

Produktinnovationen durch Kompetenzclusterbildung in kompetenzzellenbasierten Netzen

Von der Fakultät für Maschinenbau der
Technischen Universität Chemnitz

genehmigte

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften
(Dr.-Ing.)

vorgelegt

von M.Sc. Alejandro Mejía Ambriz
geboren am 13. Juni 1972 in Toluca, Mexiko
eingereicht am 14. April 2010

Gutachter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Reimund Neugebauer
Prof. Dr.-Ing. Egon Müller

URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-65034>

Chemnitz, den 17. Dezember 2010

Bibliographische Angaben und Referat

Mejía Ambriz, Alejandro

Thema

Produktinnovationen durch Kompetenzclusterbildung in kompetenzzellenbasierten Netzen

Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Chemnitz, Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse, Chemnitz, 2010

181 Seiten
42 Abbildungen
21 Tabellen
196 Literaturzitate
2 Anlagen

Referat

Die kompetenzzellenbasierte Vernetzung ist ein wissenschaftlicher Ansatz für die Kooperation elementarer Leistungseinheiten, der eine neue Perspektive für kleine und mittelständische Unternehmen darstellt, wie diese im globalen Wettbewerb mit Konzernen bestehen können. Die Arbeit beschreibt die systematische Generierung von Produktinnovationen ohne Kundenauftrag aus Initiativen innerhalb des Netzes. Als Grundlage für den Aufbau von Wettbewerbsvorteilen durch die Kooperation wird ein Verfahren zur Clusterbildung eingeführt, das beschreibt, wie sich Kompetenzzellen anhand der Charakteristik ihrer Kompetenzen effektiv zu einem Cluster verbinden lassen. Der beschriebene Innovationsprozess umfasst dann sowohl die methodische Suche nach neuen, marktgerechten Produktkonzepten, die im Produktentwicklungsprozess konstruiert werden, als auch die Technologieentwicklung, bei der neues Wissen für die Definition zukünftiger Produkte generiert wird. Für Letztere wird ein Ansatz zur Auswahl der Beteiligten beschrieben, die anhand einer annähernd objektiven Bewertung der Innovationsfähigkeit erfolgt. Der Nachweis der Funktionsfähigkeit des Verfahrens wird am Beispiel eines Forschungsinstitutes erbracht.

Schlagworte

Innovation, Netzwerk, Kompetenzzelle, Kompetenz, Initialentwicklung, angewandte Forschung, Innovationspotenzial

Bibliographic Notes

Mejía Ambriz, Alejandro

Title

Product innovations by competence clustering in competence-cell-based networks

Doctoral thesis at the Faculty of Mechanical Engineering at Chemnitz University of Technology, Institute for Machine Tools and Production Processes, Chemnitz, Germany, 2010

181 pages

42 figures

21 tables

196 bibliographic references

2 appendices

Abstract

The competence-cell-based networking is a scientific approach to the cooperation of elementary performance units representing a new perspective for small and medium-sized enterprises of how they can stand in the global competition with large concerns. This thesis describes the systematic generation of product innovations without customer orders through initiatives within the network. As a basis for gaining competitive advantages through this cooperation, a clustering method is introduced. It explains how competence cells can be joined effectively to a cluster by means of their characteristics. The described innovation process comprises the methodical search for new, market-oriented product concepts which will be designed in the product development process. Furthermore, it comprehends also the technology development, with which new knowledge for the definition of future products is generated. For the latter, an approach for selecting the required participants is described, which is accomplished by a nearly objective evaluation of the innovative capability. The functionality of the method is verified by an example of a research institute.

Keywords

Innovation, network, competence-cells, competence, initial development, applied research, innovation potential

Notas bibliográficas

Mejía Ambriz, Alejandro

Título

Innovaciones de productos mediante el agrupamiento de competencias en redes basadas en células de competencia.

Tesis doctoral de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Chemnitz, Instituto de Máquinas Herramientas y Procesos de producción, Chemnitz, Alemania, 2010

181 páginas
42 figuras
21 tablas
196 referencias bibliográficas
2 anexos

Sinopsis

Las redes basadas en células de competencia son un planteamiento científico enfocado a la cooperación de unidades funcionales elementales que representan una nueva perspectiva para las pequeñas y medianas empresas para poder subsistir en la competencia global contra grandes consorcios. La tesis describe la generación sistemática de innovaciones de producto, sin órdenes de cliente, a partir de iniciativas dentro de la misma red. Como base para la creación de ventajas competitivas a través de la cooperación se introduce un nuevo procedimiento para formar agrupaciones, el cual describe como se pueden agrupar de forma efectiva células de competencia por medio de sus características. El proceso de innovación descrito comprende tanto la búsqueda metódica de nuevos conceptos de productos orientados al mercado, que se diseñaran en el proceso del desarrollo de productos; así como también el desarrollo de tecnología, con el que se genera nuevo conocimiento para la definición de futuros productos. Para este último, se describe un método para la selección de los participantes necesarios que se efectúa por medio de la valoración aproximadamente objetiva de su capacidad para innovar. La funcionalidad del modelo propuesto se comprobó por medio de un ejemplo de un instituto de investigación.

Palabras claves

Innovación, red, célula de competencia, competencia, desarrollo inicial, investigación aplicada, potencial de innovación

Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als Promotionsstudent am Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse (IWP) der Technischen Universität Chemnitz. Während dieser Zeit erfuhr ich die Unterstützung zahlreicher Personen, denen ich an dieser Stelle danken möchte.

Zuerst möchte ich meinem Doktorvater Herrn Professor Reimund Neugebauer, Leiter des Institutes, recht herzlich für die Betreuung dieser Dissertation sowie die großzügige Förderung und Unterstützung bei der Durchführung meiner Arbeit danken. Herrn Professor Egon Müller möchte ich für die Erstellung des Gutachtens und die eingebrachten wertvollen Anregungen danken.

Gleichfalls danke ich Herrn Dr.-Ing. Hans-Joachim Koriath für die Schaffung und Pflege der guten Rahmenbedingungen am IWP während der Endphase der Entstehung dieser Arbeit. Insbesondere möchte ich mich bei Herrn Professor Dieter Weidlich für die Unterstützung und Betreuung in der Anfangsphase meiner Tätigkeiten am IWP bedanken. Weiterhin gilt mein Dank Herrn Dr.-Ing. Ralf Steiner für die Beratung bei der Abgrenzung des Themas, die vielen angeregten Gesprächsrunden und die Erleichterung meiner Ankunft und des Beginns meiner wissenschaftlichen Tätigkeiten am IWP.

Ein weiterer Dank gilt dem mexikanischen Forschungsrat Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) und dem Deutschen Akademischen Austausch Dienst (DAAD) für die finanzielle Unterstützung, ohne die diese Dissertation nicht möglich gewesen wäre.

Für die gute Zusammenarbeit und die stetige Bereitschaft zur Hilfe und Unterstützung möchte ich meinen Kolleginnen und Kollegen am IWP danken. Darüber hinaus danke ich meinen Freunden für ihr Interesse an meiner Arbeit. Für das Redigieren des Textes gilt mein Dank Herrn Frank Irmischer M. A., der mir großartig half, Fehler und Unklarheiten im Text zu vermeiden und das Manuskript verständlicher zu machen.

Zum Schluss gilt meiner persönlicher Dank meiner Familie, ganz besonders meinen Eltern Herrn Ing. Alejandro Mejía und Frau Martha Ambriz für ihren uneingeschränkten Beistand und ihre stetige Ermutigung auf meinem bisherigen Lebensweg, ohne die diese Arbeit nie entstanden wäre, sowie für ihre Verständnis für meine Entscheidung, meine Dissertation so weit entfernt von ihnen zu verfassen. Meiner Frau María José danke ich ganz besonders für die Liebe, Geduld und Ermutigung während der Realisierung dieser Arbeit.

A Marijo y a mis padres dedico este trabajo.

Chemnitz, im Dezember 2010

Alejandro Mejía Ambriz

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	xi
Verzeichnis der Formelzeichen und Indizes	xiii
Glossar	xvii
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	6
1.3 Aufbau der Arbeit	7
2 Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse	11
2.1 Grundlagen	11
2.1.1 Kompetenzzellenbasierter Vernetzungsansatz.....	11
2.1.2 Kompetenzzellenbasierte Produktentwicklung.....	14
2.2 Innovationen in Netzwerken.....	17
2.3 Clusterbildung	19
2.4 Partnerauswahl für die Innovation.....	24
3 Prozess der Generierung von Produktinnovationen	29
3.1 Begriff Innovation	29
3.1.1 Definition.....	29
3.1.2 Klassifikation von Innovationen.....	30
3.2 Generierung von Produktinnovationen.....	34
3.2.1 Ausgangspunkt: Kooperation in Kompetenzclustern	34
3.2.2 Aufgaben für die Generierung von Innovationen	36
3.2.3 Innovation als Prozess.....	36
4 Kompetenzcluster	43
4.1 Definition	43
4.2 Kompetenzclusterbildung.....	47
4.2.1 Anforderungen	47

4.2.2	Basis der Kompetenzclusterbildung.....	48
4.2.3	Vorgehensweise	53
4.2.3.1	Verfahren zur Clusterbildung.....	53
4.2.3.2	Angleichung des Umfangs von Kompetenzclustern	55
4.2.3.3	Clusterbildung nach annähernd objektiver Bewertung der Kompetenzen	62
4.2.4	Beispiel	65
5	Prozess der Initialentwicklung	71
5.1	Definition	71
5.2	Konzipierung der Initialentwicklung	72
5.3	Phasen des Initialentwicklungsprozesses	78
5.3.1	Aufgabenbereiche der Initialentwicklung	78
5.3.2	Ausgangssituation	79
5.3.3	Situationsanalyse.....	81
5.3.4	Bestimmung von Suchfeldern	84
5.3.5	Ideengenerierung.....	86
5.3.6	Ideenauswahl.....	87
5.3.7	Produktdefinition	89
5.3.8	Entscheidungen des Kompetenzclusters	89
5.3.9	Fortsetzung zur Produktentwicklung	92
6	Forschung zur Innovationsgenerierung	95
6.1	Begriff Forschung.....	95
6.1.1	Definition und Ziel	95
6.1.2	Forschungsprojekte	96
6.2	Forschungsorientierte Produktionsnetze.....	97
6.2.1	Vorgehensweise	97
6.2.2	Start-Up zur Forschung.....	98
6.2.3	Netzbildungsphase	100
6.2.4	Projektreview	100
6.3	Hierarchielose Auswahl der Kompetenzzellen	102
6.3.1	Anforderungen	102
6.3.2	Innovationspotenzial	103
6.3.2.1	Annähernd objektive Bewertung der Innovationsfähigkeit.....	103
6.3.2.2	Innovationsstrategie	104
6.3.2.3	Innovationstalent	106

6.3.2.4	Innovations- und Produktentwicklungserfahrung.....	113
6.3.2.5	Berechnung des gesamten Innovationspotenzials	116
7	Verifizierung und Bewertung	121
7.1	Verifizierung des Forschungsansatzes	121
7.1.1	Umsetzung im kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz..	121
7.1.2	Beispiel für eine Kompetenzclusterbildung	121
7.1.3	Beispiel für eine Initialentwicklung	128
7.1.4	Beispiel für ein forschungsorientiertes Produktionsnetz	132
7.2	Bewertung der Ergebnisse der Arbeit	141
8	Zusammenfassung und Ausblick	145
8.1	Zusammenfassung.....	145
8.2	Ausblick.....	146
9	Literaturverzeichnis	149
Anhang		167
A	eEPK-Modelle	169
A.1	Initialentwicklungsprozess	169
A.2	Forschungsorientiertes Produktionsnetz.....	173
B	Verfahren des Analytic Hierarchy Process (AHP).....	175

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Wirtschaftliche Bedeutung von KMU und Mikrounternehmen in Deutschland und Europa	2
Abbildung 1-2:	FuE-Intensität und Beschäftigte in FuE nach Beschäftigtengrößenklassen	3
Abbildung 1-3:	Anlässe zur Produktionsnetzbildung (in Anlehnung an [MÜLL-05a]).....	5
Abbildung 1-4:	Aufbau der vorliegenden Arbeit	9
Abbildung 2-1:	Kompetenzzellenbasierter Vernetzungsansatz in Anlehnung an [WIRT-03b]	13
Abbildung 2-2:	Entwicklung der Auswahl von Partnern hinsichtlich des Kooperationsziels und der Beziehungstypen.....	25
Abbildung 2-3:	Typische Indikatoren oder Parameter für die Bewertung der Innovationsfähigkeit.....	26
Abbildung 3-1:	Teilprozesse der Produktinnovation im kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz	37
Abbildung 3-2:	Auftragsabhängige bzw. auftragsunabhängige Konstruktionen im Produktentwicklungsprozess	41
Abbildung 4-1:	Positionierung der Kompetenzcluster im neuen Ansatz.....	44
Abbildung 4-2:	Initialentwicklung im kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz.....	46
Abbildung 4-3:	Beziehung zwischen Kompetenzkomponententyp und Innovationstyp	52
Abbildung 4-4:	Beispiel für die Klassifizierung von umformenden Werkzeugmaschinen (vgl. [STEI-07])	53
Abbildung 4-5:	Dendrogramm des agglomerativen Verfahrens	54
Abbildung 4-6:	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mit Histogramm und kumulative Verteilungsfunktion bei einer Gleichverteilung.....	55
Abbildung 4-7:	Gini-Koeffizient und die Lorenz-Kurve	57
Abbildung 4-8:	Beispielhafter Vergleich der Gini-Koeffizienten aller möglichen Kombinationen	58
Abbildung 4-9:	Grafische Darstellung der Vorgehensweise bei der Clusterbildung.....	59

Abbildung 4-10: Vergleich von lokaler und globaler Optimierung des Gini-Koeffizienten	61
Abbildung 4-11: Nachprüfung des ausgerechneten Gini-Koeffizienten	62
Abbildung 4-12: Aufnahme- und Ausschlusskriterium für Kompetenzzellen in Kompetenzclustern	64
Abbildung 4-13: Beispiel für die Kompetenzclusterbildung	66
Abbildung 5-1: Beispiel für einen phasenorientierten Ansatz in der Frühphase der Innovation (nach [PAHL-07])	74
Abbildung 5-2: Schematisches Beispiel für einen gate-orientierten Ansatz	75
Abbildung 5-3: Phasen des Initialentwicklungsprozesses.....	79
Abbildung 5-4: S-Kurve der Leistungsmerkmale einer Technologie und die Wettbewerbsstrategien zur Initialentwicklung	80
Abbildung 5-5: Situationsanalyse durchgeführt durch den Arbeitskreis zur Initialentwicklung	83
Abbildung 5-6: Allgemeiner Aufbau einer Portfolio-Matrix	85
Abbildung 5-7: Ideentrichter in der Initialentwicklung.....	88
Abbildung 5-8: Mitwirkung des Initialentwicklungsteams im Produktentwicklungsprozess (in Anlehnung an [NEUG-05a]).....	93
Abbildung 6-1: Forschungsprozess in kompetenzzellenbasierten Produktionsnetzen.....	99
Abbildung 6-2: Netzbildungsphase für forschungsorientierte Produktionsnetze	101
Abbildung 6-3: Voraussetzungen zur Auswahl bezüglich der Konstruktionsarten und der Produktentwicklungsphasen	103
Abbildung 6-4: Beispiel für die erste Seite eines deutschen Patentes	107
Abbildung 7-1: Struktur des Beispiel-Forschungsinstitutes.....	123
Abbildung 7-2: Struktur des Beispiel-Forschungsinstitutes als Ausgangspunkt für die Kompetenzclusterbildung.....	124
Abbildung 7-3: Erstes Ergebnis der Kompetenzclusterbildung	125
Abbildung 7-4: Zweites Zwischenergebnis nach der Überprüfung einer eventuellen Zusammenfassung ab der 3. Ebene	126
Abbildung 7-5: Überprüfung einer eventuellen Zusammenfassung ab der 2. Ebene	127
Abbildung 7-6: Endgültiges Ergebnis der Kompetenzclusterbildung	127
Abbildung 7-7: Einbindung der Ergebnisse in den kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz.....	142

Abbildung B-1: Beispiel für eine Hierarchiestruktur (in Anlehnung an
[SAAT-06])..... 176

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Unterschiede zwischen Initialentwicklung, Forschung und Produktentwicklung (vgl. [OETT-09])	42
Tabelle 4-1:	Klassifikation der Kompetenzkomponententypen der Produktentwicklungskompetenzzellen (in Anlehnung an [NEUG-05b])	51
Tabelle 4-2:	Beispiel für Aufnahme- und Ausschlusssituationen anhand des Kompetenzpotenzials.....	69
Tabelle 5-1:	Einige Ansätze zur Innovationsfrühphase.....	76
Tabelle 5-2:	Beispielhafte Bewertungskriterien des Produktvorschlags	91
Tabelle 6-1:	Beispielhafter Vergleich der Anzahl von Zitierungen von drei Wissenschaftlern zwischen 2002 und 2009 aus verschiedenen bibliographischen Datenbanken	112
Tabelle 6-2:	Zufallsbeispiel für Teilnahmequote im Produktionsnetz zur Produktentwicklung.....	115
Tabelle 6-3:	Matrix des paarweisen Vergleiches der Kriterien.....	117
Tabelle 6-4:	Matrizen der paarweisen Vergleiche der Parameter je Kriterium	119
Tabelle 6-5:	Zusammenfassung der Parameter des Innovationspotenzials zur Auswahl von Kompetenzzellen und die resultierenden Gewichtungsfaktoren	120
Tabelle 7-1:	Anforderungsvektoren für den Arbeitskreis.....	129
Tabelle 7-2:	Anforderungsvektoren für das Initialentwicklungsteam.....	131
Tabelle 7-3:	Einige der möglichen Anforderungsvektoren für die Suche nach Kompetenzzellen für das Forschungsprojekt	134
Tabelle 7-4:	Zusammenfassung der Informationen zu Veröffentlichungen und ausgeführten Projekten.....	135
Tabelle 7-5:	Zwischenkalkulationen bezogen auf die Patentinformationen ..	137
Tabelle 7-6:	Zusammenfassung der Teilnahmen an Produktentwicklungsprojekten	138
Tabelle 7-7:	Zusammenfassung der Teilnahmen an Forschungsprojekten ..	139
Tabelle 7-8:	Zusammenfassung aller Parameter und das endgültige Innovationspotenzial der Kompetenzzellen	140

Tabelle B-1:	9-Punkte Bewertungsskala (in Anlehnung an [SAAT-06])	177
Tabelle B-2:	Gewichtsberechnung durch die vereinfachte Methode	178
Tabelle B-3:	Zufallskonsistenzindex (RI).....	179

Abkürzungsverzeichnis

AHP	Analytic Hierarchy Process
AV	Anforderungsvektor
BG	Baugruppe
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
DFG	Deutschen Forschungsgemeinschaft
DPMA	Deutsche Patent- und Markenamt
ECOLEAD	European Collaborative Networked Organisations Leadership Initiative
eEPK	erweiterte Ereignisgesteuerte Prozessketten
FEM	Finite Elemente Methode
FuE	Forschung und Entwicklung
HBG	Hauptbaugruppe
KMU	kleine und mittelständische Unternehmen
KoAg	Kompetenz-Agent
KPZ	Kompetenzzelle
LQ	Standortquotienten (location quotient)
PE	Produktentwicklung
SFB	Sonderforschungsbereich
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

Verzeichnis der Formelzeichen und Indizes

Symbol	Benennung
AA	Anzahl der Auslandsanmeldungen von Patenten einer Kompetenzzelle
AF	Abgeschlossene Forschungsprojekte einer Kompetenzzelle
AQ	Auslandsquote von Patenten einer Kompetenzzelle
EQ	Erteilungsquote von Patenten einer Kompetenzzelle
EQF	Erfolgsquote in Forschungsprojekten einer Kompetenzzelle
Er	Anzahl der Patenterteilungen einer Kompetenzzelle
FuE_A	Ausgaben für Forschung und Entwicklung in Euro
FuE_Int_{\max}	Maximale FuE-Intensität einer Kompetenzzelle innerhalb einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
$GINI$	Gini-Koeffizient
i	- Index einer Kompetenzzelle des KoAg - Index einer Zufallszahl
j	Index der Kompetenzkomponenten der Kompetenzzelle
k	Anzahl von Objekten, die aus einer Menge von verschiedenen Objekten ohne Zurücklegen und ohne Beachtung der Reihenfolge ausgewählt werden können
K_{Bg}	Term Basisgewicht
K_{\exp}	Term Exponent

Symbol	Benennung
$KPZ^i KB_n^j$	Bewertung der Umsetzung n für die Kompetenzkomponente j der Kompetenzzelle i
$KPZ^i KP_t^j$	Kompetenzpotenzial der Kompetenzkomponente j der Kompetenzzelle i zum Zeitpunkt t
KT	Preistreue
K_{Zg}	Term Zeitgewicht
n	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Merkmalswerte - Anzahl von Objekten einer Menge, die ohne Zurücklegen und ohne Beachtung der Reihenfolge kombiniert werden können - Anzahl der Umsetzung von Projekten
N	Anzahl der realisierten Produktentwicklungsprojekte einer Kompetenzzelle
N_{\max}	Maximale Anzahl realisierter Produktentwicklungsaufträge innerhalb einer Gruppe von Kompetenzkomponenten verschiedenster Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
NF	Gesamtanzahl realisierter Forschungsprojekte einer Kompetenzzelle
N^F	Anzahl der realisierten Forschungsprojekte einer Kompetenzzelle
N_{\max}^F	Maximale Anzahl realisierter Forschungsprojekte innerhalb einer Gruppe von Kompetenzkomponenten bzw. Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
N^{ij}	Gesamtanzahl bewerteter, realisierter Produktentwicklungsaufträge je Kompetenzkomponente
PA	Anzahl der Patentanmeldungen einer Kompetenzzelle

Symbol	Benennung
PA_{\max}	Maximale Anzahl von Patentanmeldungen einer Kompetenzzelle innerhalb einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
$Pakt$	Patentaktivität einer Kompetenzzelle
PP	Anzahl der im Prüfungsverfahren befindlichen Patente
PQ	Patentqualität einer Kompetenzzelle
$RFuE_Int$	Relative Intensität von Forschung und Entwicklung
RZQ	Relative Zitierquote von Patenten einer Kompetenzzelle
RZQ_{\max}	Maximale Zitierquote einer Kompetenzzelle in einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
ST	Termintreue
t	Zeitpunkt: heute
t_n^{ij}	Zeitpunkt der Umsetzung n
t_{\min}	erster Bewertungstermin einer Kompetenzkomponente
t_n	Zeitpunkt der Auswahl einer Kompetenzzelle für ein beliebiges Projekt (n)
TQ_F	Teilnahmequote im forschungsorientierten Produktionsnetz einer Kompetenzzelle
TQ_PE	Teilnahmequote im Produktionsnetz zur Produktentwicklung einer Kompetenzzelle
U	Note der Umsetzung bewertet durch den direkten Kunden: sehr gut/sehr schlecht
u_1, u_2	Voneinander unabhängige Zufallszahlen mit einer Rechteckverteilung in einem Wertebereich (0,1]

Symbol	Benennung
Um	Nettoumsatz in Euro
$Vakt$	Veröffentlichungsaktivität einer Kompetenzzelle
VQ	Veröffentlichungsqualität einer Kompetenzzelle
VQ_{\max}	Maximale Veröffentlichungsqualität einer Kompetenzzelle innerhalb einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
WV	Anzahl der Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften, Tagungs- und Fachberichten je Kompetenzzelle
WV_{\max}	Maximale Anzahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen einer Kompetenzzelle innerhalb einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
x_i	i -te normalverteilte Zufallszahl
y_i	Merkmalswerte in steigender Ordnung, $(y_i \leq y_{i+1})$
z_i	Unabhängige, normalverteilte Zufallsvariable
Zi	Anzahl der auf eine Kompetenzzelle entfallenden Patentzitate
ZV	Anzahl der auf eine Kompetenzzelle entfallenden Zitierungen wissenschaftlicher Veröffentlichungen
μ	Beliebiger Mittelwert
σ	Beliebige Standardabweichung

Glossar

Angewandte Forschung

Die angewandte Forschung umfasst Untersuchungen zur Erlangung neuen Wissens, die vorwiegend auf spezifische oder praktische Ziele ausgerichtet sind, um eine wirtschaftliche Anwendung zu finden (in Anlehnung an [HAUS-07]).

Forschung

Als Forschung werden systematische und kreative Aktivitäten zur Erweiterung des vorhandenen Kenntnisstandes und die Nutzung des so gewonnenen Wissens zur Findung neuer Anwendungsmöglichkeiten bezeichnet (in Anlehnung an [OECD-02]).

Geschäftsobjekt

Ein Geschäftsobjekt stellt das Ergebnis oder den Verrichtungsgegenstand einer Aktivität dar (in Anlehnung an [STEI-07]). Geschäftsobjekt zu sein, ist eine Rolle, die ein materieller oder immaterieller Gegenstand oder eine natürliche oder juristische Person in einem Geschäftsprozess spielt [ENDE-02b, S. 42].

Großunternehmen

Ein Großunternehmen ist ein unabhängiges Unternehmen, das mehr als 250 Personen beschäftigt und dessen Jahresumsatz entweder mehr als 50 Millionen € beträgt oder dessen Jahresbilanzsumme 43 Millionen € übersteigt (vgl. [EURO-03]).

