaltet definierten übergeordneten Zielen ausrichtet. Schließlich folgt die Phase der Implementierung der getroffenen Entscheidung(en). Die strategische Analyse wird weiterhin in interner und externer (Umwelt-) Analyse gegliedert.

Der angewandte Prozess in Abbildung 48 dargestellt. Eingebettet in den Prozess der strategischen Planung sind die notwendigen Schritte der Cross-Impact-Modell-

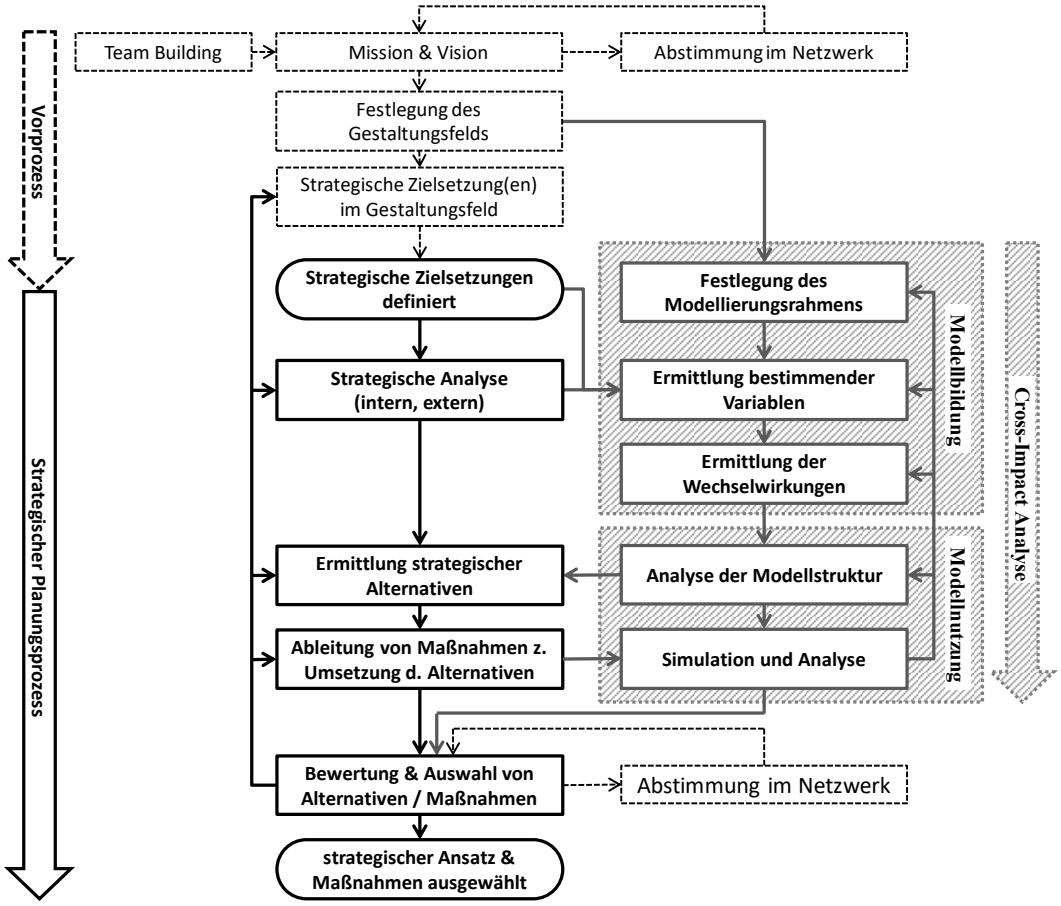


Abbildung 48: Integration der Cross-Impact Analyse in den strategischen Planungsprozess (nach Duin und Thoben 2014, 382)

Erstellung und späteren Nutzung. Diese Schritte sind grau hinterlegt. Es handelt sich dabei um:

- **Festlegung des Modellierungsrahmens**: Dieser Schritt beinhaltet die Erstellung der Modellbeschreibung nebst Namen und Versionsnummer als auch die Festlegung vom Modellparametern, wie der Zeithorizont der Cross-Impact Analyse und die Auflösung von Zeitreihen (z. B. Jahre, Quartale, o. ä.), wie sie später von den Variablen genutzt werden.

- **Ermittlung bestimmender Variablen**: Bei der Ermittlung bestimmender Variablen wird zunächst ein Satz sogenannter Trendvariablen aufgestellt. Trendvariablen repräsentieren messbare Systemgrößen, die sich über die Zeit kontinuierlich verändern und stellen Zielgrößen und Einfluss- bzw. Schlüsselfaktoren des Gestaltungsfeldes dar. Für jeden Trend wird ein geschätzter (a priori) Verlauf und eine Volatilität in der Form einer Zeitreihe festgelegt.

  Weiterhin können an dieser Stelle bereits Performance Indikatoren definiert werden, die die Zielerreichung messen und sich direkt aus den Trendvariab-

len berechnen lassen. Diese Indikatoren werden in der Cross-Impact Analyse als Ausdrucksvariable realisiert.

- **Ermittlung der Wechselwirkungen**: Trendvariablen interagieren in einem Cross-Impact-Modell über Wechselwirkungen, die durch Koeffizienten beschrieben sind. Ein Cross-Impact-Koeffizient beschreibt die Stärke und Richtung, wie eine Variable eine andere Variable beeinflusst. In diesem Schritt werden die Wechselwirkungen zwischen den Trendvariablen festgelegt.

- **Analyse der Modellstruktur**: Werden die Absolutwerte der Cross-Impact-Koeffizienten zeilen- bzw. spaltenweise aufsummiert, so ergeben sich daraus die Aktivsumme und die Passivsumme der beteiligten Variablen und können wie von Gausemeier et al (2014) beschrieben analysiert werden.

- **Simulation und Analyse**: Maßnahmen zur Implementierung von Strategien werden im Rahmen der Cross-Impact Analyse als Aktionsvariablen modelliert. Jede Aktion kann Einfluss auf die vorhandenen Trendvariablen nehmen, indem entsprechende Wechselwirkungen zwischen Aktionen und Trendvariablen definiert werden. Durch das „Setzen“ von Aktionen kann nun per Simulation festgestellt werden, wie die Maßnahmen bzgl. der Zielerreichung wirken.

  An dieser Stelle kann auch eine Robustheitsanalyse durch die Einführung von Ereignisvariablen durchgeführt werden.

Das abschließende Ergebnis des Prozesses ist eine ausgewählte strategische Alternative inklusive der für ihre Umsetzung notwendigen Maßnahmen.

Um möglichst unterschiedliche Perspektiven im Workshop berücksichtigen zu können, wurden gezielt Mitglieder der Clusterinitative aus Industrie und Forschung und der Wirtschaftsförderung angesprochen. Daraus ergab sich ein Team zur Durchführung des Workshops, das aus zehn Teilnehmern bestand, wobei zwei Teilnehmer das Clustermanagement direkt repräsentierten, drei Teilnehmer von industriellen Mitgliedern stammten, vier Teilnehmer aus Wissenschaft und Forschung und zwei Teilnehmer von der Wirtschaftsförderung kamen. Im Schnitt waren pro Workshop 65% aller Teilnehmer anwesend, was auf eine rege Teilnahme hinweist.

Tabelle 13 gibt eine Übersicht zu den Inhalten der einzelnen Treffen und welche Schritte des strategischen Planungsprozesses und der Cross-Impact Analyse gemäß dem Ablaufdiagramm in Abbildung 48 betroffen waren. Die erste Spalte gibt die Nummer der Sitzung wieder, wobei die nullte Sitzung ein Treffen mit Vorbereitungs- bzw. Planungscharakter war und daher nicht zu den acht Workshop-Sitzungen gehört.

Nr	Beschreibung	Strategische Planung	Cross-Impact Analyse
0	Treffen in der Vorbereitungsphase des Workshops	Team-Building	-
1	Das erste Treffen diente der Einführung in den Prozess und der Methode der kausalen Cross-Impact Analyse. Weiterhin wurden Mission und Vision der Clusterinitative diskutiert.	Vision und Mission Festlegung des Gestaltungs-feldes	Modellie-rungsrahmen
2	Mission und Vision wurden verabschiedet. Anschließend wurden per Brainstorming die strategischen Zielsetzungen sowohl aus Netzwerksicht als auch aus der Sicht von Mitgliedsunternehmen bestimmt. Ebenfalls wurde im Rahmen der strategischen Analyse eine SWOT-Analyse (SWOT steht für Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) durchgeführt. Aus den Ergebnissen wurde der erste Satz von Trendvariablen erstellt.	Vision und Mission Strategische Zielsetzungen im Gestaltungsfeld Strategische Analyse	Ermittlung bestimmender Variablen
3	Der erstellte Satz von Trendvariablen wurde vorgestellt und diskursiv im Team von 36 auf 24 Variablen reduziert. Für die resultierenden Variablen wurden die Einheiten, Minima und Maxima als auch a-priori-Einschätzungen festgelegt. Das Vorgehen für die Abschätzung von Cross-Impacts wurde vorgestellt. Die Teilnehmer wurden anschließend per Email mit einer leeren Cross-Impact-Matrix zwecks Abschätzung der einzelnen Wechselwirkungen versorgt. Es wurden sechs Matrizen ausgefüllt und zurückgeschickt.	-	Ermittlung bestimmender Variablen Ermittlung der Wechselwirkungen
4	Die Analyseergebnisse der sechs Cross-Impact Matrizen wurde präsentiert. Dabei wurde der Variablensatz noch einmal auf 20 Variablen reduziert und ein gemeinsames Verständnis besprochen. Anschließend wurden die Teilnehmer wieder per Email mit einer leeren Cross-Impact-Matrix zwecks Abschätzung der einzelnen Wechselwirkungen versorgt. Diesmal wurden vier Matrizen ausgefüllt und zu-rückgeschickt.	-	Ermittlung bestimmender Variablen Ermittlung der Wechselwirkungen Analyse der Modellstruktur
5	Die Analyseergebnisse der vier Cross-Impact Matrizen wurde präsentiert. Die Problemfälle wurden diskutiert und gemeinschaftlich gelöst. Eine Analyse des Modells (Vernetzungsgrad, Aktiv- und Passivsummen) wurde präsentiert. Basierend auf dieser Analyse wurde ein erster Versuch unternommen, strategische Alternativen zu identifizieren, was durch ein einfaches Brainstorming nicht gelang.	Ermittlung strategischer Alternativen Ableitung von Maßnahmen zur Umsetzung der Alternativen	Analyse der Modellstruktur

Nr	Beschreibung	Strategische Planung	Cross-Impact Analyse
6	Ein erneuter Anlauf zur Festlegung strategischer Alternativen unter Zuhilfenahme der modifizierten Ansoff-Matrix (Kotler 2012, S. 47) war erfolgreich. Dazu wurden Ideen aus dem Team jeweils aus Sicht der Clusterorganisation bzw. Mitgliedsunternehmen in diese Matrix einsortiert. Nach Bündelung konnten fünf verschiedene strategische Alternativen ermittelt werden.	Ermittlung strategischer Alternativen Ableitung von Maßnahmen zur Umsetzung der Alternativen	-
7	Im Rahmen eines Brainstormings wurden Maßnahmen für die Umsetzung der strategischen Alternativen ermittelt und priorisiert. Aus den ursprünglich 32 Maßnahmen wurden vom Team die zehn wichtigsten ermittelt. Diese Maßnahmen können direkt als Modellvariablen vom Typ Aktion aufgenommen werden. Abschließend wurden die Teilnehmer wieder mit einer leeren Cross-Impact-Matrix (diesmal Aktionen auf Trends) zwecks Abschätzung der einzelnen Wechselwirkungen versorgt. Diesmal wurden fünf Matrizen ausgefüllt und zurückgeschickt. Diese wurden wiederum analysiert und in das Cross-Impact-Modell integriert.	Ableitung von Maßnahmen zur Umsetzung der Alternativen	Ermittlung bestimmender Variablen (Aktionen) Ermittlung der Wechselwirkungen Simulation und Analyse
8	Das achte treffen diente der Abschlusspräsentation der Ergebnisse. Zunächst sind alle bisherigen Ergebnisse dargestellt worden. Anschließend wurden die Simulationsergebnisse präsentiert und im Team diskutiert. Die Ergebnisse des Workshops inkl. der Simulationsergebnisse werden im nächsten Abschnitt dargestellt.	Bewertung (und Auswahl) von strategischen Alternativen und Maßnahmen	Simulation und Analyse

Tabelle 13: Übersicht zu den acht Treffen im Rahmen des Workshops

6.3 Ergebnisse

In diesem Abschnitt sind die wichtigsten Ergebnisse des Workshops dargestellt. Es handelt sich dabei um die Vision und Mission der Clusterinitiative, strategische Ziele und strategische Analyse, Variablendefinitionen für die Cross-Impact Analyse, Wechselwirkungsmatrix, strategische Alternativen, Maßnahmen und Simulationsergebnisse in der Form von Szenarien.

6.3.1 Vision und Mission der Clusterinitiative

Auf den ersten beiden Sitzungen wurden unter anderem die Vision und die Mission der Clusterinitiative diskursiv behandelt, mit dem bereits vorhandenen Leitbild abgeglichen und verabschiedet.

Die Vision lässt sich durch die folgenden vier Punkte ausdrücken:

Netzwerkziele	Mitgliederziele
• Sich selbst tragende / organisierende AGs • Anzahl der Fachgruppen erhöhen • Mehr externe Aufträge akquirieren für die Mitglieder (extern = nicht aus der Region kommend) • Wirksamkeit steigern; Kompetenzausbau und -vermarktung • Gemeinsam ist man stärker • Zufriedene Mitglieder • Mind. 40% der Mitglieder leisten aktive Beiträge (z.B. Initiierung von Arbeitsgruppen) • Gesamtumsatz der Mitglieder erhöhen • Finanzielle Unabhängigkeit; betriebswirtschaftliche Unabhängigkeit; Finanzausstattung erhöhen • Sichtbarkeit erhöhen • Stärkere Kontakte im internationalen Umfeld • Gründung virtueller Unternehmen ("Beutegemeinschaften") • Stärkung der Region durch Anwerbung von Fachkräften und Unternehmen • Alle relevanten Unternehmen/Organisationen sind Mitglied; Mitgliederwachstum; Mitgliederanzahl erhöhen; Mitgliederstamm mit den relevanten Unternehmen aus der Region; >90% der relevanten Unternehmen und Organisationen der Region als Mitglied gewinnen • Luftfahrt Know-How in der Region verbessern • Gesteigerte Attraktivität für Neumitglieder (aus angrenzenden Bereichen); Einbindung weiterer Vereine • Technologieexpertise verbessern und kommunizieren • Bereitschaft zur Kooperation und Eigenständigkeit, Aktivität der Mitglieder; Dynamik und Aktivität im Netzwerk • Innovationen fördern • Als Projektträgerschaft agieren	• Erschließung neuer Kunden (z.B. Embraer); Neue Kunden erschließen; Zugang zu (bisher) verschlossenen Kunden • Zugang zu Know-How erhöhen; Problemlösungskompetenz erhöhen; Schnellerer Zugriff auf fehlende Kompetenz • Neue Geschäftsfelder erschließen; Erschließung weiterer Branchen • Bekanntheitsgrad in der Region und der Branche erhöhen • Durch Gruppeninfos frühzeitige Einschätzung potentieller Partner • Leichterer Zugriff auf den Arbeitsmarkt • Zugang zu Informationen (Förderungen, Projekte, ...) • Sicheres Wachstum, reduziertes Risiko; Unternehmenswachstum • Gute Arbeitnehmer erhalten durch Attraktivität • Mind. 3 Anfragen von Mitgliedern pro Jahr (Angebote) • Einkaufsgemeinschaften gründen (gemeinsame Beschaffung) • Erlangung eines persönlichen Vertrauensverhältnisses • EBIT (Earnings Before Interests and Taxes = operatives Ergebnis) steigern; Projektgeschäft generieren (Umsatz steigern); Umsatzwachstum mindestens analog zum Wachstum der Branche; Gewinn, nicht nur Umsatz • Zukünftige Herausforderungen identifizieren • Durchgängig mindestens ein gefördertes Forschungsprojekt mit Mitgliedern im Konsortium: F&E Projekte initiieren; F&E Projekte in Luftfahrt initiieren (Anteil erhöhen) • Langfristige Integration • Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit

Tabelle 14: Strategische Zielsetzungen aus Sicht der Clusterinitiative und der Mitglieder

- Alle clusterrelevanten Unternehmen und Organisationen der Region sind Mitglied in der Clusterinitiative und vernetzt.

- Die Clusterorganisation trägt sich wirtschaftlich selbst und ist so schlagkräftig, dass alle Mitglieder aktiv betreut werden können.

Strengths	Weaknesses
• Aktiver Mitgliederstamm (z.B. AG Koop.) • Innovativ • Spezialisierung • Vertrauen untereinander • Erfolgreiche Projekte (Success Stories) • 12.000 Arbeitsplätze • gute Balance von Industrie und Forschung • Breit gefächertes Portfolio • …	• Very Small; der Cluster ist immer noch relativ klein • Einseitige Ausrichtung durch OEM • Sinkende Marge, steigender Kostendruck • Nationale Unsichtbarkeit • Passive Mitglieder; mangelnde Mitgliederaktivität • Verlust von wichtigen Mitarbeitern; gut ausgebildete Arbeitnehmer wandern ab • …
Opportunities	**Threats**
• Neue Mitglieder • Bestehende Technologien an neue Kunden (z.B. Embraer) • Bündelung von Projektpartnern • Hightechstandort Deutschland "Wissensgesellschaft" • Entwicklung neuer Technologien • Erschließung neuer Märkte möglich • Dialog Wissenschaft Wirtschaft • …	• Fachkräftemangel • Höhere Konzentr. auf wenige Zulieferer • Erhöhung von Steuern; stringentere Regulierung von Politik (z.B. CO2-Ausstoss) • Austritt von Mitgliedsunternehmen • konkurrierende Cluster in anderen Regionen • Keine langfristig gesicherte Finanzierung; keine finanzielle Unterstützung • Abhängigkeit von schwank. Konjunktur • …

Tabelle 15: Beispielhafte Ergebnisse der SWOT-Analyse

- Ausschreibungen, die thematisch von den Mitgliedern bedient werden können gehen nicht unerkannt an ihnen vorbei.
- Bei potentiellen Auftraggebern der Region ist durchgängig bekannt, welche Kompetenzen bei den Mitgliedern verfügbar sind.

Die Mission beinhaltet Unterstützungsfunktionen für die Clustermitglieder und der Region, die durch Netzwerkbildung und -pflege erreicht werden sollen. Dazu gehören z. B. Kompetenzen transparent machen, Arbeitsgruppen zu Fachthemen einrichten und begleiten, Kooperationsbereitschaft und Vertrauen fördern, Wissensaustausch und Technologietransfer fördern, Außendarstellung und Lobbying.

Für den Modellierungsrahmen wurde der Zeithorizont 2030 festgelegt. Das zu entwickelnde Modell soll also beginnend mit dem Jahr 2014 die kommenden 16 Jahre abdecken.

6.3.2 Strategische Ziele und SWOT-Analyse

Ebenfalls auf der zweiten Sitzung wurden durch Brainstorming die strategischen Ziele der Clusterorganisation und deren Mitglieder ermittelt. Jeder Teilnehmer erhielt weiße Karten für Netzwerkziele und blaue Karten für Mitgliederziele und hat diese mit entsprechenden Zielsetzungen beschriftet. Anschließend wurden die beschrifteten Karten eingesammelt, laut verlesen, bei Bedarf erörtert und an Stellwände geheftet. Karten mit gleichem oder stark ähnlichem Inhalt wurden zusammengefasst. Das Ergebnis ist in Tabelle 14 dargestellt.

Im Rahmen der strategischen Analyse (interne und externe Analyse) wurde die SWOT-Analyse eingesetzt. Jeder Teilnehmer erhielt grüne (für Strengths = Stärken), rote (für Weaknesses = Schwächen), gelbe (für Opportinities = Möglichkeiten) und orangene (für Threats = Bedrohungen) Karten, die von den Teilnehmern beschriftet wurden. Anschließend wurden die beschrifteten Karten eingesammelt, laut verlesen, bei Bedarf erörtert und an Stellwände geheftet. Karten mit gleichem oder stark ähnlichem Inhalt wurden gebündelt. Beispielhafte Ergebnisse dieser Analyse sind in Tabelle 15 dargestellt.

6.3.3 Trendvariablen

Aus den Ergebnissen der Analyse der strategischen Zielsetzungen und der SWOT-Analyse (siehe Tabelle 14 und Tabelle 15) wurde ein erster Variablensatz bestehend aus 34 Trendvariablen erstellt. Dieser Variablensatz wurde als Input für die dritte Sitzung generiert, um dort auf 24 Variablen (zweiter Variablensatz) reduziert zu werden.

Der zweite Variablensatz wurde mit entsprechenden Daten (Einheit, Minimum, Maximum, a-priori-Abschätzung des Verlaufs und Volatilitäten) versehen und diente als Input zur Erstellung der ersten Cross-Impact Matrix.

Der dritte und endgültige Variablensatz entstand, nachdem einige Schwierigkeiten mit der Cross-Impact-Matrix gelöst wurden. Zunächst wurde die vorhandene Trendvariablenliste kritisch untersucht mit der Zielsetzung Variablen, die das Gleiche messen, zusammenzufassen und evtl. fehlende Einflussfaktoren zu identifizieren.

Dadurch reduziert sich der endgültige Variablensatz von 24 auf 20 Variablen, wie er in Tabelle 16 dargestellt ist.