Heterarchie

Heterarchie ist das Prinzip fluktuierender hierarchischer Beziehungen zwischen voneinander unabhängigen Individuen, Akteuren, Entscheidungsträgern oder Systemen. Das bedeutet, dass sich die hierarchischen Strukturen je nach Bedarf umkehren lassen, ebenso wie die für die hierarchische Ordnung ausschlaggebenden Kriterien (wie z. B. Kompetenz, Status oder Rang) von Fall zu Fall verschieden sein können (in Anlehnung an [PROB-92]).

Initialentwicklung

Die Initialentwicklung wird als ein Suchprozess nach neuen marktgerechten Produktkonzepten bezeichnet, die Produktinnovationen darstellen können. Sie dient zur Planung von Produkten, die anschließend im Produktentwicklungsprozess konstruiert oder entwickelt werden sollen. Außerdem dient sie zur Beurteilung der erforderlichen Technologien für die Umsetzung von Produktideen, damit die Technologie so weiterentwickelt werden kann, dass sie für die Definition zukünftiger Produkte praktisch genutzt werden kann. Sie beruht auf keinem Kundenauftrag und keiner konkreten Produkthanforderung, sondern auf einem methodischen und sich ständig wiederholenden Prozess.

Innovation

Innovation (lat. *novus* für neu und *innovatio* für etwas neu Geschaffenes) bezeichnet eine „Neuerung“ und damit hier technologisch neue Produkte und Prozesse sowie deutliche technologische Verbesserungen in Produkten und Prozessen, die in den Markt eingeführt werden. Sie umfasst eine Reihe von wissenschaftlichen, technologischen, organisatorischen, finanziellen und geschäftlichen Tätigkeiten (in Anlehnung an [OECD-97]).

Innovationspotenzial

Das Innovationspotenzial charakterisiert eine annähernd objektive Bewertung der Innovationsfähigkeit, welche die Effektivität und Effizienz (Erfolgsmessung) der Ausführung von Aktivitäten und der aus ihnen resultierenden Ergebnisse im Innovationsprozess darstellt.

Invention

Invention (synonym: Erfindung) ist die erstmalige technische Umsetzung oder neue Kombination neuer bzw. bestehender wissenschaftlicher Erkenntnisse (vgl. [PAHL-07; PLES-96]). Eine Erfindung ergibt sich aus einem Entdeckungs- oder Schaffensprozess von etwas „Neuem“, womit ein Produkt oder ein Prozess gemeint sein kann.

ISI Web of ScienceSM

Eine Online-Zitations- und Abstract-Datenbank für wissenschaftliche Journalbeiträge. Es ist eine Eigenmarke von Thomson Reuters.

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)

KMU sind unabhängige Unternehmen, die weniger als 250 Personen beschäftigen und entweder einen Jahresumsatz von höchstens 50 Millionen € erzielen oder deren Jahresbilanzsumme sich auf höchstens 43 Millionen € beläuft (vgl. der Empfehlung der EU-Kommission 2003/361/EG [EURO-03]). Unter KMU werden gleichzeitig Mikrounternehmen wie auch kleine und mittlere (mittelgroße) Unternehmen verstanden.

Kleines Unternehmen

Ein kleines Unternehmen ist ein unabhängiges Unternehmen, das mehr als 10 und weniger als 50 Personen beschäftigt und dessen Jahresumsatz oder Jahresbilanzsumme 10 Millionen € nicht übersteigt (vgl. [EURO-03])

Kompetenz

Kompetenz (synonym: Individualkompetenz) ist die Fähigkeit zur Umsetzung von Wissen durch richtiges Handeln zum Zwecke einer Leistungserbringung. Kompetenzen basieren auf menschlichen Dispositionen und sind abhängig von den zur Verfügung stehenden Ressourcen. Kompetenzen lassen sich unterscheiden in fachliche, methodische, personale und soziale Kompetenz (in Anlehnung an [ERPE-98]).

Kompetenzcluster

Kompetenzcluster werden als regionale Anhäufung von Kompetenzzellen in Bezug auf prozess-, produkt-, dienstleistungs- oder branchenspezifische Merkmale verstanden (vgl. [WIRT-03a]), die am Markt in ihrer Gesamtheit agieren (vgl. [WIRT-01]) und so gemeinsam ihre Kompetenzen verstärken und Wettbewerbsvorteile aufbauen können. Er ist eine sich selbst organisierende Vernetzung, in der die Kompetenzzellen gleichberechtigt interagieren. Der Kompetenzcluster dient als Basis für die strategische Planung, die effektive Koordinierung sowie für die Durchführung und die Kontrolle der benötigten Aufgaben und Tätigkeiten zur auftragsunabhängigen Entwicklung von Produkten.

Kompetenzkomponente

Eine Kompetenzkomponente existiert in einem Kompetenzrahmen und ist eine Teilmenge einer Kompetenz. Sie entspricht einer sinnvoll abgegrenzten Teilmenge eines Wissensgebietes (in Anlehnung an [ENDE-02b; STEI-07]).

Kompetenznetz

Das Kompetenznetz bezeichnet die quasi-permanente Form der aktiven Zusammenarbeit der Kompetenzzellen. Es dient als eine Art institutionalisierte Plattform der Verhaltensabstimmung und Kapazitätsszusammenlegungen (in Anlehnung an [ENDE-02b]).

Kompetenzpotenzial

Das Kompetenzpotenzial stellt eine annähernd objektive Bewertung der Potenziale der Kompetenzkomponenten bzw. Kompetenzzellen dar und ermöglicht somit die Differenzierung des Niveaus und der Güte der Fach- und Methodenkompetenzen von Kompetenzzellen.

Kompetenzzelle

Eine Kompetenzzelle stellt die kleinste, nicht mehr sinnvoll teilbare, autonome Leistungseinheit innerhalb des Wertschöpfungsprozesses dar (in Anlehnung an [ENDE-02b]):

- Sie besteht aus dem Menschen mit seinen individuellen Kompetenzen und aus den ihr zur Verfügung stehenden nichtpersonellen Ressourcen.
- Sie besitzt Funktion, Dimension und Struktur.
- Sie realisiert, in Analogie zur Biologie, Grundfunktionen des Lebens.
- Sie besitzt die Eigenschaften, elementar, autonom, kooperations- und damit lebensfähig im Netz zu sein.
- Sie ist in einem Raum innerhalb einer Region integriert.
- Sie ist in hohem Maße anpassungs-, erweiterungs- und lernfähig und besitzt damit Voraussetzungen zur Selbstorganisation.

Mikrounternehmen (Kleinstunternehmen)

Ein Mikrounternehmen ist ein unabhängiges Unternehmen, das weniger als 10 Personen beschäftigt und dessen Jahresumsatz oder Jahresbilanzsumme 2 Millionen € nicht übersteigt (vgl. [EURO-03]).

Mittleres Unternehmen

Ein mittleres (oder mittelgroßes) Unternehmen ist ein unabhängiges Unternehmen, das mehr als 50 und weniger als 250 Personen beschäftigt und entweder einen Jahresumsatz von höchstens 50 Millionen € erzielt oder dessen Jahresbilanzsumme sich auf höchstens 43 Millionen € beläuft (vgl. [EURO-03]).

Produkt

Ein Produkt ist das Ergebnis eines Prozesses. Produkte lassen sich unterscheiden in materielle Produkte (Werkzeugmaschinen, Bauteile) und immaterielle Produkte (Dienstleistungen wie mechatronische Produktentwicklung, Logistik) (in Anlehnung an [ISO-9000; STEI-07]).

Produktionsnetz

Ein Produktionsnetz stellt die auftragsbezogene (temporäre) Vernetzung von Kompetenzzellen zur Herstellung eines Produktes bzw. zur Realisierung einer Dienstleistung wie der Konstruktion eines Produktes bzw. der Produktentwicklung, der Logistik, der Planung einer Produktionsstätte oder der Durchführung von Forschungsprojekten dar. Es entspricht einem Projekt des Kompetenznetzes (in Anlehnung an [ENDE-02b]).

Projekt

Ein Projekt ist ein Vorhaben mit einer einmaligen Gesamtheit von koordinierten Aktivitäten mit bestimmtem Anfangs- und Endpunkten, die von einer Person oder Organisation mit dem Ziel durchgeführt werden, bestimmte Termin-, Kosten- und Leistungsziele zu erreichen (in Anlehnung an [CAUP-99]).

Projektreview

Ein Projektreview ist eine Prüfung eines Projektes, die nicht nur am Anfang und am Ende erfolgt. Durch Projektreviews werden im Laufe des Projektes die einzelnen Projektphasen kritisch überprüft (in Anlehnung an [CAUP-99]).

Regionales Netz

Das regionale Netz bezeichnet die latent angelegten sozialen Beziehungen potenzieller Kooperationspartner wie Kompetenzzellen und wandelbare Segmente hierarchisch strukturierter Unternehmen. Es bildet somit die tragende mentale und kulturelle Infrastruktur für die zukünftige, zweckorientierte Zusammenarbeit der Kompetenzzellen (in Anlehnung an [ENDE-02b]).

Scopus™

Eine Online-Zitations- und Abstract-Datenbank für wissenschaftliche Journalbeiträge. Es ist eine Schutzmarke von Elsevier B. V.

Strategie

Eine Strategie ist ein längerfristig ausgerichtetes planvolles Anstreben einer vorteilhaften Lage, dass sowohl die Zielsetzung als auch die Formulierung von Maßnahmen umfasst, mit denen die gesetzten Ziele zu erreichen sind (vgl. [GOOS-03]).

Wissen

Wissen ist eine Gesamtheit der Kenntnisse von Fakten, Wahrheiten und Informationen auf einem bestimmten Gebiet, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Wissen besteht überall: in Menschen, in Produkten, in Dienstleistungen und innerhalb von Firmen.

1 *Einleitung*

1.1 **Problemstellung**

Zunehmende Globalisierung und steigende Produktoptimierung veranlassen kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), sich auf ein konkretes Produkt oder eine bestimmte Dienstleistung zu spezialisieren, um deren geforderte Qualität, Funktionalität und Zuverlässigkeit zu erreichen, damit sie in einem wirtschaftlich turbulenten Umfeld bestehen. Seit einiger Zeit ist die volkswirtschaftliche Bedeutung der KMU evident [BMWA-04; EURO-07; MÜLL-09a]. Beispielweise machen die KMU in Deutschland 99,7% aller Unternehmen aus und beschäftigen etwas mehr als 70% aller Arbeitskräfte. Sie erbringen nahezu 50% der Bruttowertschöpfung [IFM-09]. Die Relevanz dieser Unternehmenskategorie kann auch in anderen Ländern wie den USA und Japan konstatiert werden [ENDE-02a]. Des Weiteren ist die immer größere wirtschaftliche Bedeutung insbesondere der Kleinst- oder Mikrounternehmen (1 bis 9 Beschäftigte) zu erwähnen [MÜLL-05a]. Auf europäischer Ebene (EU-27) sind allein 91,8% aller Unternehmen Mikrounternehmen, sie beschäftigen fast ein Drittel aller Arbeitnehmer (29,6%) und realisieren 20,9% der Bruttowertschöpfung [EURO-08] (Abbildung 1-1). Darüber hinaus erfahren diese Daten seit Jahren eine größere kontinuierliche Steigerung gegenüber den Großunternehmen (vgl. [EURO-09]). Tatsächlich beschäftigen alle europäischen KMU im Durchschnitt deutlich weniger als 10 Personen (für 2005 lt. EUROSTAT 4,3 Personen [EURO-08] bzw. lt. der Europäischen Kommission 6,8 Personen [EURO-07]). Daraus lässt sich schließen: „Das typische europäische Unternehmen ist ein Kleinstunternehmen“ [MÜLL-06].

Heutzutage hängt die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen vor allem von der Innovationsgenerierung ab, also wie schnell neue Produkte auf den Markt gebracht und neue, kostensparende Verbesserungen eingeführt werden können. Die Innovation ist weithin akzeptiert als Hauptmotor für das Wirtschaftswachstum [OECD-05] und als eine Überlebensbedingung für Unternehmen, weil sie dem Erhalt und Ausbau der Marktposition dient. In der Vergangenheit wurde die Rolle der KMU im Innovationsprozess häufig unterschätzt, da sie nur als Verbreiter der neuen Technologien wahrgenommen wurden [KFW-03]. Jedoch werden immer mehr neue Technologien bzw. Produktverbesserungen nicht nur von großen, etablierten Un-

ternehmen auf den Markt gebracht, sondern auch von den kleinen Unternehmen. Doch obwohl die KMU und die Mikrounternehmen die Fachwelt immer wieder mit interessanten Produktinnovationen beeindrucken können, können Daten belegen, dass sie immer noch im Nachteil sind gegenüber den Großunternehmen: Mit steigender Unternehmensgröße ist eine Zunahme sowohl der Innovationsaktivitäten als auch des Innovationserfolgs zu beobachten. Beispielsweise haben nur 61% der deutschen KMU des verarbeitenden Gewerbes Innovationsprojekte erfolgreich abgeschlossen, während der entsprechende Anteil von Großunternehmen 93% beträgt (Daten von 1998 bis 2000 [KFW-03]). Weiterhin ist belegt, dass nur ca. 30% der Unternehmen mit weniger als 49 Beschäftigten eigene sowohl kontinuierliche als auch gelegentliche Forschung und Entwicklung leisten, im Vergleich zu mehr als 80% der Großunternehmen (mit mehr als 500 Beschäftigten) [KFW-03]. Laut einer Umfrage der Europäischen Kommission bei europäischen KMU (EU 27) liegt das bedeutendste Problem für den Innovationsmangel darin, dass ein Großteil der KMU, 38% (39% der Mikro- und 26% der Großunternehmen), einfach nicht planen, Innovationen in ihre Produkte einzuführen [EURO-07], d. h. sie haben keinen Innovationsprozess bzw. kein -management.

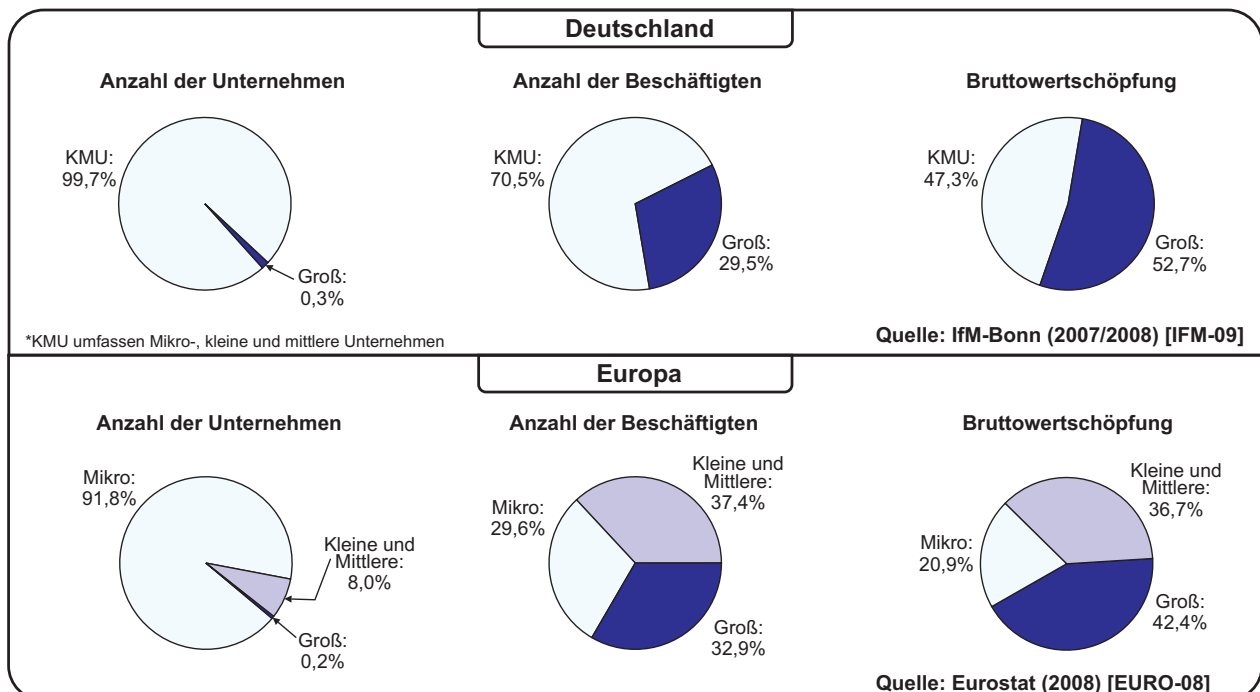


Abbildung 1-1: *Wirtschaftliche Bedeutung von KMU und Mikrounternehmen in Deutschland und Europa*

Der Grund dafür ist, dass die Mikrounternehmen im Vergleich zu den Großunternehmen eine Vielzahl von Innovationshemmnissen treffen. In erster Linie sind selbstverständlich die fehlenden Kompetenzen sowie die finanziellen Ressourcen zu nennen. Die deutschen KMU des Wirtschaftssektors haben 2005 insgesamt etwa 3,54 Mrd. € in Forschung und Entwicklung (FuE) investiert. Diese Summe entspricht nur 7,9% der FuE-Gesamtaufwendungen aller Unternehmen. Hierbei trugen die Großunternehmen größtenteils die FuE-Aufwendungen (92,1%), während Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten lediglich 0,5% aufbrachten (nach eigener Berechnung, Quelle [WISS-07]). Dies bedeutet jedoch keinesfalls, dass die Innovationsanstrengungen der KMU als gering einzuschätzen sind. Denn obwohl die KMU, die FuE-Aktivitäten leisten, recht wenig in Forschung und Entwicklung investieren, werden sie von diesen Aufwendungen stärker belastet. Diese Aufwendungen bedeuten nämlich einen größeren Anteil des Umsatzes als bei den Großunternehmen. Die FuE-Intensität, die sich aus dem Verhältnis der FuE-Aufwendung zum Umsatz ergibt, verläuft in Deutschland sowie in den meisten anderen Ländern typischerweise einer U-förmigen Kurve. Den Maximalwert, der sogar höher ist als der der größten Unternehmen, besetzen die Mikrounternehmen (Abbildung 1-2). Doch sind es nicht nur die finanziellen Ressourcen, die die KMU sehr belasten. Auch der Anteil des personellen Aufwands in der FuE ist für KMU, in der Relation zu größeren Unternehmen, wesentlich höher (vgl. [WISS-07]).

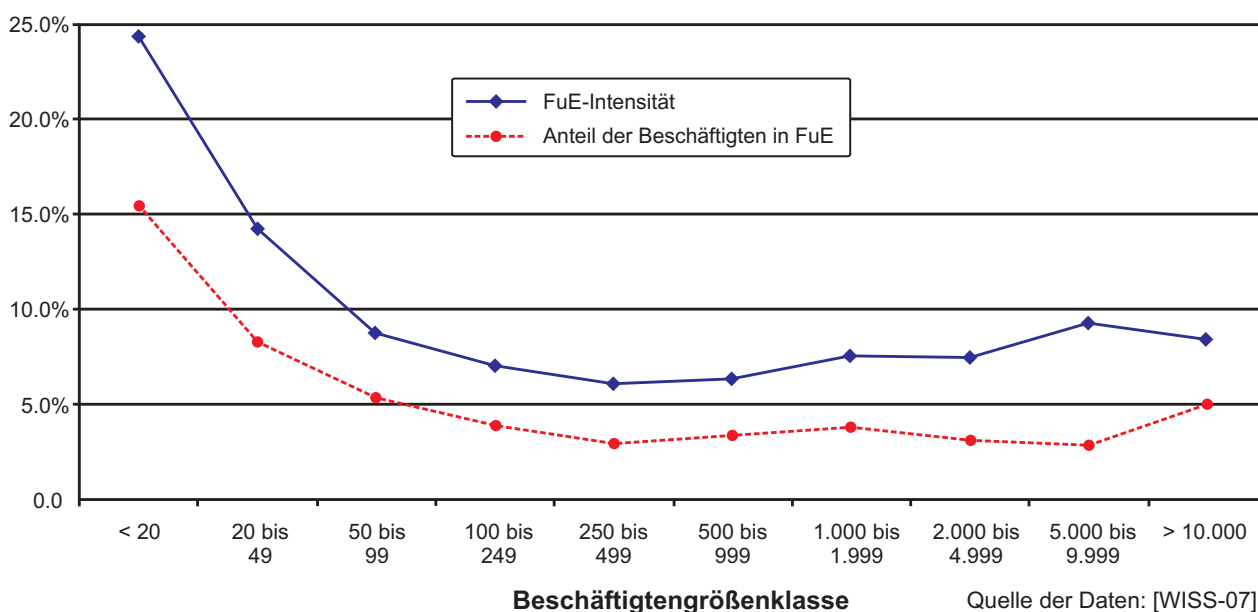


Abbildung 1-2: FuE-Intensität und Beschäftigte in FuE nach Beschäftigtengrößenklassen

Neben den fehlenden finanziellen Ressourcen leiden die KMU außerdem unter den hohen Kosten und der langen Amortisationsdauer der Innovationsaktivitäten. Daher streben die KMU im Vergleich zu Großunternehmen in der Regel eher nach kleinen Innovationsschritten, weil sie bei aufwendigen FuE-Projekten schneller an ihre Grenzen stoßen und auf Grund ihrer geringeren Marktmacht bei externen Finanzierungsquellen häufig schlechtere Finanzierungsbedingungen akzeptieren müssen als Großunternehmen (vgl. [KFW-03, S. 108]). Diese kleinen Innovationsschritte, die durch KMU generiert werden, sind im Allgemeinen durch die Konkurrenten einfach zu imitieren, was die KMU entmutigt, Innovationen zu generieren. Deshalb können 38% der Mikrounternehmen in Europa (37% der KMU im Allgemeinen) keinen Gewinn verzeichnen, der aus neuen oder umfassend verbesserten Produkten oder Dienstleistungen resultiert. Der entsprechende Anteil von Großunternehmen ist deutlich geringer, er beträgt nur 24% (vgl. [EURO-07]).

Trotz der entmutigenden Daten, die den Innovationsmangel der KMU charakterisieren, unterscheidet sich der Anteil des Umsatzes der KMU, der aus innovativen Produkten bzw. Dienstleistungen resultiert, nicht wesentlich von dem der Großunternehmen. Aber genau das repräsentiert das große Potenzial für die Mikrounternehmen, weil diejenigen, die Innovationen generieren, Gewinne in der gleichen Größenordnung wie die Großunternehmen erzielen können (12% für Mikrounternehmen sowie KMU im Allgemeinen und 11% für Großunternehmen) [EURO-07].

Damit die KMU eine Erhöhung der Wettbewerbs- und Konkurrenzfähigkeit gegenüber Großunternehmen erzielen können, fokussieren bisherige Forschungen eher auf neue Formen der Organisation zwischen den KMU mit dem Schwerpunkt der Kooperation. Durch kooperative Zusammenarbeit können sie im Netzwerk größenbedingte Nachteile überwinden und gegenseitige Lerneffekte erzielen. Ein Ansatz ist u. a. die Kooperation in kompetenzzellenbasierten Netzen [ENDE-02b]. Den Ausgangspunkt bildet ein Pool von existierenden Kompetenzzellen, die als die kleinsten Leistungseinheiten eine neue Perspektive für Mikrounternehmen darstellen. Sie können gleichberechtigt in diverse Wertschöpfungsprozesse eingebunden werden [WIRT-03b].

Dieser theoretische Ansatz zur Netzbildung in kompetenzzellenbasierten Netzen beruht auf zwei Anlässen [MÜLL-05a] (Abbildung 1-3): (a) Die Netzbildung kann einerseits auf einem Kundenauftrag oder Lastenheft basieren. Dann werden die notwendigen Kompetenzzellen bezüglich der Prozesskette selektiert und in kompetenzbasierten Produktionsnetzen verknüpft. Die Vernetzung ist dann kundenspezifisch- bzw. kundenauftragsbezogen und der Prozess wird als kundenspezifische Produktentwicklung bezeichnet. Diesen Fall berücksichtigen die bisherigen For-

schungen zu Kompetenznetzen. (b) Liegen hingegen kein Kundenauftrag und keine konkrete Produkthanforderung vor, so ist die Netzbildung das Resultat einer Initiative innerhalb des Netzes selbst, der sogenannten Initialentwicklung. Ziel der Initialentwicklung ist die Schaffung von Wettbewerbsvorteilen in erster Linie durch die Generierung von Produktinnovationen und weiterhin durch die Erweiterung der Produktpalette sowie die Erschließung neuer Märkte für das Kompetenznetz [NEUG-04]. Dies soll durch die Kooperation der Kompetenzzellen innerhalb eines Kompetenzcluster geschehen.

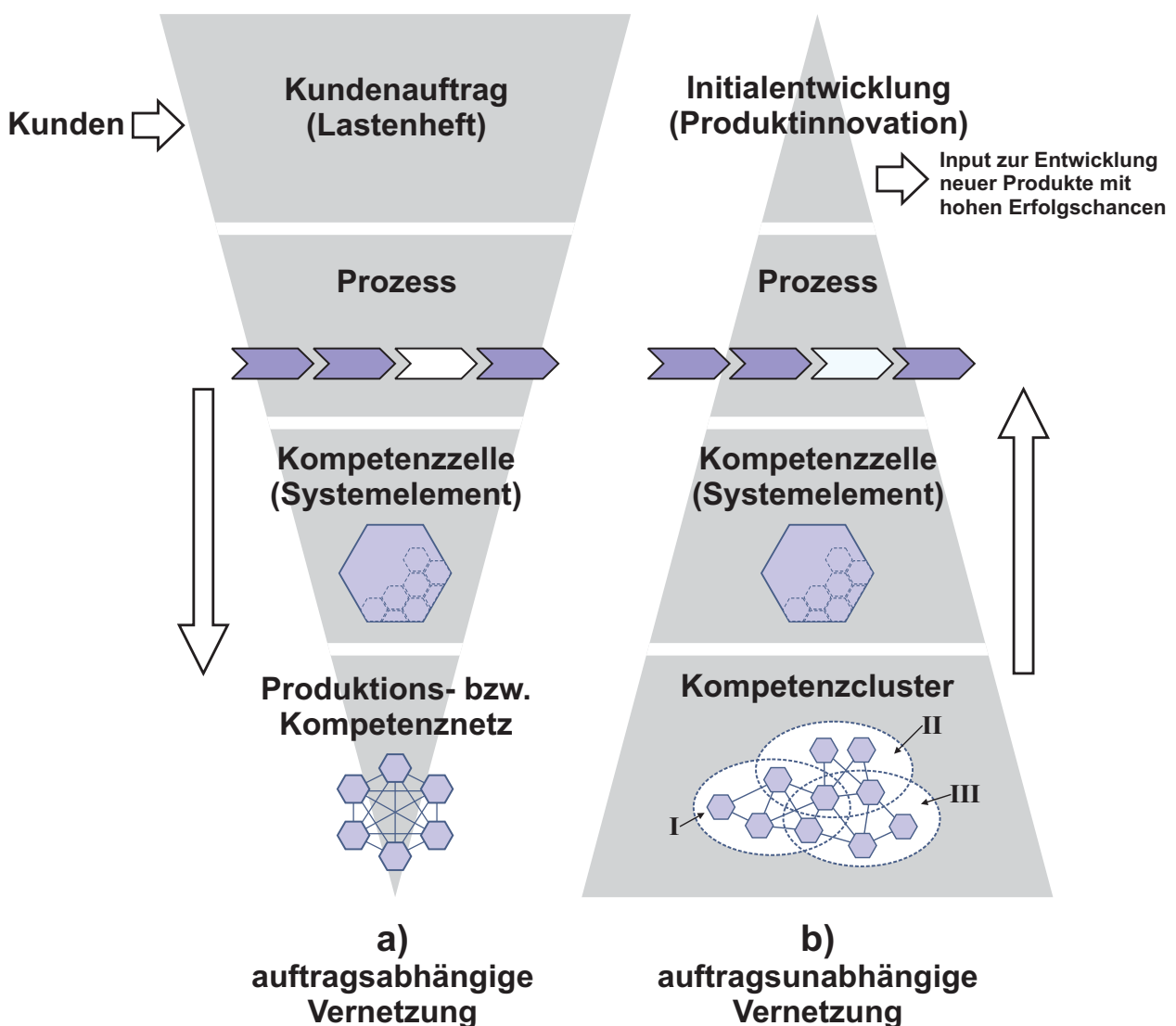


Abbildung 1-3: Anlässe zur Produktionsnetzbildung (in Anlehnung an [MÜLL-05a])

Es wurde bisher noch nicht wissenschaftlich untersucht, wie sich Kompetenzzellen effektiv zu einem Kompetenzcluster verbinden lassen, um Produktinnovationen und damit Wettbewerbsvorteile generieren zu können, ohne dass ein Kundenauftrag vorliegt. Außerdem existiert noch kein Ansatz, der erklärt, wie Produktinnovationen im Kompetenznetz generiert werden können. Da die bisherigen Ansätze für die Generierung von Produktinnovationen überwiegend für die Anwendung in Einzelunternehmen ausgelegt sind (vgl. [GOOS-06]), sind sie nur teilweise zur Anwendung auf Unternehmensnetzwerke, insbesondere auf kompetenzzellenbasierte Netze, geeignet und müssen insofern weiterentwickelt werden mit dem Ziel, die Innovationshemmnisse der Mikrounternehmen zu überwinden.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Im Fokus dieser Arbeit steht grundsätzlich die Entwicklung eines Ansatzes, mit dem die Mikrounternehmen in Form von Kompetenzzellen durch Kooperationen in sich selbstorganisierenden Netzen, in denen sie gleichberechtigt agieren, Produktinnovationen systematisch entwickeln können. Ein erstes Ziel der Forschungsarbeit ist es, einen Beitrag zur Kompetenzclusterbildung bei der Entwicklung innovativer Produkte zu leisten. Der Beitrag beinhaltet die Ermittlung der Grundlagen zur Bildung von Clustern von Kompetenzzellen auf Basis ihrer Kompetenzen und ihres Kompetenzpotenzials. Durch wissenschaftliche Untersuchungen werden die geeigneten Komponenten ermittelt, die notwendig sind, um Kompetenzcluster zu bilden. Eine Angleichung der Größe aller Kompetenzcluster wird angestrebt, damit diese die gleichen Voraussetzungen für ihre Zusammenarbeit haben und aus ihr in gleichem Maße Vorteile ziehen können. Die Kompetenzcluster können dann als instrumentale Basis im Produktentwicklungsprozess für neue, innovative, insbesondere technische Produkte dienen.

Der Umfang der wissenschaftlichen Arbeit beinhaltet auch die Entwicklung eines Ansatzes für den Innovationsprozess in kompetenzzellenbasierten Netzen. Hiermit wird die Eignung bzw. die Anwendung bisheriger Methoden und Modelle zum Innovationsprozess und deren Anpassung an die Anforderungen von kompetenzzellenbasierten Netzen untersucht. Außerdem soll der neue Ansatz auf die Hemmnisse reagieren, die den KMU bzw. Mikrounternehmen bei der Generierung von Produktinnovationen und bei der Findung marktgerechter Produkte entgegenstehen. Der Prozess soll genau beschreiben, welche Kompetenzzellen daran teilnehmen und wie sie durch bestimmte Aktivitäten nach neuen Produktkonzepten suchen und

diese definieren können. Zudem soll der Prozess ganzheitlich sein. Daher zieht er auch die Technologieentwicklung in Betracht, um neues Wissen oder neue Ideen zu generieren, die zur Definition von zukünftigen innovativen Produkten dienen. Da die Kooperation in dezentralisierten und sich selbstorganisierenden Netzen erfolgt, sollen die notwendigen Kompetenzzellen für die Beteiligung an den jeweiligen Aktivitäten durch ein hierarchieloses Auswahlverfahren selektiert werden. Das Verfahren soll auf einer annähernd objektiven Bewertung der Potenziale der Kompetenzzellen basieren. Diese Potenziale sollen insbesondere im Rahmen der Technologieentwicklung und der Ideengenerierung die Innovationsfähigkeit der Kompetenzzellen widerspiegeln.

Das entwickelte Verfahren zur Kompetenzclusterbildung sowie der entwickelte Ansatz für den Innovationsprozess in kompetenzzellenbasierten Netzen müssen in den bestehenden kompetenzzellenbasierten Produktentwicklungsprozess integriert und durch ein Beispiel aus dem Bereich der mechatronischen Produkte des Werkzeugmaschinenbaus verifiziert werden.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist wie folgt aufgebaut. Nach der in diesem Kapitel genannten Problemstellung bzw. Motivation und der Zielsetzung wird in Kapitel 2 der relevante Stand der Technik diskutiert und analysiert. Zuerst werden die Grundlagen des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes und seine Anwendung auf die Produktentwicklung erläutert. Im Anschluss daran werden wissenschaftliche Erkenntnisse den Forschungsumfang der Arbeit betreffend dargestellt, wie z. B. die Realisierung von Innovationen in Netzwerken, die Clusterbildung sowie die Auswahl von Partnern im Rahmen von Innovationsaktivitäten.

In Kapitel 3 wird erstens die Definition des Begriffes Innovation und dessen Abgrenzung für den konkreten Untersuchungsgegenstand präzisiert. Abgeleitet von den Anforderungen zur Innovationsgenerierung wird anschließend der gesamte entwickelte Innovationsprozess in kompetenzzellenbasierten Netzen erklärt. Außerdem werden die Interaktionen seiner verschiedenen Teilprozesse und deren Lage im kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz beschrieben.

Das Kapitel 4 beinhaltet den Ausgangspunkt für die effektive Koordinierung sowie die Ausführung und die Kontrolle der benötigten Aufgaben zur Innovationsgenerierung: den Kompetenzcluster. Neben seiner Definition werden außerdem die Basis und die Vorgehensweise der Bildung von Kompetenzclustern erläutert.

Abgeleitet vom Innovationsprozess wird in Kapitel 5 der entwickelte Teilprozess Initialentwicklung ausführlich diskutiert. Ebenso werden ihre Eigenschaften, Merkmale und einzelnen Phasen detailliert ausgeführt.

In Kapitel 6 wird der Ansatz für das forschungsorientierte Produktionsnetz, der zur Technologieentwicklung und Generierung neuen Wissens mit dem Ziel der Innovationsgenerierung dient, eingehend verdeutlicht. Dazu wird das hierarchielose Auswahlverfahren für die jeweiligen Kompetenzzellen als Kooperationspartner erläutert, das auf einer annähernd objektiven Bewertung der Innovationsfähigkeit der Kompetenzzellen mittels eines Innovationspotenzials basiert.

In Kapitel 7 folgt die Verifizierung und Bewertung des entwickelten Ansatzes für die Generierung von Produktinnovationen in kompetenzzellenbasierten Netzen. Anhand von Beispielen, die sich auf mechatronische Produkte aus dem Werkzeugmaschinenbau beziehen, wird die Funktionsfähigkeit der entwickelten Vorgehensweise bzw. des Algorithmus zur Clusterbildung sowie des Ablaufes des Initialentwicklungsprozesses und der Bildung eines forschungsorientierten Produktionsnetzes verdeutlicht. Für letzteren Fall wird ein Nachweis der hierarchielosen Auswahl und der annähernd objektiven Bewertung der Innovationsfähigkeit anhand von realen Informationen erbracht. Anschließend wird der entwickelte Ansatz einer Bewertung unterzogen und es werden seine Vor- bzw. Nachteile erläutert.

Das Kapitel 8 bildet den Abschluss mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und einem Ausblick auf mögliche weiterführende Forschungsarbeiten. Ein grafischer Überblick über den Gesamtaufbau der Arbeit ist in Abbildung 1-4 dargestellt.

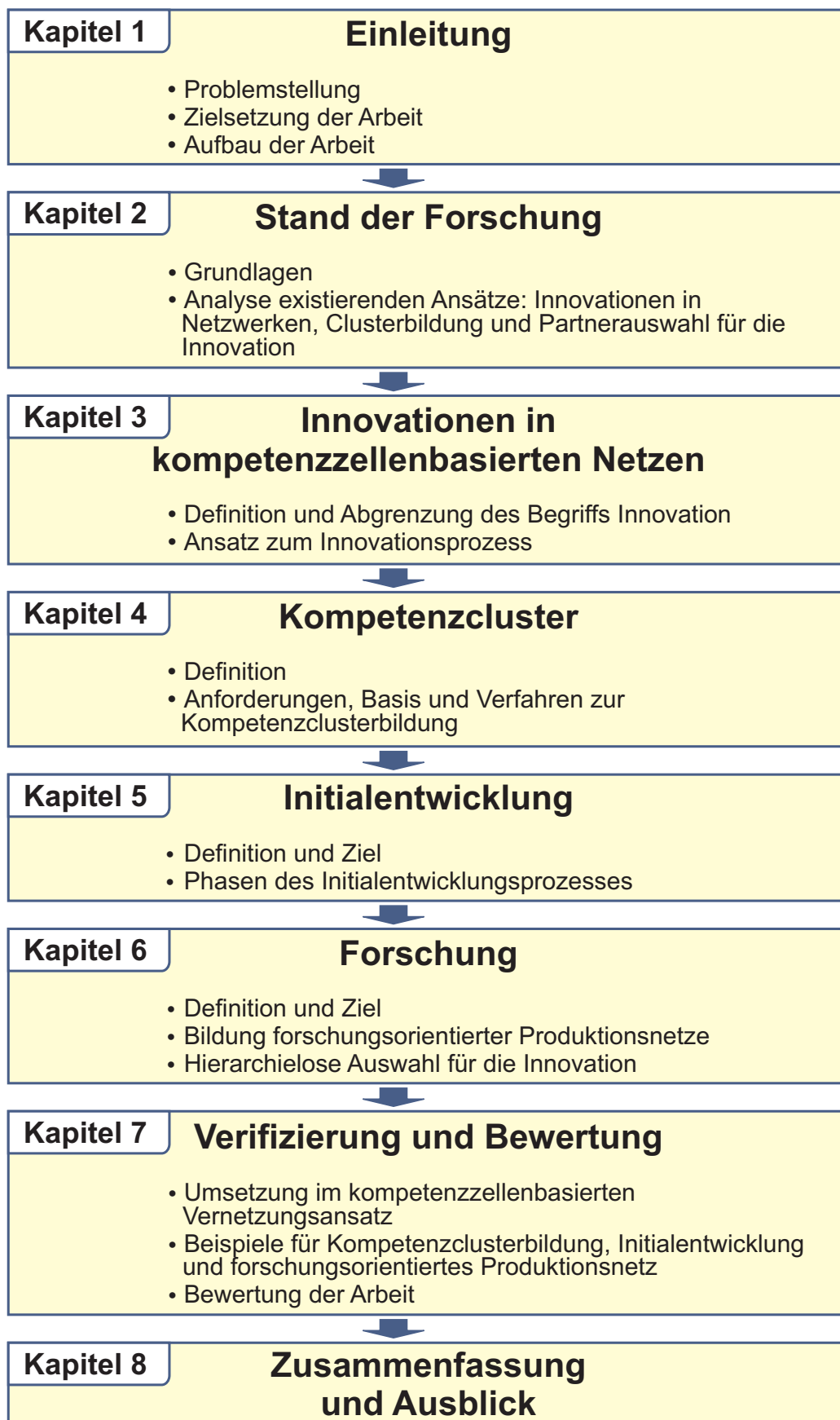


Abbildung 1-4: Aufbau der vorliegenden Arbeit

2 Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse

2.1 Grundlagen

2.1.1 Kompetenzzellenbasierter Vernetzungsansatz

Für den Stand der Forschung werden zunächst die relevanten Grundlagen des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes erläutert, die als Basis der vorliegenden Arbeit dienen. Anschließend daran erfolgt in den Kapiteln 2.2 bis 2.4 eine Analyse bestehender Forschungsarbeiten bezüglich der Themengebiete, die Bestandteile der vorliegenden Arbeit sind: Innovationen in Netzwerken, Clusterbildung bzw. Partnerauswahl für die Innovation.

Der Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit geht von dem kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz aus, in dem autonome, elementare Leistungseinheiten in temporären Netzen kooperieren. Diese Leistungseinheiten werden als die Unternehmensform des 21. Jahrhunderts angesehen. Der Ansatz wurde in den Jahren 2000-2006 im von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereich (SFB) 457 „Hierarchielose regionale Produktionsnetze“ erarbeitet [ENDE-02b; MÜLL-07] und seit 2007 in Fortsetzung im Paketantrag (PAK) 196 „Kompetenzzellenbasierte Produktionsnetze“ weiterentwickelt [MÜLL-05a; MÜLL-06]. Der Ansatz stellt neue Perspektiven für die KMU dar, um vor den sich stark verändernden Wirtschaftsbedingungen bestehen zu können. Im Unterschied zu anderen Ansätzen von KMU-Netzverbänden fokussiert dieser Ansatz hauptsächlich auf den Aufbau und den Betrieb von Netzwerken, die vor allem aus Mikrounternehmen bestehen, welche größenordnungsmäßig den Kompetenzzellen am nächsten stehen.

Nach der Typologie interorganisationaler Netzwerke von SYDOW [SYDO-06, S. 387-472] sind die kompetenzzellenbasierte Netze bezüglich der Steuerungsform durch heterarchische (polyzentrische) Strukturen, in denen es keine zentrale Kontrolle gibt, geprägt. Deshalb werden diese Kooperationsstrukturen bisher häufig auch mit hierarchielosen bzw. hierarchiearmen (Produktions-)Netzen in Zusammenhang gebracht. Allerdings werden in der vorliegenden Arbeit die kompetenzzellenbasierten Netze bezüglich ihrer Struktur als heterarchisch bezeichnet. Hierbei wird Heterarchie als das Prinzip fluktuierender hierarchischer Beziehungen zwischen

voneinander unabhängigen Individuen, Akteuren, Entscheidungsträgern oder Systemen verstanden [PROB-92]. Das bedeutet, „[...] dass sich die hierarchischen Strukturen je nach Bedarf umkehren lassen, ebenso wie die für die hierarchische Ordnung ausschlaggebenden Kriterien [wie z. B. Kompetenz, Status oder Rang] von Fall zu Fall verschieden sein können“ [PROB-92, S. 495]. Daher weisen die kompetenzzellenbasierten Netze gleichzeitig aufgrund der operativen bzw. strategischen Geschäftsbeziehungen einen dynamischen bzw. stabilen Charakter auf. Außerdem besteht innerhalb dieser Netze keine einseitige Dominanz.

Ausgangspunkt dieses Ansatzes ist ein Pool existierender Kompetenzzellen, die gleichberechtigt in diverse Wertschöpfungsprozesse eingebunden werden [WIRT-03b] und zugleich zusammenarbeiten und miteinander konkurrieren. Eine Kompetenzzelle stellt die kleinste, nicht mehr sinnvoll teilbare Leistungseinheit innerhalb des Wertschöpfungsprozesses dar. Sie setzt sich aus Kompetenzkomponenten zusammen, die einer sinnvoll abgegrenzten Teilmenge eines Wissensgebietes entsprechen [STEI-07]. Eine Kompetenzzelle besteht aus dem Menschen mit seinen individuellen Kompetenzen, den sog. *personellen* Ressourcen, und aus den ihm zur Verfügung stehenden technischen und ökonomischen Ressourcen, den sog. *nichtpersonellen* Ressourcen [ENDE-02b]. Die Klassifizierung der personellen Ressourcen erfolgt in Bezug auf die Spezialisierung der Kompetenzzellen, die sich primär auf der obersten Stufe der Wertschöpfungskette vollzieht [ERPE-99].

Der kompetenzzellenbasierte Vernetzungsansatz beruht auf einem Drei-Ebenen-Konzept (Abbildung 2-1) [WIRT-03b]. In der ersten Ebene des regionalen Netzes (I) befinden sich alle potenziellen Vernetzungspartner wie Kompetenzzellen und wandelbare Segmente hierarchisch strukturierter Unternehmen. Im regionalen Netz konkurrieren Kompetenzzellen in passiven Beziehungen untereinander oder mit anderen Unternehmen. In der zweiten Ebene, dem Kompetenznetz (II), besitzen die Kompetenzzellen ein Mindestmaß an institutionalisierten Beziehungen, wie z. B. einheitliche Informationsplattformen, allgemeine Geschäftsbedingungen und Qualitätsmaßstäbe. Die Institutionalisierung erfolgt durch Festlegung gemeinsamer Ziele und Regeln, durch Verhaltensabstimmungen (Mechanismen der Angebotserstellung, Kosten- und Risikoverteilung) aber auch durch gemeinsamen Nutzen von Kapazitäten (z. B. gemeinsame Hard- und Software).

In der dritten Ebene, dem Produktionsnetz (III), wird die eigentliche Wertschöpfung realisiert. Kompetenzzellen werden nach einem hierarchielosen Auswahlprozess für einen zeitlich begrenzten Wertschöpfungsprozess miteinander verknüpft. Die Verknüpfung bezieht sich auf ein Projekt oder einen Kundenauftrag. Das Produktionsnetz beschäftigt sich nicht nur mit der Produktion, wie es der Begriff suggeriert,

sondern auch mit jeder anderen Art der Dienstleistung wie der Konstruktion eines Produktes bzw. der Produktentwicklung, der Logistik, der Planung einer Produktionsstätte oder der Durchführung von Forschungsprojekten.

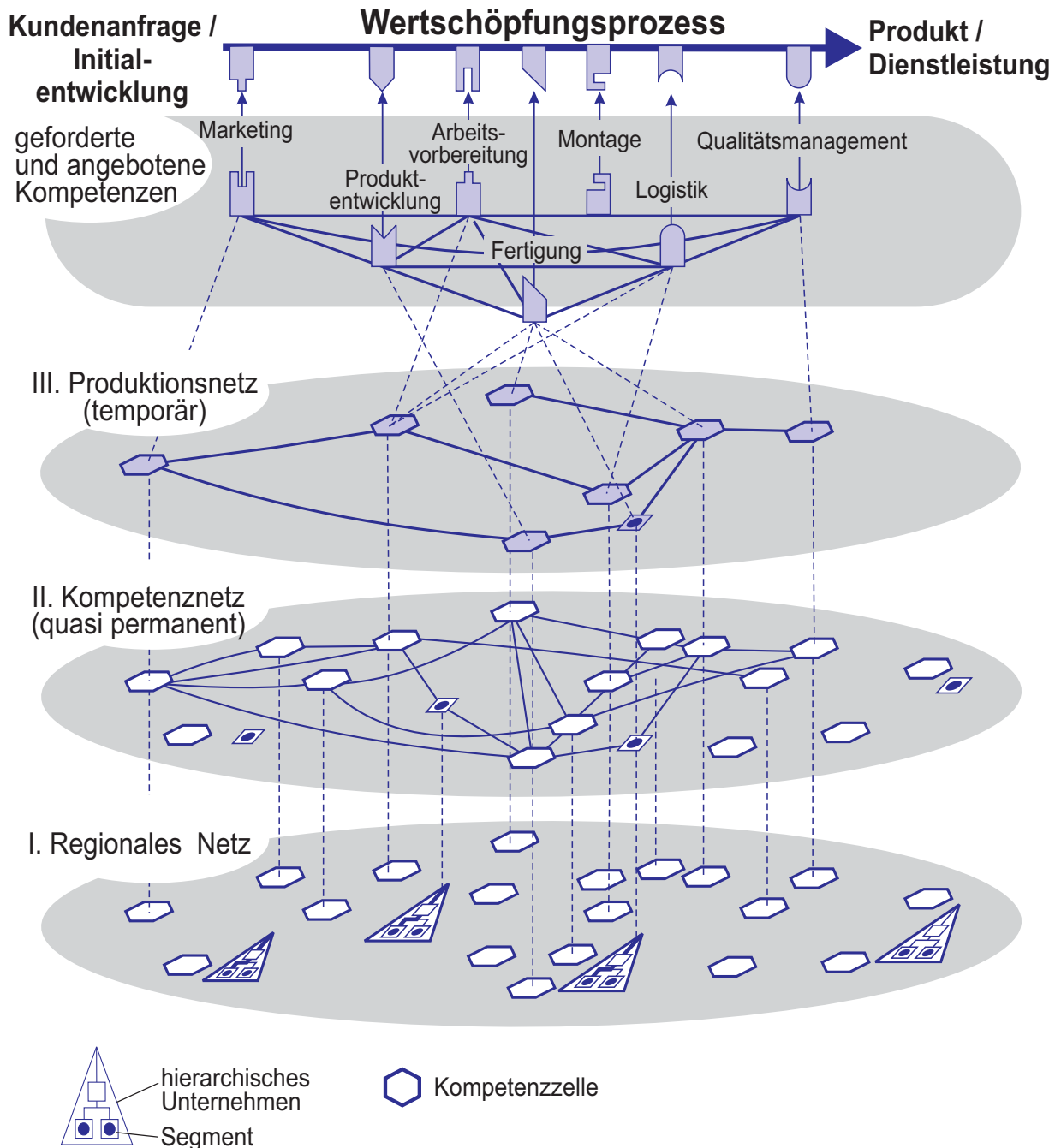


Abbildung 2-1: Kompetenzzellenbasierter Vernetzungsansatz in Anlehnung an [WIRT-03b]

Die gleichzeitig erfolgenden funktionalen Kooperationen oder Geschäftsbeziehungen in der zweiten und dritten Ebene werden als Gestaltungskonzept der

Zwei-Ebenen-Kooperation bezeichnet, das ein wesentliches Grundkonstrukt des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes ist (vgl. [BAUM-08]). Dennoch wurde dieses Gestaltungskonzept so konzipiert, dass, während die strategischen Geschäftsbeziehungen durch das Kompetenznetz durchgeführt werden, das Produktionsnetz die operativen Geschäftsbeziehungen realisiert.

2.1.2 Kompetenzzellenbasierte Produktentwicklung

Die Anwendung der kompetenzzellenbasierten Vernetzungstheorie auf den Produktentwicklungsprozess wurde bereits im Rahmen des DFG-geförderten Sonderforschungsbereiches 457 „Hierarchielose regionale Produktionsnetze“ der TU Chemnitz von STEINER erarbeitet [NEUG-07; STEI-07]. Dafür wurden sowohl Konstruktionsmethoden als auch verteilte Produktentwicklungsmethoden bezüglich ihrer Eignung für Kompetenzzellen im Entwicklungsprozess untersucht sowie geeignete Instrumentarien und Werkzeuge zur kompetenzzellenbasierten Produktentwicklung entworfen. Für diesen entwickelten Ansatz stellt ein Kundenauftrag den Ausgangspunkt dar, aus dem sowohl die eindeutige Definition als auch die entsprechenden Anforderungen für ein Produkt abgeleitet werden. Allerdings besitzt der Ansatz keine Alternative zur Definition eines neuen Produktes, bei der kein Kundenauftrag und keine konkrete Produkthanforderung vorliegen.