Nr	Variable	Beschreibung	Einheit Min / Max	Apriori Abschätzung
1	Anzahl der Mitglieder Industrie und Andere	Anzahl der industriellen und anderen Mitglieder in der Clusterinitiative	# 20 / 100	2014 = 37 leicht steigend
2	Anzahl der Mitglieder Forschung	Anzahl der akademischen Mitglieder bzw. Forschungsinstitute in der Clusterinitiative	# 4 / 15	2014 = 6 gleichbleibend
3	Kooperation und Networking	Maß für die durchschnittlichen Aktivitäten der Mitglieder zum gegenseitigen Kennenlernen und Vernetzen	Skala [0;10]	2014 = 5 gleichbleibend
4	Aktivität der Mitglieder	Aktivität der Mitglieder zeichnet sich aus durch vorgeschlagene AGs, Mitarbeit in den AGs; Anzahl "aktiver" Mitglieder (Mitglieder, die an mehr als 2 Treffen teilgenommen haben)	# 10 / 43	2014 = 36 gleichbleibend
5	Anzahl der Veranstaltungen	Anzahl interner und externer Veranstaltungen (intern = Veranstaltungen, an denen Mitglieder teilnehmen können; extern = Veranstaltungen, in denen der Cluster nach außen repräsentiert)	# 20 / 100	2014 = 51 gleichbleibend
6	Vertrauen	Gemeinschaftsgefühl und Vertrauen wird zusammengefasst	Skala [0,10] 0 / 10	2014 = 5 Leicht steigend
7	Zufriedenheit der Mitglieder	Einschätzung der durchschnittlichen Zufriedenheit eines Mitglieds mit der Mitgliedschaft in der Clusterinitiative	Skala [0,10] 0 / 10	2014 = 7 Gleichbleibend
8	Gesamtkompetenz im Cluster	Zusammengelegt mit "Know-How-Level", technologische Kompetenz	Skala [0,10] 0 / 10	2014 = 8,5 Gleichbleibend
9	Zugriff auf Know-How	Austausch auf operativem Level	Skala [0,10] 0 / 10	2014 = 5 Gleichbleibend
10	Bekanntheitsgrad	Zusammengelegt mit "Sichtbarkeit"; es wird nicht mehr zwischen regional, national und international unterschieden; Fokus ist eher auf regional bis national	Skala [0,10] 0 / 10	2014 = 6 Gleichbleibend
11	Image	Maß für die Wahrnehmung der Clusterinitiative	Skala [-5;5]	2014 = 2 Gleichbleibend
12	Anzahl interne Projekte (Aufträge)	Projekte, wo der Auftraggeber Mitgliedsunternehmen Mitglied der Clusterinitiative ist	2014 = 100% 70 / 130	2014 = 100 gleichbleibend

Nr	Variable	Beschreibung	Einheit Min / Max	Apriori Abschätzung
13	Anzahl externer Projekte (VU)	Projekte, wo sich Mitglieder zusammentun (virtuelles Unternehmen), um Projekte eines externen Auftraggebers zu akquirieren	2014 = 100% 70 / 130	2014 = 100 gleichbleibend
14	Finanzielle Unabhängigkeit (der Clusterorganisation)	Mitgliedsbeiträge, Aufträge, Sponsoren, usw. Unter 5: Grenzwertig, muss extern gefördert werden	Skala [0,10] 0 / 10	2014 = 6 gleichbleibend
15	Fachkräfte in der Region	Anzahl der Fachkräfte in der Region	Skala [0,10] 0 / 10	2014 = 7 leicht steigend
16	Fach-Unternehmen in der Region	Anzahl der Fach-Unternehmen in der Region	#	2014 = 100 Leicht sinkend
17	Bekanntheitsgrad des Unternehmens	Durchschnittliches Maß für den Bekanntheitsgrad eines Mitgliedsunternehmens	Skala [0,10] 0 / 10	2014 = 5 Gleichbleibend
18	Konzentration der Zulieferer	Konzentration der Zulieferer	Skala [0,10]	2014 = 7 steigend
19	Konkurrenzsituation zu anderen Clustern	Konkurrenzsituation zu anderen Clustern	Skala [0,10]	2014 = 6 steigend
20	Konjunktur	Gemäß dem IFO Geschäftsklimaindex	Indexpunkte 0 / 200	2014 = 110 2% Wachstum

Tabelle 16: Dritter und endgültiger Trendvariablensatz

Vom Autor wurde im Nachhinein die folgenden Ausdrucksvariablen definiert, wobei die ersten beiden die Entwicklung der Gesamtanzahl der Mitglieder und die Entwicklung der Gesamtanzahl von Projekten (interne und externe) wiedergeben und die beiden anderen als Erfolgsindikatoren genutzt werden können (siehe Tabelle 17):

- Die Gesamtanzahl der Mitglieder ist einfach die Summe der durchschnittlichen Anzahl der industriellen und anderen Mitglieder und die durchschnittliche Anzahl der Forschungsmitglieder.

- Die Gesamtanzahl der Projekte (interne und externe) normiert sich auf das Jahr 2014. Für dieses Jahr wird die Anzahl auf 100% festgelegt. Dazu werden dann die jeweiligen durchschnittlichen Abweichungen von den a-priori-Werten sowohl der Anzahl der internen als auch der Anzahl der externen Projekte (die auch in Prozent zum Referenzjahr 2014 gemessen werden) addiert.

- Bei dem ersten Erfolgsindikator handelt es um die Addition der jeweils durch ihre Volatilitäten genormten durchschnittlichen Abweichungen der Zufriedenheit der Mitglieder und des Images der Clusterinitiative. Dieser Indikator wird größer eins, wenn die Zufriedenheit der Mitglieder oder das Image der Clusterinitiative eine größere positive Abweichung als ihre Volatilität haben. Der Indikator kann auch negative Werte annehmen.

- Der zweite Erfolgsindikator ist das Produkt der jeweils durch ihre Volatilitäten genormten durchschnittlichen Abweichungen des Bekanntheitsgrads und des Images des Clusters. Der Indikator kann auch negative Werte annehmen.

6.3.4 Cross-Impact Matrix: Trends auf Trends

Die erste Abschätzung von Cross-Impact-Koeffizienten wurde mit dem zweiten Trendvariablensatz bestehend aus 24 Trendvariablen durchgeführt. Es wurden alle Workshop-teilnehmer aufgefordert die Cross-Impacts zwischen den Trendvariablen abzuschätzen. Dabei sollte die im grauen Kasten aufgeführte Methode zur Einschätzung der Stärke sowie der Wirkungsrichtung vorgenommen werden. Alle Workshop-Teilnehmer wurden mit dieser Methode vertraut gemacht, indem ein Beispiel durchgesprochen wurde. Es wurde ebenfalls darauf hingewiesen, dass es

Nr	Variable	Beschreibung	Berechnung
1	Anzahl der Mitglieder	Gesamtanzahl der Mitglieder in der Clusterinitiative	"Anz. Mitglieder Industrie und Andere":average + "Anz. Mitglieder Forschung":average
2	Anzahl der Projekte	Die Gesamtzahl der Projekte (interne und externe gemessen am Level von 2014 (2014 = 100%)	100 + ("Anzahl interner Projekte (Aufträge)":average - "Anzahl interner Projekte (Aufträge)":apriori) + ("Anzahl externer Projekte (VU)":average - "Anzahl externer Projekte (VU)":apriori)
3	Erfolgsindikator 1	Addition der Abweichungen der Zufriedenheit der Mitglieder und des Images des Clusters	(("Zufriedenheit der Mitglieder":average-"Zufriedenheit der Mitglieder":apriori)/"Zufriedenheit der Mitglieder":volatility/2) + (("Image":average-"Image":average)/"Image ":volatility/2)
4	Erfolgsindikator 2	Produkt der Abweichungen des Bekanntheitsgrades und des Images	(("Bekanntheitsgrad":average - "Bekanntheitsgrad":apriori) / "Bekanntheitsgrad":volatility) * (("Image ":average - "Image ":apriori) / "Image":volatility)

Tabelle 17: Indikatoren als Ausdrucksvariablen

gilt, Doppelzählungen, die durch indirekte Wirkungen auftreten können, zu vermeiden.

Eine leere (nicht ausgefüllte) Cross-Impact-Matrix wurde per E-Mail an alle Teilnehmer des Workshops mit der Bitte verteilt, diese innerhalb einer gesetzten Frist zurückzusenden. Es wurden sechs Matrizen zurückgeliefert, was einer Rückerläuferquote von 60% entspricht.

Wie bereits in Abschnitt 6.3.3 erwähnt, ergab die Analyse der Zusammenfassung der sechs Einzelmatrizen einige Problemfälle, so dass der genutzte Variablensatz ebenfalls noch einmal überarbeitet wurde. Im Zuge der Überarbeitung wurden Variablen auch präzisiert und zwei neue Variablen eingeführt. Eine weitere Runde der verteilten Abschätzung der Cross-Impact Matrix ergab vier Rückläufer, die ebenfalls zusammenfassend analysiert wurden.

Die einzelnen Matrizen jeder Runde wurden nach den folgenden Ansätzen analysiert:

- **Füllgrad**: Der Füllgrad der Einzelmatrizen beschreibt die relative Häufigkeit von Wechselwirkungen ungleich Null.

- **Minimum-Matrix**: Diese Matrix enthält die jeweils numerisch kleinsten Abschätzungen der Wechselwirkungen aus den entsprechenden Zellen der zurückgelieferten Matrizen.

- **Maximum-Matrix**: Die Maximum-Matrix enthält die jeweils numerisch größten Abschätzungen der Wechselwirkungen aus den entsprechenden Zellen der zurückgelieferten Matrizen.

- **Subtraktion von Minimum vom Maximum**: Diese Matrix enthält die Spannbreiten der Abschätzungen der einzelnen Wechselwirkungen aus den entsprechenden Zellen der sechs zurückgelieferten Matrizen. Dies ist ein Maß dafür, wie weit die Minimal- und Maximalabschätzung einer Wechselwirkung auseinander liegt. Der beste zu erreichende Wert ist Null, der in dem Fall eintritt, wenn alle Teilnehmer den gleichen Wert schätzen. Die maximal erreichbare Spannbreite ist 4 (dieser Fall tritt ein, wenn mindestens ein Teilnehmer -2 und ein anderer Teilnehmer +2 für denselben Cross-Impact angibt).

- **Durchschnittsmatrix**: In der Durchschnittsmatrix ist die Durchschnittsstärke der Abschätzungen der einzelnen Wechselwirkungen aus den entsprechenden Zellen der Einzelmatrizen eingetragen.

- **Medianmatrix**: In der Medianmatrix ist der Median der Abschätzungen der einzelnen Wechselwirkungen aus den entsprechenden Zellen der Einzelmatrizen eingetragen.

- **Standardabweichungen**: Diese Matrix gibt die Standardabweichung zu den Durchschnittswerten aus der Durchschnittsmatrix wieder.

- **Vorzeichendreher**: Diese Matrix enthält in einer Zelle eine 1, wenn der entsprechende Cross-Impact von mindestens einem Teilnehmer als gleichgerichtet und mindesten einem anderen Teilnehmer als gegengerichtet eingestuft wurde.

- **Problemfälle**: Die Matrix der Problemfälle enthält in einer Zelle eine 1, wenn die Einschätzung entsprechender Cross-Impacts zwischen den Teilnehmern sehr unterschiedlich war. Um dies zu messen, wurden drei Kriterien eingeführt, von denen mindestens eines vorliegen muss:

  Kriterium 1: Die Standardabweichung überschreitet einen festgelegten Grenzwert K1 (z.B. K1 = 0,8).

  Kriterium 2: Die Differenz zwischen größter und kleinster Abschätzung überscheitet einen festgelegten Grenzwert K2 (z.B. K2=1,5).

  Kriterium 3: Es liegt ein Vorzeichendreher vor.

- **Akkumulierte Matrix**: Die akkumulierte Matrix ist die Durchschnittsmatrix mit auf 0,5 aufgerundeten Werten. Problemfälle sind diskursiv vom Team bereinigt worden. Die akkumulierte Matrix der zweiten Runde wurde als Eingabe für den Simulationsalgorithmus genutzt.

Zusätzlich wurden zur Qualitätsbeurteilung noch die folgenden Verteilungen ermittelt:

- **Paarweiser Vergleich aller Cross-Impacts**: Im paarweisen Vergleich werden die Differenzen zwischen allen rückgemeldeten geschätzten Cross-Impacts ermittelt und deren relative Häufigkeit dargestellt (siehe Abbildung 49). Dies liefert einen Indikator dafür, wie stark die Übereinstimmung in der Gruppe bei der Einschätzung von Wechselwirkungen ist. (Weimer-Jehle 2007, S. 142 ff.)

- **Verteilung der Cross-Impacts**: Diese Verteilung zeigt die relative Häufigkeit der Werte der geschätzten Cross-Impacts aller rückgemeldeten Matrizen über den Wertebereich von -2 bis 2 an (siehe Abbildung 50).

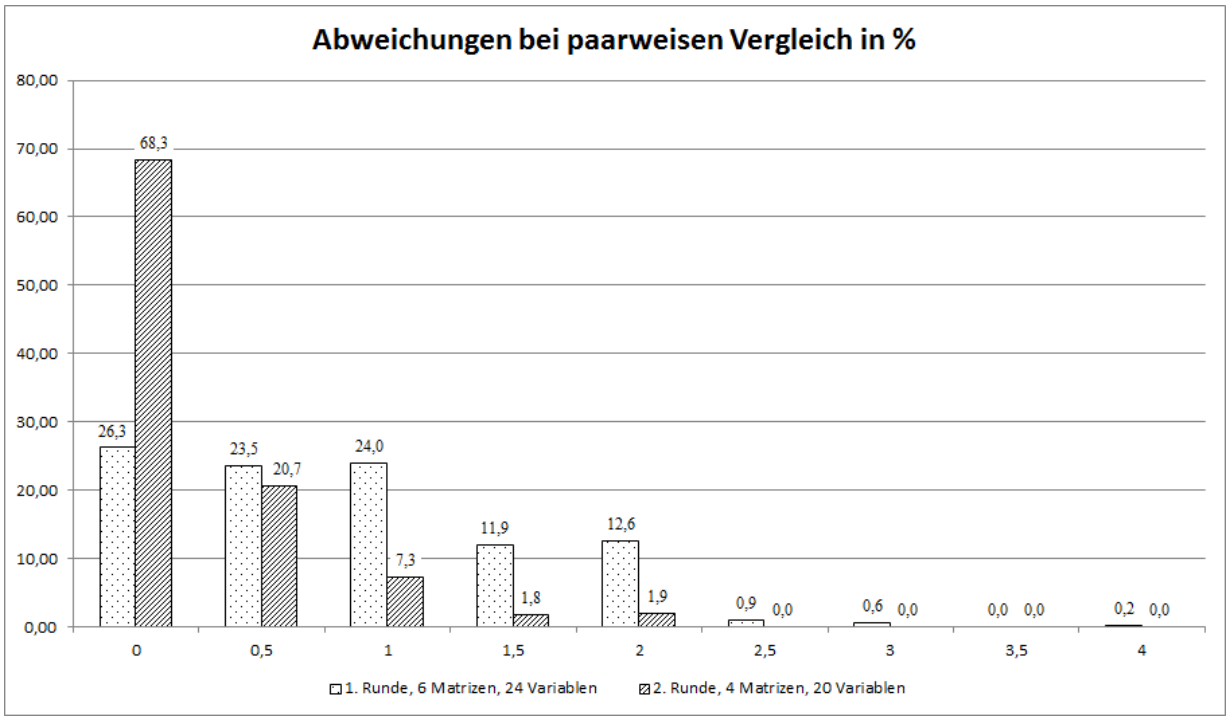


Abbildung 49: Abweichungen im paarweisen Vergleich (Trends auf Trends)

Nach der ersten Runde von verteilten Abschätzungen der Cross-Impact Matrix mit dem zweiten Variablensatz wurden die folgenden Probleme identifiziert:

- Der Füllgrad der Einzel-Matrizen ist relativ hoch: 16%, 54%, 96%, 81%, 80% und 90%.
- Die akkumulierte Cross-Impact-Matrix hat einige Problemfälle (z. B. mit K1=0,8 und K2=1,5 sind 72,7% aller Cross-Impacts problematisch, erst mit K1=1 und K2=2 reduziert sich die relative Anzahl der Problemfälle auf 13,4%).
- Die akkumulierte Cross-Impact-Matrix hat
    - einen zu großen Füllgrad von 71,5% und
    - ausschließlich positive Cross-Impacts.

Das durch die Cross-Impact-Matrix beschriebene dynamische System ist hochgradig gekoppelt und neigt dazu bei geringsten Störungen sich selbst „aufzuschaukeln“. Dies entspricht wahrscheinlich nicht der Realität. Ursachen für die aufgetretenen Probleme können sein:

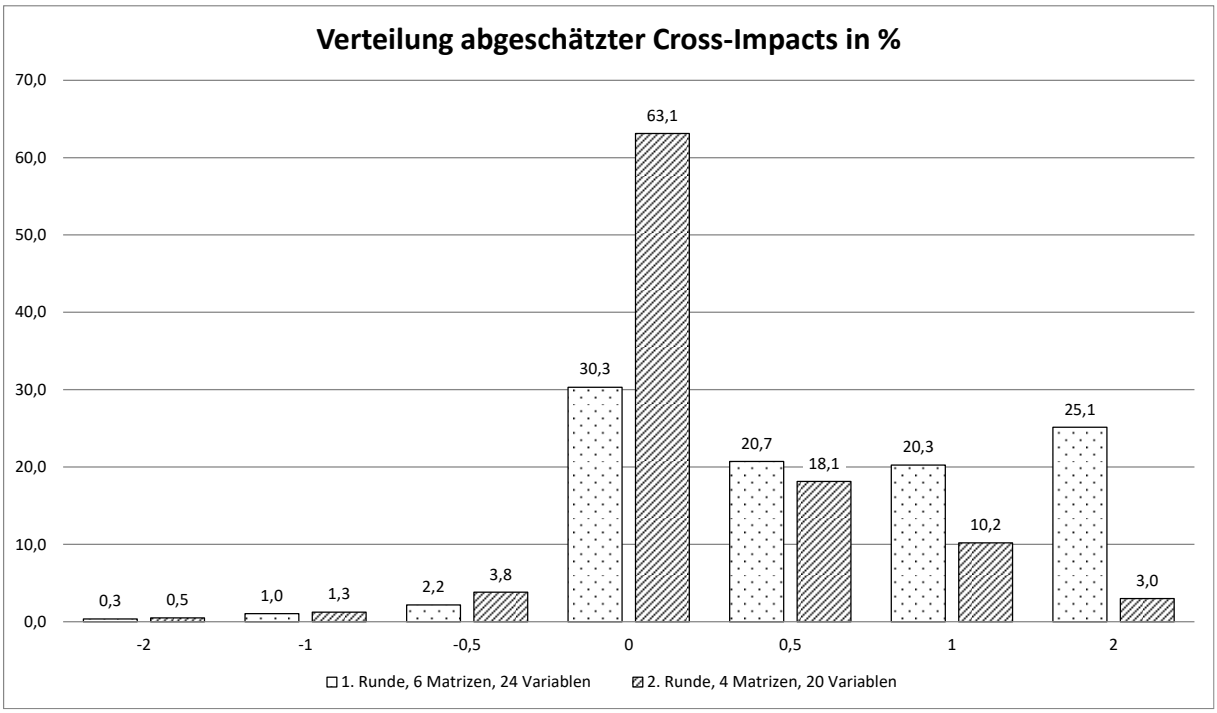


Abbildung 50: Verteilung der abgeschätzten Cross-Impacts (Trends auf Trends)

- Evtl. ist der Eindruck entstanden, dass es immer eine Wechselwirkung zwischen zwei Variablen geben muss. Dies ist nicht der Fall. Dadurch entstehen (auch) Doppelzählungen.

- Der Einfluss auf exogene Variablen (wie z.B. Konjunktur) ist überschätzt worden. Normalerweise sind exogene Variablen eher passiv.

- Evtl. fehlen wichtige Einflussgrößen, um dämpfende Einflüsse im System berücksichtigen zu können.

Aus diesen Gründen wurden sowohl die Variablenliste als auch die kumulierte Cross-Impact Matrix kritisch hinterfragt und neu definiert mit der Zielstellung:

- Reduktion des Variablensatzes auf 15-20 Trendvariablen.

- Füllgrad der Cross-Impact Matrix soll 40% nicht übersteigen.

- Die Cross-Impact Matrix soll mind. 20% gegengerichtete (negative) Cross-Impacts aufweisen.

Der paarweise Vergleich ist in Abbildung 49 dargestellt. In der ersten Runde sind nur 26,3% aller Abschätzungen gleich gewesen und 23,5% der Abschätzungen hatten eine geringe Abweichung von 0,5. Zusammen sind also nur knapp die Hälfte aller Wechselwirkungen unstrittig gewesen (49,8%). Außerdem gab es einige

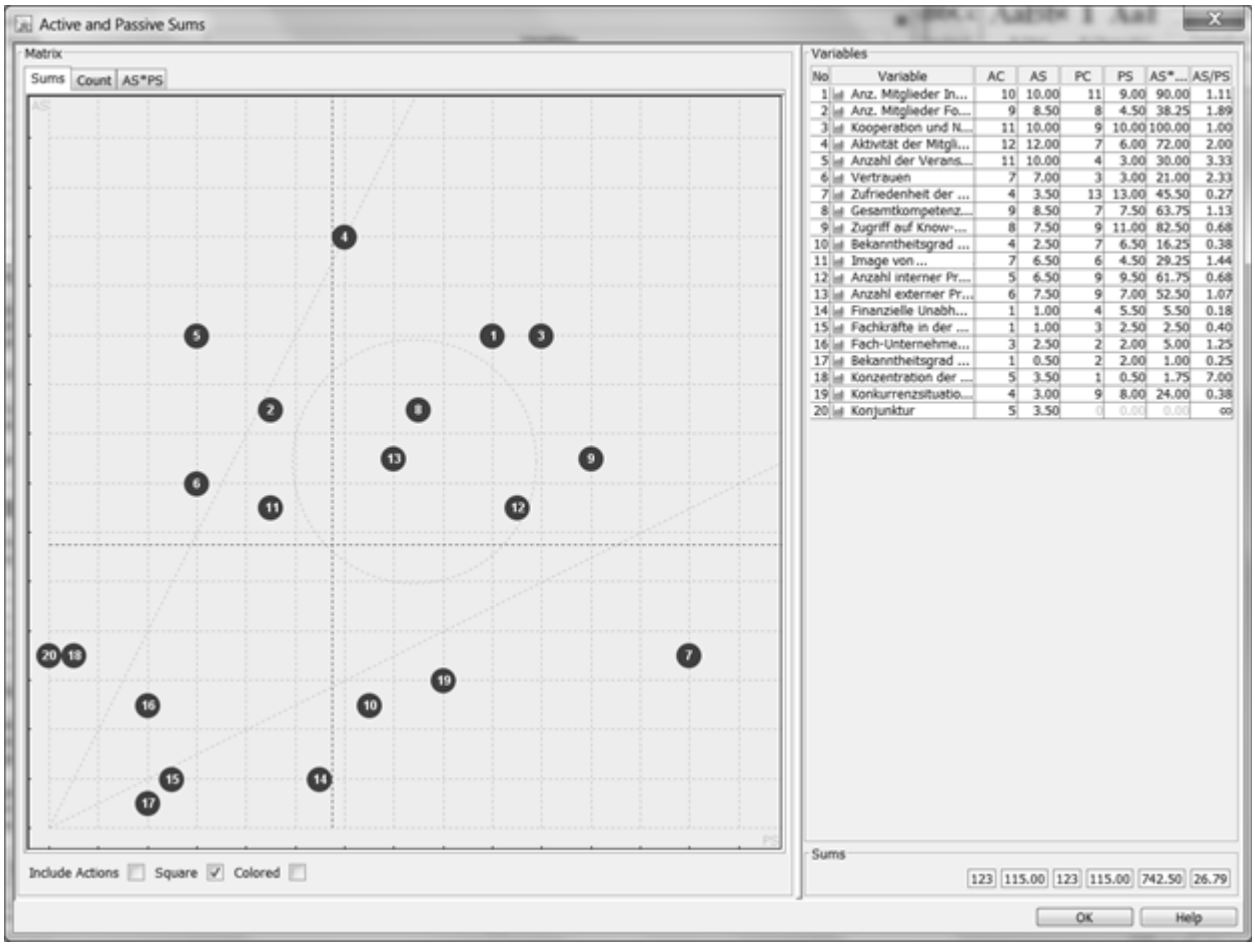


Abbildung 51: Aktiv-/Passivsummen-Diagramm in JCrimp

Wechselwirkungen, bei denen die Abweichung im paarweisen Vergleich sehr groß ausfiel (0,6% hatten eine Abweichung von 3, 0,2% hatten eine Abweichung von 4). Nach der zweiten Runde sah das Bild wesentlich besser aus. In 68,3% aller Fälle gab es keine Abweichungen in der Einschätzung, 20,7% der Abschätzungen hatte eine geringe Abweichung von 0,5. Insgesamt sind damit 89% aller Abschätzungen unstrittig. Zudem gibt es keine sehr großen Abweichungen im paarweisen Vergleich. Die größte Abweichung war mit 1,9% aller Fälle eine Abweichung um 2.