Zur Realisierung eines solchen kundenauftragsabhängigen Projektes werden zuerst die möglichen Kompetenzzellen für die Beteiligung an den jeweiligen Aktivitäten gesucht. Die Suche erfolgt nach den dafür benötigten Kompetenzen. In diesem Ansatz werden die Kompetenzzellen nach ihrem Projektbezug in projektführende und projektunterstützende unterschieden. Die wesentliche Funktion der projektführenden Kompetenzzelle liegt in der Koordination, der Überwachung, der Ermittlung des Abstimmungsbedarfs und der termin- und zielkostengerechten Projektführung. Hingegen übernehmen die projektunterstützenden Kompetenzzellen überwiegend die Projektdurchführung, indem sie einen hohen Anteil am Entwicklungsaufwand haben.

Die hierarchielose Auswahl der am besten geeigneten Kompetenzzellen erfolgt anhand einer annähernd objektiven Bewertung der Fähigkeiten der Kompetenzzellen, dem sog. Kompetenzpotenzial. Annähernd objektiv bedeutet, dass es nahezu unmöglich sein soll, die Auswahl durch subjektive Kriterien zu beeinflussen. Für die Suche und die hierarchielose Auswahl der Kompetenzzellen kommt das Softwaresystem „Kompetenz-Agent“ (KoAg) zum Einsatz, das von Steiner entwickelt wurde [WEID-06]. Der KoAg dient zur Beschreibung und Verwaltung der Kompetenzen der

Produktentwicklung und für die Suche nach dem bestmöglichen Kooperationspartner für Projekte sowie für die automatische Berechnung des Kompetenzpotenzials für jede Kompetenzzelle. Nähere Detailinformationen sind in [STEI-07, S 85; WEID-06] zu entnehmen.

Die Berechnung des Potenzials stützt sich auf die Beurteilung bereits realisierter Aufträge. In die Bewertung einzelner Leistungen werden die drei Faktoren Preis-, Termintreue sowie die Güte der Umsetzung einbezogen. Die Bewertung der Umsetzung eines Auftrags (KPZ^iKB^j) wird zwischen null und eins normalisiert und setzt sich hauptsächlich zusammen aus:

$$KPZ^iKB^j = KT + ST + U \quad (2.1)$$

i	Index der Kompetenzzelle des KoAg
j	Index der Kompetenzkomponente der Kompetenzzelle
KT	Preistreue; wurden die Produktentwicklungskosten eingehalten/verfehlt, dann $KT= 0,15/0$
ST	Termintreue; wurde der Zieltermin eingehalten/verfehlt, dann $ST= 0,15/0$
U	Note der Umsetzung bewertet durch den direkten Kunden: sehr gut/sehr schlecht, dann $U= 0,70/0$.

Das Kompetenzpotenzial für den aktuellen Zeitpunkt errechnet sich jedoch nicht durch eine einfache Aufsummierung der Bewertungen durchgeführter Projekte. Die Berechnung beinhaltet eine mehrstufige Gewichtung der einzelnen Projektbeurteilungen, was eine Stabilisierung des Potenzials zur Folge hat (Formeln 2.2-2.5).

Daraus ergibt sich, dass, wenn nur eine geringe Anzahl an Bewertungen existiert, eine gleichstarke Gewichtung der Bewertungen durch das Basisgewicht angestrebt wird. Erhöht sich jedoch die Anzahl, so werden diese zunehmend nach ihrem zeitlichen Auftreten in der Vergangenheit gewichtet (Zeitgewicht). Das bedeutet, Bewertungen neueren Datums werden höher bewertet als zeitlich länger zurückliegende. Kann eine Kompetenz noch keine Bewertung vorweisen, wird ein Initialwert zugewiesen. Bei der Berechnung wird jedoch nicht nur die zeitliche Reihenfolge der Bewertungen berücksichtigt, auch die Anzahl und die durchschnittliche zeitliche Verteilung der Bewertungen fließen ein. Das bedeutet, die Bewertungen werden umso stärker gewichtet, je mehr Aufträge realisiert wurden und je aktueller diese sind und umgekehrt. [STEI-07]

$$KPZ^i KP_t^j = K_{\text{exp}} \sqrt{K_{Bg} + K_{Zg}} \quad (2.2)$$

$$K_{Bg} = \left(\frac{1}{N^{ij}} \right) \cdot \sum_{n=0}^{N^{ij}} \frac{KPZ^i KB_n^j}{(N^{ij} + 1)} \quad (2.3)$$

$$K_{Zg} = \left(1 - \frac{1}{N^{ij}} \right) \cdot \sum_{n=0}^{N^{ij}} \frac{KPZ^i KB_n^j \cdot (t_n^{ij} - t_1^{ij} + 1)}{\sum_{n=1}^{N^{ij}} (t_n^{ij} - t_1^{ij} + 1)} \quad (2.4)$$

$$K_{\text{exp}} = \frac{1 + \left(\frac{N^{ij}}{N_{\text{max}}} + \frac{\sum_{n=1}^{N^{ij}} (t_n - t_{\text{min}})}{N^{ij} \cdot (t - t_{\text{min}})} \right)^{\log_2(3)}}{2} \quad (2.5)$$

Dabei gilt:

$KPZ^i KP_t^j$	Kompetenzpotenzial der Kompetenzkomponente j der Kompetenzzelle i zum Zeitpunkt t
$KPZ^i KB_n^j$	Bewertung der Umsetzung n für die Kompetenzkomponente j der Kompetenzzelle i
K_{Bg}	Term Basisgewicht
K_{Zg}	Term Zeitgewicht
K_{exp}	Term Exponent
N^{ij}	Gesamtanzahl bewerteter realisierter Aufträge je Kompetenzkomponente
N_{max}	maximale Anzahl realisierter Aufträge innerhalb einer Gruppe von Kompetenzkomponenten verschiedenster Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
t_n^{ij}	Zeitpunkt der Umsetzung n
t_{min}	erster Bewertungstermin einer Kompetenzkomponente

t Zeitpunkt: heute

2.2 Innovationen in Netzwerken

Die Innovationsgenerierung durch Netzwerke ist seit einiger Zeit Forschungsgegenstand mehrerer Arbeiten. Beispielsweise analysiert ein Arbeitskreis des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) die Probleme des Managements von Netzwerken, insbesondere von „Innovationsnetzwerken“ (oder Netzwerke für Innovation), und hat einen anwendungsorientierten Leitfaden für das Netzwerkmanagement erstellt [VDI-04]. Dieser diente als Basis für mehrere nachfolgende Forschungsarbeiten, vor allem im Bereich des Managements von Netzwerken, wie die Arbeit von KOLLER, LANGMANN und UNTIEDT, die sich auf die Ablaufphasen, etwa Anbahnung, Entwicklung, Realisation sowie Wandel, des Netzwerks konzentriert [KOLL-06].

RITTER identifizierte anhand von Interviews und Umfragen in mehreren Unternehmen und anhand einer anschließenden statistischen Analyse der Ergebnisse die Hauptfaktoren, die die Netzwerkkompetenzen im Sinne einer Erhöhung des Innovationserfolges fördern [RITT-98]. Die Faktoren orientieren sich am Management der Netzwerke, vor allem an kulturellen Aspekten wie der menschlichen Interaktion, die nicht den Hauptgegenstand der vorliegenden Arbeit betreffen. Auch liefert seine Arbeit keine Orientierung für die Umsetzung des Innovationsprozesses, sondern eine empirische Analyse.

HARITZ untersucht verschiedene ökonomische und sozialwissenschaftliche Theorieansätze hinsichtlich der Entstehung und Organisation von Netzwerken für Innovationen aus systemtheoretischem Gesichtspunkt [HARI-00]. Basierend auf diesen Theorien entwickelt er einen Ansatz für die organisationale Vernetzung zwischen fremden Unternehmen und für die Lenkung solcher Netzwerke. Da der Ansatz aber ein hohes Abstraktionsniveau besitzt und die Netzwerke für Innovationen eher als befristete/projektbezogene Netzwerke betrachtet werden, erscheint seine Anwendung im kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz nicht als vorteilhaft.

DUSCHEK erklärt mit seinem relationalen und strukturationstheoretisch fundierten Ansatz, wie Unternehmen durch die Beteiligung an Netzwerken Wettbewerbsvorteile sowie die kooperative Nutzung von ergänzenden externen Ressourcen generieren können [DUSC-02]. Sein Ansatz basiert auf der kritischen Analyse sowie der Weiterentwicklung des „Resourced-based View“, das ein wirtschaftliches Werkzeug des strategischen Managements für die Bestimmung der für ein Unter-

nehmen verfügbaren Ressourcen ist. Deswegen lassen sich kaum Anhaltspunkte für die vorliegende Arbeit erkennen.

BORCHERT erarbeitet Gestaltungsempfehlungen für einen effektiven und effizienten Einsatz von betriebswirtschaftlichen Instrumenten für die Umsetzung von unternehmensübergreifenden Innovationsprojekten [BORC-06]. Diese Instrumente unterstützen die verantwortlichen Manager bei der Realisierung des Innovationsprozesses. Daher ist sein Ansatz wesentlich aus der Perspektive des Managements sowie der Informationstechnik gestaltet. Der Ansatz konzentriert sich aber nur auf die Umsetzung (Realisierung) der generierten Ideen innerhalb des Innovationsprozesses und auf Einzelprojekte.

Goos implementiert etablierte Ansätze der Betriebswirtschaftslehre wie die System- und Transaktionskostentheorie für die Auswahl der kooperationsrelevanten Technologiefelder eines fokalen Unternehmens [GOOS-06]. Sein Ansatz umfasst außerdem die Beurteilung der Position möglicher Kooperationspartnern sowie die Beurteilungen aus dem eigenen Netzwerk im betrachteten Technologiefeld mit dem Zweck, die geeigneten Partner für die Innovationsaktivitäten zu selektieren und Rückschlüsse auf weitere Netzwerkaktivitäten zu ziehen. Die Partnerauswahl basiert eher auf subjektiven Beurteilungen.

MIEKE untersucht die unternehmensübergreifende kollektive Technologieförderung in Unternehmensnetzwerken [MIEK-06; MIEK-07]. Sie führt zur gemeinsamen Erkennung von technologischen Trends und zur zukunftsgerechten Definition von Innovationsprojekten. Hierbei liegt ihr wesentlicher Vorteil in der Ausweitung des Beobachtungsfeldes gegenüber einem einzelnen KMU. Allerdings ist die Technologieförderung nur ein anfänglicher Bestandteil des Innovationsprozesses.

FISCHER untersucht die innovationsfördernden Kooperationen von Unternehmen in Netzwerken [FISC-06]. Ihre Arbeit konzentriert sich aber auf die Konzeptualisierung und den Aufbau des theoretischen Bezugsrahmens für diese Kooperationen auf Basis der Transaktionskostentheorie, des ressourcenorientierten Ansatzes, des dynamischen Kernkompetenzansatzes sowie des interaktionsorientierten Netzwerkansatzes. Die Arbeit betrachtet ausschließlich vertikale Netzwerke, in denen Unternehmen auf unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen agieren, d. h. sie gehören zu einer Wertschöpfungskette und haben Wertschöpfungspartnerschaften bzw. Zulieferverhältnisse, was vom Ziel der vorliegenden Arbeit und dem kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz abweicht.

Unter dem Projekt namens „European Collaborative Networked Organisations Leadership Initiative“ (ECOLEAD), das Aspekte der Vernetzung kleinster Leistungsein-

heiten des SFB 457 aufgreift und diese auf virtuelle Organisationen anwendet [CAMA-05; ECOL-09], analysieren BIFULCO *et al.* verschiedene Methoden zur Ideengenerierung und Problemlösung in der Absicht, Innovationen innerhalb der Netzwerke von Unternehmen zu generieren [BIFU-06]. Das ist jedoch nur eine einzelne Aktivität innerhalb des gesamten Innovationsprozesses.

SCHUH, MILLARG und GÖRASSON analysieren die Wettbewerbsvorteile bei der Innovationsgenerierung in der Virtuellen Fabrik [SCHU-98], die eine implementierte Form der Netzwerke des Projektes ECOLEAD darstellt (in Anlehnung an [PLIS-07]). Der Ansatz der Virtuellen Fabrik betrachtet nicht nur die Umsetzung auftragsabhängiger Produkte, sondern auch die Einführung innovativer Produkte durch Eigeninitiativen und die proaktive Vermarktung. Jedoch konzentriert sich ihre Arbeit eher auf die Zielharmonisierung der Partnerunternehmen, die gemeinsame Akquisitionen und die Entwicklung der Marke der Virtuellen Fabrik.

2.3 Clusterbildung

Der allgemeine Begriff Cluster wird heute in vielen Bereichen wie der Wirtschaft, Informatik, Physik, Biologie, Astronomie, Musik oder Ingenieurwissenschaft verwendet, und entsprechend unscharf ist seine Bedeutung. Ein Cluster stellt im Allgemeinen eine Menge von Objekten oder Elementen dar, deren Eigenschaften oder Eigenschaftsausprägungen bestimmte Ähnlichkeiten aufweisen. Die Clusterbildung besteht darin, dass diese Objekte auf Basis der ähnlichen Merkmale in verschiedene Gruppen zusammengefasst werden. Das Ziel ist sowohl die Maximierung der Ähnlichkeit der Objekte in ein und demselben Cluster als auch die Minimierung der Ähnlichkeit der Objekte aus unterschiedlichen Clustern.

Eine konkrete Anwendung des Begriffs Cluster in der Industrie findet sich bei PORTER, der das Konzept der Industriecuster bekannt machte [PORT-90]. Dieses bezieht sich ausschließlich auf die Kooperation von Unternehmen. In seinem wirtschaftsorientierten Ansatz wird der Industriecuster als geographische Konzentrationen kooperierender Firmen und Institutionen auf einem bestimmten Gebiet bezeichnet [PORT-06]. Das bedeutet, dass Firmen einer bestimmten Industrieart in einer Region stark überwiegen und einen ungewöhnlichen Erfolg haben. Neben seinem Ansatz finden sich aber in der Literatur noch weitere Untersuchungen und Definitionsversuche zu Industriecustern und deren Eigenschaften. Die wichtigsten Eigenschaften der Industriecuster werden im Folgenden genannt. Industriecuster umfassen (vgl. [PORT-98; PORT-00]):

- Firmen, die sich auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren, bei der Auslagerung von Sekundärfunktionen auf Zulieferer
- eine netzorientierte Struktur zwischen Firmen und Institutionen, die horizontale und vertikale Kooperation sowie Konkurrenz gleichzeitig fördert
- eine vollständige Wertschöpfungskette mit verschiedenen Typen und Größen spezialisierter Firmen

Aufgrund der örtlichen Nähe und engen Kooperation profitieren die Teilnehmer eines Industrieclusters von verschiedenen Wettbewerbsvorteilen, wie dem Zugang zu spezialisierten Humanressourcen und Zulieferern, der Verfügbarkeit von Qualitätsprodukten und -dienstleistungen, dem Zugang zu anderen Institutionen und öffentlichen Gütern und einer effektiveren Wissensweitergabe. Diese Wettbewerbsvorteile führen zu einer Steigerung der Produktivität, fördern Innovationen sowie die Ansiedlung und Gründung weiterer Unternehmen. Gerade für kleine und mittlere Firmen bestehen positivere Wachstums- und Exportaussichten.

Während die Vorteile und der Gewinn von Industrieclustern bereits ausgiebig und abschließend diskutiert wurde, gibt es große Debatten über die richtige Vorgehensweise zur Clusterbildung [MART-03]. So existieren mehrere unterschiedliche Lösungsansätze für die Industrieclusterbildung oder -identifizierung in der Literatur. Auf der einen Seite werden Industriecluster anhand verschiedener Merkmale bzw. Ausprägungen definiert bzw. identifiziert (vgl. [MAGG-02, S. 15-20]):

- Die räumliche Definition entspricht der Bestimmung von geographischen Regionen, in denen die Cluster identifiziert werden sollen. Hierfür werden hauptsächlich wirtschaftsgeographische Daten verwendet, wobei übliche Verwaltungseinheiten wie Regionen, Staaten, Städten, Divisionen oder Sektoren betrachtet werden.
- Die Definition nach Industriebereichen bezeichnet die Klassifizierung der Beschaffenheit oder der Art der jeweilig im Cluster zu identifizierenden Industrien oder Firmen in Bezug auf Produkte, Prozesse und Märkte, bspw. die Klassifikationsschemata SIC (Standard Industrial Classification System), ISIC (International Standard Industrial Classification) oder NACE (Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne) für die Europäische Gemeinschaft.
- Die Definition der Messgröße bezeichnet, wie die Industrieanhäufung oder die Ähnlichkeit zwischen den Firmen gemessen bzw. bewertet wird. Dafür werden hauptsächlich Unternehmenskennwerte verwendet, wie örtliche Arbeitsplätze [HARR-95], Anzahl von Firmen [SCOT-88], Umsatz- und Einkaufsdaten, Ex-

portumsätze [LEED-05] sowie auch andere Typen von Kennwerten wie Patente in einem bestimmten Bereich [PACI-00]. Allerdings beziehen sich keine dieser Messgrößen auf die Innovation selbst.

Auf der anderen Seite gibt es mehrere Vorgehensweisen, die erklären, wie die Cluster gebildet werden sollen. Da die verschiedenen Vorgehensweisen zur Clusterbildung die Cluster als Konzentrationen, Anhäufung oder das Überwiegen bestimmter Firmen in einer Region betrachten, dienen sie eher zur Identifizierung als zur Bildung von Industrieclustern.

Die Verfahren zur Clusterbildung oder -identifizierung erfassen sowohl nichtmathematische oder heuristische als auch mathematische Analysen. Die heuristischen Analysen basieren auf empirischen Methoden wie Umfragen, Interviews oder Beurteilungen (in Anlehnung an [MAZZ-05]). Unter diesen befindet sich der Ansatz von PORTER [PORT-90], der keine mathematische Formalität aufweist, obwohl PORTER erstmals die Industriecluster definierte und die wichtigsten Attribute, die ihre Vorteile und Erfolg ergeben, identifizierte und in seinem berühmten „Diamanten-Modell“ dargelegt hat. Der Ansatz zur Industrieclusterbildung von PORTER basiert auf wirtschaftlicher Intuition und Logik. Anderes Beispiel ist der Ansatz von PADMORE und GIBSON, bei dem die Cluster anhand einer subjektiven Beurteilung von sechs verschiedenen Parametern, die die Wettbewerbsfähigkeit darstellen, identifiziert werden [PADM-98].

Die mathematischen Analysen basieren auf numerischen Algorithmen, die die Konzentration von numerischen, vor allem wirtschaftlichen Daten in einer bestimmten industriellen Region identifizieren. Es ist anzumerken, dass die mathematischen Analysen zum Verfahren der Clusterbildung sich nicht auf die Clusteranalyse-Verfahren beziehen. Letztere gehören zum Bereich der multivariablen Datenanalyse und sind verschiedene statistisch-mathematische Algorithmen, die zur automatischen Klassifizierung, zur Strukturentdeckung sowie zur Ermittlung von Gruppen (Clustern) aus einer Menge von Daten dienen. Die mathematischen Analysen zum Verfahren der Clusterbildung können Algorithmen der Clusteranalyse-Verfahren anwenden, aber nicht umgekehrt. Beispielweise wendet PENEDER Algorithmen der Clusteranalyse-Verfahren wie k-means sowie einige der agglomerativen hierarchischen Verfahren wie Single-, Complete- und Average-Link-Verfahren für die Industrieclusterbildung an [PENE-05]. HILL und BRENNAN wenden auch ein agglomeratives hierarchisches Verfahren an, koppeln es aber mit einer Diskriminanzanalyse, um die Anzahl der zu bildenden Cluster zu bestimmen [HILL-00].

Eine der ersten und populärsten mathematischen Analysen ist der Ansatz der relativen Verteilung einer Industrie in einer Region mittels des sog. Standortquotienten (LQ) (z. B. in [ODON-04]). Der Ansatz vergleicht den Anteil der Arbeitsplätze bestimmter Bereiche in einer örtlichen Region gegenüber dem entsprechenden Anteil im ganzen Land. Falls die prozentuale Menge von Arbeitnehmern innerhalb eines Industriezweigs (oder eines Bereiches) in einer Region dem des nationalen Prozentsatzes entspricht (Mittelwert), wird ein Standortquotient gleich als Eins abgeleitet. Ein eventueller Industriecluster besteht, wenn dieser Standortquotient größer als eins ist. Für diesen Quotienten werden aber auch andere Faktoren betrachtet wie die Umsatzerlöse, die Größe des Industriezweiges, der Mehrwert [LEED-05] oder die Einkommensverteilung [ODON-99]. Allerdings identifiziert diese Vorgehensweise nur die Dominanz oder das Überwiegen eines einzigen Industriezweigs in einer Region und betrachtet nicht die Relation zwischen mehreren Bereichen.

FESER und BERGMAN verwenden die Hauptkomponentenanalyse, ein Verfahren der multivariaten Statistik, für die Clusteridentifizierung in Bezug auf die Käufer-Zulieferer-Verbindungen zwischen Industriebereichen auf nationaler Ebene [FESE-00]. Der Ansatz basiert auf einer Matrix von Ein- und Verkaufs-Transaktionen (engl. inputs/outputs transactions) zwischen den jeweiligen Industriezweigen. Anschließend wird eine neue Matrix mit den maximalen Korrelationen dieser Daten gebildet. Die Korrelationsergebnisse in der Matrix stellen die Verknüpfungen zwischen den Industriebereichen dar. Anhand der Hauptkomponentenanalyse werden die statistisch signifikantesten Verknüpfungen identifiziert und als Cluster zusammengestellt. Allerdings identifiziert der Ansatz nur die Beziehungen zwischen den Industriezweigen, ergibt aber keinen Hinweis auf geographische Anhäufungen, weil bei seiner Anwendung die Schwierigkeit zur Einholung der Daten von Ein- und Verkaufs-Transaktionen in bestimmten begrenzten Regionen besteht. Deswegen sollte dieser Ansatz nur auf große Regionen angewandt werden.

HOEN verwendet ebenfalls die Ein- und Verkaufs-Transaktionen-Matrix [HOEN-02]. Die Clusteridentifizierung erfolgt aber anhand der Diagonalisierung der Matrix (engl. block diagonal matrix), d. h. ihrer Zerlegung in Untermatrizen, die nicht miteinander verbunden sind. Jede Untermatrix stellt einen Cluster dar und umfasst die dazugehörigen Industriezweige. Allerdings kann der Ansatz gleichzeitig sowohl extrem große (Mega-) als auch sehr kleine (Mini-)Cluster ergeben.

Ein Verfahren zur eigentlichen Clusterbildung wurde von PLISSON *et al.* im Rahmen des Projektes ECOLEAD entwickelt [PLIS-07]. Ihr postulierter Ansatz basiert nicht auf einer rigiden Klassifikation der Firmen, wie SIC-, ISIC- oder NACE-Systeme, sondern auf der Beschreibung der Firmen selbst mittels einer bestimmten Anzahl

von Schlüsselwörtern. Die Schlüsselwörter werden in eine „Bag-of-Words“ Repräsentation (vgl. [WALL-06]) transformiert und gruppiert, um sie mit denjenigen anderer Firmen mathematisch vergleichen zu können. So wird eine Matrix aus der Häufigkeit der genannten Wörter gebildet. Folglich werden die Firmen in verschiedene Cluster anhand des k-means-Algorithmus des Clusteranalyse-Verfahrens zusammengefasst. Trotz der hohen Flexibilität der Firmenbeschreibung ergibt der k-means-Algorithmus aber nur eine feste und vorbestimmte Anzahl von Clustern.

Neben der Clusterbildung von Produkten, Märkten und Firmen schlägt BROSER die Bildung von Kompetenzclustern vor, die als Basis zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke dient [BROS-02]. Sein Ansatz stellt nur die Klassifikation der Kompetenzen dar und erbringt kein konkretes Verfahren zur Clusterbildung.

Im Rahmen ihres Ansatzes der Virtuellen Fabrik sehen SCHUH, MILLARG und GÖRANSSON vor, Cluster zu bilden mit dem Ziel, Innovationen zu generieren [SCHU-98]. Dafür wird nicht nur die Umsetzung auftragsabhängiger Produkte, sondern auch die Einführung innovativer Produkte aus Eigeninitiative des Clusters innerhalb der Virtuellen Fabrik betrachtet. So dienen die Unternehmenscluster dazu, die Virtuelle Fabrik erfolgreich auf dem Markt zu positionieren. Die Clusterbildung erfolgt aufgrund von greifbaren Produkten. Deswegen werden diese Cluster auch als Produktcluster bezeichnet. Dabei werden Unternehmen anhand von Produkten bzw. Marktsegmenten klassifiziert und in die jeweiligen Marktsegmente zusammengefasst. Die Autoren stellen aber kein konkretes Verfahren zur Clusterbildung dar, sondern erwähnen nur die Merkmale, nach denen die Cluster gebildet werden können.

In Bezug auf die Innovationsgenerierung verwendet LIYANAGE den Begriff Innovationscluster, um Gruppen von Firmen und Institutionen, die Technologieentwicklungs- oder Forschungsprojekte über ein gleiches Thema realisieren, zu bezeichnen. Sein Ansatz dient dazu, solche Firmen und Institutionen zu identifizieren und Kooperationsprojekte zwischen ihnen zu etablieren [LIYA-95]. Die Clusterbildung erfolgt anhand der Häufigkeit des Auftretens (Kookkurrenz, engl. co-occurrence) bestimmter Wörter in Projektthemen, -titeln, -beschreibungen oder -kurzfassungen der Firmen bzw. Institutionen.

Aufgrund der deutlichen Diskrepanz in der Unterscheidung von Unternehmensnetzwerken und kompetenzzellenbasierten Netzwerken in den bisherigen Ansätzen zur Industriecusterbildung bzw. -identifizierung sind diese nur teilweise für die Anwendung in Kompetenznetzen geeignet. Hier setzt die vorliegende Arbeit an, indem

sie einen eigenen Ansatz mit dem Ziel der Generierung von Produktinnovationen entwickelt.

2.4 Partnerauswahl für die Innovation

Wichtig für die Bildung forschungsorientierter Produktionsnetze ist die hierarchielose Auswahl geeigneter Kompetenzzellen mit adäquaten Kompetenzkomponenten. Obwohl diverse Ansätze zur Selektion von Kooperationspartnern in der Literatur genannt werden, dienen die meisten von ihnen zur Partnerauswahl für den Fertigungsprozess anhand von Daten bezüglich der Fertigungskosten, des Transports, der Inventur, der Produktion oder der Lieferzeit. Andere Ansätze zur Partnerauswahl für Forschungs- und Entwicklungsprojekte werden sehr häufig durch eine subjektive Beurteilung mittels eines Fragebogens durchgeführt. Am Ende hängt die Entscheidung tatsächlich vom Auswählenden ab. Allerdings basiert der wahrscheinlich bisher erste Ansatz für die hierarchielose und objektive Auswahl von Kompetenzzellen [STEI-07] auf der Bewertung ihrer Leistungsfähigkeit in Produktentwicklungsprojekten (siehe 2.1.2). Bei diesem Ansatz kann aber nicht die Innovationsfähigkeit der Kompetenzzellen bewertet werden. Abbildung 2-2 zeigt einen Überblick zur historischen Veränderung der Auswahl von Partnern in Bezug auf das Kooperationsziel und die Beziehungstypen.

In der Literatur lassen sich viele Parameter oder Indikatoren finden, die die Innovationsfähigkeit nach verschiedenen Absichten beurteilen. Die Absichten sind hauptsächlich darauf ausgerichtet, wie man Eigenkapitalgeber, externe Investoren oder Kooperationspartner anzieht. Andere Absichten sind die Feedback-Meldung oder die Kontrolle des Innovationsprozesses [HAUS-07] und die wissenschaftliche bzw. wirtschaftliche Analyse, Klassifizierung sowie der Vergleich des Innovationsverhaltens einzelner oder mehrerer Unternehmen einer Region, eines Landes oder zwischen Ländern [ASCH-09; OECD-02; OECD-05].

Diese Indikatoren oder Parameter lassen sich im Allgemeinen in qualitative und quantitative gliedern (in Anlehnung an [HAUS-07]). Die qualitativen Indikatoren basieren auf subjektiven Urteilen von befragten Personen wie Experten oder Kontrollpersonen, die eine Einschätzung des Innovationserfolgs geben sollen. Dazu zählen auch subjektive Urteile, die durch verschiedene Werteskalen in eine numerische Darstellung umgewandelt werden können. Obwohl auch die subjektiven Urteile anhand eines Maßstabs quantifiziert werden können, sind sie immer noch von den Beurteilern abhängig. Die quantitativen Indikatoren bestehen dagegen aus

präzise bestimmbar Kennzahlen, die sich aus Messdaten ergeben und von einem Subjekt oder Beurteiler völlig unabhängig sind. Daher stellen sie ein objektives Urteil dar.

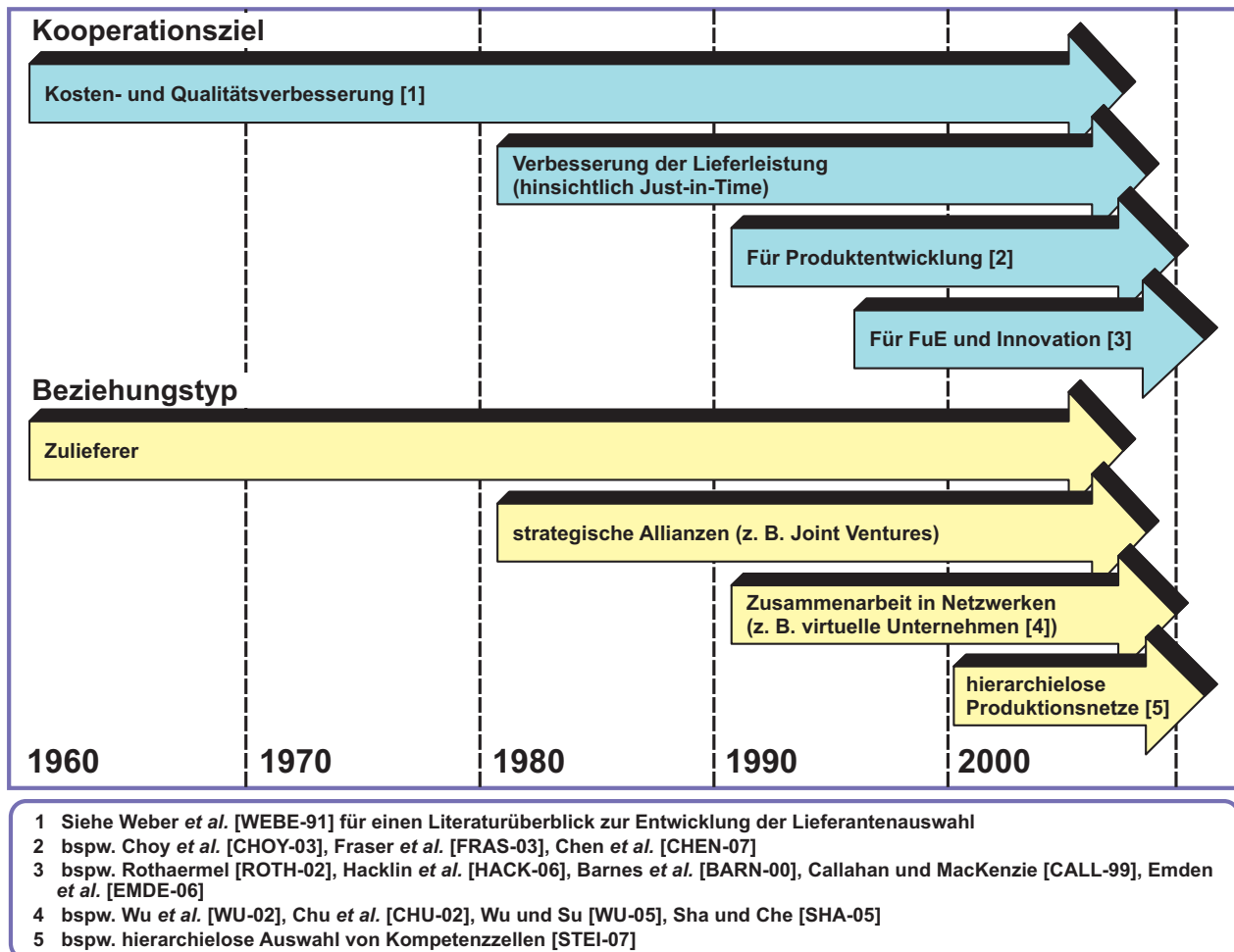


Abbildung 2-2: Entwicklung der Auswahl von Partnern hinsichtlich des Kooperationsziels und der Beziehungstypen

Die in der Literatur vorhandenen Indikatoren beurteilen sowohl die Inputs als auch die Outputs der einzelnen Phasen des Prozessablaufs wie der Forschung und Entwicklung oder sogar der Produktionsprozess- und Markteinführung sowie Marktdiffusion. Einige der üblichsten Indikatoren für die Bewertung der Innovationsfähigkeit werden in Abbildung 2-3 gezeigt.

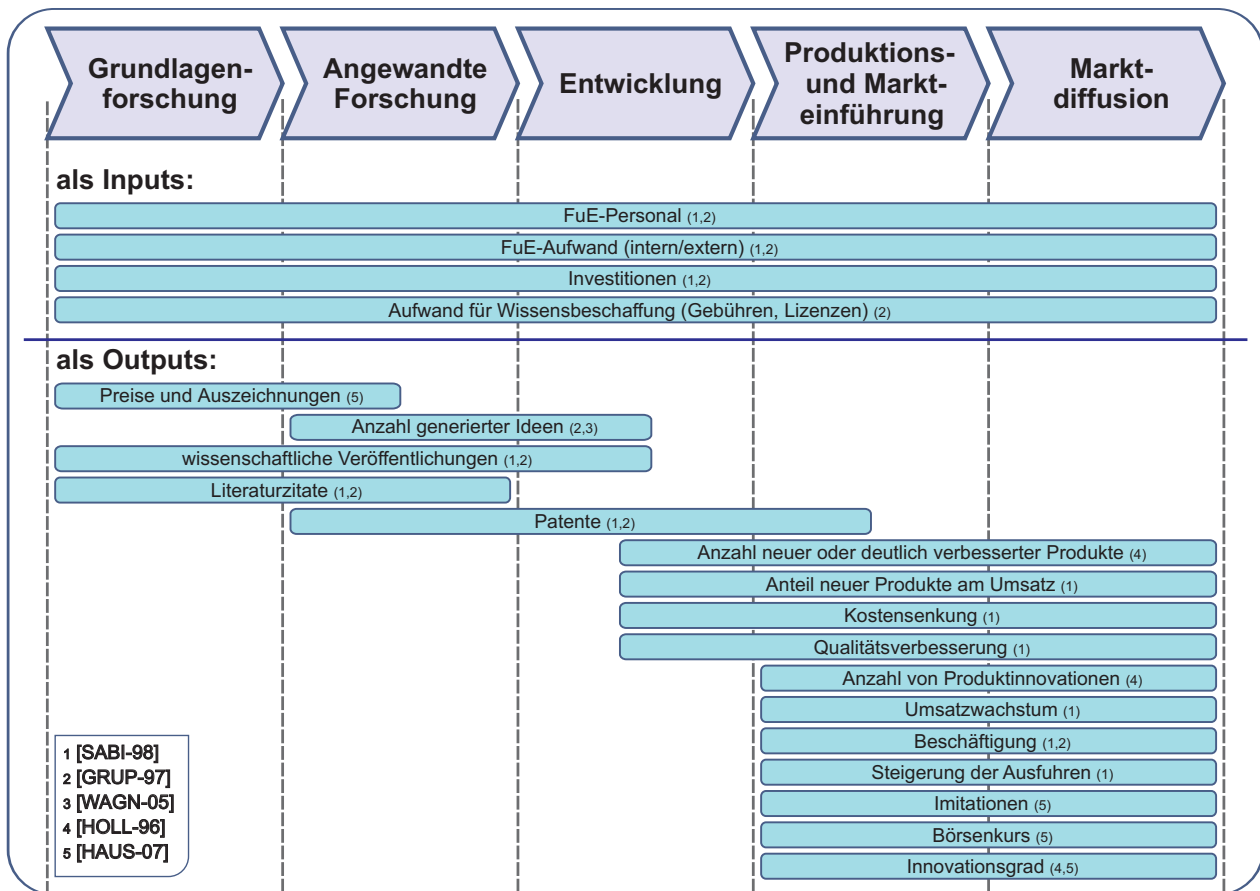


Abbildung 2-3: Typische Indikatoren oder Parameter für die Bewertung der Innovationsfähigkeit

Für eine hierarchielose Auswahl sind die quantitativen (oder objektiven) Indikatoren von großer Bedeutung. Allerdings sind nur wenige in der Literatur vorhandene Indikatoren für den kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz geeignet, manchmal sogar auch nur teilweise. Beispielsweise wird der zu den Inputs gehörende Indikator Forschungs- und Entwicklungspersonal im Wesentlichen auf große Unternehmen angewendet und ist deshalb wenig brauchbar für Kompetenzzellen. Die zu den Outputs gehörenden Indikatoren der Phasen Produktions-, Markteinführung und Marktdiffusion hängen nicht nur von den einzelnen Kompetenzzellen, sondern hauptsächlich vom gesamten Produktionsnetz bzw. Kompetenznetz ab, wie z. B. das Umsatzwachstum, der Anteil neuer Produkte am Umsatz, die Qualitätsverbesserung etc. Andere Indikatoren, die auf die Beurteilung des Innovationsgrades bezogen sind, sind größtenteils subjektiv und somit schwierig anzugleichen, d. h. während ein Produkt für sehr innovativ gehalten werden kann, kann es dagegen von anderen Personen als wenig innovativ betrachtet werden. Hierbei ist auch die Grenze zwischen einem in den Markt eingeführten, ganz neuen Produkt und einem technologisch verbesserten Produkt schwer zu definieren.

Daher gewinnt die Selektion, Einpassung und die Entwicklung von neuen geeigneten Parametern für die kompetenzzellenbasierten Netze, die die Innovationsfähigkeit bestmöglich darstellen und objektiv bewertet werden können, mehr und mehr an Bedeutung.

3 **Prozess der Generierung von Produktinnovationen**

„Die Zukunft soll man nicht voraussehen wollen, sondern möglich machen“

Antoine de Saint-Exupéry

3.1 **Begriff Innovation**

3.1.1 **Definition**

Der Begriff Innovation stammt ursprünglich von den lateinischen Wörtern *novus* für „neu“ und *innovatio* für „etwas neu Geschaffenes“ ab und kann wörtlich als „Neuerung“ übersetzt werden. Der Begriff wurde von SCHUMPETER in die Wirtschaftswissenschaft eingeführt [SCHU-39] für ein Ereignis, das einem Unternehmer Gewinne aus Vorsprüngen bringt. Obwohl eine Innovation üblicherweise als die erstmalige wirtschaftliche Anwendung einer neuen Idee oder Problemlösung verstanden wird, umfasst dieser Begriff eine Vielfalt von Definitionen, was zu Missverständnissen führen kann. Ein Grund dafür ist, dass eine Innovation aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden kann, wie z. B. produkt-, prozess-, organisations- oder marketingbezogen (vgl. [OECD-05]). Beispiele dafür sind die Arbeiten von TINNESAND, der 108 Innovationsdefinitionen verschiedener Autoren gefunden und sie nach einer Analyse in sechs voneinander unterschiedliche Gruppen gegliedert hat. So kann der Begriff Innovation eine der folgenden Definitionen bedeuten: „a new idea, the introduction of a new idea, an invention, the introduction of an invention, an idea different from existing forms or the introduction of an idea disrupting prevailing behavior“ [TINN-73]. Laut der neueren Arbeit von GOSWAMI und MATHEW, die anhand einer Literaturanalyse zehn unterschiedliche Innovationsdefinitionen in die Praxis eingebracht haben [GOSW-05], heben die am weitesten verbreiteten Definitionen für Innovation den Aspekt der Neuheit hervor. Andere Definitionen betonen dagegen, dass der Innovationswert auf ihrem Gewinnbeitrag beruhe.

Angesichts dieser begrifflichen Vielfalt ist es das Ziel zahlreicher Forschungsarbeiten, die Eigenschaften von Innovationen einzugrenzen, um klar entscheiden zu

können, was als Innovation betrachtet werden kann und was nicht. Des Weiteren sind auch die Kriterien zur Bestimmung des Innovationsgrades Gegenstand gegenwärtiger Forschungsarbeiten. Weder Ersteres noch Letzteres soll jedoch Ziel dieser Arbeit sein. Für diese Arbeit kann die Innovationsdefinition der OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) übernommen werden, da sie nach eingehenden Literaturrecherchen die bestmögliche Grundlage für das Konzept der vorliegenden Arbeit bildet:

„Innovations comprise implemented technologically new products and processes and significant technological improvements in products and processes. A[n] [...] innovation has been implemented if it has been introduced on the market (product innovation) or used within a production process (process innovation). [...] Innovations involve a series of scientific, technological, organisational, financial and commercial activities.“ [OECD-97].

Hierbei ist es wichtig, zwischen Innovation und Erfindung (engl. *invention*) zu differenzieren. Erfindungen sind die erstmalige technische Umsetzung oder Kombination neuer bzw. bestehender wissenschaftlicher Erkenntnisse (vgl. [PAHL-07; PLES-96]). Eine Erfindung ergibt sich aus einem Entdeckungs- oder Schaffensprozess von etwas „Neuem“, wie einem Produkt oder einem Prozess. Erfindungen werden in der Regel intendiert, um wesentliche wirtschaftliche Vorteile zu erzielen. Deswegen können sie patentrechtlich geschützt werden. Allerdings bleiben Entdeckungen, schöpferische Ideen oder Problemlösungen, die sich nicht in einem Versuchsraum, einem Prototyp oder in einem Funktionsmuster fortsetzen, nur Erfindungen, da sie keinen wirtschaftlichen Nutzen haben. Wird dagegen eine Erfindung weiterentwickelt, erfolgreich in den Markt eingeführt und erbringt sie dann einen wirtschaftlichen Wert, selbst wenn dies nur Kosteneinsparungen sind, wird sie als Innovation betrachtet (in Anlehnung an [GARC-02]). Eine Innovation geht also von der betriebswirtschaftlichen Verwertung einer Erfindung aus.

3.1.2 Klassifikation von Innovationen

Anstatt den Begriff Innovation fest zu definieren, besteht auch eine Vielfalt von Möglichkeiten, Innovationsarten und -grade anhand verschiedener Faktoren zu ermitteln. Beispielweise haben GARCIA und CALANTONE nicht weniger als 21 unterschiedliche, vollständig empirische Forschungsarbeiten analysiert, die zur Modellierung oder Definierung des Innovationsgrades (engl. *innovation/innovativeness de-*

gree) von Produkten dienen [GARC-02]. HAUSCHILDT fasst diese Faktoren in den folgenden Dimensionen zusammen [HAUS-07]:

- Inhaltlich: Gegenstand und Art der Innovation
- Intensität: Grad der Innovation oder Neuartigkeit und deren Anwendungspotenzial (z. B. radikale, ganz neue, diskontinuierliche, inkrementelle und nachahmende Innovationen [GARC-02])
- Subjektiv: maßgebliches Subjekt für die Einschätzung des Innovationszustandes, d. h. für wen ist die Innovation neu: für das Unternehmen, die Experten, den Markt, die Branche oder die Welt
- Prozessual: welche Arbeitsschritte des Innovationsprozesses werden ein- oder ausgeschlossen (wie Idee, Entdeckung, Forschung, Erfindung, Markteinführung etc.)
- Normativ: Erfolg einer Innovation

Nur die erste aufgelistete inhaltliche Dimension ist für diese Arbeit relevant und wird daher im Folgenden eingehender betrachtet. Die letztgenannten vier Dimensionen sind wegen der folgenden Gründe für die Abgrenzung des Begriffs Innovation in der vorliegenden Arbeit nicht maßgeblich: In Bezug auf die Dimension der Intensität existiert noch kein Konsens in der Literatur für die Bestimmung oder Messung des Innovationsgrades, weil diese hauptsächlich von der Interpretation und Beurteilung durch Experten und dem verwendeten Skalenwert abhängt. Für die Bestimmung des Innovationsgrades bestehen zahlreiche Skalenwerte, die eine mehr oder weniger große Unschärfe hinsichtlich der Abgrenzung der einzelnen Innovationsgrade aufweisen. Beispielweise wurden in der obengenannten Arbeit von GARCIA und CALANTONE mindestens 51 verschiedene Skalenwerten erkannt, die in mehreren Forschungsarbeiten verwendet wurden (vgl. [GARC-02]).

Es könnte Verwirrung stiften, dass eine gleiche Bezeichnung des Skalenwertes verwendet werden kann, um unterschiedliche Innovationsgrade zu benennen und dass eine gleiche Innovation unter unterschiedlichen Innovationsarten klassifiziert werden kann. Ziel der vorliegenden Arbeit ist nicht, einen Bezugsrahmen für die Messung oder Bestimmung des Innovationsgrades eines neuen Produktes zu erbringen, sondern die Basis dafür zu schaffen, dass die kompetenzzellenbasierten Netze innovative Produkte generieren können, die unabhängig vom Innovationsgrad Wettbewerbsvorteile für die Kompetenzzellen darstellen.

Bei der subjektiven Dimension besteht das Problem in der Festlegung, welches Subjekt für die Einschätzung des Innovationszustandes maßgeblich ist, da diese Einschätzung prinzipiell davon abhängt, was für innovativ gehalten wird. Deshalb existiert in der Literatur kaum ein Konsens hinsichtlich der Frage, wer als ein geeigneter Experte gelten kann. Will man definieren, ob eine Innovation neu für den Markt, die Branche oder die Welt ist, ist wiederum problematisch, welche relevante Konkurrenten oder Lieferanten für die jeweilige Beurteilung repräsentativ sind. Auf Grund dieser Problematik und der für diese Arbeit angenommenen Definition des Begriffes Innovation, wonach es sich bei einer Innovation um die erstmalige wirtschaftliche Nutzung auf dem Markt handelt, ist die subjektive Dimension für das Ziel der vorliegenden Arbeit, nämlich die Innovationsgenerierung, kaum ausschlaggebend.

Die prozessuale Dimension wird hauptsächlich für Ansätze, in denen eine Innovation durch Projekte umgesetzt wird, verwendet. Diese Dimension macht es möglich, zu definieren, wann ein Innovationsprojekt in die tägliche Routine überführt werden soll. Allerdings ist es strittig, zu bestimmen, mit welchem Schritt der Prozess, der letztlich zu einer Innovation führt, begonnen (bspw. bei einer Idee, einer Entdeckung oder einer Erfindung) als auch beendet (bspw. bei einem Verwertungsanlauf oder einer laufenden Verwertung) werden soll. Genauso ist diskutabel, welche Schritte ein- oder ausgeschlossen werden sollen. Bei der für diese Arbeit angenommenen Definition umfasst Innovation die Phase der Einführung entweder eines neuen Produktes in den Markt oder eines neuen Verfahrens in die Fertigung, was wenig diskutabel ist, da es mit den meisten in der Literatur vorhandenen Definitionen zusammentrifft. Daher ist diese Dimension kaum maßgeblich für die Abgrenzung des Begriffes Innovation in der vorliegenden Arbeit, und es ist nicht notwendig, sie tiefer zu betrachten.

Die normative Dimension dient vorwiegend der Abgrenzung der Innovation in Bezug auf die Verbesserung eines Produktes oder Verfahrens, sowohl bezogen auf den Zielerfüllungsgrad als auch aus der betriebswirtschaftlichen Perspektive. Allerdings eignet sich diese Dimension für die Beurteilung von Produkten oder Verfahren, die bereits auf den Markt gebracht bzw. in die Fertigung eingeführt wurden. Sie eignet sich damit eher für die Produktüberwachung als auch für die Innovationsgenerierung, denn es gilt: „ob eine Innovation in der Vergangenheit erfolgreich war, ist in der Situation der Entscheidung und Durchsetzung zukünftiger Innovationen irrelevant“ [HAUS-07, S. 29].

In Bezug auf die inhaltliche Dimension können Innovationen folgendermaßen klassifiziert werden (in Anlehnung an [HAUS-07; OECD-05; PLES-96]):

- Technische Innovationen: wie Produkte oder Prozesse
- Organisatorische (organisationale) Innovationen: wie Strukturen, Kulturen, Systeme
- Geschäftsbezogene Innovationen: Geschäftsmodelle, Branchenstrukturen, Marktstrukturen
- Soziale Innovationen: wie Sozialtechnologien, politische Innovationen
- Marketingbezogene Innovationen: Marketingmethoden

Für mechatronische Produkte des Werkzeugmaschinenbaus fallen organisatorische, geschäftsbezogene, soziale und marketingbezogene Innovationen nicht in den Gegenstandsbereich der vorliegenden Arbeit. Bleiben die technischen Innovationen, die in der Literatur in Produkt- und Prozessinnovationen klassifiziert werden.

Produktinnovationen zielen auf die Umsetzung oder Kommerzialisierung eines Produktes mit verbesserten Leistungsmerkmalen, die auch in einer Kostensenkung liegen kann. Hierbei bezeichnet der Begriff Produkt sowohl Erzeugnisse als auch Dienstleistungen. Produktinnovationen umfassen technologisch neue und technologisch verbesserte Produkte. Ein technologisch neues Produkt ist ein Produkt, dessen technologische Leistungsmerkmale oder Verwendungszweck sich deutlich von denjenigen vorhergehender, bereits erzeugter Produkte unterscheiden [OECD-97]. Diese Innovationen können völlig neue Technologien einbeziehen, auf der Kombination vorhandener Technologien in neuen Anwendungen basieren oder sich von der Anwendung neuer Kenntnisse ableiten. Ein technologisch verbessertes Produkt ist dagegen ein vorhandenes Produkt, dessen Leistungsmerkmale deutlich verbessert wurden [OECD-97]. Hierbei kann ein Produkt etwa durch sowohl Gesamt- oder Teiländerungen in den Bauteilen oder -gruppen als auch durch die Anwendung neuer Werkstoffe verbessert werden.

Prozessinnovationen sind im Gegenteil dazu die Anwendung oder die Annahme neuer oder deutlich verbesserter Produktions- oder Liefermethoden [OECD-05]. Diese können Änderungen in der Fertigungseinrichtung, der Produktionsorganisation, der Humanressourcen, der Arbeitsmethoden oder deren Kombination nach sich ziehen. Diese Methoden können von der Anwendung neuer Kenntnisse deduziert werden, um neue oder verbesserte Produkte zu produzieren oder zu liefern, die nicht durch konventionelle Produktionsmethoden produziert oder geliefert werden können oder um hauptsächlich die Produktions- oder Liefereffizienz vorhandener Produkte zu steigern.