Die Verteilung aller abgeschätzten Wechselwirkungen der ersten und der zweiten Runde sind in Abbildung 50 dargestellt. Während nach der ersten Runde nur 30,3% aller möglichen Wechselwirkungen ausgeschlossen wurden, waren es nach der zweiten Runde bereits 63,1%. Auch die Tendenz sehr starke gleichgerichtete Cross-Impacts abzuschätzen (in der ersten Runde wurden 25,1% aller Wechselwirkungen mit einem Wert von 2 angegeben) hat sich in der zweiten Runde gegeben (nur noch 3% aller Cross-Impacts hatten einen Wert von2).

Die akkumulierte Matrix wurde genutzt, um die Vernetzung der einzelnen Trendvariablen zu untersuchen und damit Hinweise für strategische Optionen zu be-

kommen. Dazu werden die Aktivsumme (zeilenweise Addition der Absolutwerte der Cross-Impact Koeffizienten) und die Passivsumme (spaltenweise Addition der Absolutwerte der Cross-Impact Koeffizienten) gebildet. Abbildung 51 zeigt im rechten Bereich die Anzahl der aktiven Wechselwirkung (AC), die Aktivsummen (AS), die Anzahl der passiven Wechselwirkungen und Passivsummen (PS) aller Trendvariablen. Ebenfalls sind das Produkt AS*PS (Vernetzungsgrad) und der Quotient (AS/PS) pro Trendvariable aufgeführt.

Im linken Bereich der Abbildung 51 ist das Aktiv-/Passivsummen-Diagramm aufgeführt. Die gestrichelten Linien im Diagramm markieren den Durchschnittswert aller Aktivsummen bzw. Passivsummen. Dieses Diagramm zeigt, welche Variablen „kritisch“ sind. Es handelt sich dabei um Variablen, die eine hohe AS und eine hohe PS haben. In diesem Fall sind es die folgenden Trendvariablen:

- Anzahl der Mitglieder Industrie & Andere
- Kooperation und Networking
- Aktivität der Mitglieder
- Gesamtkompetenz im Cluster
- Zugriff auf Know-How
- Anzahl interner Projekte (Aufträge)
- Anzahl externer Projekte (VU)

6.3.5 Strategische Alternativen

Die nächste Aufgabe ist die Ermittlung von Maßnahmen zur Implementierung strategischer Alternativen. Diese kann auf zwei Wegen erfolgen:

- Durch Brainstorming wird überlegt, welche strategischen Alternativen zur Verfügung stehen, um an den identifizierten „kritischen Variablen“ anzusetzen. Im zweiten Schritt wird dann überlegt, durch welche Maßnahmen diese Alternativen umgesetzt werden können.
- Auf der Basis von den Teilnehmern festgelegter strategischer Zielszenarien werden Maßnahmen zur Erreichung dieser Zielszenarien festgelegt und zu strategischen Alternativen verdichtet.

	Bestehende Produkte	Modifizierte Produkte	Neue Produkte
Bestehende Zielgruppe und geographischer Markt	Mehr bestehende Produkte an bestehende Kunden verkaufen (Marktpenetration)	Bestehende Produkte modifizieren und mehr davon an bestehende Kunden verkaufen	Neue Produkte entwerfen, die bestehende Kunden ansprechen (Neuentwicklung)
Geographischer Markt	Verkauf bestehender Produkte in anderen geographischen Regionen (geographische Ausdehnung)	Anbieten und Verkauf von modifizierten Produkten in neuen geographischen Regionen	Entwicklung neuer Produkte für potentielle Kunden in neuen geographischen Regionen
Zielgruppe	Vertrieb bestehender Produkte an neue Kundentypen	Angebot und Verkauf modifizierter Produkte an neue Kundentypen	Entwicklung neuer Produkte und Verkauf an neue Kundentypen (Diversifikation)

Tabelle 18: Erweiterte Ansoff-Matrix nach Kotler (2012, S. 47)

Im Workshop-Team konnte jedoch keiner der beiden Wege eindeutig präferiert werden. Die Diskussion drehte sich schnell um strategische Aspekte, wie z. B. die verbesserte Integration der Raumfahrtbranche in die Clusterinitiative, die Entwicklung neuer Produkte bzw. Dienstleistungen, Engagement in neuen regionalen Märkten, Fusion des Clusters mit anderen Clustern, usw. Um ein strukturiertes Vorgehen bei der Entwicklung strategischer Alternativen zu gewährleisten wurde beschlossen, die diskutierten Themen in der erweiterten Ansoff-Matrix einzuordnen (Produkt-Markt-Kombinationen nach Kotler (2012, S. 47), siehe Tabelle 18), einmal aus Sicht der Mitgliedsorganisationen und einmal aus Sicht des Netzwerks. Dies resultierte in zwei Matrizen mit aufgetragenen Ideen.

Durch Clusterung der einzelnen Ideen konnten fünf strategischen Alternativen identifiziert werden:

1. **Kundenstamm der Mitglieder vergrößern**

   Dies fasst die Einträge der mittleren Reihe der Matrix aus der Sicht der Mitgliedsorganisationen zusammen. Neben einem existierenden Großkunden sollen weitere große Kunden für die Mitglieder akquiriert werden. Dies kann sowohl mit existierenden, modifizierten oder neuen Produkten bzw. Dienstleistungen geschehen.

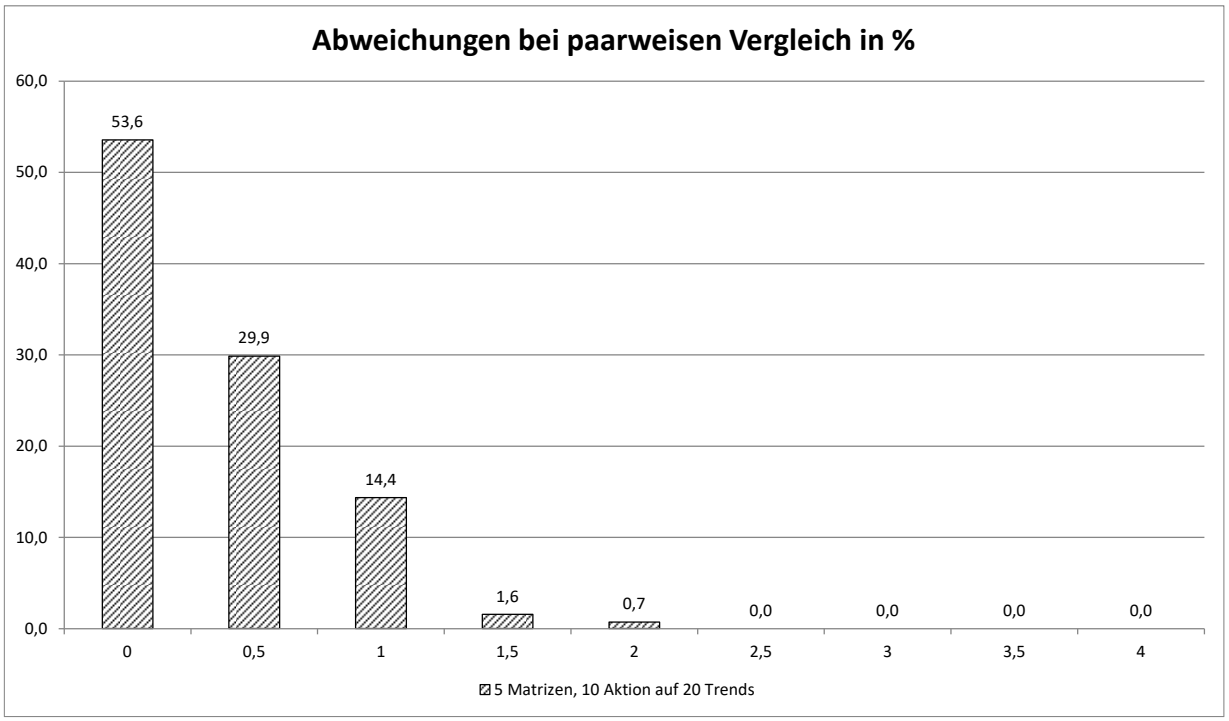


Abbildung 52: Abweichungen im paarweisen Vergleich (Aktionen auf Trends)

2. Neue Zielgruppen durch modifizierte bzw. neue Produkte gewinnen

Diese Option repräsentiert die untere Reihe der Matrix aus der Sicht der Mitgliedsorganisationen und zielt auf die Akquisition neuer Kunden aus anderen Branchen ab. Dies beinhaltet die Modifizierung oder Neuentwicklung von Produkten und Dienstleistungen für u.a. Offshore, Leichtbau, Robotik unter Wasser, Korrosion (Oberflächen), Sicherheit und Erdbeobachtung.

3. Reichweite erhöhen (existierender Produkte)

Die Produkte der Clusterorganisation sind die bekannten Veranstaltungen wie z.B. Arbeitsgruppen, Messebesuche, Roadshow, Workshops und Delegationsreisen. Die Erhöhung der Reichweite beinhaltet die Teilnahme weiterer Organisationen, z. B. außerhalb der Region, die auch nicht unbedingt Mitglied in der Clusterinitiative sind.

4. Neue Dienste für Mitglieder entwickeln und anbieten

Die Clusterorganisation bietet neue Produkte bzw. Dienstleistungen für die Mitglieder an. Dies kann u.a. beinhalten: neue AGs (z.B. Auslandsmärkte), interner Marktplatz, interne Job-Börde, Scouting, Brokerage und Management absehbarer Bedarfe.

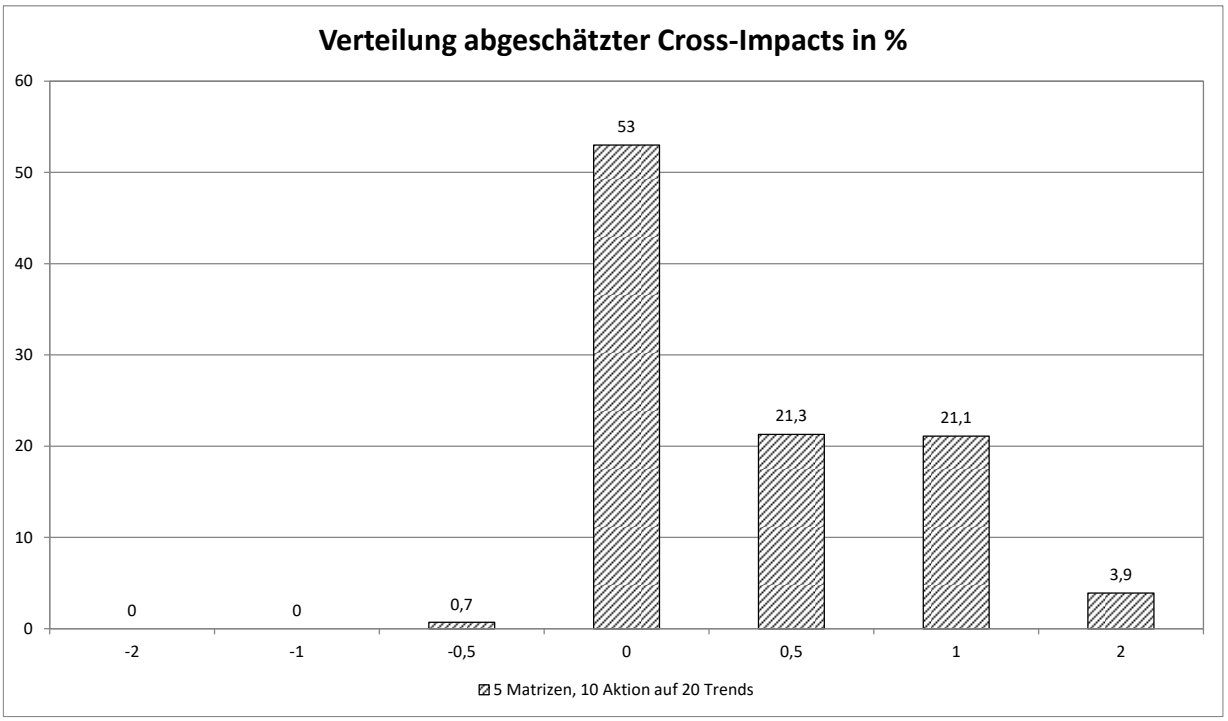


Abbildung 53: Verteilung der abgeschätzten Cross-Impacts (Aktionen auf Trends)

5. Branchenerweiterung

Zunächst kann die vollständige Integration der Raumfahrt in die Clusterinitiative angestrebt werden. Danach gibt es die Option weitere Branchen aufzunehmen, z.B. Automotive, Windenergie und Logistik.

Die ersten zwei Optionen entsprechen der Sicht der Mitgliedsorganisationen, während die dritte, vierte und fünfte Option die Sicht der Clusterorganisation repräsentiert.

6.3.6 Maßnahmen

Das nächste Ziel ist die Ermittlung von Maßnahmen zur Implementierung der identifizierten strategischer Alternativen. Dazu wurde wiederum ein Brainstorming durchgeführt. Es wurden Karten an die Teilnehmer des Workshops verteilt, auf denen Maßnahmen notiert wurden. Anschließend wurden alle Karten erläutert und nach Wichtigkeit bewertet, indem jeder Teilnehmer 10 Punkte in beliebiger Form von „Strichen“ auf die Karten verteilen konnte.

Das Ergebnis in Tabelle 19 dargestellt und wurde auf Abdeckung der strategischen Alternativen überprüft. Zur Umsetzung der dritten strategischen Alternative (Reichweite erhöhen) gibt es nur eine Maßnahme (gemeinsame Veranstaltungen mit anderen Branchen), alle anderen strategischen Alternativen können mit mehreren Maßnahmen implementiert werden.

Maßnahmen	strateg. Alternative				
	1	2	3	4	5
Kooperation mit benachbartem Cluster	×	×	×	×	
Mehrwert der Web-Site erhöhen	×	×			×
Managementplan für Cluster-Zertifizierung		×			
Neuer Dienst: Brokerage einführen		×		×	
Norddeutsche Kompetenzmatrix erstellen		×		×	×
Luftfahrtforum Norddeutschland + Kongress	×	×			
AG/WS „Neue Märkte Ausland“	×	×			
Gemeinsame VAs mit anderen Branchen	×		×		
Kooperation mit ausländischen Clustern	×				
AG „Neue Zielgruppen“					×

AG = Arbeitsgruppe, WS = Workshop, VA = Veranstaltung

Tabelle 19: Die 10 wichtigsten Maßnahmen

6.3.7 Cross-Impact Matrix: Aktionen auf Trends

Die identifizierten Maßnahmen wurden direkt als Cross-Impact Modellelemente Aktionen übernommen. Wieder wurde eine leere Cross-Impact Matrix mit dem Bereich Aktionen auf Trends erzeugt und von den Teilnehmern ausgefüllt (fünf Rückläufer) und entsprechend den Analyseansätzen aus Abschnitt 6.3.4 analysiert und kumuliert.

Der paarweise Vergleich und die Verteilung aller abgeschätzten Wechselwirkungen zwischen Aktionen und Trends sind in Abbildung 52 und Abbildung 53 dargestellt.

Auch hier können wieder Aktivsummen berechnet werden, um die Gesamtstärke der Eingriffe durch Aktionen zu analysieren. Es stellt sich dabei heraus, dass die Aktionen „Kooperation mit Niedersachsen aufbauen“ (AS=14,5) und „Luftfahrtforum Norddeutschland“ (AS=9,5) die stärksten Aktionen sind. Ansonsten ist anzumerken, dass alle Aktionen eine ähnliche Wirkung haben, weil sie an den gleichen Variablen ansetzen.

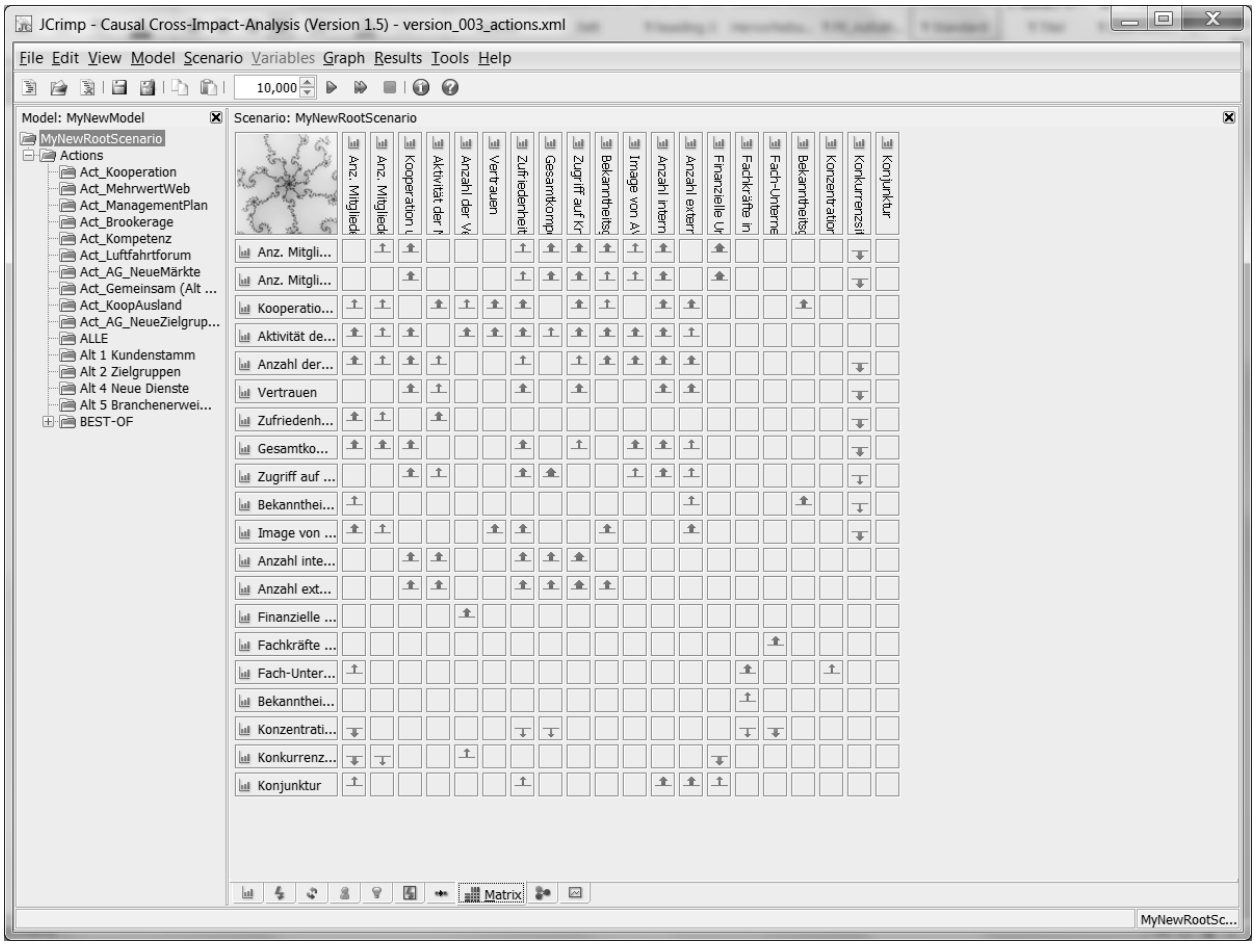


Abbildung 54: Cross-Impact-Matrix des Modells in JCrimp

6.3.8 Simulationsergebnisse

Die in den vorherigen Kapiteln eingeführten Variablen und deren Interaktionen via Wechselwirkungen ist in die Modellierungs- und Simulationssoftware JCrimp (siehe Abschnitt 5) eingegeben worden. Abbildung 54 zeigt die Ansicht der Cross-Impact Matrix in JCrimp, wobei ein nach oben gerichteter (im Original grüner) Pfeil einen positiven bzw. gleichgerichteten Cross-Impact und ein nach unten gerichteter (im Original roter) Pfeil einen negativen bzw. gegengerichteten Cross-Impact repräsentiert. Die Dicke der Pfeile ist ein Maß für die Stärke des Cross-Impacts (siehe auch Abbildung 35).

Mit der Software JCrimp kann das eingegebene Modell gemäß dem Simulationsalgorithmus aus Abschnitt 4.3 simuliert werden. Dabei wird für jede Trendvariable pro Szene ein neuer Wert berechnet, der ausgehend vom jeweiligen a-priori-Wert eine zufällige Fluktuation gemäß der Volatilität und die Beiträge der Wechselwirkungen beinhaltet. Der Simulationsalgorithmus stellt sicher, dass die simulierten Werte in ihrem definierten Wertebereich bleiben (Minimum und Maximum der Trendvariablen). Da eine einzelne Simulation durch den Einsatz des Zufalls nicht

Szenarien	Anzahl	Zweck
Business-As-Usual (BAUS)	1	Konsistenzanalyse
Einzelszenarien für jede Aktion	10	Analyse der Wirkung der Aktionsvariablen
Szenarien für Aktionsbündel pro strategische Alternative	5	Analyse der Wirkung ausgewählter Aktionsbündel
Kombination der Aktionen „Kooperation mit Niedersachsen Aviation“ Und „Luftfahrtforum Norddeutschland“	1	Analyse der Wirkung der beiden „besten“ Aktionen
Einsatz aller zehn Aktionen gleichzeitig	1	Analyse der Wirkung aller Aktionen gleichzeitig

Tabelle 20: Mit JCrimp simulierte Szenarien

sehr aussagekräftig ist, werden „viele“ Simulationen durchgeführt, so dass die Ergebnisse mit statistischen Maßen (z.B. Durchschnitt, Standardabweichung, Median, Quantile und Histogramme) beurteilt werden können. In diesem Fall wurden jeweils 10.000 Simulationsläufe durchgeführt.