Der Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit fokussiert nur auf Produktinnovationen, da hier aufgezeigt werden soll, wie Kompetenzzellen anhand eines neuen Ansatzes neue Produkte generieren können, ohne dass ein konkreter Kundenauftrag vorliegt. Außerdem ist es das Ziel von Produktinnovationen, die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der einzelnen Kompetenzzellen sowie des ganzen Kompetenznetzes durch die Erlangung von Wettbewerbsvorteilen gegenüber der Konkurrenz oder einfach durch die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Außerdem wird mit den Produktinnovationen angestrebt sowohl die Erhöhung der Produktnachfrage, durch z. B. die Verbesserung der Produktqualität, das Angebot neuer Produkte oder die Erschließung neuer Märkte, als auch die Produktkostensenkung durch z. B. die Reduzierung des Materialverbrauchs, der erforderlichen Fertigungsprozesse, des Herstellungsenergiebedarfs oder die Anwendung neuer Werkstoffe. Die Erhöhung der Produktnachfrage kann auch durch Produktdifferenzierung, z. B. neue, umweltfreundliche Produkte, und die Absicht, neue Zielmärkte zu finden, erreicht werden.

3.2 Generierung von Produktinnovationen

3.2.1 Ausgangspunkt: Kooperation in Kompetenzclustern

Die bisherigen Ansätze für die Generierung von Produktinnovationen sind überwiegend für die Anwendung in Einzelunternehmen ausgelegt (vgl. [GOOS-06]). Deswegen sind sie nur teilweise zur Anwendung auf kompetenzzellenbasierte Netze geeignet und müssen insofern weiterentwickelt werden. Der neue Ansatz basiert auf der Anpassung bisheriger Methoden an die Anforderungen in kompetenzzellenbasierten Netzen und der Berücksichtigung der Hemmnisse, die den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) bei der Generierung von Produktinnovationen und bei der Findung marktgerechter Produkte entgegenstehen. Einige dieser Hemmnisse sind der Mangel an Fachpersonal im Unternehmen, die hohen Kosten der Innovationsstätigkeiten im Vergleich zu den knappen Ressourcen, keine konsequente Strategieorientierung, kein formeller Produktplanungsprozess, die hohe Arbeitsbelastung im Tagesgeschäft sowie die Abhängigkeit von der Leistung Einzelner, weil diese Tätigkeiten oft „Chefsache“ sind und von der ganzen Organisation nicht oder nur wenig „gelebt“ werden.

Eine Möglichkeit, diese Hemmnisse zu überwinden, ist die Kooperation zwischen den Kompetenzzellen. Unter den zahlreichen in der Literatur erwähnten Kooperati-

onstypen spielen zwei bestimmte Typen für die Innovationsgenerierung eine wichtige Rolle. Zum einen können die Kompetenzzellen in sowohl *strategischen* als auch *operativen* Kooperationen zusammenarbeiten (in Anlehnung an die Klassifizierung von [OHLH-97]). Erstere sind auf die Erlangung von Wettbewerbsvorteilen gegenüber der Konkurrenz und Letztere auf die Erfüllung von operativen Geschäftsprozessen entlang der Wertschöpfungskette ausgerichtet. Zum anderen können die Kompetenzzellen bezüglich der Marktbeziehung in entweder *horizontalen* Kooperationen, in denen die Zusammenarbeit mit Wettbewerbern erfolgt, oder in *vertikalen* Kooperationen, in denen dagegen die Zusammenarbeit mit Kunden oder Lieferanten erfolgt, zusammenarbeiten (in Anlehnung an die Klassifizierung von [BAUM-08; HARL-02]).

Kompetenzcluster

Besonders für die Durchführung und Kontrolle der benötigten Aufgaben und Tätigkeiten zur Generierung von Produktinnovationen bzw. zur Entwicklung von auftragsunabhängigen Produkten sollen sich Kompetenzzellen mit anderen Kompetenzzellen, die Ähnlichkeiten hinsichtlich bestimmter Kompetenzen aufweisen, zusammenschließen und mit ihnen zusammenarbeiten. So können sie gemeinsam ihre Kompetenzen verstärken und Wettbewerbsvorteile aufbauen. Diese Gruppierungen von Kompetenzzellen werden als **Kompetenzcluster** bezeichnet und wurden im Rahmen dieser Arbeit für den kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz entwickelt [WEID-07]. Kompetenzcluster befinden sich im Kompetenznetz und sind hauptsächlich durch strategische sowie horizontale Kooperationen gekennzeichnet. Im Vergleich zum Produktionsnetz, das auf operative Aktivitäten ausgerichtet ist, und zum Kompetenznetz, in dem auch strategische Kooperationen erfolgen, das aber zur Entwicklung der kooperativen Strukturen zwischen den Kompetenzzellen dient, stellt der Kompetenzcluster die wichtigste Möglichkeit zur strategischen Planung der Generierung von Produktinnovationen dar. Die entsprechenden Kompetenzen, nach denen die Kompetenzzellen in Kompetenzcluster gruppiert werden, werden so bestimmt, dass die Kompetenzcluster Produktinnovationen generieren können.

In einem Kompetenznetz werden nach einem spezifischen Verfahren anhand eines dafür entwickelten Algorithmus verschiedene Kompetenzcluster gebildet. Dieses Verfahren bedient sich der Clusteranalyse und zielt auf eine ähnliche Anzahl von beteiligten Kompetenzzellen in den Kompetenzclustern ab. Hiermit soll erreicht werden, dass die Ressourcen gleichmäßig in den Kompetenzclustern verteilt sind, damit die Kompetenzcluster die gleichen Vorteile aus der Zusammenarbeit ziehen

können. Ebenso führt diese Vorgehensweise dazu, dass die Anzahl von beteiligten Kompetenzzellen jedes Kompetenzclusters mit dem Umfang des ganzen Kompetenznetzes korrespondiert. Die Vorgehensweise zur Kompetenzclusterbildung wird durch eine Netzdatenbank-Software anhand der Anzahl von Kompetenzzellen und deren bewerteten Kompetenzpotenzialen durchgeführt. Der Ansatz der Kompetenzcluster und deren Bildung werden detaillierter im Kapitel 4 betrachtet.

3.2.2 Aufgaben für die Generierung von Innovationen

Die Produktinnovation ist das Resultat eines Prozesses, der die Anwendung von Kenntnissen oder relevanten Informationen enthält, um ein neues, nutzbares Produkt zu realisieren und einzuführen. Dieser Prozess umfasst komplizierte, verschiedenartige Aktivitäten mit vielen sich gegenseitig beeinflussenden Komponenten. Innovationen sind verbunden mit der Ungewissheit über die Ergebnisse der Innovationsaktivitäten, denn man kann nicht im Voraus mit Gewissheit bestimmen, ob der Forschungs- und Entwicklungsprozess zum Erfolg, also zu einem marktfähigen Produkt führt, und wie viel Aufwand dafür benötigt wird [OECD-05]. Bezugnehmend auf die Literatur (bspw. [COOP-01; EVER-03; GAUS-01; HAUS-07; OECD-97; PAHL-07; PLES-96]) werden für die Bildung von Produktinnovationen, die sich nicht direkt aus einem Kundenauftrag ergeben, die folgenden wesentlichen Aufgaben berücksichtigt:

- Identifizierung neuer marktgerechter Produktkonzepte, die umfassende Gelegenheiten für ihre Kommerzialisierung darstellen
- Generierung und Gewinnung neuen Wissens durch Grundlagen- oder angewandte Forschung, um neue Erfindungen sowie Technologien zu schaffen oder vorhandene Technologien weiterzuentwickeln
- Konstruktion oder Entwicklung neuer Produktkonzepte oder Weiterentwicklung vorhandener Produkte für ihre Markteinführung

Außerdem bestehen noch andere wichtige Aufgaben, die aber nicht zum Umfang der vorliegenden Arbeit gehören, da sie hauptsächlich Marketingaktivitäten umfassen wie die Markteinführung, -positionierung, -forschung, Marktdiffusion sowie die Festlegung der Markt- und Verkaufsstrategie.

3.2.3 Innovation als Prozess

Jede der drei beschriebenen wesentlichen Aufgaben ist in einen jeweiligen Teilprozess des in der vorliegenden Arbeit entwickelten Ansatzes zur Innovation in kompe-

tenzzellenbasierten Netzen enthalten. Diese drei Teilprozesse sind die **Initialentwicklung**, **Forschung** und **Produktentwicklung**. Sie stehen in gegenseitiger Beziehung zueinander und wurden so konzipiert, dass die Kompetenzzellen anhand von Kooperationen Produktinnovationen in einer systematischen und methodischen Weise generieren können. Jeder dieser Prozesse verfolgt einen spezifischen Zweck und führt zu bestimmten Ergebnissen. In jedem überwiegt mehr oder weniger ein strategischer oder operativer Charakter, deswegen werden für ihre Durchführung strategische bzw. operative Kooperationen benötigt. Einzelne Prozesse werden von verschiedenen Organisationsformen des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes realisiert (Abbildung 3-1).

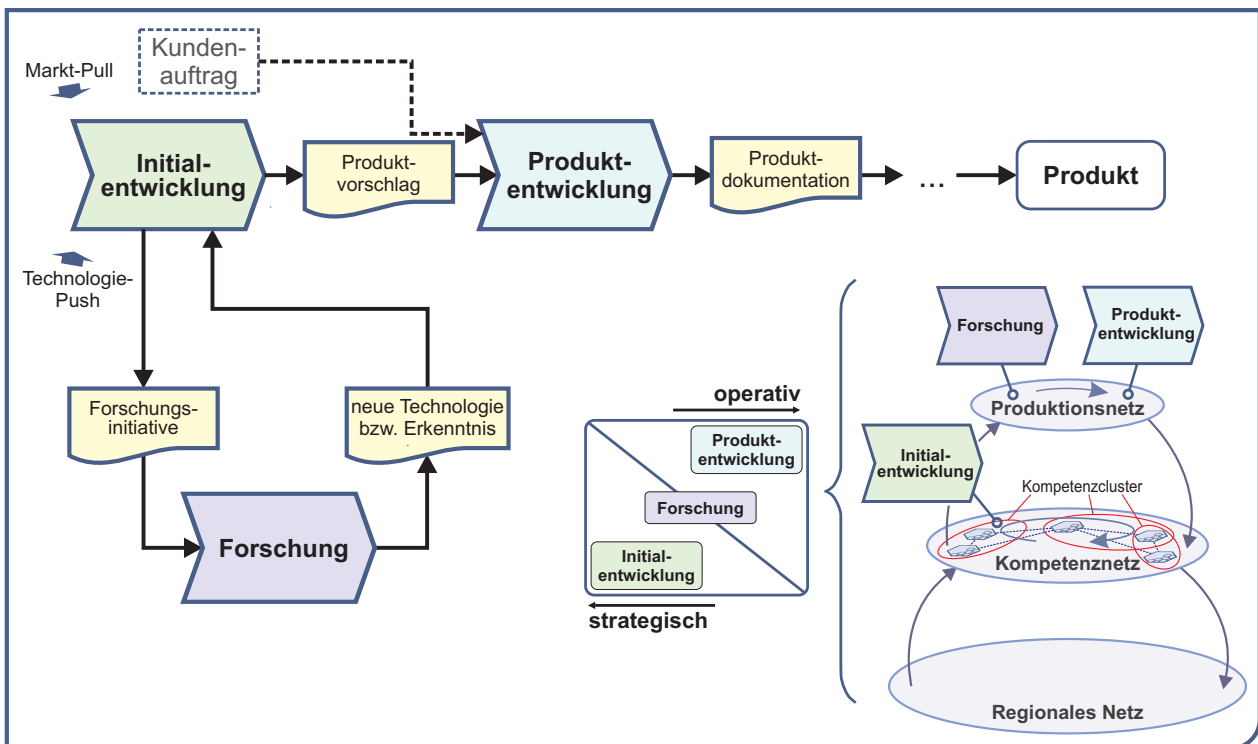


Abbildung 3-1: Teilprozesse der Produktinnovation im kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz

Initialentwicklung

In der Initialentwicklung, die ein wichtiger Teil des Innovationsprozessmanagements im Kompetenznetz ist, werden Produkte, die anschließend im Produktentwicklungsprozess konstruiert oder entwickelt werden sollen, strategisch geplant. Als Initialentwicklung wird nicht das Produkt selbst verstanden, sondern die Erkennung des Potenzials für neue Produktkonzepte. Dann dient das Resultat der Initialentwicklung als Input für den Produktentwicklungsprozess. Die Initialentwicklung wird als ein

Suchprozess nach neuen marktgerechten Produktkonzepten gestaltet. Sie beruht auf keinem Kundenauftrag und keiner konkreten Produkthanforderung, sondern auf einem methodischen und sich ständig wiederholenden Prozess. Sie wird innerhalb eines Kompetenzclusters im Kompetenznetz, der zweiten Ebene (vgl. 2.1.1), durchgeführt. In der Initialentwicklung erfolgen hauptsächlich strategische sowie horizontale Kooperationen, denn die im Kompetenzcluster kooperierenden Kompetenzzellen treffen vor allem strategische Entscheidungen und wären außerhalb des Kompetenznetzes Konkurrenten.

Das Ziel der Initialentwicklung ist die Definition neuer Produkte mittels der Identifikation innovativer Produktideen, die für den Kompetenzcluster bzw. das Kompetenznetz Produktinnovationen darstellen können. Hierbei wird die Entscheidung getroffen, welche von den Produktideen mit hohem Marktpotenzial im Produktentwicklungsprozess realisiert werden sollen.

Bei der Produktdefinition werden auch in der Initialentwicklung die erforderlichen Technologien für die Umsetzung der jeweiligen Produktideen beurteilt. Wird dabei eine risikoreiche, neue Technologie oder eine für zukünftige Produkte noch zu entwickelnde wichtige Schlüsseltechnologie erkannt, wird durch die Initialentwicklung eine Forschungsinitiative generiert, damit die Technologie durch ein forschungsorientiertes Produktionsnetz so weiterentwickelt werden kann, dass sie für die Definition zukünftiger Produkte praktisch genutzt werden kann.

Innovationen können in allen Phasen des Wertschöpfungsprozesses erreicht werden, wie z. B. aus einer bestimmten Anforderung eines Kundenauftrags oder aus Vorschlägen aus der Fertigung. Allerdings stellt die Initialentwicklung eine besonders aussichtsreiche Möglichkeit zur Einführung von Produktinnovationen dar, da sie auf den Marktanforderungen, den Kundenwünschen und den technologischen Tendenzen basiert. So werden durch die Initialentwicklung Produkte und Technologien bestimmt, die auf die Wettbewerbsstrategien des Kompetenzclusters am besten ausgerichtet sind und in Produktentwicklungs- bzw. Forschungsprojekten fortgesetzt werden sollen, um die größten Wettbewerbsvorteile zu erbringen. Es kommt hierbei nämlich nicht nur darauf an, die Projekte richtig, sondern auch die richtigen Projekte durchzuführen (vgl. [COOP-01, S. 50]). Der Initialentwicklungsprozess wird ausführlich im Kapitel 5 erläutert.

Forschung

Aus verschiedenen empirischen Untersuchungen und Umfragen in der Industrie (vgl. [COOP-01, S. 171; OECD-05; STAN-97, S. 135]) lässt sich schließen, dass die

eigene Forschung im industriellen Rahmen eine der wichtigsten internen Quellen für die Gewinnung neuen Wissens ist, wenn die Absicht zur Generierung von Innovationen besteht. Deswegen ist die Bedeutung des Forschungsprozesses zur Innovation heute unbestritten [GRUP-97]. Durch eigene Forschung können neue Erkenntnisse erzeugt und weiterentwickelt werden, wobei diese in neuen, innovativen Produkten Anwendung finden können, was häufig wiederum zu neuen Erfindungen führen kann. Um das zu erreichen, werden die Kompetenzzellen temporär in forschungsorientierten Produktionsnetzen verknüpft, in denen sie angewandte industriennahe Forschung mit dem Ziel durchführen, neue Ideen oder Technologien hervorzubringen. Hierbei wird Technologie als „die praktische Anwendung von naturwissenschaftlichen oder technischen Möglichkeiten zur Realisierung von Leistungsmerkmalen von Produkten“ verstanden [SOMM-86, S. 48]. Während ein Produkt aus mehreren Technologien besteht, dient eine Technologie als Basis für mehrere Produkte.

Forschung wird in Form von Projekten betrieben. Hierbei bezeichnet der Begriff Projekt im Allgemeinen ein Vorhaben mit einer einmaligen Gesamtheit „von koordinierten Aktivitäten mit bestimmtem Anfangs- und Endpunkten, die von einer Person oder Organisation mit dem Ziel durchgeführt werden, bestimmte Termin-, Kosten- und Leistungsziele zu erreichen“ [CAUP-99]. Das Projekt ist im Wesentlichen durch die Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet, wie z. B. durch (vgl. [DIN-69901]):

- Zielvorgabe
- Zeitliche, finanzielle, personelle und andere Begrenzungen
- Abgrenzung gegenüber anderen Vorhaben
- Projektspezifische Organisation

Für jedes Forschungsprojekt wird ein forschungsorientiertes Produktionsnetz gebildet, das die dritte Ebene des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes darstellt (vgl. 2.1.1). Die Initiative dafür kommt üblicherweise aus der Identifizierung risikoreicher, neuer Technologien durch die Initialentwicklung. Kompetenzcluster fördern die Bildung dieser forschungsorientierten Produktionsnetze durch die Festlegung von Entwicklungsstrategien für die beteiligten Kompetenzzellen. In diesen forschungsorientierten Produktionsnetzen arbeiten die Kompetenzzellen hauptsächlich in horizontalen aber auch in vertikalen Kooperationen zusammen. Diese haben nicht nur einen operativen, sondern teilweise auch einen strategischen Charakter.

Die Forschungsprojekte selbst sind durch häufige Reviews durch den Kompetenzcluster gekennzeichnet. Die für das forschungsorientierte Produktionsnetz geeigne-

ten Kompetenzzellen werden auf Basis ihres Innovationspotenzials hierarchielos ausgewählt. Dieses ergibt sich aus der Bewertung ihrer Innovationsfähigkeit in Bezug auf verschiedene Parameter.

Die Ergebnisse eines Forschungsprojektes dienen als Basis, um neue Produktkonzepte im Initialentwicklungsprozess zu definieren bzw. zu finden und diese weiterhin im Produktentwicklungsprozess zu entwickeln. Forschungsprojekte münden allerdings nicht sofort in vermarktbarere Produkte (vgl. [WARS-97, S. 3]). Der Output von Forschungsprojekten ist weder ein bestimmtes Produkt noch ein konkreter Prototyp, sondern häufig eine Bestätigung der Anwendbarkeit einer zu entwickelnden Technologie (vgl. [AJAM-02]). Hierbei sind Ergebnisse von Forschungsprojekten neues Wissen, neue Technologien oder eine neue technische Fähigkeit. Der Ansatz zu forschungsorientierten Produktionsnetzen wird eingehend im Kapitel 6 verdeutlicht.

Produktentwicklung

Aufbauend auf den in der Initialentwicklung festgelegten Produkthanforderungen erfolgt der Produktentwicklungsprozess. Das Ziel der Produktentwicklung ist die Konstruktion neuer Produkte. Sie erfolgt, wie die Forschung, im Produktionsnetz, der dritten Ebene des kompetenzzellenbasierten Ansatzes. Allerdings zeichnen sich die Produktionsnetze zur Produktentwicklung im Vergleich zu den Initialentwicklungs- und Forschungsprozessen nur durch operative und vertikale Kooperationen aus, weil die Tätigkeiten sowie Entscheidungen in den Produktentwicklungsprojekten im Allgemeinen operativer Art sind.

Die Anwendung der kompetenzzellenbasierten Vernetzungstheorie auf den Produktentwicklungsprozess wurde bereits von STEINER erarbeitet [STEI-07] (vgl. 2.1.2). Allerdings stellt ein Kundenauftrag den Ausgangspunkt dieses Ansatzes dar, aus dem die Definition eines Produktes abgeleitet wird, d. h. der Prozess fängt mit einer durch den Kunden eindeutig festgelegten Produktdefinition an. In der vorliegenden Arbeit hingegen wird das Produkt durch die Initialentwicklung, in der die Produkthanforderungen festgelegt werden, auftragsunabhängig definiert.

Nach der Definition der Konstruktionsarten (vgl. [PAHL-07; VDI-2221; VDI-2222]) geht es bei den Produktinnovationen in der Produktentwicklung üblicherweise um Neukonstruktionen. Somit werden die neuen, auftragsunabhängig konstruierten Produkte als Standardprodukte in die Produktpalette des Kompetenzclusters bzw. Kompetenznetzes aufgenommen (Abbildung 3-2).

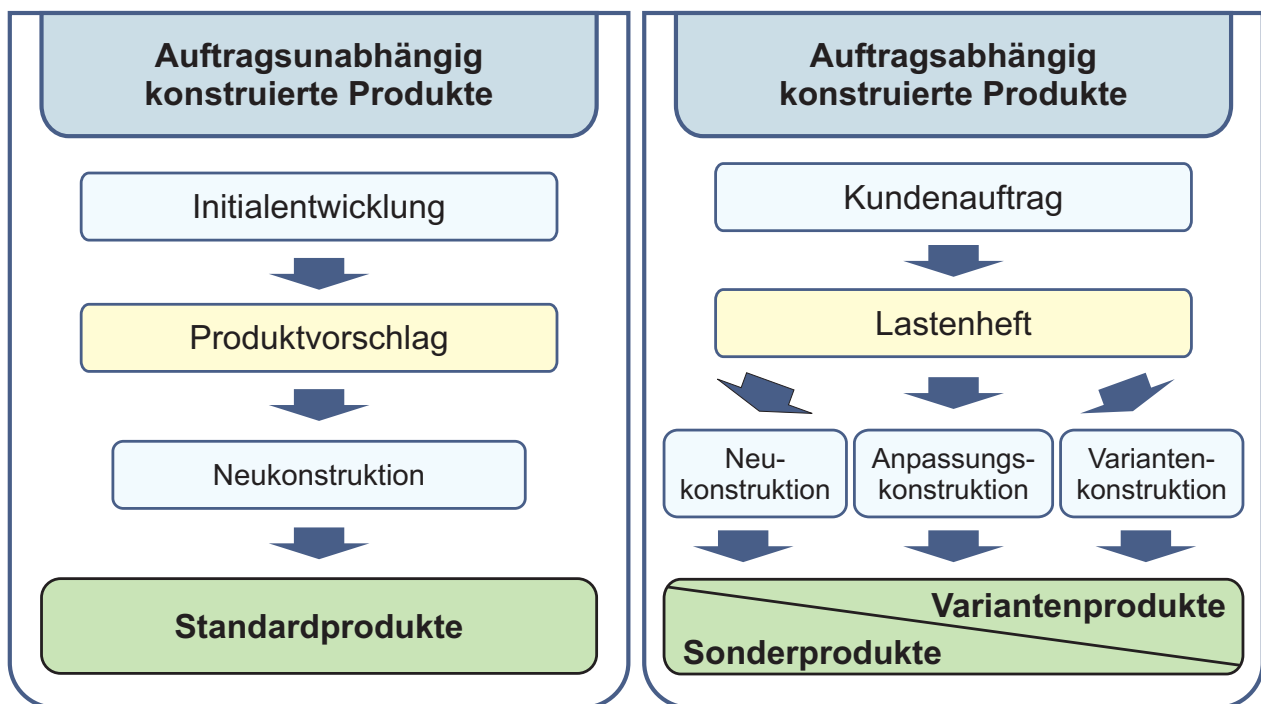


Abbildung 3-2: Auftragsabhängige bzw. auftragsunabhängige Konstruktionen im Produktentwicklungsprozess

Die Tätigkeiten innerhalb der Produktentwicklungsprojekte sind im Vergleich zur Initialentwicklung und zur Forschung disziplinierter, können präziser geplant werden, und die dafür benötigte Zeit und die benötigten Ressourcen können genauer eingeschätzt werden. Da das Ziel der Produktentwicklung ein realisiertes Produkt ist, umfassen ihre Ergebnisse Fertigungsunterlagen, Produktdokumentationen und einen virtuellen oder realen Prototyp, nach dem das Produkt hergestellt werden kann. Eine ausführliche Beschreibung des Ansatzes zur Produktentwicklung in kompetenzzellenbasierten Netzen befindet sich in [STEI-07].

Zur begrifflichen Abgrenzung von Initialentwicklung, Forschung und Produktentwicklung zeigt Tabelle 3-1 deren wesentliche Unterschiede.

Tabelle 3-1: *Unterschiede zwischen Initialentwicklung, Forschung und Produktentwicklung (vgl. [OETT-09])*

Merkmale	Initialentwicklung	Forschung	Produktentwicklung
Durchführung durch	Kompetenzcluster	Produktionsnetz	Produktionsnetz
Tätigkeitscharakter bzw. Entscheidungsart	strategisch	strategisch und operativ	operativ
Ziel	Definition neuer Produkte	Gewinnung bzw. Weiterentwicklung von Technologien	Entwicklung neuer Produkte
Ergebnisse	Produktvorschlag und vorläufige Anforderungsliste	kommerzielle Nutzung der entwickelten Technologie	Fertigungsunterlagen, Produktdokumentation
Tätigkeiten	oft ungeplant, experimentell	experimentell	diszipliniert und zielorientiert nach Projektplan
Kommerzialisierungstermin	abschätzbar, aber unsicher	ungewiss	ziemlich gewiss
Finanzierung	variabel	veranschlagt, aber ist in jedem Review veränderbar	veranschlagt für das ganze Projekt
Laufzeit	unbestimmt	veränderlich aber abschätzbar	bestimmt und geplant
erwarteter Gewinn	abschätzbar, häufig ungewiss	ungewiss	genauer vorhersagbar
Gewinn für Kompetenzzellen im:	Kompetenzcluster	Kompetenzcluster	Produktionsnetz

4 **Kompetenzcluster**

*„Zusammenkommen ist ein Beginn,
Zusammenbleiben ein Fortschritt,
Zusammenarbeiten ein Erfolg“*

Henry Ford

4.1 **Definition**

Der Kompetenzcluster ist ein neuer Lösungsansatz spezifisch für kompetenzzellenbasierte Netze, der dennoch mehrere Eigenschaften von Unternehmensclustern, so genannten Industrieclustern, kollaborativen Netzwerken oder virtuellen Fabriken besitzt. Kompetenzcluster wurden bereits in dem Drei-Ebenen-Konzept des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes (vgl. 2.1.1) als eine Perspektive einbezogen, nach der Kompetenzzellen einer Region durch partielle Vernetzung spezielle Produktions- und Dienstleistungen erbringen können [WIRT-03a].

Kompetenzcluster werden als regionale Anhäufung von Kompetenzzellen in Bezug auf prozess-, produkt-, dienstleistungs- oder branchenspezifische Merkmale verstanden (in Anlehnung an [WIRT-03a]). In einem Kompetenznetz, das eine charakteristische technische und wirtschaftliche Struktur aufweist, lassen sich verschiedenartige (z. B. entwicklungs-, produktions-, prozess-, und verfahrensorientierte) Cluster von Kompetenzzellen mit unterschiedlicher Ausprägung bilden, die am Markt in ihrer Gesamtheit agieren [WIRT-01]. Es agieren nicht mehr nur die Kompetenzzellen, sondern die Cluster im Wettbewerb.

Kompetenzcluster stellen somit eine Vernetzung von Kompetenzzellen dar, die im Kompetenznetz, in der zweiten Ebene des Modells verortet werden. Im Gegensatz dazu steht der in der ersten Förderperiode des DFG-Sonderforschungsbereiches 457 „Hierarchielose regionale Produktionsnetze“ der TU Chemnitz (2000-2003) erarbeitete kompetenzzellenbasierte Vernetzungsansatz, der die Kompetenzcluster im regionalen Netz, in der ersten Ebene, betrifft und sowohl aus Kompetenzzellen als auch Unternehmen besteht (vgl. [WIRT-00; WIRT-03a]). Der Grund für die Verschiebung der Kompetenzcluster in die zweite Ebene, in das Kompetenznetz, liegt darin, dass die Unternehmen in dem alten Ansatz auch in den Kompetenzclustern

enthalten waren, obwohl sie sich nicht direkt am Kompetenznetz beteiligen, sondern selbstständig handeln. Im neuen Ansatz bestehen dagegen die Kompetenzcluster ausschließlich aus Kompetenzzellen (Abbildung 4-1).

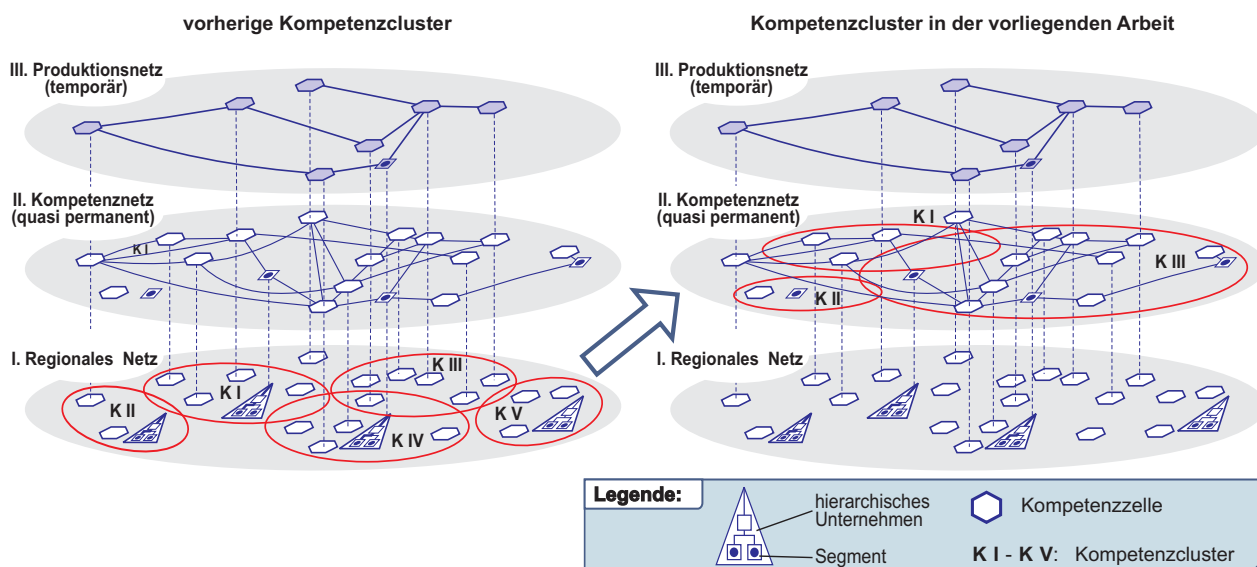


Abbildung 4-1: Positionierung der Kompetenzcluster im neuen Ansatz

Ein Kompetenzcluster ist eine sich selbst organisierende Vernetzung, in der die Kompetenzzellen gleichberechtigt interagieren. Die Koordination erfolgt unter Einbeziehung aller beteiligten Mitglieder. Nach dem kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz kooperieren die Kompetenzzellen nicht nur in Kompetenzclustern, sondern auch in Produktionsnetzen. Jedoch erfolgen in Produktionsnetzen *operative* Kooperationen (in Anlehnung an die Klassifizierung von [OHLH-97]), die auf die Wertschöpfungskette hin orientiert sind, d. h. es werden im Wesentlichen Forschungs-, Produktentwicklungs- und Produktionsprozesse realisiert [MEJI-07]. Im Gegensatz dazu handelt es sich in Kompetenzclustern um *strategische* Kooperationen zwischen den Kompetenzzellen, die den Aufbau strategischer Wettbewerbsvorteile und/oder die Stärkung der Wettbewerbsposition fördern. Diese beiden gleichzeitig erfolgenden funktionalen Kooperationen gehören zum Gestaltungskonzept der Zwei-Ebenen-Kooperation, das ein wesentliches Grundkonstrukt des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes ist (vgl. 2.1.1). Dieses legt fest, dass die strategischen Geschäftsbeziehungen vor allem durch das Kompetenznetz durchgeführt werden können. Folglich effektiviert der neue Lösungsansatz des Kompetenzclusters das Gestaltungskonzept der Zwei-Ebenen-Kooperation, da der Kompetenzcluster strategische Kooperationen besonders fördert.

Kompetenzcluster wurden zur Schaffung der folgenden Wettbewerbsvorteile für das Kompetenznetz konzeptionalisiert [MÜLL-05b]:

- Aufspüren von Kompetenzdefiziten
- Anstoß zur Weiterentwicklung oder Neuansiedlung von Kompetenzzellen
- Erschließung regionaler Marktpotenziale durch einen systematischen Suchprozess
- Generierung von Produktinnovationen

Nur die beiden letztgenannten Wettbewerbsvorteile, Erschließung regionaler Marktpotenziale und Generierung von Produktinnovationen, werden in der wissenschaftlichen Zielsetzung der vorliegenden Arbeit betrachtet. Daher liegt in der Generierung von Initialentwicklungen die wichtigste Möglichkeit zur Schaffung von Produktinnovationen durch die Konzipierung neuer Produkte und zur Erschließung neuer Marktpotenziale (Abbildung 4-2). Die Initialentwicklung stellt dabei einen systematischen Suchprozess von Produkten mit hohen Erfolgsaussichten dar.

Ebenso wie Industriecluster zur Steigerung der Produktivität führen und Innovationen fördern, was die Wachstums- und Exportaussichten für kleine und mittlere Unternehmen erhöht, fördern Kompetenzcluster durch den Initialentwicklungsprozess und die Anwendung von Finanz-, Technologie- und Marktstrategien das Wirtschaftswachstum der Kompetenzzellen. Wettbewerbsvorteile entstehen für das Kompetenznetz durch Generierung von Produktinnovationen, Erweiterungen der Produktpalette und die Erschließung neuer Märkte (in Anlehnung an [NEUG-04]).

Mehrere Eigenschaften von Industrieclustern lassen sich auf den kompetenzzellenbasierten Ansatz übertragen. Wie bereits erwähnt, konzentrieren sich die Firmen in Industrieclustern auf ihre Kernkompetenzen und sind in einer netzorientierten Struktur miteinander verknüpft (vgl. 2.3). In dem neuen hier entwickelten Ansatz für kompetenzzellenbasierte Netze besitzen die Kompetenzzellen ebenso ganz bestimmte Kompetenzen und sind in Kompetenznetzen verknüpft.

Industriecluster fördern gleichzeitig Kooperation sowie Konkurrenz und enthalten eine vollständige Wertschöpfungskette [PORT-98]. Dabei ist in der Industrie bezüglich der Interaktionen von Unternehmen zwischen zwei Typen von Beziehungen zu differenzieren: passiven und aktiven [CANI-03]. Beide Fälle sind für Kompetenzzellen anwendbar. In ähnlicher Weise ermöglicht die regionale Nähe zwischen den Kompetenzzellen häufigere persönliche Kontakte und generell intensivere Beziehungen.

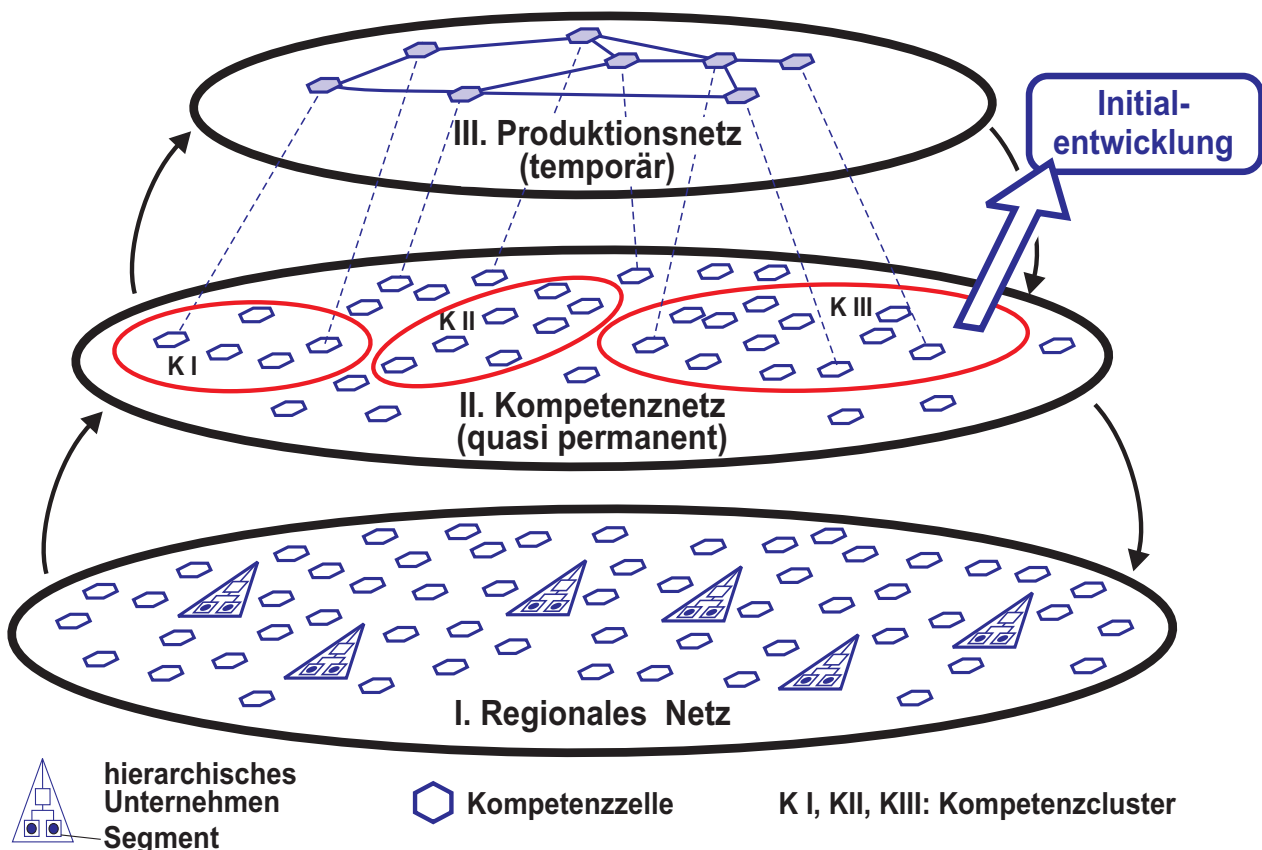


Abbildung 4-2: Initialentwicklung im kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz

Im regionalen Netz, der untersten Ebene kompetenzzellenbasierter Netze, stehen die Kompetenzzellen in passiven Beziehungen zueinander und konkurrieren mit einzelnen Unternehmen. Es erfolgt eine Wissensweitergabe zwischen Firmen, die auf dem Markt als Konkurrenten agieren. Auf Grund der geringen geografischen Entfernung können diese Konkurrenten entstehende Technologien schneller erlernen sowie sich aktuellen Entwicklungstrends durch die leichtere Verbreitung von Kenntnissen und Ideen effektiver anpassen [CANI-03]. Passive Beziehungen ermöglichen den Kompetenzzellen einen besseren Zugriff auf spezialisierte, technische und im Wettbewerb konkurrenzfähige Informationen. Die Wissensweitergabe wird durch Personengruppen gefördert, die sich regelmäßig bei Seminaren, Konferenzen, Tagungen oder Fachmessen treffen [STEW-91], um ihr Wissen auf einem Fachgebiet auszutauschen.

Andererseits existieren auch aktive Beziehungen auf den höheren Ebenen: in den Kompetenzclustern, in den Kompetenznetzen sowie in den Produktionsnetzen, in denen die Kompetenzzellen aktiv miteinander kooperieren, wobei in Kompetenzclustern Kooperationen und Kollaborationen zwischen den Kompetenzzellen dem Zweck dienen, Innovationen zu schaffen. Aktive Beziehungen ermöglichen, dass

Kompetenzzellen die Kosten und Risiken langer und aufwendiger Projekte zur Forschung bzw. Technologieentwicklung sowie Konzipierung neuer Produkte teilen können, welche die Kapazität einzelner Investoren übertreffen würden. Hierbei profitieren die beteiligten Kompetenzzellen von den Ergebnissen der Produktinnovationen und können selbst im globalen Wettbewerb mit Konzernen bestehen, die über größere Innovationsressourcen verfügen. Dies wird möglich, weil alle beteiligten Kompetenzzellen Zugang zu dem Wissen erhalten, das im Kompetenzcluster generiert wird. Dazu zählen Ideen, Lösungen, Patente, Konzepte und Produkte. Sie teilen ihre Erfahrungen und Fachkenntnisse, legen gemeinsam die Strategien des Kompetenzclusters fest und treffen Entscheidungen über Investitionen im Bereich der Forschung und Entwicklung. Die Wissensweitergabe erfolgt direkt zwischen den beteiligten Kompetenzzellen. Effektiv lernen sie neue Ideen, Informationen und Produkte kennen und gewinnen neue Erkenntnisse durch deren Anwendung.

4.2 Kompetenzclusterbildung

4.2.1 Anforderungen

Bisherige Forschungsarbeiten zur Unternehmensclusterbildung bzw. -identifizierung resultierten in einer Vielzahl betrachteter Merkmale bzw. Ausprägungen und einer Masse verschiedener Verfahren. Trotzdem unterscheidet sich deren Zweck von dem der vorliegenden Arbeit (vgl. 2.3). Da eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Clusterbildung von Kompetenzzellen existiert, besteht die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit insgesamt in der Bestimmung sowohl jeweiliger Merkmale bzw. Ausprägungen als auch darin, ein geeignetes Verfahren zur Kompetenzclusterbildung zu finden, damit die folgend angeführten Anforderungen erfüllt werden können.

Die erste Anforderung besteht darin, dass die Merkmale, die allen zum Cluster gehörigen Kompetenzzellen gemein sind, bestimmt werden, damit die Kompetenzcluster Produktinnovationen generieren können. Da es sich um ein heterarchisches Netz handelt, soll das Clusterverfahren durch eine Netzdatenbank-Software (KoAg) leisten, dass alle Kompetenzcluster eines Kompetenznetzes anhand der Anzahl von Kompetenzzellen automatisch bestimmt werden. Dies könnte dann in bestimmten Abständen wiederholt werden. Außerdem soll dieses Verfahren gewährleisten, dass die Größe bzw. Anzahl der beteiligten Kompetenzzellen jedes Kompetenzclusters mit dem Umfang des Kompetenznetzes korrespondiert. Ebenso soll das

Verfahren ermöglichen, dass sich Kompetenzcluster mit ähnlichem Umfang bilden lassen, d. h. dass jeder Kompetenzcluster aus einer ähnlichen Anzahl von Kompetenzzellen besteht. So werden die Kompetenzen gleichmäßig gesammelt, damit die Kompetenzcluster die gleichen Vorteile nutzen können. Schließlich sollte das Cluster-Verfahren auf einer annähernd objektiven Bewertung der Kompetenzen basieren. Die Kompetenzbewertung jeder Kompetenzzelle ist daher entscheidend, um die Kompetenzzelle in den Kompetenzcluster aufzunehmen und um die jeweiligen Vorteile nutzen zu können.

4.2.2 Basis der Kompetenzclusterbildung

In Bezug auf die Bestimmung der Merkmale, die der Basis der Kompetenzclusterbildung dienen und deren Zweck in der Generierung von Produktinnovationen liegt, konstatieren einige Autoren anhand der Ergebnisse empirischer Untersuchungen, dass Wissen und die Fähigkeit, Innovationen hervorzubringen, miteinander korrelieren (z. B. [AUDR-96; IBRA-05; JENS-07; LAWS-99]). Wissen als eine Gesamtheit der Kenntnisse von Fakten, Wahrheiten und Informationen auf einem bestimmten Gebiet, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen, besteht überall: in Menschen, in Produkten, in Dienstleistungen und innerhalb von Firmen. Innovationen verkörpern dabei neues Wissen in Form einer Lösung für ein vorhandenes oder neues Problem.

Mehr Wissen führt nach dieser Annahme möglicherweise auch zu einem besseren wirtschaftlichen Wachstum. Die geografische Nähe der Unternehmen, z. B. in Industrieclustern, fördert die Wissensweitergabe zwischen den Mitgliedern und effektiviert damit die Wissensschaffung bzw. erweitert den Wissensschatz [IBRA-05].

Wissen wird unter verschiedenen möglichen Einteilungen in implizites und explizites Wissen klassifiziert. Implizites Wissen bezeichnet nicht formalisiertes Wissen und ebenso solche Kenntnisse oder Fähigkeiten, die nicht explizit formuliert sind und sich möglicherweise auch nicht erklären, sondern sich nur praktisch zeigen, aber nicht sprachlich ausdrücken lassen. Im Gegensatz dazu bezeichnet explizites Wissen kodiertes, also mittels sprachlicher Zeichen kommunizierbares Wissen wie formale Sprachen, Bilder, Diagramme, Prototypen etc. Das implizite Wissen kann durch einen Kodierungsprozess in explizites Wissen umgewandelt werden, um dieses zu kommunizieren. Einige Kenntnisse in impliziter Form können jedoch nicht kodiert und somit nicht in explizites Wissen transformiert und kommuniziert werden. Deswegen führt im Wesentlichen das explizite Wissen zum Wissenstransfer.

Bei dem Transfer von explizitem Wissen verbindet der Empfänger dieses mit seinem eigenen impliziten Wissen. Er kann dieses dabei modifizieren und erweitern und folglich neues Wissen generieren. Dieser Wissensgenerierungsprozess führt zur Ideengenerierung und weiterhin zu Erfindungen (vgl. 3.1.1), die gegebenenfalls zu Innovationen werden können. In dieser Hinsicht besteht das Kriterium für die Kompetenzclusterbildung darin, dass alle Kompetenzzellen auf dem Wissensgebiet des zu entwickelnden Produktes zusammenarbeiten.

Das Wissen der Kompetenzzellen entspricht ihren Kompetenzen. Eine Kompetenz ist die Fähigkeit zur Umsetzung von Wissen durch menschliche Anlagen, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Bereitschaften in Verbindung mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen [ERPE-98]. Die Kompetenzzelle besitzt sowohl *nichtpersonelle* als auch *personelle* Ressourcen. Nichtpersonelle Ressourcen sind z. B. Fläche, Bestände, Personal, Arbeits-, Arbeitshilfs-, Organisations- und Finanzmittel. In Anlehnung an ERPENBECK umfassen personelle Ressourcen die Fach-, Methoden-, Sozial- und Personalkompetenz [ERPE-99].

Mit dem Ziel der Beschreibung und Suche von Kompetenzzellen hinsichtlich ihrer Kompetenzen wurde ein generisches Kompetenzzellenmodell im Rahmen des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes entwickelt [NEUG-05b]. Das Kompetenzzellenmodell wurde von STEINER besonders an die Produktentwicklung angepasst [STEI-07, S. 45-50]. Die Klassifikation von Produktentwicklungskompetenzzellen ergibt sich aus der eindeutigen Beschreibung von Kompetenzkomponenten, die sinnvoll abgegrenzte Teilmengen von Wissensgebieten innerhalb eines Kompetenzrahmens sind [TEIC-03]. Die Kompetenzkomponententypen werden aus dem generischen Kompetenzzellenmodell durch eine Klassifikation der Elemente nach folgendem Pfad abgeleitet:

Kompetenzen → Modelle → Klassen → Kompetenzkomponententypen

Die sozialen und personalen Kompetenzen wurden im Partialmodell der Produktentwicklung von STEINER nicht beschrieben, weil diese durch andere Forschergruppen aus organisationstheoretischer, humanzentrierter Perspektive wissenschaftlich untersucht wurden (vgl. [MEYE-04; SCHÖ-03]). In einer grafischen Darstellung werden die sozialen und personalen Kompetenzen als Kanten abgebildet, die die Kompetenzzellen miteinander verknüpfen, die zugleich als Knoten in einem Netzwerk fungieren [TEIC-03]. Hierbei enthalten die Knoten die Fach- und Methodenkompetenzen. Diese werden im Folgenden näher betrachtet:

Fachkompetenz

Die Fachkompetenz wird durch eine Verknüpfung einzelner Elemente des Aktivitätsmodells mit Elementen des Geschäftsobjektmodells beschrieben. Im Aktivitätsmodell ist der allgemeine Ablauf der Produktentwicklung abgebildet. Die Klassen des Modells sind die Aktivitäten dieses Ablaufs und die Kompetenzkomponente ist dann aktivitätsspezifisch. Die genutzte Beschreibungshierarchie der Aktivitäten basiert auf den Konstruktionsmethodiken von PAHL/BEITZ [PAHL-07] bzw. auf der VDI-Richtlinie 2221 [VDI-2221]. Die Aktivitäten bzw. Phasen der kompetenzzellenbasierten Produktentwicklung sind wie folgt [NEUG-05a]:

- Planung
- Konzeption
- Entwurf
- Detaillierung
- Umsetzung zu einem virtuellen bzw. realen Prototyp.

Das Geschäftsobjektmodell besteht aus zwei Klassen: dem materiellen und immateriellen Produkt. Der produktspezifische Kompetenzkomponententyp stellt das materielle Produkt als ein greifbares Produkt dar. Dagegen bezeichnet der fachgebietspezifische Kompetenzkomponententyp das immaterielle Produkt als Ergebnis der Aktivität der realisierten Engineering-Dienstleistung in Bezug auf die mechatronische Produktentwicklung. Dabei verwendet STEINER für die Beschreibung von produkt- und fachgebietspezifischen Kompetenzkomponententypen die Klassifikation für die Realisierung der Fertigungsverfahren nach DIN 8580 [DIN-8580], der Werkzeugmaschinen in Anlehnung an DIN 69651 [DIN-69651] sowie der Werkzeugmaschinenbaugruppen, von den Hauptbaugruppen bis hin zu Baugruppen n -ter Ordnung, in Anlehnung an HIRSCH [HIRS-00].

Methodenkompetenz

Ebenso beschreibt das Methodenmodell die Methodenkompetenz. Der methodenspezifische Kompetenzkomponententyp stellt das Methodenmodell dar und bezeichnet die Fähigkeit, Probleme strukturiert lösen zu können. Die Methoden der Produktentwicklung werden in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2221 [VDI-2221] in folgende Arten eingeordnet:

- Allgemeine Methoden → Integrierte Methoden, Intuitive Methoden etc.
- Problemorientierte Methoden → Entwurfsmethoden, Strukturmethoden etc.
- Spezifische Produktentwicklungsmethoden.