6.3.8.1 Ansatz zur Szenariobildung

Mit dem vorhandenen Cross-Impact Modell wurden insgesamt 18 Szenarien simuliert. Eine Übersicht dazu gibt Tabelle 20.

Zunächst sollte eine Simulation des Business-As-Usual Szenarios vorgenommen werden, um die Konsistenz des Modells zu prüfen (siehe Abschnitt 4.2.2.2). Anschließend wird für jede einzelne Aktion ein eigenes Szenario eingerichtet, um die Wirksamkeit der einzelnen Aktionen isoliert betrachten zu können. Dies ergibt also insgesamt zehn Szenarien mit jeweils einer Aktion. Daraufhin werden dann Aktionen gemäß Tabelle 19 gebündelt, um die Umsetzung der identifizierten strategischen Alternativen mit Maßnahmenbündeln zu simulieren. Abschließend werden noch zwei Szenarien realisiert, in denen einmal die beiden „stärksten“ Aktionen (mit der höchsten Aktivsumme) genutzt werden und zum anderen alle Aktionen gleichzeitig gesetzt werden.

6.3.8.2 Konsistenzanalyse

Ziel der Konsistenzanalyse ist der Nachweis, dass das Modell „in sich“ konsistent ist (siehe Abschnitt 4.2.2.2). Die Simulationsergebnisse belegen, dass das BAUS gemäß des o. g. Kriteriums konsistent ist: der Durchschnitt aller simulierten Zeitreihen liegt in dem von den jeweiligen Volatilitäten aufgespannten Intervall. Bei den meisten Trendvariablen liegt der Durchschnittsverlauf sehr nah am a-priori-Verlauf, außer bei „Anzahl der Mitglieder Industrie und Andere“, „Anzahl der

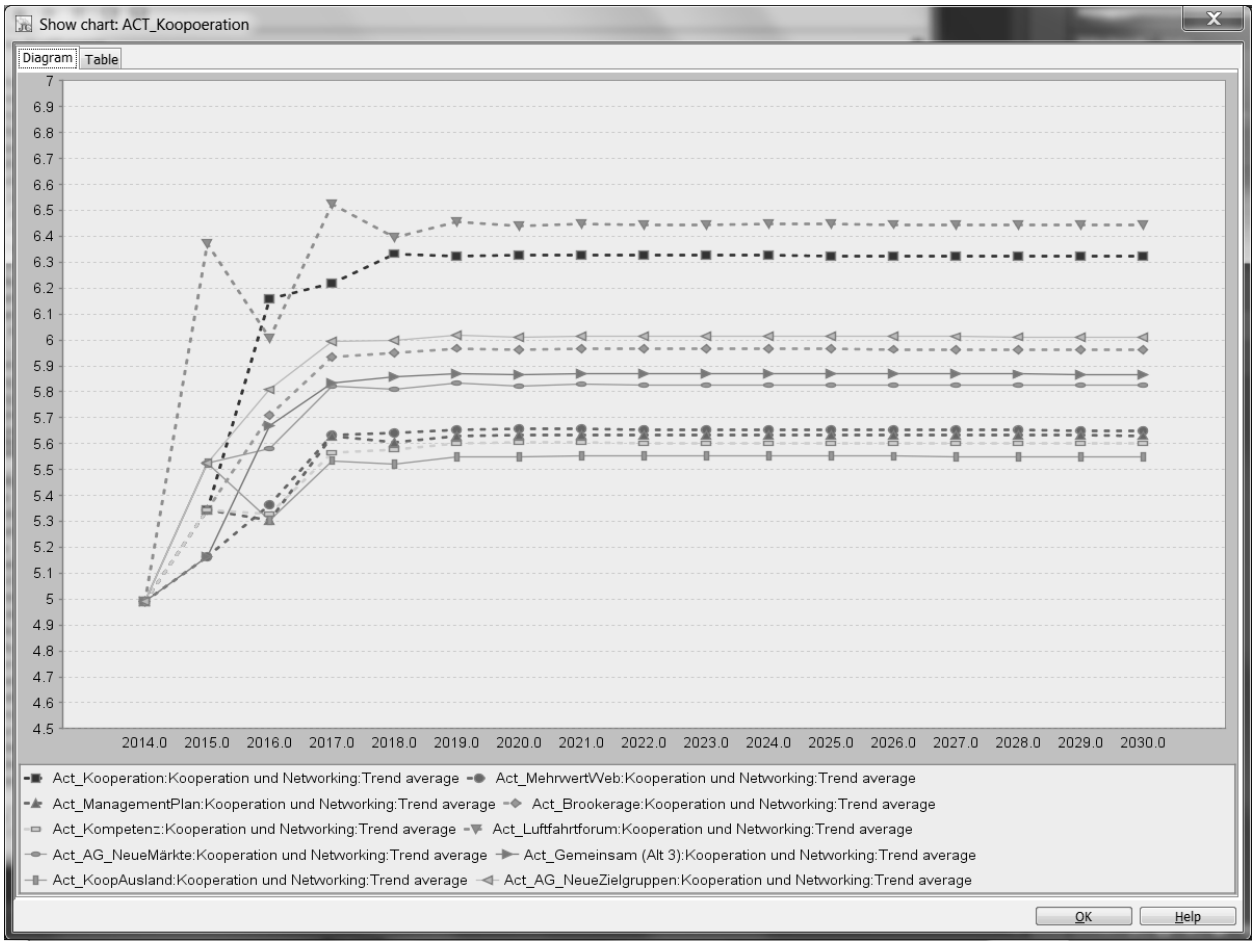


Abbildung 55: Trendvariable „Kooperation und Networking“ unter dem Einfluss der einzelnen Aktionen

Veranstaltungen“, „Gesamtkompetenz im Cluster“, „Bekanntheitsgrad“, „Finanzielle Unabhängigkeit“ und „Fachkräfte in der Region“.

Des Weiteren fällt auf, dass fast alle Trendvariablen zu einer ausgeprägten Bifurkation neigen (d.h. die einzelnen Simulationsläufe gehen gegen Grenzwerte in Richtung definierter Minima und Maxima), außer „Konjunktur“ und „Konzentration der Zulieferer“ (beide Variablen zeigen keine Bifurkation) und „Fach-Unternehmen Region“ (nur leichte Bifurkation). Bei zur Bifurkation neigenden Variablen wird die Standardabweichung der simulierten Werte sehr groß.

6.3.8.3 Einzelszenarien pro Aktionsvariable

Die in Abschnitt 6.3.6 ermittelten Maßnahmen wurden im Cross-Impact Modell als Aktionsvariablen eingefügt und können damit „gesetzt“ werden. Über ihre Wechselwirkungen können dadurch die vorhandenen Trendvariablen in ihrem Verlauf beeinflusst werden. Gemäß dem Ansatz von Abschnitt 4.4.2 wird für den Einsatz jeder Aktion ein einzelnes Szenario generiert.

Für die Simulationen ist jede einzelne Aktion in den ersten beiden Szenen des Modells (entsprechend den Jahren 2014 und 2015) „gesetzt“ worden. Der Einfluss ist dann jeweils in den darauffolgenden Szenen sichtbar, d. h. eine in der ersten Szene (2014) gesetzte Aktion entfaltet ihre Wirkung in der darauffolgenden zweiten Szene (2015), während eine in der zweiten Szene (2015) gesetzten Aktion ihre Wirkung in der dritten Szene (2016) zeigt.

Das „Setzen“ einer Aktion findet jeweils im Rahmen eines eigenen Szenarios statt, so dass zehn verschiedene Szenarien entstanden sind. Durch die Simulation wird ersichtlich, welche Aktion den jeweils größten Effekt auf den betrachteten Trend bzw. Ausdruck (Indikator) hat. Beispielhaft sei an dieser Stelle der Verlauf der Trendvariablen „Kooperation und Networking“ unter dem Einfluss der zehn Aktionen diskutiert (siehe Abbildung 55).

In diesem Fall wirken alle Aktionen in gleicher Richtung auf den Trend: Sie erhöhen den Level an Kooperation und Networking im Cluster. Insgesamt liegen die Werte zwischen 5,6 und 6,4. Eine durch die Aktionen vorgenommene Abweichung im Trendverlauf wird durch die im Modell vorhandenen Rückkopplungsschleifen bewahrt, der Trend fällt nicht auf seinen geschätzten a-priori-Verlauf zurück, vielmehr zeigt der Trend für viele Aktionen in den Szenen 2 bis 6 ein monotones Wachstum auf einen Wert, der dann beibehalten werden kann.

Einige Aktionen, wie z.B. „Kooperation mit Niedersachsen Aviation“ und „Luftfahrtforum Norddeutschland (und Kongress)“ zeigen ein alternierendes Verhalten (nach einem Anstieg fallen sie wieder zurück, steigen dann wieder an, so dass sich eine zickzackförmige Linie ergibt). Dies ist ein Hinweis darauf, dass eine Rückkopplungsschleife mit negativem Wert vorliegt.

Alle Aktionen zeigen eine sofortige Wirkung, da jeweils ein direkter Cross-Impact von den Aktionen auf den entsprechenden Trend vorliegt. Die Aktion „Luftfahrtforum Norddeutschland (und Kongress)“ zeigt die größte Wirkung mit einem Wert von über 6,4 ab dem Jahr 2019.

Eine Bewertung der Wirksamkeit der einzelnen Aktionen erfolgte durch folgendes Schema:

- Hat die Maßnahme einen positiven Einfluss auf die Trendvariable im Sinne der Zielerreichung erhält sie einen Punkt

- Die Maßnahme mit dem stärksten nachhaltigen positiven Einfluss im Sinne der Zielerreichung (Endwert) erhält zwei Punkte.

- Die Maßnahme mit dem stärksten positiven Einfluss im Sinne der Zielerreichung (Höchstwert über dem Verlauf) erhält zwei Punkte.

Szenarien: / Trendvariablen	Koop. Nachbar-Cluster	Mehrwert Web-Site	Managementplan	Brookerage	Kompetenzmatrix	Luftfahrtforum	AG Neue Märkte	Gemeinsame VA	Koop. Ausl. Cluster	AG Neue Zielgruppen
Anz. Mitglieder Industrie & Andere	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Anz. Mitglieder Forschung	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Kooperation und Networking	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Aktivität der Mitglieder	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Anzahl der Veranstaltungen	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Vertrauen	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Zufriedenheit der Mitglieder	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Gesamtkompetenz im Cluster	2	-1	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	-1
Zugriff auf Know-How	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Bekanntheitsgrad	1	-1	-1	1	-1	3	-1	1	-1	1
Image	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Anzahl interner Projekte	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Anzahl externer Projekte	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Finanzielle Unabhängigkeit	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Fachkräfte in der Region	1	-1	-1	1	-1	3	-1	-1	-1	1
Fachunternehmen in der Region	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bekanntheitsgrad Unternehmen	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Konzentration der Zulieferer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Konkurrenzsituation zu anderen Clustern	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Konjunktur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	22	12	12	16	12	48	12	14	12	16
Anzahl negativer Punkte	0	3	3	1	3	0	3	2	3	1

Tabelle 21: Bewertung der Wirksamkeit der einzelnen Aktionen

- Falls beide zuvor genannten Fälle für ein und dieselbe Maßnahme eintreten erhält die Maßnahme drei Punkte.
- Ist die Maßnahme neutral im Sinne der Zielerreichung, so erhält sie keinen Punkt.

- Bei einem negativen Einfluss im Sinne der Zielerreichung wird ein negativer Punkt vergeben.

Durch Anwendung dieses Bewertungsschemas pro Trendvariable (die Ausdrucksvariablen werden hierbei ausgeschlossen, da sie auf den Trendvariablen beruhen) ergibt sich die in Tabelle 21 dargestellte Situation. Die beiden Aktionen „Luftfahrtforum Norddeutschland (und Kongress)“ und „Kooperation mit Niedersachsen Aviation“ sind mit Abstand die wirksamsten Aktionen im Sinne der Zielerreichung, und sie haben keine negativen Fern- und Nebenwirkungen.

6.3.8.4 Aktionsbündel pro strategischer Alternative, stärkste Aktionen und Bündelung aller Aktionen

Zur Simulation der folgenden Szenarien wurden mehrere Aktionen zu Aktionsbündeln zusammengefasst, um die additive Wirksamkeit der Aktionen zu untersuchen. Tabelle 22 zeigt die sieben Aktionsbündel und die Anzahl der Aktionen pro Aktionsbündel. Welche Aktionen für die Umsetzung der strategischen Alternativen in Tabelle 22 eingesetzt wurden geht aus Tabelle 19 hervor.

Für die Simulationen ist jede Aktion eines Aktionsbündels in den ersten beiden Szenen des Modells (entsprechend den Jahren 2014 und 2015) „gesetzt“ worden. Der Einfluss ist dann jeweils in den darauffolgenden Szenen sichtbar, d.h. eine in der ersten Szene (2014) gesetzte Aktion entfaltet ihre Wirkung in der darauffolgenden zweiten Szene (2015), während eine in der zweiten Szene (2015) gesetzten Aktion ihre Wirkung in der dritten Szene (2016) zeigt. Das „Setzen“ der Aktionen eines Aktionsbündels findet wieder jeweils im Rahmen eines eigenen Szenarios statt, so dass sieben verschiedene Szenarien entstanden sind. Die Ergebnisse zeigen wieder jeweils einen der 20 Trendvariablen und deren Verläufe in den sieben Ein-

Strategische Alternative	Anzahl „gesetzter“ Aktionen
1: Kundenstamm der Mitglieder vergrößern	6
2: Neue Zielgruppen durch modifizierte bzw. neue Produkte gewinnen	7
3: Reichweite erhöhen (existierender Produkte)	1
4: Neue Dienste für Mitglieder entwickeln und anbieten	3
5: Branchenerweiterung	3
„Beide Besten“ (Luftfahrtforum und Kooperation Niedersachsen)	2
„Alle Zusammen“	10

Tabelle 22: Aktionsbündel und Anzahl der Aktionen

zelszenarios. Durch diese Darstellung wird ersichtlich, welches Aktionsbündel den jeweils größten Effekt auf den betrachteten Trend bzw. Ausdruck (Indikator) hat.

Beispielhaft sei an dieser Stelle wieder der Verlauf der Trendvariablen „Kooperation und Networking“ unter dem Einfluss der sieben Aktionsbündel diskutiert (siehe Abbildung 56). Qualitativ ergibt sich kein anderes Bild als das, welches bereits durch die Einzelmaßnahmen in Abbildung 55 dargestellt ist. Quantitativ werden allerdings Werte bis zu 9,7 erreicht. Im Gegensatz dazu betrug der Maximalwert durch den Einfluss der besten Einzelmaßnahme 6,4. Es fällt jedoch auf, dass die Aktionsbündel kein alternierendes Verhalten im Trend hervorrufen, wie es bei einigen Einzelmaßnahmen der Fall war. Alle Verläufe sind streng monoton wachsend und nähern sich asymptotisch einem Grenzwert.

Alle Aktionsbündel zeigen eine sofortige Wirkung. Nicht überraschend ist, dass das Aktionsbündel, das alle zehn Aktionen umfasst hier die größte Wirkung zeigt. Mit dem gleichen Schema, das in Abschnitt 6.3.8.3 zum Einsatz gekommen ist, wurden eine Bewertung der Wirksamkeit der einzelnen Aktionsbündel durchgeführt. Das in Tabelle 23 dargestellte Ergebnis ist nicht überraschend: Je mehr Akti-

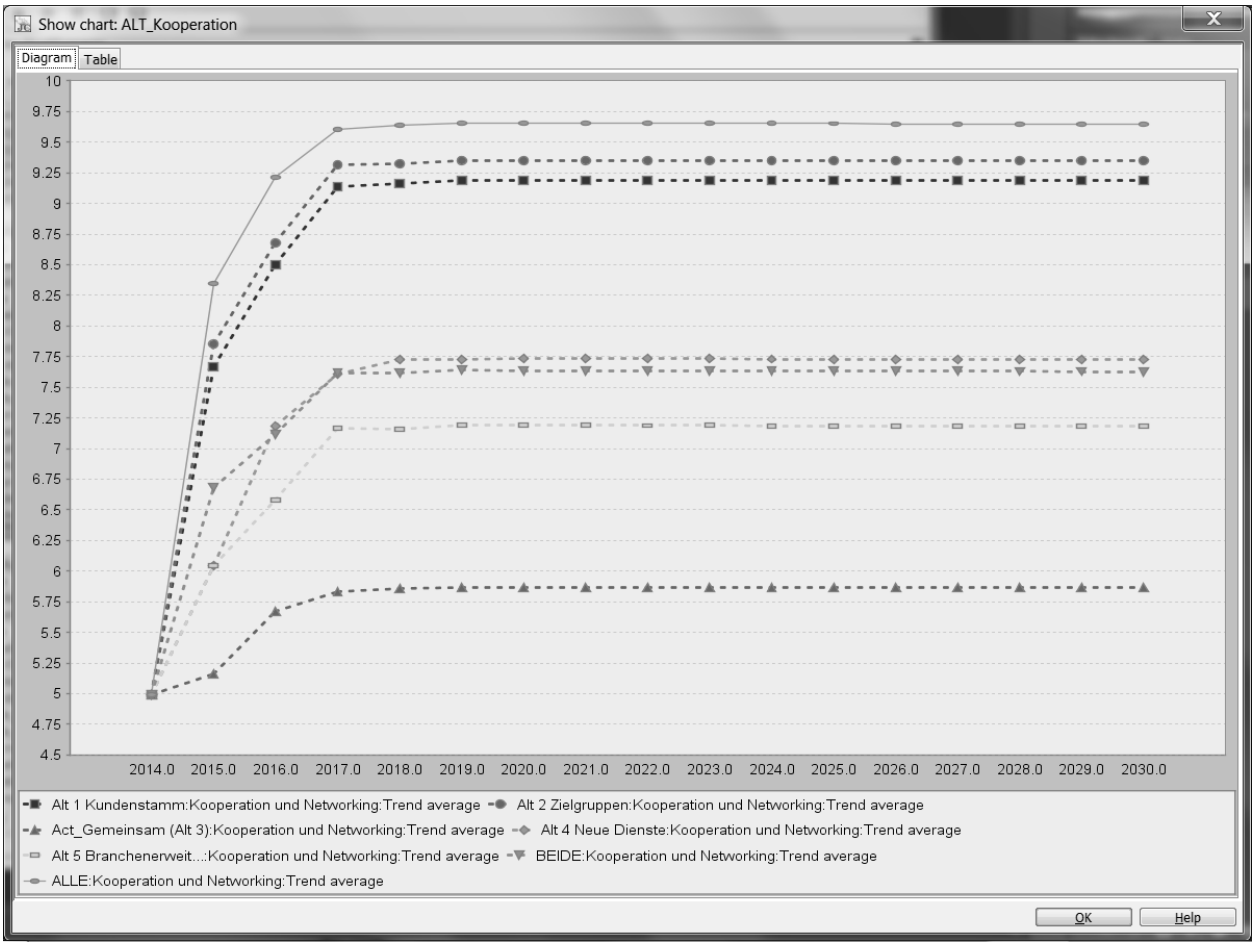


Abbildung 56: Trendvariable „Kooperation und Networking“ unter dem Einfluss der Aktionsbündel

onen im Rahmen eines Aktionsbündels eingesetzt werden, desto stärker ist die gewünschte Wirkung.

6.3.8.5 Weitere Beobachtungen

Der Zeitpunkt des Einsatzes der Aktionen ist für dieses Modell wichtig. Beispielsweise wurde die Aktion „Luftfahrtforum“ auf ihre Wirksamkeit in Abhängigkeit des Zeitpunkts geprüft, indem die Aktion alternativ in der ersten Szene, zweiten Szene und dritten Szene gesetzt wurde. Das Ergebnis ist in Abbildung 57 dargestellt.

Wird die Aktion „Luftfahrtforum“ in der ersten Szene gesetzt, kann sich der Performance Indikator 1 (siehe Abschnitt 6.3.3) entsprechend positiv entwickeln, wird die Aktion jedoch erst in der zweiten oder dritten Szene gesetzt, ist das Potential weitaus geringer. In späteren Szenen ist eine Wirkung der Aktion kaum noch nachweisbar. Ursache dafür ist wahrscheinlich die Neigung zur schnellen Bifurkation einiger Trendvariablen. Haben sich die Werte der Trendvariablen erstmal ihren Attraktoren angenähert, so sind sie nur noch schwer anderweitig beeinflussbar.

6.4 Befragung der Teilnehmer

Zum Abschluss der Fallstudie wurden die elf Teilnehmer (ohne Moderator) mit Hilfe eines Fragebogens befragt. Ziel dieser Befragung war es, Hinweise zur Eignung der kausalen Cross-Impact Analyse zu ermitteln. Dazu wurden die folgenden Daten bzw. Einschätzungen von den Teilnehmern erfragt:

- Aufnahme demografischer Daten (Alter, Geschlecht, Berufserfahrung, Branche)
- Methodenspezifischer Hintergrund bzgl. strategischer Planung
- Methodenspezifischer Hintergrund bzgl. Cross-Impact Analyse
- Durchführungsspezifische Fragen bzgl. der Gruppe
- Bewertung der Erwartungskonformität bzgl. des Prozesses
- Bewertung der Erwartungskonformität bzgl. der Ergebnisse

Der Fragebogen besteht aus 40 Fragen. Er ist untergliedert in die Bereiche Allgemeine Fragen (4 Fragen), Methodenspezifische Fragen (strategische Planung und Cross-Impact Analyse, 18 Fragen), Durchführungsspezifische Fragen (Gruppe und Prozess, 10 Fragen) und Fragen zu den Ergebnissen (8 Fragen). Von den elf ausge-

Szenarien:	Strateg. Alternative 1	Strateg. Alternative 2	Strateg. Alternative 3	Strateg. Alternative 4	Strateg. Alternative 5	„Beide Besten“	Alle Aktionen
Trendvariablen							
Anz. Mitglieder Industrie & Andere	1	1	1	1	1	1	3
Anz. Mitglieder Forschung	1	1	1	1	1	1	3
Kooperation und Networking	1	1	1	1	1	1	3
Aktivität der Mitglieder	1	1	1	1	1	1	3
Anzahl der Veranstaltungen	1	1	1	1	1	1	3
Vertrauen	1	1	1	1	1	1	3
Zufriedenheit der Mitglieder	1	1	1	1	1	1	3
Gesamtkompetenz im Cluster	1	1	-1	1	1	1	3
Zugriff auf Know-How	1	1	1	1	1	1	3
Bekanntheitsgrad	1	1	0	1	1	1	3
Image	1	1	1	1	1	1	3
Anzahl interner Projekte	1	1	1	1	1	1	3
Anzahl externer Projekte	1	1	1	1	1	1	3
Finanzielle Unabhängigkeit	1	1	1	1	1	1	3
Fachkräfte in der Region	1	1	0	1	1	1	3
Fachunternehmen in der Region	1	1	-1	0	0	0	3
Bekanntheitsgrad Unternehmen	1	1	1	1	1	1	3
Konzentration der Zulieferer	1	1	1	1	1	1	3
Konkurrenzsituation zu anderen Clustern	1	1	1	1	1	1	3
Konjunktur	0	0	0	0	0	0	0
Summe	**19**	**19**	**13**	**18**	**18**	**18**	**57**
Anzahl negativer Faktoren	0	0	2	0	0	0	0

Tabelle 23: Bewertung der Wirksamkeit der Aktionsbündel

teilten Fragebögen wurden acht ausgefüllte Fragebögen zurückgemeldet, was einer Rücklaufquote von ca. 73% Prozent entspricht.

Ergebnisse zu den allgemeinen Fragen

Der Altersdurchschnitt der Befragten lag bei 44,1 Jahren mit einer Berufserfahrung von durchschnittlich 20,8 Jahren. Unter den Befragten befanden sich zwei weibli-

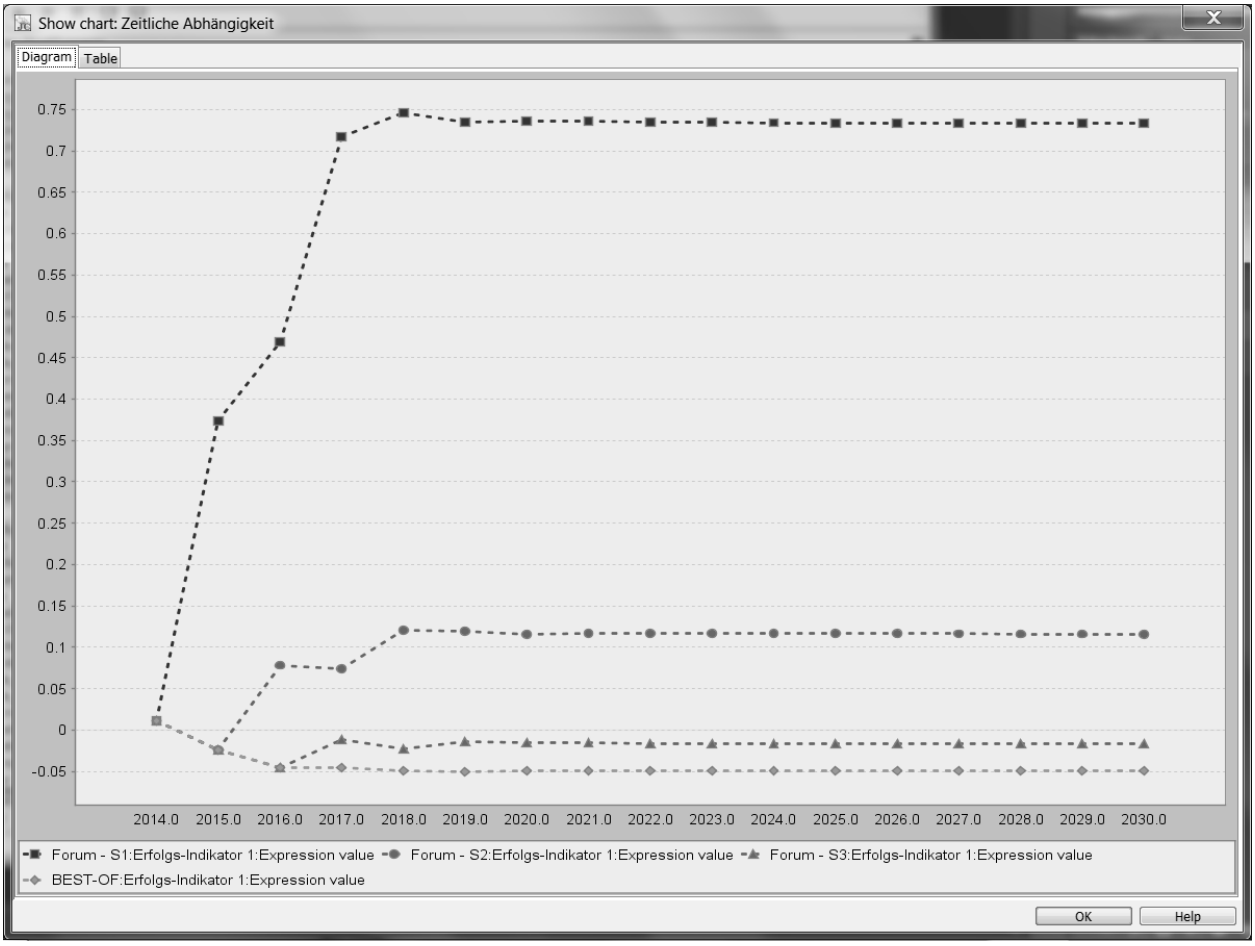


Abbildung 57: Erfolgsindikator 1 unter dem Einfluss der Aktion „Luftfahrtforum“ in verschiedenen Szenen

che und sechs männliche Teilnehmer. Zwei Teilnehmer kamen aus der Industrie, drei Teilnehmer aus der Forschung, zwei Teilnehmer aus staatlichen Einrichtungen und ein Teilnehmer direkt von der Clusterorganisation.

Ergebnisse zu der Thematik der strategischen Planung

87,5% der Befragten gaben an, dass sie mit der Aufgabenstellung und Zielsetzung einer strategischen Planung bereits vor der Teilnahme am Workshop vertraut waren. Die gleiche Anzahl der Befragten gab ebenfalls an, dass der Verlauf des durchgeführten Workshops ihrer Vorstellung von der Aufgabenstellung und Zielsetzung einer strategischen Planung entsprach. Einer der Befragten hatte eine andere Vorstellung zum Verlauf und merkte an:

- Die strategischen Vorüberlegungen lagen nicht, wie erwartet, vor und mussten „mit der Hand am Arm“ nachgearbeitet werden.

Bei der Einschätzung der Ergebnisse zeigt sich ein geteiltes Bild. 50% der Befragten (4 Personen) gaben an, dass die Ergebnisse ihren Vorstellungen entsprachen und weitere 50% verneinten dies unter Angabe der folgenden Erwartungen:

- Bedingt, sehr softe Faktoren; Einflüsse sind sehr groß und monopolabhängig
- Die Erwartung war ein in sich geschlossenes Gesamtkonzept für Strategie und Maßnahmen. Der Fokus liegt auf eine große Zahl einzelner strategischer Elemente.
- Es gab keine neuen Ergebnisse verglichen mit denen, die in bisherigen Strategieworkshops der Clusterorganisation gewonnen wurden.

75% der Befragten sind der Meinung, dass es Unterschiede in der strategischen Planung von Einzelunternehmen im Vergleich zu Unternehmensnetzwerken gibt. Als wesentliche Unterschiede wurde von ihnen angegeben:

- Innerhalb eines Unternehmensnetzwerks existieren in aller Regel verschiedene Interessenslagen - bedingt durch wirtschaftlich unabhängige Mitglieds-Unternehmen.
- Eindeutige Ziele, Spezialisierungen, harte Fakten bei Einzelunternehmen.
- Einzelunternehmen hat nicht so viele Abhängigkeiten zu Partnern wie Unternehmensnetzwerke.
- Wirtschaftliche / gewinnorientierte (Ziele) des Unternehmens ausgeprägter als beim Unternehmensnetzwerk.
- Unternehmen sind gewinnorientiert, die Clusterorganisation jedoch nicht.
- Die Berücksichtigung der Ebenen der Netzwerkmitglieder und der Ebene des Netzwerks als Ganzes, wie auch methodisch geschehen.
- Einzelne Unternehmen sind wesentlich mehr auf Produkte fokussiert. Netzwerke haben andere Zielsetzungen

Auf die Frage, ob eine strategische Planung als Gruppenarbeit durchgeführt werden muss oder ob dies auch Einzelpersonen leisten könnten, waren 87,5% der Befragten der Meinung, dass das nur als Gruppenarbeit ginge. Ein Befragter merkte an, dass es sich um moderierte Gruppenarbeit handeln müsse.

Ergebnisse zu der Thematik der Cross-Impact Analyse

Bei 37,5% der Befragten war die Cross-Impact Analyse bereits vor der Durchführung des Workshops bekannt, die restlichen 62,5% der Befragten kannten diese Methode bisher nicht.

87,5% der Befragten hielten die Cross-Impact Methode für verständlich, nur 1 Befragter (12,5%) war anderer Meinung, jedoch wurde die Komplexität der Methode mit 87,5% mehrheitlich als „eher kompliziert“ (62,5%) bzw. „kompliziert“ (25%) eingestuft. Nur ein Befragter stufte die Methode als „eher einfach“ ein“. Die Gründe für diese Einschätzung waren:

- Grundsätzlich ist die Methode einfach und nachvollziehbar. Die gemeinsame Ausarbeitung der Modelle (Variablen, Wechselwirkungen, usw.) erweist sich jedoch nicht immer als einfach und erfordert den Einsatz weiterer unterstützender Methoden.

- Genaue Bewertungen sind schwierig zu finden, Verknüpfung wird oft unterschiedlich empfunden.

- Verteilte Aufteilung der Wechselwirkungen, JCrimp.

- Nach meinem Empfinden waren die Matrizen viel zu groß, um handhabbar zu sein.

Die Frage, ob die Anwendung der Cross-Impact Analyse als Gruppenarbeit durchgeführt werden muss oder ob dies auch Einzelpersonen leisten könnten, ergab das gleiche Ergebnis wie oben. Wieder waren 87,5% der Befragten (7 Personen) der Meinung, dass das nur als Gruppenarbeit ginge. Dass die Cross-Impact Analyse für die Gruppenarbeit geeignet sei bestätigten alle acht Befragten (100%).

Nach Meinung von 87,5% der Befragten hilft die Cross-Impact Analyse dabei die Zusammenhänge von Einflussfaktoren zu verstehen, nur ein Befragter ist nicht dieser Meinung.

Hilfestellung bei der Identifizierung von strategischen Alternativen bietet die Cross-Impact Analyse nach Meinung von 62,5% der Befragten, während 37,5% das nicht so sehen. 87,5% der Befragten sind jedoch der Meinung, dass die Cross-Impact Analyse dabei hilft, strategische Maßnahmen zur Umsetzung von Strategien zu bewerten. Dies wird nur von einem der Befragten abgelehnt.

Die Frage nach der Nachvollziehbarkeit der Simulationsergebnisse der Cross-Impact Analyse wurde von 62,5% der Befragten positiv beantwortet, während sich drei Befragte (37,5%) unsicher sind.

Eine „gute Eignung“ für die Unterstützung der strategischen Planung in vernetzten Unternehmensstrukturen wurde der Methode von 87,5% aller Befragten attestiert, ein Befragter meint, dass die Methode dafür „eher nicht geeignet“ sei.

Jeweils 75% der Befragten war der Meinung, dass die Anzahl der Trendvariablen und die Anzahl der Aktionsvariablen ausreichend war. Jeweils einer der Befragten empfand die Anzahl als zu hoch bzw. als zu gering. Die folgende Anmerkung wurde zur Frage hinterlassen:

- Kann im Nachgang nicht an einzelnen Variablen festgemacht werden. Im Prozess hätte eine Priorisierung erfolgen müssen.

Mit einer Frage wurden offen die Vor- und Nachteile der Cross-Impact Analyse abgefragt. Als Vorteile wurde angegeben:

- Einfach
- Transparent
- Unterstützt Gesamtverständnis über die betrachteten Probleme
- Aussagekräftige Ergebnisse
- Toolunterstützung vorhanden
- Methodischer Ansatz
- Sammlung von Themen und deren gemeinsame Bewertung
- Gemeinsame Denkweise über Ziele
- Probleme und deren Verständnis
- Ergebnisorientiert
- Erfassung der Variablen
- Man beschäftigt sich detailliert mit möglichen Einflussfaktoren und Auswirkungen
- Strukturiert das Vorgehen
- Wirkt „Vor-Urteilen“ entgegen und trägt damit zur objektiveren Bewertung bei

- Sehr strukturiert

Als Nachteile wurde angegeben:

- Kann sehr zeitaufwändig werden
- Zeitaufwand
- Bindung von vielen Personen
- Sehr komplex, nicht intuitiv
- Aufwändig in der Durchführung (Zeitintensiv)
- Individuelle Bewertung / Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeiten
- Subjektive Bewertung der Variablen
- Aufwändig
- Erfordert viele Annahmen und Abschätzungen
- Zeitaufwand sehr groß
- Transparenz ungenügend
- Sehr theoretisch

Ergebnisse zu der Gruppe

75% der Befragten waren der Meinung, dass die Größe des Workshop-Teams genau richtig war. Das andere Viertel der Befragten meinte, dass das Team noch zu klein war. Der folgende Wunsch wurde geäußert:

- 1-2 Personen aus (der Arbeitsgruppe) Strategie der Clusterorganisation hätte ich mir gewünscht.

Bezüglich der im Team vertretenen Gruppen (Industrie, Forschung, usw.) sagten wiederum 75% der Befragten, dass alle relevanten Gruppen vertreten waren. Für zwei Befragte (25%) war dies nicht der Fall. Ihrer Meinung nach mangelte es an industrieller Beteiligung:

- Zu wenig Industrie, zu „wissenschaftslastig“.
- OEM, KMU.

Ergebnisse zum Prozess

Die Dauer des Planungsprozesses mit ca. sechs Monaten wurde nur von 37,5% der Befragten als angemessen eingestuft. Den anderen 62,5% empfanden dies als zu lang. Als Gründe dafür wurden genannt:

- Es konnten nicht immer alle Gruppenmitglieder teilnehmen. Ferner hätte ein besserer Vorbereitungsgrad (der Mitglieder) den Planungsprozess verkürzt.

- Einige Teilnehmer konnten aus Zeitgründen nicht kontinuierlich teilnehmen.

- Relativ viele „Findungsphasen“. Die Cross-Impact Analyse hätte sich auf die strategischen Maßnahmen konzentrieren sollen. Die grundsätzliche strategische Ausrichtung hätte ggf. effizienter ohne „Cross-Impact-Brille“ entwickelt werden können (ggf. auch von anderem Teilnehmerkreis).

Als Vorschläge für die Beschleunigung des Prozesses wurden angegeben:

- Nutzung digitaler Medien für Datenerfassung, z. B. Smartphone, Multi-Touch-Tisch.

Die Anzahl der insgesamt acht Sitzungen wurde von 62,5% der Befragten als angemessen empfunden. 37,5% der Befragten fanden, dass das zu viele Sitzungen waren. Zusätzlich wurde angemerkt:

- Anzahl der Sitzungen war erforderlich, um zu einem guten Ergebnis zu kommen.

Alle acht Befragten (100%) waren der Meinung, dass die Dauer von ca. 4 Stunden der einzelnen Sitzungen angemessen und das vorherrschende Ambiente gut waren und ein kreatives Arbeiten erlaubte.

Bejahende Übereinstimmung (100%) herrschte auch unter den acht Befragten bei der Frage, ob der Prozess moderiert werden müsse. Ebenfalls 100% der Befragten fanden den Prozess zumindest „grundsätzlich“ transparent, eine gute Transparenz im Sinne, dass jederzeit gewusst wurde, welche Schritte warum durchgeführt wurden, wurde jedoch nur von 50% der Befragten attestiert.

Einen Erkenntnisgewinn bzgl. der Strategie der Clusterorganisation oder seinen Mitgliedern zogen 62,5% der Befragten aus dem Prozess. 25% der Befragten waren sich unsicher, ein Befragter konnte keine neuen Erkenntnisse gewinnen. Die folgenden Kommentare wurden geäußert:

- Optimierung Außendarstellung, Fokussierung der Ausrichtung.
- Zusammenhänge wurden deutlicher.
- Schärferes Bild zum Grundauftrag und Erwartungen der unterschiedlichen Mitglieder.

Befragt nach der Möglichkeit den Prozess bzw. Teile des Prozesses zu virtualisieren gab die Hälfte der Befragten eine abschlägige Antwort, während die andere Hälfte durchaus Potential dafür gesehen hat:

- Bildung von Expertenteams; Bereitstellung von Beispielen; Aufklärung über Pro und Kontra.
- Maßnahmen bestimmen, Priorisierung.
- digitale Erfassung der Variablen über Website, …
- Diskussionen können / sollten nicht virtualisiert werden, aber z. B. die Bewertung der Variablen kann per E-Mail erfolgen.

Ergebnisse zu den Workshop-Ergebnissen

Die Hälfte der Befragten ist insgesamt mit den Ergebnissen der Cross-Impact Analyse zufrieden, ein Befragter ist es nicht, und 37,5% sind sich unsicher.

Für die Mehrheit von 87,5% der Befragten waren die Ergebnisse nicht überraschend. Ein Befragter war überrascht und äußerte:

- Teilweise waren die Wechselwirkungen bzw. die Entwicklung der Parameter in dieser Form nicht absehbar. Wenn dem nicht so wäre, wäre eine Methode wie die Cross-Impact-Analyse eigentlich auch obsolet.

Zufriedenheit mit den identifizierten Strategien drückten 50% der Befragten aus, während sich 37,5% unsicher waren und eine Person keine Angabe machte. Von einem Befragten wurde bemängelt:

- Ein konsistentes Gesamtbild fehlt.

Das gleiche Bild zeichnet sich für die identifizierten Maßnahmen ab. Zufriedenheit drückten 50% der Befragten aus, während sich 37,5% unsicher waren und eine Person keine Angabe machte.

Mit den von der JCrimp-Software erstellten Simulationsergebnissen sind 87,5% aller Befragten zufrieden, nur ein Befragter ist sich bei der Einschätzung unsicher.

Die Relation des Aufwands zur Qualität der Ergebnisse wird von 62,5% der Befragten als gerechtfertigt angesehen. 25% fanden diese Relation nicht gerechtfertigt und ein Befragter ist sich unsicher. Als Anmerkung wurde hinterlassen:

- Aufwand für „Findungs-Schleifen“ vs. fehlendes Gesamtbild.

Auf die Frage, ob man die identifizierten Strategien bzw. Maßnahmen auch mit geringerem Zeitaufwand hätte entwickeln können ergab sich ein gemischtes Bild. 37,5% der Befragten verneinten diese Frage, die gleiche Anzahl der Befragten bejahten die Frage und 25% waren sich unsicher. Vorschläge zur Zeitersparnis enthielten:

- Grundsätzlich halte ich die Methode jedoch für zielführend und für die Aufgabenstellung sehr geeignet.

- Cross-Impact Analyse nur für Maßnahmen (Verifizierung der Strategie).

Die Berücksichtigung der Belange bzw. Zielsetzungen von der Clusterorganisation und den Mitgliedern in gleichem Maße wurde von 75% positiv beschieden, während jeweils ein Befragter sich unsicher war bzw. die Frage verneinte.

7 Diskussion der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Fallstudie aus Kapitel 6 diskutiert. Im Abschnitt 7.1 werden Schlussfolgerungen aus der Fallstudie gezogen. Weiterhin folgen in Abschnitt 7.2 Schlussfolgerungen aus der Befragung der Teilnehmer der Fallstudie. Eine retrospektive Entwicklung des Clusters aus der Fallstudie unter Berücksichtigung des Lebenszyklus von Clustern wird in Abschnitt 7.3 präsentiert. Abschließend werden in Abschnitt 7.4 die im entstandenen Cross-Impact-Modell hinterlegten Annahmen diskutiert.

7.1 Schlussfolgerungen aus der Fallstudie

Die Zielsetzung des Workshops bestand darin, strategische Alternativen für den Luftfahrtcluster zu identifizieren, entsprechende Maßnahmen zur Umsetzung der Alternativen zu ermitteln und deren Wirksamkeit zu antizipieren. Diese Zielsetzung wurde in vollem Umfang erreicht. Weiterhin lässt sich schlussfolgern:

- Die kausale Cross-Impact Analyse ist ein geeignetes Hilfsmittel, um die strategische Planung in Produktionsnetzwerken, wie z.B. Industrial Cluster, zu unterstützen.

- Die kausale Cross-Impact Analyse erlaubt die Modellierung und Analyse von strategisch wichtigen Einflussfaktoren und kann dadurch Hinweise für Ansatzpunkte strategischer Maßnahmen liefern.

- Die kausale Cross-Impact Analyse kann die Auswirkung von geplanten Maßnahmen evaluieren bzw. antizipieren.

- Gleichzeitig liefert die kausale Cross-Impact Analyse Performance Indikatoren für das strategische Controlling.

- Es ist jedoch notwendig zur Verfeinerung des Modells immer wieder zu früheren Schritten zurückzukehren („schleifen drehen“).

- Aufgrund der real stattgefundenen acht Treffen anstelle der geplanten fünf Treffen stellt sich heraus, dass die Methode aufwändiger ist als geschätzt. Die Gründe dafür liegen vor allem darin, dass an bestimmten Stellen (z.B. die Klärung problematischer Wechselwirkungen) zeitaufwändige Abstimmungsprozesse notwendig sind.

- Die Formulierung strategischer alternativer Stoßrichtungen bzw. die Entwicklung strategischer Maßnahmen fiel vielen Workshop-Teilneh-

mern schwer und musste durch eine weitere Methodik unterstützt werden. Dies führte ebenfalls zu einem zusätzlichen zeitlichen Aufwand.

- Durch die gemeinsame Entwicklung des Cross-Impact Modells wurden „quasi nebenbei“ auch unterschiedliche Verständnisse bzgl. Selbstverständnis des Clusters, Zielsetzungen, vorhandene Möglichkeiten, usw. zwischen den Teammitgliedern ans Licht gebracht, um dann diskursiv geklärt zu werden. Dies fördert die Harmonisierung der gemeinsamen Sichtweise des Teams.

Viele der Trendvariablen des entwickelten Cross-Impact Modells zeigen eine sehr ausgeprägte Dynamik in der Form, dass sie zur Bifurkation neigen. Dies kann auf das Vorhandensein unerwünschter indirekter Wirkungen (z. B. Doppelzählungen) zurückzuführen sein, worauf der immer noch recht hohe Füllgrad von ca. 31% der Trend-auf-Trend-Matrix hinweist. Ebenfalls halten sich die Anzahl der positiven und negativen Cross-Impacts (86% zu 14%) nicht die Waage, so dass es im Modell kaum dämpfende Rückkopplungen geben dürfte.

Daher bleibt die Frage nach der Modellqualität weiterhin offen. Unter Umständen beinhaltet das Modell einen durch die Sichtweise der Teilnehmer nur eingeschränkten Systemausschnitt mit der Folge, dass wichtige Einflussfaktoren in der Form von Trendvariablen immer noch fehlen. Die Zielsetzungen des Clusters scheinen gut abgebildet zu sein, aber was ist mit mittelbaren Einflüssen aus dem Branche- bzw. globalen Umfeld? Sind diese Faktoren genügend stark repräsentiert?

Nichtsdestotrotz lässt sich, wie gezeigt, mit diesem Modell eine Evaluation strategischer Maßnahmen durchführen. Viele der simulierten Szenarien bzw. der daraus gezogenen Schlussfolgerungen erscheinen plausibel, z.B.

- Interne Variablen, wie z.B. „Anzahl der Mitglieder“ oder „Aktivität der Mitglieder“ unterliegen einer positiven Rückkopplung, so dass – einmal durch eine Maßnahme angestoßen – sie sich auf einem höheren Niveau einpendeln.

- Das Image des Clusters und sein Bekanntheitsgrad sind im Gesamtkontext entkoppelt. Die Verbesserung des einen zieht nicht zwangsweise die Verbesserung des anderen nach sich.

- Einige der Trendvariablen lassen sich mit Hilfe der identifizierten Maßnahmen nur indirekt beeinflussen, wie z.B. der „Bekanntheitsgrad des Unternehmens“, der aber nach einer Verzögerung trotzdem von Maßnahmen wie „Kooperation mit Niedersachsen Aviation“ oder „Luftfahrtforum Norddeutschland (und Kongress)“ profitiert.

- Externe Variablen, wie z.B. die „Konjunktur“ lassen sich weder direkt noch indirekt durch strategische Maßnahmen auf dem Level des Clusters beeinflussen.

- Werden Aktionen zu Aktions- bzw. Maßnahmenbündeln zusammengefasst kann eine stärkere Wirkung erzielt werden.

- Der Einsatz von Aktionen muss zu einem frühen Zeitpunkt stattfinden, da ihre Wirkung mit fortschreitender Zeit bis zur Wirkungslosigkeit fortschreitet.

Dennoch bleiben auch Fragen offen, wie z.B.

- Ist die Aktion „Luftfahrtforum Norddeutschland (und Kongress)“ wirklich die stärkste?

- Warum hat z.B. die Aktion „Kooperation mit ausländischen Clustern“ einen negativen Effekt auf die „Gesamtkompetenz im Cluster“? Ist das wirklich realistisch?

- Warum hat die Aktion „Managementplan für Cluster-Zertifizierung“ einen negativen Effekt auf den „Bekanntheitsgrad“?

- Warum hat die Aktion „Norddeutsche Kompetenzmatrix“ einen negativen Effekt auf den „Bekanntheitsgrad“?

- Warum wird durch den Einsatz der Aktionen der Trend der „Konzentration der Zulieferer“ eher unterstützt als abgemildert?

Weiterhin ist die Betrachtung von simulierten Durchschnittswerten bei Variablen, die zur Bifurkation neigen äußerst problematisch, da in diesen Fällen die Durchschnittswerte unwahrscheinlicher sind als die Extremwerte (Attraktoren).

Um die offenen Fragen besser beantworten zu können ist es sinnvoll eine gemeinsame Überzeugung für die Korrektheit des Cross-Impact Modells zu entwickeln. Dazu müssen die folgenden Schritte unternommen werden:

- Der Satz der Aktionsvariablen und seiner Cross-Impacts sollte gemeinschaftlich überprüft werden. Die Analyse ergab 13 Problemfälle, die bisher nicht diskursiv gelöst wurden.

- Der Trendvariablensatz muss auf Vollständigkeit geprüft werden. Sind alle wichtigen Einflussgrößen vorhanden oder fehlen welche? Falls dies der Fall ist sollten sie aufgenommen und näher spezifiziert werden.

- Die Parameter sind auf Korrektheit zu prüfen. Sind die Parameter der Trendvariablen korrekt? Stimmen a-priori-Abschätzung, Volatilitäten, Minimum und Maximum?

- Jeder einzelne Cross-Impact aus der Cross-Impact Matrix gehört noch einmal auf den Prüfstand. Es muss untersucht werden, ob der jeweilige Cross-Impact tatsächlich vorhanden ist oder evtl. eine Doppelzählung darstellt. Ist er tatsächlich vorhanden, sollte seine Wirkrichtung und – stärke überprüft und gegebenenfalls detailliert werden. Dies gilt für Cross-Impacts im Trends-auf-Trends-Bereich der Matrix als auch für den Bereich Aktionen-auf-Trends.

- Da in einem Cross-Impact Modell eine Szene den kürzesten Zeitraum zur Weitergabe einer Wechselwirkung ist, kann es bei indirekten Wirkungen evtl. unrealistisch lange dauern, bis sie bei der entsprechenden Variablen ankommt. Falls dies zu unrealistischen Verzögerungen führt kann die Szenenlänge reduziert werden. Ebenfalls können – falls Wirkungen stärker verzögert auftreten als das Zeitmodell erlaubt, Verzögerungsfaktoren integriert werden. So kann beispielsweise eine Wirkung auch auf mehrere Szenen ausgedehnt werden.

Weiterhin sollten Aktionen (Maßnahmen) bzgl. ihrer Kosten näher detailliert werden, damit nicht nur die erwartete Wirkung angemessen beurteilt werden kann, sondern auch die damit verbundenen Kosten. Evtl. werden Maßnahmen auch von verschiedenen Akteuren (Clusterorganisation, Wirtschaftsförderung, Mitgliedsunternehmen) umgesetzt. Diese sollten dann ebenfalls ins Modell integriert werden. Auch sollten neben den Kosten auch die zur Verfügung stehenden Budgets angegeben werden. Nur so kann eine fundierte Kosten-Nutzen-Aussage erstellt werden.

Zusätzlich können und sollten die identifizierten Maßnahmen einer Robustheitsanalyse unterzogen werden. Dazu sollten Unwägbarkeiten in der Form von nicht beeinflussbaren Ereignissen mit starker Auswirkung auf das Gestaltungsfeld (z. B. Ölkrisen, Finanzkrisen und ähnliches) modelliert und in ihrer Wirkung auf die Trendvariablen abgeschätzt werden. Für das Luft- und Raumfahrtcluster wäre dies evtl. das Ereignis, dass der fokale Partner sein operatives Geschäft in eine andere deutsche Stadt verlegt. Sicherlich hätte das ungeahnte Auswirkungen auf die Existenz des Clusters.

7.2 Schlussfolgerungen aus der Befragung

Die angewandte Methode wurde von der überwiegenden Mehrheit als verständlich, aber komplex eingestuft. Schwierigkeiten bereiteten einerseits die Abschätzung von Werten (dies betrifft alle Eingangsgrößen von den apriori-Entwicklungen bis

hin zu den Cross-Impacts) und andererseits das Volumen der Eingangsgrößen und der Cross-Impact-Matrix.

Die Methode ist sehr gut geeignet, um in einer Gruppe bzw. einem Team eingesetzt zu werden. Aufgrund der vorher genannten Schwierigkeiten ist es aber unabdinglich, dass die Gruppe durch einen erfahrenen Moderator geführt wird.

Die Methode offenbarte sowohl Vor- als auch Nachteile. Zu den Vorteilen gehörte, dass die Methode ein strukturiertes als auch kollektives Vorgehen unterstützt und damit Transparenz schafft. Als nachteilig wurde der zwar angemessene, aber trotzdem große zeitliche Aufwand und die Komplexität der Methode empfunden.

Die Methode hat neue Erkenntnisse und strategische Optionen erzielt. Die Relation des Aufwands zur Qualität der Ergebnisse ist angemessen. Die Berücksichtigung der Belange der Clusterinitiative und deren Mitgliedern in gleichem Maße (Zielsetzungen auf verschiedenen Zielebenen) war gewährleistet.

Bei der Strategiefindung kann die Cross-Impact-Methode zwar Anregungen geben, an welchen Stellschrauben angesetzt werden kann, bietet jedoch keine Möglichkeit, strategische Alternativen strukturiert zu entwickeln. Hier mussten daher andere Ansätze zur Hilfe genommen werden. Diese Schwäche ist jedoch bei allen auf Szenariotechniken beruhenden Methoden in der Praxis zu beobachten, soweit keine zusätzlichen Methoden in der Phase des Szenario-Transfers eingesetzt werden.

Die Unterschiede in der strategischen Planung in Einzelorganisationen im Vergleich zu Organisationsnetzwerken kann die dynamisch-kausale Cross-Impact Analyse im Rahmen der Szenario-Simulation überwinden. Sie ist daher geeignet im Rahmen der strategischen Planung in Produktionsnetzwerken, wie industrielle Cluster, eingesetzt zu werden.

7.3 Entwicklung des Luftfahrtclusters

Im Jahre 2017 hat das betrachtete Luftfahrtcluster beschlossen auch die Interessen der Raumfahrt vermehrt wahrzunehmen und somit den größten Luft- und Raumfahrtstandort Deutschlands in voller Breite zu vertreten. Im Rahmen dieser Neuausrichtung wurde auch der Name der Clusterinitiative geändert. Die veränderten Ziele des neu ausgerichteten Clusters umfassen:

- Eine stärkere Sichtbarkeit für die Luft- und Raumfahrt außerhalb der Region.
- Eine verbesserte Wertschöpfung am Standort durch höhere Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit sowie Ansiedlungen und Gründungen.

- Den Erhalt und Ausbau der industriellen Arbeitsanteile ansässiger Institutionen an den Großprogrammen der ESA, der EU und bei nationalen Programmen wie dem Luftfahrt-Forschungsprogramm (LuFo) des Bundes.

- Die Stärkung der Luft- und Raumfahrtindustrie durch übergreifende Vernetzung mit anderen Branchen wie der Automobilindustrie, der Windenergie und der maritimen Wirtschaft. Von besonderer Bedeutung sind hier die Querschnittsbereiche innovative Materialien und Digitalisierung.

Einhergehend mit der Namensänderung wurde auch ein neuer Vorstand gewählt und größere Büroräume bezogen. Als Aufgaben des Clusters wurden Netzwerkbildung, Technologietransfer und Kompetenzvermittlung der Unternehmen am Standort genannt. Ein neuer Fokus wurde mit der Förderung von Start-Ups genannt, um neue Geschäftsmodelle am Standort zu entwickeln und die Innovationskraft zu stärken. Zukünftig sollen weitere Themen wie z.B. Raumfahrtsystemtechnik und Raumfahrtforschung, Erdfernerkundung, Bionik und Robotik integriert werden.

Eine derartige Neuausrichtung entspricht im Lebenszyklus eines Clusters die Phase der Renaissance (siehe Abschnitt 2.2.3.5). In diesem Fall war durch die Einstellung von Entwicklungsaktivitäten eines der fokalen Partner die Ausrichtung und das Wachstum des Clusters gefährdet. Zugleich wurde in der Region vermehrte Aktivitäten von Raumfahrtunternehmen verzeichnet, sodass in Übereinkunft mit den verantwortlichen politischen Akteuren die Clusterinitiative entsprechend neu ausgerichtet wurde. Somit wurde die fünfte strategische Alternative (Branchenerweiterung) aus Abschnitt 6.3.5 umgesetzt.

7.4 Retrospektive Betrachtung des Cross-Impact-Modells

Nach fünf Jahren zeitlichem Abstand wird das in der Fallstudie entwickelte Cross-Impact Modell bezüglich der hinterlegten Annahmen diskutiert. Dabei ist zu unterscheiden zwischen den im Modell hinterlegten apriori-Verläufen von Trendvariablen, den festgelegten Maßnahmen (Aktionen), dem Vorhandensein und der Stärke von Wechselwirkungen (zwischen den Trendvariablen und zwischen Aktions- und Trendvariablen) und den erzielten Simulationsergebnissen.

7.4.1 Apriori-Annahmen zu den Trendvariablen

Bei vielen Trendvariablen handelt es sich um quantifizierte qualitative Variablen, die durch Skalen gemessen und deren Werte abgeschätzt wurden oder um Indexgrößen (z.B. 2014 entspricht 100) deren Werte ebenfalls geschätzt wurden. Ausnahmen sind die Anzahl der Mitglieder der Clusterinitiative, Anzahl der inter-

nen und externen Veranstaltungen der Clusterinitiative, Anzahl der Fachunternehmen in der Region und die Konjunktur (als IFO-Geschäftsklimaindex).

Im Jahr 2014 betrug die Anzahl industrieller (und weiteren nicht forschender) Mitglieder 37 und ist bis 2020 auf 66 gestiegen (Zuwachs: 102,7%)[5]. Die Anzahl der Forschungsinstitute ist im gleichen Zeitraum von 6 auf 12 gestiegen (Zuwachs: 100%). Insgesamt stieg die Zahl der Mitglieder im genannten Zeitraum um 102,3% von 43 auf 87 Mitglieder. Im Cross-Impact-Modell wurde apriori angenommen, dass sich die Anzahl der industriellen Mitglieder nur langsam erhöht (auf 40 bis 2030) und die Anzahl der Forschungsinstitute gleichbleibt.

Die Anzahl der internen und externen Veranstaltungen betrug 51 im Jahr 2013 und hat sich zu 2020 nicht wesentlich verändert. Jedoch hat sich die Qualität der externen Veranstaltungen verändert. Während vorher vornehmlich an externen Veranstaltungen (Messen usw.) teilgenommen wurde, werden jetzt auch Veranstaltungen selbst initiiert und organisiert. Das 5. Norddeutsche Luftfahrtforum wurde beispielsweise ausgerichtet, während vorher nur eine Partnerschaft zu dem Ausrichter des Forums bestand.

Im gleichen Zeitraum hat sich die Anzahl der in der Region ansässigen Fachunternehmen von ca.100 auf ca. 140 erhöht[5]. Dies entspricht einem Zuwachs von 40%. Im Gegensatz dazu wurde im Cross-Impact-Modell eine leichte Verringerung auf 96 Unternehmen apriori angenommen.

Der IFO-Geschäftsklimaindex von 2014 lag im Jahresdurchschnitt bei 99,3 Punkten mit einem Index-Referenzwert von 100 Punkten für das Jahr 2015[6]. Für das Jahr 2019 lag der Geschäftsklimaindex bei 97,1 Punkte. Zwischen 2014 und 2018 konnte ein leichtes Wachstum auf zwischenzeitlich 103,2 Punkte verzeichnet werden, bevor der Index für 2019 rückläufig war. Das für das Cross-Impact-Modell angenommene Wachstum des Indexes von 2% pro Jahr konnte nicht erreicht werden, jedoch stimmte zumindest bis 2018 die Einschätzung des leichten Wachstums mit der Realität überein.

7.4.2 Aktionsvariablen

In Abschnitt 6.3.6, Tabelle 19 wurden zehn Maßnahmen zur Umsetzung der vorhandenen strategischen Optionen definiert. Retrospektiv betrachtet wurden die folgenden Maßnahmen umgesetzt:

---

[5] Quelle: Website der Clusterinitiative

[6] Quelle: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1303/umfrage/entwicklung-ifo-geschaeftsklimaindex-jahresdurchschnitte/

- Mehrwert der Website erhöhen. Die Website wurde im Rahmen der Clusterumbenennung neugestaltet. Ein neuer interner Bereich bietet den Mitgliedern umfangreiche Informationen und damit einen Mehrwert.

- Managementplan für Cluster-Zertifizierung. Ein Antrag auf Cluster-Zertifizierung wurde gestellt. Das Ergebnis ist bisher nicht bekannt.

- Norddeutsche Kompetenzmatrix erstellen. Ein Branchenverzeichnis der ansässigen Luft- und Raumfahrtunternehmen wurde bisher von der lokalen Wirtschaftsförderung gepflegt. Dies wurde von der Clusterorganisation übernommen und mit weiteren Informationen (Kompetenzen) angereichert.

- Luftfahrtforum Norddeutschland und Kongress. Das 5. Norddeutsche Luftfahrtforum wurde von der Clusterorganisation ausgerichtet. Das Cluster entwickelte sich mit der Zeit von einem unterstützenden Partner zum Ausrichter des Forums.

- AG „Neue Märkte Ausland“ bilden. Im Rahmen der bestehenden Arbeitsgruppe „Internationalisierung“ wurde dieses Thema mit bearbeitet.

- Kooperation mit ausländischen Clustern. Die Clusterinitiative ist aktives Mitglied des EACP (European Aerospace Cluster Partnership) und pflegt Kooperationen mit anderen europäischen Luft- und Raumfahrclustern, z.B. durch Delegationsreisen.

- AG „Neue Zielgruppen“ bilden. Ebenfalls im Rahmen der bestehenden Arbeitsgruppe „Internationalisierung“ wurde das Thema der neuen Zielgruppen mit bearbeitet.

7.4.3 Vorhandensein und Stärke von Wechselwirkungen

Eine retrospektive Überprüfung des Vorhandenseins und der Stärke von Wechselwirkungen zwischen den Trendvariablen ist nahezu unmöglich, da es sich um ein Geflecht aus Einzelwirkungen handelt, das nur mit erheblichem Aufwand in ihrer Dynamik beurteilt werden kann. Daher wurden die Wechselwirkungen paarweise im Team geschätzt und auf Plausibilität geprüft. Dies gilt auch für Wechselwirkungen zwischen den Aktionen und Trends, zumal die Aktionen Wirkungen auf mehr als nur eine Trendvariable haben. Vielversprechender ist die Untersuchung der Simulationsergebnisse, die auf den festgelegten Wechselwirkungen beruhen.

7.4.4 Simulationsergebnisse

Da das betrachtete Cluster die strategische Option der Branchenerweiterung wahrgenommen hat, können die Simulationsergebnisse dieser strategischen Option überprüft werden. Zur Implementierung dieser strategischen Option wurden die folgenden Maßnahmen (Aktionen im Cross-Impact-Modell) genutzt bzw. gesetzt: Mehrwert der Website erhöhen, Norddeutsche Kompetenzmatrix erstellen und AG „Neue Zielgruppen“ bilden.

Durch die Simulation ergibt sich folgendes Bild:

- Alle drei Aktionen haben eine starke positive Wirkung auf die Variablen „Kooperation und Networking“, „Aktivität der Mitglieder“, Zufriedenheit der Mitglieder“, „Zugriff auf Know-How“, „Bekanntheitsgrad des Clusters“ und „Image des Clusters“. Eine geringe positive Wirkung auf die Anzahl interner sowie externer Projekte geht von der Maßnahme „Norddeutsche Kompetenzmatrix erstellen“ aus.

- Einige Trendvariablen, wie z.B. „Anzahl der Mitglieder“, „Aktivität der Mitglieder“ oder „Bekanntheitsgrad des Unternehmens“ werden nur indirekt beeinflusst, sodass die Wirkung der Maßnahmen zeitverzögert auftreten.

- Einige Trendvariablen unterliegen einer positiven Rückkopplung, so dass – einmal durch eine direkte oder indirekte Wirkung einer Maßnahme angestoßen – sie sich auf einem höheren Niveau einpendeln.

- Das Image des Clusters und sein Bekanntheitsgrad sind im Gesamtkontext entkoppelt. Die Verbesserung des einen zieht nicht zwangsweise die Verbesserung des anderen nach sich.

- Externe Variablen, wie z.B. die „Konjunktur“ lassen sich weder direkt noch indirekt durch strategische Maßnahmen auf dem Level des Clusters beeinflussen.

Die Entwicklung der o.g. quantifizierten Trendvariablen in der Simulation ist wie folgt:

- Die Anzahl der industriellen Mitglieder erhöht sich in der Simulation von 37 im Jahre 2014 auf 53 (Durchschnitt) bzw. 67 (Median) im Jahre 2020 und kommt damit den realen Mitgliederzahlen sehr nahe. Die Anzahl der Forschungsinstitute erhöht sich in der Simulation von 6 auf 7 (Durchschnitt) bzw. 8 (Median) und hinkt damit den realen Verhältnissen hinterher. Der Grund hierfür liegt darin, dass im Modell dem Zuwachs an Forschungsinstituten eine Obergrenze gesetzt wurde, die jedoch bei einer

Branchenerweiterung viel höher sein müsste, da Forschungsinstitute mit weiteren Themen in Betracht kommen.

- Die Anzahl der internen und externen Veranstaltungen erhöht sich im gleichen Zeitraum von 51 auf 71 (Durchschnitt) bzw. 87 (Median) und weicht damit von der Realität ab. Wie bereits erwähnt hat sich aber die Qualität der Veranstaltungen gewandelt.

- Die Anzahl der Fachunternehmen erhöht sich in der Simulation von 100 auf einen Wert von 104 (Durchschnitt) bzw. 109 (Median). Die Tendenz der apriori-Annahme, dass Fachunternehmen abwandern, konnte umgekehrt werden, erreicht jedoch nicht das Ausmaß wie in der Realität beobachtet.

8 Schlussbetrachtung

Dieses Kapitel beinhaltet eine Zusammenfassung der Arbeit (Abschnitt 8.1) und einen Ausblick (Abschnitt 8.2).

8.1 Zusammenfassung

Spätestens seit den Veröffentlichungen Porters (1990; 1998) mit Hinweis auf das Musterbeispiel eines Clusters im Silicon Valley wird deutlich, dass derartige regionale Cluster Wettbewerbsvorteile für Unternehmen und Regionen darstellen, und zwar weltweit. Der Clusterbegriff und die Förderung von Clustern sind bereits seit einigen Jahren auch im Fokus der nationalen und regionalen bundesdeutschen Wirtschaft und Politik, aber im Besonderen in der Wirtschaftsförderung und nicht zuletzt in der akademischen Forschung. Diese räumlichen Konzentrationen von miteinander vernetzten Unternehmen und Institutionen entlang einer Wertschöpfungs- bzw. Produktionskette, stellen für Unternehmen und Regionen einen erheblichen Wettbewerbsvorteil dar. Im Besonderen wird sich durch die Förderung von derartigen Produktionsclustern eine Steigerung der Produktivität, die Verbesserung der Innovationskraft sowie die Stimulation von Unternehmensgründungen mit starken Impulsen für Wachstum und Beschäftigung versprochen.

Bestimmten Netzwerken in solchen Clustern, insbesondere der Clusterinitiative, obliegt die Aufgabe der strategischen Planung in und für das Cluster. Ansätze für die strategische Planung in Einzelorganisationen, die meistens hierarchisch organisiert sind, sind bereits seit den 1960er Jahren im Fokus von Theorie und Praxis. Die Unterschiede in der strategischen Planung bzgl. vernetzter Organisationsstrukturen wurde jedoch erst in den letzten Jahren herausgearbeitet, insbesondere die verschiedenen Zielebenen auf Netzwerk- und auf Organisationsebene und der Prozess der Formulierung einer kollektiven Strategie. Hier stellt sich die Frage, ob das vorhandene Instrumentarium der strategischen Planung auch für die Entwicklung kollektiver Strategien im Rahmen von Organisationsnetzwerken brauchbar ist. Insbesondere die Familie der Szenario-Techniken bieten hier sehr gute Ansätze für die Strategiesuche und -entwicklung. Eine Analyse der Anforderungen an Planungswerkzeugen für die strategische Planung in vernetzten Organisationen zeigt, dass hier besondere Bedarfe und Ansprüche vorliegen.

In der vorliegenden Arbeit wurde zur Überprüfung der o. g. Fragestellung eine am BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH erweiterte und als Softwaresystem und vom Autor implementierte Variante der dynamisch-kausalen Cross-Impact Analyse zur simulativen Generierung und Strukturierung von Szenarien im Rahmen einer Fallstudie in einem Luftfahrtcluster angewandt. Es wurde ein Vorgehen konzipiert, dass die Schritte der Cross-Impact-Modellentwicklung und -Nutzung in die Phasen der strategischen Planung integriert. Zur Umsetzung in

der Fallstudie wurde ein Team verschiedener Clusterakteure eingeladen, in einem Strategieentwicklungsworkshop für das Cluster zu partizipieren. Die Ergebnisse der Strategieentwicklung und -bewertung zeigen eindeutig den strategischen Handlungsspielraum des Clusters auf. Eine Evaluation der Methode durch Befragung der Teilnehmer hat ergeben, dass diese Methode bestens für die Entwicklung kollektiver Strategien geeignet ist.

8.2 Ausblick

Aus zeitlichen Gründen konnte an einigen Stellen die Fallstudie nicht bis in aller Tiefe ausgeführt werden. Dies betrifft vor allem die Abschätzung der Kosten für die identifizierten Aktionen. Diese wurden nur grob geschätzt und müssten validiert werden. Ebenso wurden die Möglichkeiten der Cross-Impact-Modellierung nicht voll ausgeschöpft. Im entstandenen Modell finden sich ausschließlich konstante Cross-Impacts. Auch hier bietet sich noch eine Validierung bzgl. zeitlich dynamischer, verzögerter und schwellwertabhängiger Cross-Impacts an. Ebenfalls wurden keine Ereignisse definiert, sodass eine Robustheitsanalyse nicht durchgeführt werden konnte. Das Nachholen dieser Unterlassungen würde das Modell und die darauf basierenden Strategien noch etwas transparenter machen, jedoch die grundsätzliche Aussage bzgl. der identifizierten und bewerteten Maßnahmen nicht verändern.

Bei dem in der Fallstudie partizipierendem Cluster handelt es sich um ein kleines Cluster von einem Typ zwischen Satellite Platform Cluster-Modell und Hub-and-Spoke Cluster-Modell. Daher liegt die Annahme nahe, dass die vorgestellte Methode zumindest für diese beiden Typen von Clustermodellen uneingeschränkt nutzbar ist. Da die beiden anderen Cluster-Modelle (nach Marshall und das staatlich verankerte Cluster-Modell, siehe Abschnitt 2.2.3.3) ähnliche Strukturen (Beteiligung von KMUs in dem einen Fall und große Clusterakteure im anderen Fall) haben liegt die Annahme nahe, dass die Cross-Impact Methode auch in diesen Fällen eingesetzt werden kann. Ebenso kann die Methode auch in andere Branchen, sofern es sich um Produktion handelt, übertragen werden. Da es sich bei den Produkten in der Luft- und Raumfahrtbranche um sehr komplexe Produkte handelt, müsste die Anwendung in Produktionsclustern mit Produkten geringerer Komplexität eher einfacher sein.

Da im deutschsprachigen Raum die Begriffe für Cluster und Netzwerke oft synonym verwendet werden, liegt die Vermutung nahe, dass die Unterschiede nicht sehr groß sind. Im Wesentlichen liegen die Unterschiede in der regionalen Reichweite, der Art des Kooperationsverhältnisses, die Art der Unternehmensbeteiligung und der Form der Zusammenarbeit (siehe Abschnitt 2.2.3.1). Cluster sind meist losere Kooperationen, die im Gegensatz zu Netzwerken weniger formal formulierte Bindungen vorsehen. Da die Cross-Impact Analyse für die Strategieentwicklung in Clustern gut funktioniert, wird sie in etwas formaler formulierten Netzwerken

ebenfalls gut funktionieren. Ein Unterschied wird sich in den Zielebenen finden (siehe Abschnitt 2.4.2): je fokaler ein Netzwerk ist, desto stärker werden die strategischen Zielsetzungen des Hauptakteurs auch die Ziele auf Netzwerkebene bestimmen.

Obwohl das implementierte Softwaresystem JCrimp den identifizierten Anforderungen gerecht wird, gibt es Weiterentwicklungspotentiale, speziell für die Unterstützung von Gruppen bzw. verteilte Teams, die sich der Entwicklung einer kollektiven Strategie widmen. Dazu müsste es als verteiltes System mit zentraler Datenhaltung implementiert werden, zu dem die Teammitglieder Zugang durch Apps erhalten. Dies würde auch die verteilte Datenerhebung (z. B. das Abschätzen der Cross-Impacts durch die Gruppenmitglieder) besser unterstützen, da dann die Auswertung der Einzelmatrizen automatisch geschehen könnte. Teammitglieder könnten so sofort sehen, wo ihre eigene Einschätzung von den Einschätzungen anderer Mitglieder abweichen und in welchem Maße.

Ein Teil des in Workshops durchgeführten Prozesses könnte auch mit modernen Kollaborationstools (Videokonferenz mit Bildschirmfreigaben) durchgeführt werden, so dass die Notwendigkeit des Zusammenkommens an einem bestimmten Ort entfiele. Dies würde Aspekte der Abstimmung in der Gruppe unterstützen. Es könnten ad-hoc-Treffen einberufen werden, sobald Abstimmungsbedarf auftritt. Dadurch könnten auch die einzelnen Sitzungen kürzer werden mit der Folge, dass der gesamte Strategieentwicklungsprozess flüssiger und schneller vonstattengeht.

9 Literaturverzeichnis

Agami, Nedaa Mohamed Ezzat; Omran, Ahmed Mohamed Ahmed; Saleh, Mohamed Mostafa; El-Shishiny, Hisham Emad El-Din (2008): An enhanced approach for Trend Impact Analysis. In: *Technological Forecasting and Social Change* 75 (9), S. 1439–1450.

Alder, Gaudenz (2009): Design and Implementation of the JGraph Swing Component. Online verfügbar unter http://ontwerpen1.khlim.be/projects/netsim/jgraph-paper.pdf, zuletzt aktualisiert am 17.02.2009, zuletzt geprüft am 17.02.2009.

Alter, Steven (2002): Information Systems. Foundation of E-Business. Fourth Edition. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Amer, Muhammad; Daim, Tugrul U.; Jetter, Antonie (2013): A review of scenario planning. In: *Futures* 46, S. 23–40.

Ansoff, Harry Igor (1988): The new corporate strategy. Revised Edition. New York: Wiley.

Asan, Seyda Serdar; Asan, Umut (2007): Qualitative Cross-Impact Analysis with Time Consideration. In: *Technological Forecasting and Social Change* 74 (5), S. 627–644.

Asan, Umut; Bozdag, Cafer Erhan; Polat, Seckin (2004): A Fuzzy Approach to Qualitative Cross Impact Analysis. In: *Omega* 32 (6), S. 443–458.

BAFA (2009): Umweltprämie. Online verfügbar unter http://www.bafa.de/bafa/de/wirtschaftsfoerderung/umweltpraemie/, zuletzt aktualisiert am 17.03.2011, zuletzt geprüft am 17.03.2011.

Bahadir, Sefik Alp (2017): Implementation of Cluster Strategy in Medical Technology and Healthcare Services. Hotel Palace Berlin. 4th Iraqi-German Business Forum. Berlin, 13.09.2017. Online verfügbar unter https://ghorfa.de/wp-content/uploads/Prof.-Dr.-Dr.-Alp-Bahadir.pdf, zuletzt geprüft am 15.06.2018.

Becker, Thomas (Hg.) (2011): Netzwerkmanagement. Mit Kooperation zum Unternehmenserfolg. Berlin, Heidelberg, New York: Springer (3. Auflage).

Bishop, Peter; Hines, Andy; Collins, Terry (2007): The current state of scenario development. An overview of techniques. In: *foresight* 9 (1), S. 5–25.

Bode, Alexander (2011): Regionale Vernetzung als Beitrag zum Unternehmenserfolg. Entwicklung und Management von Cluster-Initiativen. In: *Zeitschrift für Management* 6 (2), S. 143–169.

Böhling, Hermann (1985): Anwendung ausgewählter Verfahren der Informatik auf die Erstellung von Software für die Systemanalyse und Prognose gesellschaftlicher

Entwicklungen, mit besonderer Berücksichtigung des Technologiebereichs. Institut für Mathematik an der Universität Clausthal.

Böhling, Hermann; Pestel, Robert (1989): Impact on the Business Environment. In: Proceedings of the International Workshop on Economic Evaluation of Investment Toward CIM. Leuven, S. 1–23.

Boja, Catalin (2011): Cluster Models, Factors and Characteristics. In: *International Journal of Economic Practices and Theories* 1 (1), S. 34–43. Online verfügbar unter http://www.ijept.org/index.php/ijept/article/view/8.

Börjeson, Lena; Höjer, Matthias; Dreborg, Karl-Henrik; Ekvall, Tomas; Finnveden, Göran (2006): Scenario Types and Techniques: Towards a User's Guide. In: *Futures* 38 (7), S. 723–739.

Bradfield, Ronald M.; Wright, George; Burt, George; Cairns, George; van der Heijden, Kees (2005): The Origins and Evolution of Scenario Techniques in Long Range Business Planning. In: *Futures* 37 (8), S. 795–812.

Bresser, Rudi K. F. (1989): Kollektive Unternehmensstrategien. In: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* (5), S. 545–564.

Breuer, Markus (2014): Strategie-Simulation. So simulieren Sie den Unternehmenwert Ihrer Strategie mit dem CFROI-Modell für Marktentwicklungs-Szenarien. 1. print. Remagen-Oberwinter: LuluPress.

Brütsch, David (1999): Virtuelle Unternehmen. Zürich: vdf Hochschulverlag.

Camarinha-Matos, Luis M.; Afsarmanesh, Hamideh (2006): Collaborative Networks: Value Creation in a Knowledge Society. In: Kesheng Wang, George L. Kovacs, Michael Wozny und Minglun Fang (Hg.): Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management. PROLAMAT'06: The IFIP TC 5 International Conference on Knowledge Enterprise. Shanghai, China, 2006/06/15. Proceedings of PROLAMAT 2006, IFIP TC5 International Conference, June 15-17, 2006, Shanghai, China. Boston: Springer, S. 26–40.

Camarinha-Matos, Luis M.; Afsarmanesh, Hamideh; Ermilova, Ekaterina; Ferrada, Filipa; Abreu, Antonio (2008): ECOLEAD Deliverable D52.3 - A Reference Model for Collaborative Networks.

Chandler, Alfred Dupont (1962): Strategy and structure. Chapters in the history of the industrial enterprise. Cambridge (Massachusetts): MIT Press.

Checkland, Peter (1999): Systems Thinking, Systems Practice. Includes a 30-year retroperspective. Chichester [u.a.]: John Wiley & Sons.

Checkland, Peter (2000): Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective. In: *Systems Research and Behavioral Science* 17 (S1), S. 11–58.

Checkland, Peter; Holwell, Sue (2007): Action Research: Its Nature and Validity. In: Ned Kock (Hg.): Information Systems Action Research. An Applied View of Emerging Concepts and Methods. New York: Springer, S. 3–17.

Connell, Julia; Kriz, Anton; Thorpe, Michael (2014): Industry clusters. An antidote for knowledge sharing and collaborative innovation? In: *Journal of Knowledge Management* 18 (1), S. 137–151.

Duin, Heiko (1995a): Object-oriented Scenario Management for Simulation Models. In: Proceedings of IMACS European Simulation Meeting. Gyor, S. 38–44.

Duin, Heiko (1995b): The Cross-Impact Modelling and Simulation Approach. In: Proceedings of Workshop Analysis of Socio-Technical Systems, Scenario-Techniques and Tools. BIBA, Bremen.

Duin, Heiko (2007a): Causal Cross-Impact Analysis as a Gaming Tool for Strategic Decision Making. In: Multidisciplinary Research on New Methods for Learning and Innovation in Enterprise Networks. Proceedings from the 11th Workshop of the Special Interest Group on Experimental Interactive Learning in Industrial Management, S. 79–93.

Duin, Heiko (2007b): Causal Cross-Impact Analysis as Strategic Planning Aid for Virtual Organisation Breeding Environments. In: Luis M. Camarinha-Matos, Hamideh Afsarmanesh, Paulo Novais und Cesar Analide (Hg.): Establishing the Foundation of Collaborative Networks. IFIP TC 5 WG 5.5 Eighth IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, 10.-12.September, 2007, Guimaraes, Portugal: Springer, S. 147–154.

Duin, Heiko (2008): Systemic Strategic Managment for VBEs in the Manufacturing Sector. In: Luis M. Camarinha-Matos und Willy Picard (Hg.): Pervasive Collaborative Networks - IFIP TC 5 WG 5.5 Ninth Working Conference on Virtual Enterprises, September 8-10, 2008, Poznan, Poland. Poznan, Poland: Springer, S. 25–32.

Duin, Heiko; Eschenbächer, Jens; Thoben, Klaus-Dieter (2009): Strategische Planung in Unternehmensnetzwerken. In: *Industrie Management* 25 (4), S. 9–12.

Duin, Heiko; Schnatmeyer, Martin; Schumacher, Jens; Thoben, Klaus-Dieter; Zhao, Xinhong (2005): Cross-Impact Analysis of RFID Scenarios for Logistics. In: Rainer Lasch und Christian G. Janker (Hg.): Logistik Management 2005. Logistik Management. Innovative Logistikkonzepte. Dresden, Germany, 2005/10/04. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag (DUV) Gabler Edition Wissenschaft, S. 363–376.

Duin, Heiko; Thoben, Klaus-Dieter (2013): Die kausale Cross-Impact Analyse als Methode der Szenario-Technik zur Unterstützung der strategischen Planung in Unternehmensnetzwerken. In: Jürgen Gausemeier (Hg.): Vorausschau und Technologieplanung. 9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn (HNI-Verlagsschriftenreihe), S. 95–113.

Duin, Heiko; Thoben, Klaus-Dieter (2014): Strategische Planung in einem Luft- und Raumfahrtcluster mit der Cross-Impact-Methode. In: Jürgen Gausemeier (Hg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn (HNI-Verlagsschriftenreihe), S. 379–402.

Dullien, Sebastian; Schwarzer, Daniela (2010): Die Zukunft der Eurozone nach der Griechenland-Hilfe und dem Euro-Schutzschirm. In: *Leviathan* 38 (4), S. 509–532.

Duschek, Stephan; Lerch, Frank; Sydow, Jörg (2010): Netzwerkberatung in Clustern. In: *Gruppendynamik & Organisationsberatung. Zeitschrift für die Entwicklung von Gruppen, Personen und Organisationen* 41 (2), S. 125–143.

Eggers, Thorsten; Engelbrecht, Arne (2005): Kooperation - Gründe und Typologisierung. In: Hans-Peter Wiendahl, Carsten Dreher und Arne Engelbrecht (Hg.): Erfolgreich kooperieren: Best-Practice-Beispiele ausgezeichneter Zusammenarbeit. Heidelberg: Physica-Verlag, S. 1–12.

Engelbrecht, Arne (2000): Marktkompatibilität durch Kooperation - Ein sicherer Weg in eine unsichere Zukunft. In: *Industrie Management* 16 (6), S. 59–63.

Eschenbächer, Jens (2009): Gestaltung von Innovationsprozessen in Virtuellen Organisationen durch Kooperationsorientierte Netzwerkanalyse. Aachen: Verlag Mainz.

Etzkowitz, Henry; Zhou, Chunyan (2017): The Triple Helix. University-Industry-Government Innovation and Entrepreneurship. 2nd Edition. Florence: Taylor and Francis. Online verfügbar unter https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5049639.

Fahrmeir, Ludwig; Heumann, Christian; Künstler, Rita; Pigeot, Iris; Tutz, Gerhard (2016): Statistik. Der Weg zur Datenanalyse. 8., überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-50372-0.

Fink, Alexander; Schlake, Oliver; Siebe, Andreas (2000): Szenariogestützte Strategieentwicklung. In: *Zeitschrift für Planung* 11 (1), S. 41–59.

Fink, Alexander; Siebe, Andreas (2011): Handbuch Zukunftsmanagement. Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Frankfurt, New York: Campus Verlag.

Fowler, Martin; Scott, Kendall (2003): UML Distilled. A brief Guide to the Standard Object Modelling Language. Third Edition. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.

Friedli, Thomas (2006): Technologiemanagement. Berlin, Heidelberg: Springer.

Gausemeier, Jürgen; Fink, Alexander; Schlake, Oliver (1996): Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien. München, Wien: Carl Hanser Verlag (2., bearbeitete Auflage).

Gausemeier, Jürgen; Fink, Alexander; Schlake, Oliver (1998): Scenario Management: An Approach to Develop Future Potentials. In: *Technological Forecasting and Social Change* 59 (2), S. 111–130.

Gausemeier, Jürgen; Kinkel, Steffen (2008): Strategische Technologieplanung mit Zukunfts-Szenarien. Methoden, Hilfsmittel, Beispiele. Frankfurt am Main: VDMA Verlag.

Gausemeier, Jürgen; Plass, Christoph; Wenzelmann, Christoph (2014): Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2., überarbeitete Auflage. München, Wien: Carl Hanser Verlag.

Gausemeier, Jürgen; Stollt, Guido (2008): Szenarien für die deutsche Werkzeugmaschinen-Industrie. In: Jürgen Gausemeier und Steffen Kinkel (Hg.): Strategische Technologieplanung mit Zukunfts-Szenarien. Methoden, Hilfsmittel, Beispiele. Frankfurt: VDMA-Verlag, S. 49–82.

Geschka, Horst (1999): Die Szenariotechnik in der strategischen Unternehmensplanung. In: Dietger Hahn und Bernhard Taylor (Hg.): Strategische Unternehmensplanung - Strategische Unternehmensführung. Stand und Entwicklungstendenzen, Achte, aktualisierte Auflage. Heidelberg: Physica Verlag, S. 518–545.

Geschka, Horst (2006): Szenariotechnik als Instrument der Frühaufklärung. In: Oliver Gassmann und Carmen Kobe (Hg.): Management von Innovatio nund Risiko. Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 357–372.

Geschka, Horst; Hammer, Richard M. (1992): Die Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. In: Dietger Hahn und Bernhard Taylor (Hg.): Strategische Unternehmensplanung, Strategische Unternehmensführung. Stand und Entwicklungstendenzen, Sechste, aktualisierte Auflage. Heidelberg: Physica-Verlag, S. 311–336.

Geschka, Horst; Reibnitz, Ute Hélène von (1987): Die Szenario-Technik - Ein Instrument der Zukunftsanalyse und der strategischen Planung. In: Armin Töpfer und Heik Afheldt (Hg.): Praxis der strategischen Unternehmensplanung. Frankfurt am Main: Alfred-Metzner-Verlag, S. 125–170.

Ghasemian, S.; Faridzad, A.; Abbaszadeh, P.; Taklif, A.; Ghasemi, A.; Hafezi, R. (2020): An overview of global energy scenarios by 2040: identifying the driving forces using cross-impact analysis method. In: *International Journal of Environmental Science and Technology*. Online verfügbar unter https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-020-02738-5, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Goos, Gerhard; Zimmermann, Wolf (2006): Vorlesungen über Informatik. Band 2: Objektorientiertes Programmieren und Algorithmen. Berlin, Heidelberg: Springer.

Gordon, Theodore (1999): Cross-Impact Method. In: Jerome C. Glenn (Hg.): Futures Research Methodology, Version 1.0 (CD): American Council for the United Nations University - The Millenium Project.

Götze, Uwe (1993): Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

Götze, Uwe (1994): Strategische Planung auf der Grundlage von Szenarien. In: Jürgen Bloech, Uwe Götze, Burkhard Huch, Wolfgang Lücke und Friedhelm Rudolph (Hg.): Strategische Planung: Instrumente, Vorgehensweisen und Informationssysteme. Heidelberg: Physica-Verlag, S. 101–124.

Götze, Uwe (2006): Cross-Impact-Analyse zur Bildung und Auswertung von Szenarien. In: Falko E. P. Wilms (Hg.): Szenariotechnik. Vom Umgang mit der Zukunft. 1. Aufl. Bern: Haupt, S. 145–181.

Grant, Robert M. (2003): Strategic Planning in a Turbulent Environment: Evidence from the Oil Majors. In: *Strategic Management Journal* 24 (6), S. 491–517.

Graser, Falk; Eschenbächer, Jens; Thoben, Klaus-Dieter (2006): Towards Collaborative Worker-Centric Innovation Networks: A Conceptual Outline and Research Challenges. In: Michelle Potter, Amanda Appicello, Jennifer Neidig und Kristin Roth (Hg.): Emerging Trends and Challenges in Information Technology Management. Emerging Trends and Challenges in Information Technology Management. 2006 IRMA (Information Resources Management Association) International Conference, Washington DC, USA, May 21-24, 2006. Hershley, London, Melbourne, Singapur: Idea Group Publishing, S. 639–643.

Gräßler, Iris; Scholle, Philipp; Thiele, Henrik (2020): Scenario Technique. In: Sándor Vajna (Hg.): Integrated Design Engineering. Cham: Springer International Publishing, S. 615–645. Online verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-19357-7_20, zuletzt geprüft am 07.12.2020.

Hammer, Richard M. (2015): Unternehmensplanung. Planung und Führung. 9., überarbeitete und erweiterte Auflage. München, Wien: Oldenbourg Verlag.

Hans, Carl (2010): Konzeption und prototypische Umsetzung eines simulationsbasierten Werkzeuges zur Unterstützung der Konsortialbildung in Virtuellen Organisationen in der Produktion. Aachen: Verlag Mainz.

Harold, Elliotte Rusty (2004): XML 1.1 Bible. 3rd Edition. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

He, Jiang; Fallah, M. Hosein (2011): The typology of technology clusters and its evolution. Evidence from the hi-tech industries. In: *Technological forecasting & social change : an international journal* 78 (6), S. 945–952.

Hedderich, Jürgen; Sachs, Lothar (2018): Angewandte Statistik. Methodensammlung mit R. 16. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Helmer, Olaf (1972): Cross-Impact Gaming. In: *Futures* 4 (2), S. 149–167.

Helmer, Olaf (1977): Problems in Futures Research: Delphi and Causal Cross-Impact Analysis. In: *Futures* 9 (1), S. 17–31.

Helmer, Olaf (1979): Cross-Impact Gaming Applied to Global Planning. In: *Simulation* 3 (33), S. 73–86.

Helmer, Olaf (1981): Reassessment of Cross-Impact Analysis. In: *Futures* 13 (5), S. 389–400.

Hess, Thomas (2002): Netzwerkcontrolling: Instrumente und ihre Werkzeugunterstützung. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

Hilke, Sebastian (2017): Gesundheitswesen – Das Beispiel Medical Valley der Metropolregion Nürnberg, 05.12.2017. Online verfügbar unter http://www.raum-energie.de/fileadmin/Downloads/Projekte/5._Diskussionsforum_Raumentwicklung__Raumentwicklung_und_digitale_Infrastruktur/Medical_Valley_Nuernberg_Hilke.pdf, zuletzt geprüft am 05.05.2018.

Hittmar, Stefan; Jankal, Radoslav (2015): Strategic Management in Networks. In: Wlodzimierz Sroka und Stefan Hittmar (Hg.): Management of Network Organizations. Theoretical Problems and the Dilemmas in Practice. Cham: Springer International Publishing, S. 5–21.

Horstmann, Cay S.; Cornell, Gary (2018a): Core Java. Volume 1 - Fundamentals. Upper Saddle River: Prentice Hall (11th Edition).

Horstmann, Cay S.; Cornell, Gary (2018b): Core Java. Volume 2 - Advanced Features. Upper Saddle River: Prentice Hall (11th Edition).

Horton, Ivor (2011): Beginning Java. Java 7 Edition. Indianapolis, Indiana: Wiley.

Hungenberg, Harald (2014): Strategisches Management in Unternehmen. Ziele - Prozesse - Verfahren. 8., aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-06681-9.

Huss, William R.; Honton, Edward (1987): Scenario Planning - What Style Should You Use? In: *Long Range Planning* 20 (4), S. 21–29.

Jagdev, Harinder S.; Thoben, Klaus-Dieter (2001): Anatomy of Enterprise Collaborations. In: *Production Planning and Control* 12 (5), S. 437–451.

Jahn, Sascha (2005): Wissens- und Prozessbasis für Flexible Kooperation. Master/Referenzmodellierung und domänenspezifische Konkretisierung am Beispiel des pharmazeutischen Entwicklungsprozesses. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.

Kadaifci, Cigdem; Asan, Umut; Bozdag, Erhan (2020): A new 2-additive Choquet integral based approach to qualitative cross-impact analysis considering interaction effects. In: *Technological Forecasting and Social Change* 158 (September), S. 120–131. Online verfügbar unter

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162520309574, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Kahn, Herman; Wiener, Anthony J. (1967): The year 2000. A framework for speculation on the next 33 years. New York: Macmillan.

Kane, Julius (1972): A Primer for a new Cross-Impact Language - KSIM. In: *Technological Forecasting and Social Change* 4 (2), S. 129–142.

Kane, Julius; Vertinsky, Ilan; Thompson, William A. (1973): KSIM: A Methodology for Interactive Resource Policy Simulation. In: *Water Resources Research* 9 (1), S. 65–79.

Kemp-Benedict, Eric; Carlsen, Henrik; Kartha, Sivan (2019): Large-scale scenarios as 'boundary conditions': A cross-impact balance simulated annealing (CIBSA) approach. In: *Technological Forecasting and Social Change* 143, S. 55–63. Online verfügbar unter https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162518306413, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Kiehlmann, Fabian (2014): Qualität im Cluster- und Netzwerkmanagement. Wiesbaden: Springer Gabler (BestMasters). Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-04767-2.

Kiese, Matthias (2012): Regionale Clusterpolitik in Deutschland. Bestandsaufnahme und interregionaler Vergleich im Spannungsfeld von Theorie und Praxis. Marburg: Metropolis.

Kiese, Matthias (2014): Regionale Clusterpolitik in Deutschland: Bestandsaufnahme und interregionaler Vergleich. In: Rasmus C. Beck (Hg.): Zukunft der Wirtschaftsförderung. Baden-Baden: Nomos, S. 169–194.

Kosow, Hannah; Gaßner, Robert; Erdmann, Lorenz; Luber, Beate-Josephine (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Berlin: IZT (WerkstattBericht / IZT, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, 103). Online verfügbar unter http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB103.pdf.

Kotler, Philip (2012): Kotler on Marketing. New York: Simon and Schuster.

Krätke, Stefan; Scheuplein, Christoph (2001): Produktionscluster in Ostdeutschland: Methoden der Identifizierung und Analyse. Kurzfassung, Berlin. Otto Brenner Stiftung. Online verfügbar unter https://www.otto-brenner-shop.de/uploads/tx_mplightshop/p015.pdf, zuletzt geprüft am 27.11.2017.

Krauth, Johannes (1992): Simulation for the evaluation of CIM Investments as Part of an Enterprise Strategy. In: EUROSIM '92 Simulation Congress Reprints: North Holland, S. 295–300.

Krauth, Johannes; Duin, Heiko; Schimmel, Annette (1998): A Comparison of Tools for Strategic Simulation and Scenario Generation with Special Emphasis on 'Soft Factors'. In: *Simulation Practice and Theory* 6 (1), S. 23–33.

Krauth, Johannes; Hamacher, Bernd; Duin, Heiko (1994): A Set of Tools for Rough Modelling of Industrial Enterprises. In: Jürgen Halin, Walter Karplus und Rainer Rimane (Hg.): Proceedings of CISS '94, First Joint Conference of International Simulation Societies, 22-25 August 1994, Zürich, Schweiz. First Joint Conference of International Simulation Societies, S. 439–444.

Kreikebaum, Hartmut (1997): Strategische Unternehmensplanung. 6., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer.

Krugman, Paul R. (1991): Geography and Trade. Cambridge (Massachusetts): MIT Press.

Lerch, Frank (2009): Netzwerkdynamiken im Cluster. Optische Technologien in der Region Berlin-Brandenburg. Inaugural-Dissertation. Berlin: Freie Universität Berlin. Online verfügbar unter http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000013342.

Likert, Rensis (1932): A Technique for the Measurement of Attitudes. Dissertation. New York, NY.

Lis, Anna Maria (2019): The significance of proximity in cluster initiatives. In: *Competitiveness Review: An International Business Journal* 29 (3), S. 287–310, zuletzt geprüft am 09.12.2020.

Markusen, Ann R. (1996): Sticky places in slippery space. A typology of industrial districts. In: *Economic geography* 72 (3), S. 293–313.

Marshall, Alfred (1890): Principles of Economics. London: Macmilln.

Marthaler, Florian; Buchta, Wolfram; Albers, Albert; Bursac, Nikola (2019): Development and evaluation of a method to estimate the probabilities of occurrence of environment- and system scenarios based on the valuation of trends and a Cross-Impact-Analysis. In: 2019 International Symposium on Systems Engineering (ISSE). Edinburgh, United Kingdom, 01-03.10.2019: IEEE, S. 1–10. Online verfügbar unter https://ieeexplore.ieee.org/document/8984561/references#references, zuletzt geprüft am 07.12.2020.

McLaughlin, Brett (2001): Java & XML. Cambridge: O'Reilly (2nd Edition).

Mietzner, Dana (2009): Strategische Vorausschau und Szenarioanalysen. Methodenevaluation und neue Ansätze. Wiesbaden: Gabler Verlag. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-8382-4.

Mietzner, Dana; Reger, Guido (2004): Scenario Approaches – History, Differences, Advantages and Disadvantages. In: Fabiana Scapolo und Eamonn Cahill (Hg.): Proceedings of the EU-US Scientific Seminar: New Technology Foresight,

Forecasting & Assessment Methods, S. 47–66. Online verfügbar unter http://foresight.jrc.ec.europa.eu/fta/papers/Session%201%20Methodological%20Selection/Scenario%20Approaches.pdf.

Mietzner, Dana; Reger, Guido (2005): Advantages and Disadvantages of Scenario Approaches for Strategic Foresight. In: *International Journal of Technology Intelligence and Planning* 1 (2), S. 220–239.

Mintzberg, Henry (2000): The Rise and Fall of Strategic Planning. London [u.a.]: Prentice Hall Financial Times.

Mintzberg, Henry; Ahlstrand, Bruce; Lampel, Joseph (2008): Strategy Safari. A Guided Tour through the Wilds of Strategic Management. 2nd Revised Edition. London [u.a.]: Prentice Hall Financial Times.

Modis, Theodore (1994): Die Berechenbarkeit der Zukunft. Basel: Birkhäuser.

Nedeβ, Christian (1997): Organisation des Produktionsprozesses. Stuttgart: B.G. Teubner.

Neubäumer, Renate (2008): Ursachen und Wirkungen der Finanzkrise - eine ökonomische Analyse. In: *Wirtschaftsdienst* 88 (11), S. 732–740.

Nowack, Martin; Günther, Edeltraud (2009): Szenarioplanung im integrierten Wasserressourcenmanagement. In: *Umweltwirtschaftsforum* 17 (3), S. 251–255.

Object Refinery Limited (2016): JFreeChart. Online verfügbar unter http://www.object-refinery.com/jfreechart/guide.html, zuletzt aktualisiert am 01.01.2016, zuletzt geprüft am 29.01.2018.

Osiecka, Agnieszka (2006): Grenzüberschreitende Unternehmenskooperation. Standortbezogene Analyse deutsch-polnischer Unternehmenspartnerschaften im Grenzgebiet. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

Panula-Ontto, J.; Piirainen, K. A. (2018): EXIT: An alternative approach for structural cross-impact modeling and analysis. In: *Technological Forecasting and Social Change* 137, S. 89–100. Online verfügbar unter https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004016251731644X, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Panula-Ontto, Juha; Luukkanen, Jyrki; Kaivo-oja, Jari; O'Mahony, Tadhg; Vehmas, Jarmo; Valkealahti, Seppo et al. (2018): Cross-impact analysis of Finnish electricity system with increased renewables: Long-run energy policy challenges in balancing supply and consumption. In: *Energy Policy* 118, S. 504–513. Online verfügbar unter https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421518302246, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Petry, Thorsten (2006): Netzwerkstrategie. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

Pfohl, Hans-Christian; Bode, Alexander; Alig, Simon (2010): Netzwerkspezifische Wettbewerbsvorteile durch Cluster. Eine Betrachtung aus Perspektive des Relational View. In: *Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 39 (11), S. 531–537.

Picot, Arnold (1990): Der Produktionsfaktor Information in der Unternehmensführung. In: *Information Management* 5 (1), S. 6–14.

Porter, Michael E. (1990): The Competitive Advantage of Nations. New York: Free Press.

Porter, Michael E. (2000): Locations, Clusters, and Company Strategy. In: Gordon L. Clark, Maryann P. Feldman und Meric S. Gertler (Hg.): The Oxford handbook of economic geography. Oxford: Oxford University Press, S. 253–274.

Porter, Micheal E. (1998): Clusters and the New Economics of Competition. In: *Harvard Business Review* 76 (6), S. 77–90.

Portugal Ferreira, Manuel; Ribeiro Serra, Fernando; Kramer Costa, Benny; Maccari, Emerson A.; Ritor Couto, Hergos (2012): Impact of the Types of Clusters on the Innovation Output and the Appropriation of Rents from Innovation. In: *Journal of Technology Management & Innovation* 7 (4), S. 70–80.

Rehfeld, Dieter (2009): Was kann Clustermanagement leisten? Erwartungen, Zwischenergebnisse und offene Fragen. In: Josef Schmidt, Rolf G. Heinzer und Rasmus C. Beck (Hg.): Strategische Wirtschaftsförderung und die Gestaltung von High-Tech-Clustern. Beiträge zu den Chancen und Restriktionen von Clusterpolitik. Baden-Baden: Nomos, S. 173–194.

Reibnitz, Ute Hélène von (1987): Szenarien. Optionen für die Zukunft. Hamburg, u.a.: McGraw-Hill.

Reibnitz, Ute Hélène von (1991): Szenario-Technik. Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung. Wiesbaden: Gabler.

Reibnitz, Ute Hélène von (2005): Szenario-Technik. In: *Planung und Analyse* (2), S. 23–26.

Reymann, Felix (2013): Verfahren zur Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis einer Retropolation von Zukunftsszenarien. Münster: Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat.

Robinson, Matthew; Vorobiev, Pavel (2003): Swing. Second Edition. Greenwich: Manning.

Romanelli, Elaine; Khessina, Olga M. (2005): Regional Industrial Identity. Cluster Configurations and Economic Development. In: *Organization Science* 16 (4), S. 344–358. Online verfügbar unter https://doi.org/10.1287/orsc.1050.0131.

Romero Diaz, David C. (2007): An Instantiation Methodology for Virtual Breeding Environment Management. Master Thesis. Campus Monterrey, Mexiko.

Rumbaugh, James; Jacobsen, Ivar; Booch, Grady (2010): The Unified Modeling Language Reference Manual. 2. Auflage. London: Pearson Education.

Salo, Ahti; Tosoni, Edoardo; Roponen, Juho; Bunn, Derek W. (2021): Using cross-impact analysis for probabilistic risk assessment. In: *Futures Foresight Science*. Online verfügbar unter https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ffo2.103, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Sarpong, David; Amoah, Joseph Amankwah (2015): Scenario planning: 'ways of knowing', methodologies and shifting conceptual landscape. In: *IJFIP* 10 (2/3/4), S. 75. Online verfügbar unter https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=74397, zuletzt geprüft am 07.12.2020.

Scheele, Ricarda; Kearney, Norman M.; Kurniawan, Jude H.; Schweizer, Vanessa J. (2018): What Scenarios Are You Missing? Poststructuralism for Deconstructing and Reconstructing Organizational Futures. In: Hannes Krämer und Matthias Wenzel (Hg.): How Organizations Manage the Future. Cham: Springer International Publishing, S. 153–172.

Schmidt, Bernd (1994): Die objektorientierte Modellspezifikation. In: *SiP - Simulation in Passau* (Heft 1), S. 8–9.

Schreyögg, Georg; Koch, Jochen (2020): Management. Grundlagen der Unternehmensführung. Konzepte - Fuktionen - Fallstudien. 8., vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler.

Schweizer, Vanessa J. (2020): Reflections on cross-impact balances, a systematic method constructing global socio-technical scenarios for climate change research. In: *Climatic Change* 162 (4), S. 1705–1722. Online verfügbar unter https://doi.org/10.1007/s10584-019-02615-2, zuletzt geprüft am 07.12.2020.

Seifert, Marcus (2007): Unterstützung der Konsortialbildung in Virtuellen Organisationen durch prospektives Performance Measurement. Aachen: Verlag Mainz.

Sölvell, Örjan (2008): Clusters. Balancing Evolutionary and Constructive Forces. Stockholm: Ivory Tower.

Sölvell, Örjan; Lindqvist, Göran; Ketels, Christian H. (2003): The Cluster Initiative Greenbook. Stockholm: Ivory Tower.

Stankov, Ivana; Useche, Andres Felipe; Meisel, Jose D.; Montes, Felipe; Morais, Lidia Mo; Friche, Amelia Al et al. (2021): From causal loop diagrams to future scenarios: Using the cross-impact balance method to augment understanding of urban health in Latin America. In: *Social Science & Medicine* 282. Online verfügbar unter https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34182357/, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Steinkemper, Norbert (2013): Bedeutung regionaler Netzwerkstrukturen – Wie sich die Luftfahrtindustrie in Norddeutschland vernetzt. In: Martin Hinsch und Jens Olthoff (Hg.): Impulsgeber Luftfahrt. Industrial Leadership durch

luftfahrtspezifische Aufbau- und Ablaufkonzepte. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 271–300. Online verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-32669-1_12.

Sterman, John (2000): Business Dynamics - Systems Thinking and Modeling for a Complex World: McGraw-Hill.

Sturm, Flavius; Kemp, Jeroen; van Wendel de Joode, Ruben (2004): Towards Strategic Management in Collaborative Network Structures. In: Luis M. Camarinha-Matos (Hg.): Collaborative Networked Organisations. A Research Agenda for Emerging Business Models. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, S. 131–138.

Sturm, Flavius; Pudlatz, Marc; Kemp, Jeroen; Hoffmeister, Jan (2005): Strategy Development for Knowledge-based Collaborative SMEs. In: Kulwant S. Pawar, Fritjof Weber, Klaus-Dieter Thoben und Bernhard Katzy (Hg.): ICE 2005 - Proceedings of the 11th International Conference on Concurrent Enterprising: Integrated Engineering of Products, Services and Organisations, Munich, Germany, 20-22 June 2005. Nottingham: Center for Concurrent Enterprising, Nottingham University Business School, S. 55–62.

Sun Microsystems (2001): Java Look and Feel Design Guidelines. Second Edition. Amsterdam: Addison-Wesley Longman.

Sydow, Jörg (2001): Zum Verhältnis von Netzwerken und Konzernen: Implikationen für das strategische Management. In: Günther Ortmann und Jörg Sydow (Hg.): Strategie und Strukturation. Strategisches Management von Unternehmen, Netzwerken und Konzernen. Wiesbaden: Gabler, S. 271–298.

Sydow, Jörg (2006): Management von Netzwerkorganisationen - Zum Stand der Forschung. In: Jörg Sydow (Hg.): Management von Netzwerkorganisationen, 4., aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler, S. 387–472.

Sydow, Jörg; Duschek, Stephan (2011): Management interorganisationaler Beziehungen. Netzwerke, Cluster, Allianzen. Stuttgart: Kohlhammer (Edition Management).

Sydow, Jörg; Möllering, Guido (2009): Produktion in Netzwerken. Make, Buy & Cooperate. 2., aktualisierte und überarbeitete Auflage. München: Verlag Franz Vahlen.

Tauber, Joachim (2006): "Kollaboration" in Nordosteuropa. In: Joachim Tauber (Hg.): "Kollaboration" in Nordosteuropa. Erscheinungsformen und Deutungen im 20. Jahrhundert. Wiesbaden: Harrassowitz Verlag, S. 11–20.

Theling, Thomas; Loos, Peter (2004): Determinanten und Formen von Unternehmenskooperationen. Online verfügbar unter http://wi.bwl.uni-mainz.de/downloads/Publikationen/Theling_Loos_2004_Unternehmenskooperationen.pdf, zuletzt aktualisiert am 24.03.2008, zuletzt geprüft am 24.03.2008.

Topka, V. V. (2019): The Cross-Impact Analysis of Innovative Projects in a Portfolio. In: *Journal of computer and systems sciences international* 58 (5), S. 736–746. Online verfügbar unter https://www.springerprofessional.de/de/the-cross-impact-analysis-of-innovative-projects-in-a-portfolio/17281026, zuletzt geprüft am 07.12.2020.

Tröndle, Dirk (1987): Kooperationsmanagement: Steuerung interaktioneller Prozesse bei der Unternehmenskooperation. Lohmar: Josef Eul Verlag.

van Notten, Philip (2006): Scenario Development: A Typology of Approaches. In: OECD (Hg.): Think Scenarios, Rethink Education: OECD, S. 69–92.

Varum, Celeste Amorim; Melo, Carla (2010): Directions in Scenario Planning Literature - A Review of the Past Decades. In: *Futures* 42 (4), S. 355–369.

Vecchiato, Riccardo (2019): Scenario planning, cognition, and strategic investment decisions in a turbulent environment. In: *Long Range Planning* 52 (5), S. 101865. Online verfügbar unter https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024630118302462, zuletzt geprüft am 07.12.2020.

Vester, Frederic (2002): Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Aktualisierte und erweiterte Taschenbuchausgabe. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

Wang, Catherine L.; Ahmed, Pervaiz K. (2003): Organisational Learning: A Critical Review. In: *The Learning Organization* 10 (1), S. 8–17.

Weber, Dirk (2005): Strategische Planung im Unternehmensnetzwerk am Beispiel industrieller Dienstleistungen im Industrieanlagenbau Elektronikfertigung. Aaachen: Shaker Verlag.

Wegehaupt, Patrick (2007): Führung von Produktionsnetzwerken. Dissertation. Fakultät für Maschinenwesen an der RWTH Aachen. Aachen.

Weimer-Jehle, Wolfgang (2006): Cross-Impact Balances: A System-Theoretical Approach to Cross-Impact Analysis. In: *Technological Forecasting and Social Change* 73 (4), S. 334–361.

Weimer-Jehle, Wolfgang (2007): Cross-Impact Analyse: Methode und Ergebnisse. In: Ortwin Renn, Jürgen Deuschle, Alexander Jäger und Wolfgang Weimer-Jehle (Hg.): Leitbild Nachhaltigkeit. Eine normativ-funktionale Konzeption und ihre Umsetzung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 137–167. Online verfügbar unter https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-531-90495-5_6.pdf.

Weimer-Jehle, Wolfgang (2015): Cross-Impact-Analyse. In: Marlen Niederberger und Sandra Wassermann (Hg.): Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung. Wiesbaden: Springer, S. 243–258. Online verfügbar unter http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-01687-6_12.

Werners, Brigitte (2013): Grundlagen des Operations Research. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.

WfB Wirtschaftsförderung Bremen GmbH (2012): Branchenkatalog Luft- und Raumfahrt Land Bremen. Bremen: AscoSturmDruck.

Wilson, Ian (1998): Mental Maps of the Future: An Intuitive Logics Approach to Scenarios. In: Liam Fahey und Robert M. Randall (Hg.): Learning from the future. Competitive foresight scenarios. New York: Wiley, S. 81–108.

Wilson, Ian (2000): From Scenario Thinking to Strategic Action. In: *Technological Forecasting and Social Change* 65 (1), S. 23–29.

WiMis des Lehrstuhls Produktionssystematik an der RWTH Aachen (2004): Lernen in Schwärmen - Kontinuität für die Diskontinuität. In: J. Milberg und Günther Schuh (Hg.): Erfolg in Netzen. Heidelberg, Berlin, New York: Springer, S. 327–342.

Wirth, Niklaus (1996): Compiler Construction. Redwood City: Addison-Wesley.

Wöhe, Günter; Döring, Ulrich; Brösel, Gerrit (2016): Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 26. Auflage. München: Vahlen.

Wohlgemuth, Oliver (2002): Management netzwerkartiger Kooperationen - Instrumente für die unternehmensübergreifende Steuerung. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

Wohlgemuth, Oliver; Hess, Thomas (2007): Strategische Planung in Unternehmensnetzwerken. Arbeitsbericht der Abt. Wirtschaftsinformatik II, Universität Göttingen, Nr. 5/2000.

Yin, Robert K. (2018): Case Study Research and Applications. Design and methods. Sixth edition. Los Angeles, London, New Dehli, Singapore, Washington DC, Melbourne: SAGE.

Zahn, Erich; Greschner, Jürgen (1993): Model-Based Planning for Strategic Management: An Integrated Simulation and Learning Toolkit. In: The Role of Strategic Modeling in International Competitiveness. Proceedings of the 1993 System Dynamics Conference of the System Dynamics Society, Cancun, Mexico, S. 621–629.

Zäpfel, Günther (2000): Strategisches Produktions-Management. 2., unwesentlich veränderte Auflage. München: De Gruyter Oldenbourg. Online verfügbar unter http://www.degruyter.com/search?f_0=isbnissn&q_0=9783486804485&searchTitles=true.

Zeller, Andrew J. (2008): Controlling von Unternehmensnetzwerken: Bestandsaufnahme und Lückenanalyse. FORWIN Bericht Nr. FWN-2003-002.