Es werden nur die spezifischen Produktentwicklungsmethoden für die Beschreibung und Suche von Produktentwicklungskompetenzzellen angewendet. Die Beschreibung der Kompetenzkomponenten erfolgt in Bezug auf die vier Ausprägungen spezifischer Produktentwicklungsmethoden:

- Simulationsbeschreibung → Simulationsmethode, Simulationsart, Simulationsalgorithmen (z. B. Kinematiksimulation, Topologieoptimierung, FEM-Festkörper...)
- Verteilte Engineering-Methoden → Methoden der verteilten Produktentwicklung (z. B. Systems Engineering, Teamarbeit/Projektarbeit, Virtuelle Projektteams...)
- Art der Rechnerunterstützung → Methode der Virtual Reality-unterstützten PE, CAE, CAD...
- Art der Prototypenerstellung → Realer Prototyp, Virtual Prototyping...

Die Kompetenzzelle wird durch Beschreibungsvektoren näher beschrieben, d. h. Geschäftsobjekte (materielle/immaterielle Produkte), Aktivitäten, Methoden und nichtpersonelle Ressourcen werden in einem Beschreibungsvektor zusammengeführt [NEUG-06]. Die Tabelle 4-1 zeigt eine Übersicht der aus den entwickelten Modellstrukturen abgeleiteten Klassifikation von Komponenten der Produktentwicklungskompetenzzellen.

Tabelle 4-1: *Klassifikation der Kompetenzkomponententypen der Produktentwicklungskompetenzzellen (in Anlehnung an [NEUG-05b])*

Kompetenz	Modell	Klasse	Bezeichnung	Kompetenzkomponententyp
Fachkompetenz	Geschäftsobjektmodell	immaterielles Produkt	Dienstleistung Produktentwicklung	fachgebietspezifisch
		materielles Produkt	mechatronisches Produkt	produktspezifisch
	Aktivitätsmodell	Aktivität	Phasen der Produktentwicklung	aktivitätsspezifisch
Methodenkompetenz	Methodenmodell	Methode	Produktentwicklungsmethode	methodenspezifisch

Die Gruppierung und Zusammenarbeit von verschiedenen Kompetenzzellen, die eine Kompetenz miteinander gemein haben, fördert die Wissenssammlung bzw. -weitergabe in der ganzen Gruppe in Bezug auf diese Kompetenz. Beide führen zu einer Verstärkung der entsprechenden Kompetenz. Auf diese Weise ergibt eine Zusammenfassung von Kompetenzzellen nach einem bestimmten Kompetenzkomponententyp unterschiedliche Vorteile (Abbildung 4-3).

Eine Zusammenfassung nach entweder fachgebietspezifischem (bspw. Maschinenbau, Elektrotechnik, Informationstechnik) oder produktspezifischem (bspw. Werkzeugmaschine, Motorspindel, Lager) Kompetenzkomponententyp fördert dann die Möglichkeit der Generierung von Produktinnovationen bezogen auf die bereits im vorausgegangenen Kapitel näher betrachteten Innovationstypen. Ebenso ermöglicht eine Zusammenfassung nach entweder aktivitätsspezifischem (bspw. Planung, Konzeption, Entwurf) oder methodenspezifischem (bspw. FEM, CAD, CAE, Virtual Reality) Kompetenzkomponententyp die Schaffung von Prozessinnovationen, da diese Kompetenzen sich auf Aktivitäten, Prozesse und Unterstützungen beziehen, die zur Entwicklung von Produkten dienen (vgl. [WEID-07]).

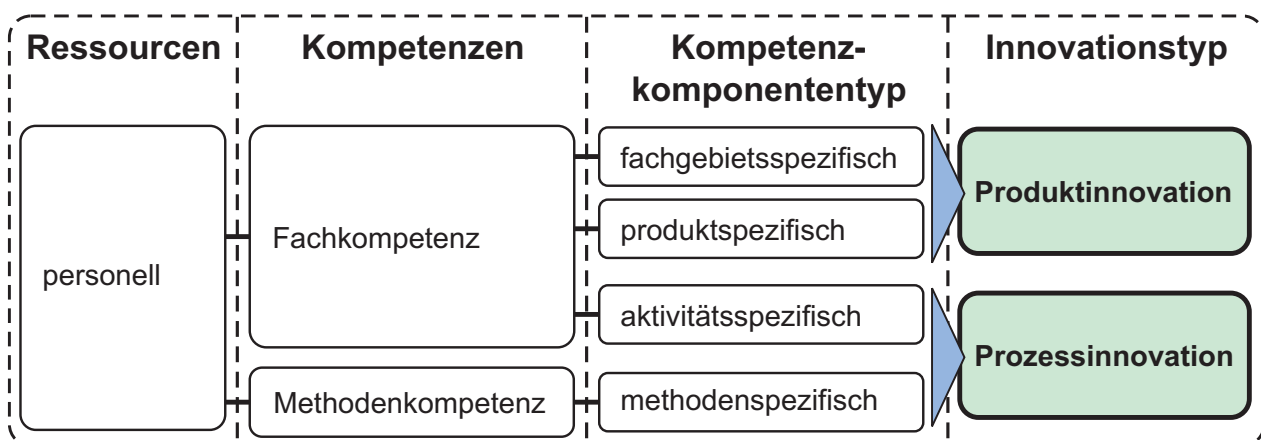


Abbildung 4-3: Beziehung zwischen Kompetenzkomponententyp und Innovationstyp

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, wie bereits im vorausgegangenen Kapitel erwähnt, das Auffinden einer Lösung zur Schaffung von Produktinnovationen. Deshalb basiert die Kompetenzclusterbildung auf den fachgebietspezifischen und produktspezifischen Kompetenzkomponententypen. Dafür dient die ausführliche Klassifizierung von Kompetenzkomponenten der Produktentwicklungskompetenzzellen nach STEINER (siehe [STEI-07, S. 138 ff]). Ein Beispiel für die Klassifizierung von Produktentwicklungskompetenzzellen befindet sich in Abbildung 4-4, in der jeder Kasten einem Beschreibungselement entspricht.

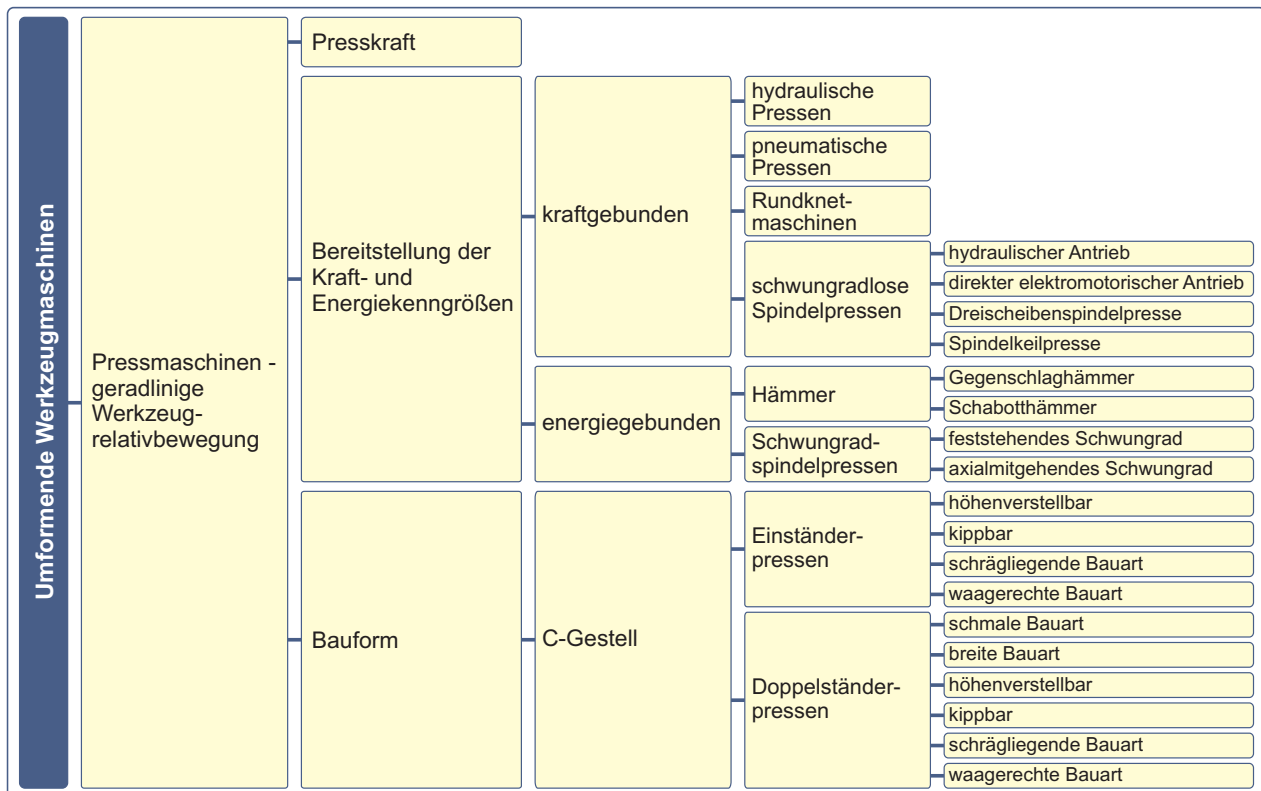


Abbildung 4-4: Beispiel für die Klassifizierung von umformenden Werkzeugmaschinen (vgl. [STEI-07])

4.2.3 Vorgehensweise

4.2.3.1 Verfahren zur Clusterbildung

Neben der Bestimmung, dass die Kompetenzzellen nach fachgebietsspezifischem oder produktspezifischem Kompetenzkomponententyp zusammengefasst werden sollen, muss man zusätzlich spezifizieren, wie die erfolgen soll, damit die gesuchten Cluster jeweils nur möglichst homogene Kompetenzzellen enthalten, während Kompetenzzellen verschiedener Cluster möglichst unähnlich sein sollen.

Die entwickelte Vorgehensweise der vorliegenden Arbeit hat Ähnlichkeiten mit den agglomerativen Clusteranalyse-Verfahren. Clusteranalyse wird verstanden als ein zusammenfassender Terminus für eine Reihe unterschiedlicher mathematisch-statistischer und heuristischer Verfahren, mit denen Objekte oder Elemente rechnerunterstützt klassifiziert werden können. Sie findet Anwendung in nahezu allen Disziplinen. Bei agglomerativen Clusteranalyse-Verfahren erfolgt die Clusterbildung anhand einer Ähnlichkeitsfunktion, die eine mathematische Beurteilung der Ähnlichkeit zwischen Elementen ist. So werden die ähnlichsten Elemente bzw. Cluster bezüglich der Ähnlichkeitsfunktion nach bestimmten Algorithmen paarweise suk-

zessiv zu Clustern und diese zu immer umfangreicheren Clustern zusammengefasst, bis hin zur Erfüllung eines Abbruchkriteriums oder bis alle Elemente zu einem einzelnen Cluster gehören (vgl. [STEI-77]). So wird die Anzahl der Cluster nun schrittweise um eins verringert [GORD-96]. Die Anordnung der Cluster auf unterschiedlichen Distanz- oder Ähnlichkeitsebenen in Bezug auf die Ähnlichkeitsfunktion kann mit Hilfe eines *Dendrogramms* (Abbildung 4-5) anschaulich wiedergegeben werden [STEI-77].

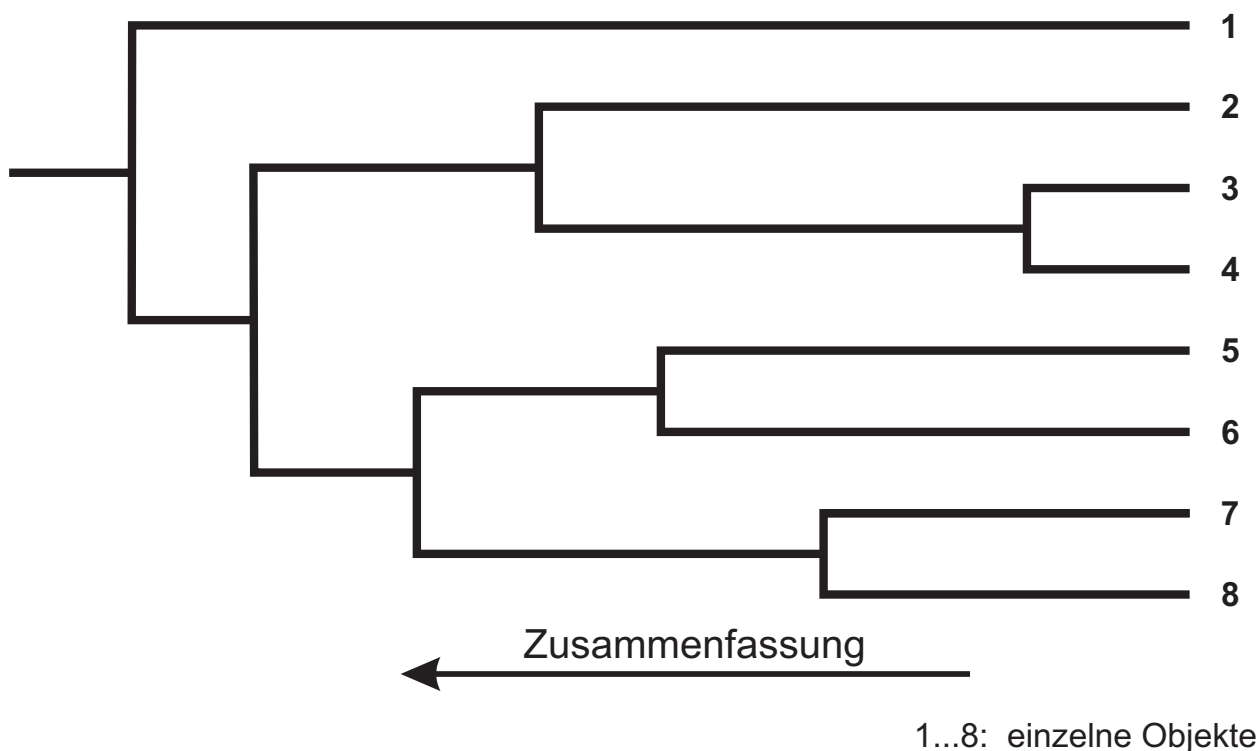


Abbildung 4-5: Dendrogramm des agglomerativen Verfahrens

Genauso werden bei der entwickelten Vorgehensweise zur Clusterbildung der vorliegenden Arbeit die Kompetenzzellen jedes Beschreibungselementes der Baumstruktur zur Klassifikation von Kompetenzkomponenten der Produktentwicklungskompetenzzellen, die in Abschnitt 4.2.2 erläutert wird, zusammengefasst. Die Beschreibungselemente werden auch paarweise sukzessiv zu Clustern und diese zu immer umfangreicheren Clustern an der Pfade der Baumstruktur entlang bis hin zur Erfüllung eines Abbruchkriteriums zusammengefasst. Die Anzahl der Cluster wird folglich schrittweise um eins verringert. Bei diesem Fall ist jedoch die Ähnlichkeit der Objekte bereits in den Zweigen der Baumstruktur bestimmt; deswegen wird eine mathematische Ähnlichkeitsfunktion nicht benötigt.

Außerdem ist die Form des Dendrogramms, bei dem die Cluster von den Zweigen bis zu der Wurzel gebildet werden, ähnlich der oben erwähnten Baumstruktur. Nun ist es erforderlich, das Abbruchkriterium für die Vorgehensweise und damit zu bestimmen, bis zu welchem Punkt die Beschreibungselemente an den Pfaden der Baumstruktur entlang gesammelt werden sollen.

4.2.3.2 Angleichung des Umfangs von Kompetenzclustern

Bewertung der Angleichung

Die optimale Situation bei der Clusterbildung in dem Kompetenznetz ist gegeben, wenn in allen Kompetenzclustern eine ähnliche oder gleiche Anzahl von Kompetenzzellen vorhanden ist. Das Ziel besteht darin, dass das Clusterverfahren die Cluster bei ihrer Bildung möglichst weitgehend einer Gleichverteilung annähern soll, auch wenn eine perfekte Gleichverteilung nicht immer erreicht werden kann. Mit dieser Vorgehensweise soll erzielt werden, dass die Ressourcen gleichmäßig in den Kompetenzclustern verteilt sind und die zur Statistik gehörende Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Häufigkeitsverteilung für die Anzahl von Kompetenzzellen zu einer Gleichverteilung tendiert. Die kumulative Verteilungsfunktion einer Gleichverteilung ist eine Linie in einem 45°-Winkel (Abbildung 4-6).

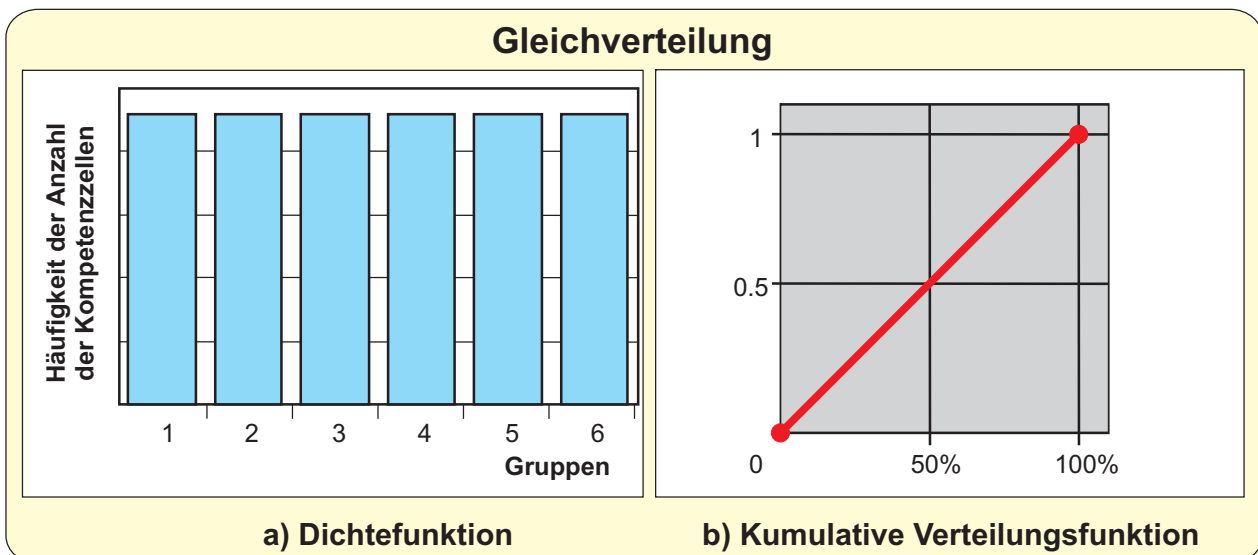


Abbildung 4-6: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mit Histogramm und kumulative Verteilungsfunktion bei einer Gleichverteilung

Eine geeignete Möglichkeit, die Ähnlichkeit einer Häufigkeitsverteilung einer Datenmenge und die Gleichverteilung zu bewerten, bietet der *Gini-Koeffizient*. Der Gini-Koeffizient wurde von GINI [GINI-12] als ein statistisches Maß entwickelt, um die Ungleichverteilungen bzw. Gleichverteilungen von Einkommen oder Vermögen in der Gesellschaft darzustellen. Seitdem fand der Gini-Koeffizient verschiedene Anwendungen, vor allem innerhalb der Ökonomie, besonders in der Wohlfahrtsökonomie [COWE-95].

Der Gini-Koeffizient kann beliebige Werte zwischen null und eins annehmen. Null bezeichnet eine perfekte Gleichverteilung, wenn alle Merkmalswerte gleich groß sind. Je näher der Gini-Koeffizient an null ist, desto größer ist die Gleichheit. Das theoretische Maximum ist eins, das eine perfekte Ungleichheit darstellt, wenn alle Merkmalswerte außer einem null sind.

Wie in Abbildung 4-7 gezeigt, kann der Gini-Koeffizient in einer Grafik einer kumulativen Verteilungsfunktion als die Fläche zwischen zwei Kurven kalkuliert werden: Eine der Kurven ist die Linie der kumulativen Verteilungsfunktion der Gleichverteilung (45-Grad-Linie). Die andere ist die *Lorenz-Kurve*, die eine grafische Darstellung der kumulativen Verteilungsfunktion von Merkmalswerten in aufsteigender Reihenfolge zeigt [XU-04]. Für den Gini-Koeffizienten werden nur positive Werte betrachtet.

In der klassischen Definition des Gini-Koeffizienten wird der Mittelwert der absoluten Unterschiede jedes Merkmalswertes zu allen anderen Merkmalswerten in die Berechnung einbezogen. Allerdings können die Werte der Größe nach steigend geordnet werden, so dass die Berechnung simplifiziert werden kann. So wird der Gini-Koeffizient für eine Grundgesamtheit mit n Merkmalswerten wie folgt definiert [Voß-04; XU-04]:

$$GINI = \frac{1}{n} \left(n + 1 - 2 \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n (n + 1 - i) \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \right) \right) \quad (4.1)$$

n Anzahl der Merkmalswerte

y_i Merkmalswerte in steigender Ordnung, ($y_i \leq y_{i+1}$)

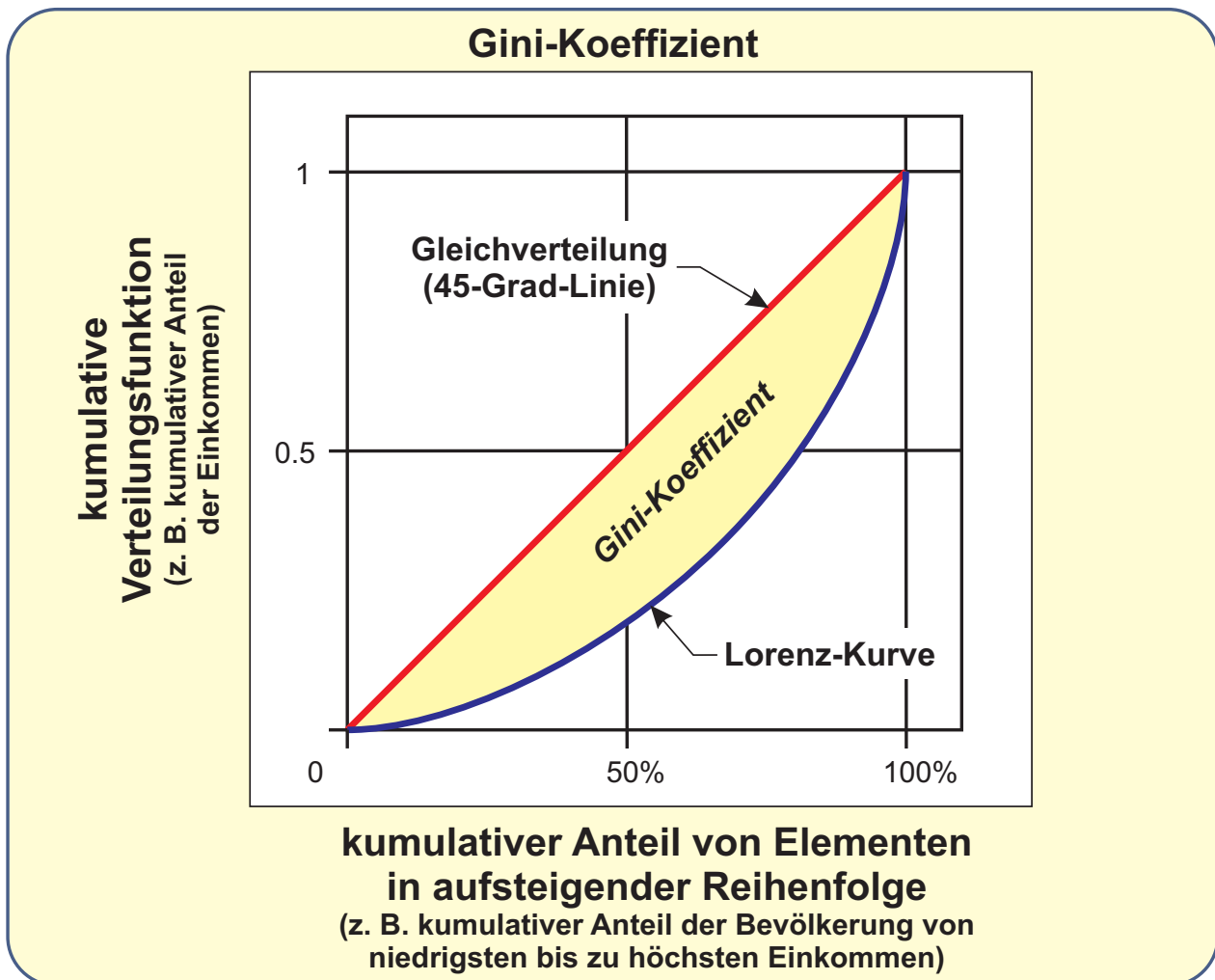


Abbildung 4-7: Gini-Koeffizient und die Lorenz-Kurve

Algorithmus zur Angleichung

Das Kriterium zur Gruppierung in (agglomerativ) hierarchischen Clusteranalyse-Verfahren ist der Gini-Koeffizient. Daher ist der Algorithmus zur Clusterbildung wie folgt:

Genau wie bei der in Abbildung 4-4 gezeigten Baumstruktur werden bei der Clusterbildung die Beschreibungselemente des Klassenmodells von der untersten aufsteigend zur obersten Ebene schrittweise zusammengefasst. Die Kompetenzzellen aller Beschreibungselemente in der untersten Ebene der Baumstruktur stellen eine Gruppe dar. Dann werden alle möglichen Kombinationen von zwei Gruppen des gleichen Pfads und der gleichen Ebene der Baumstruktur mit Hilfe des Gini-Koeffizienten verglichen (Abbildung 4-8).

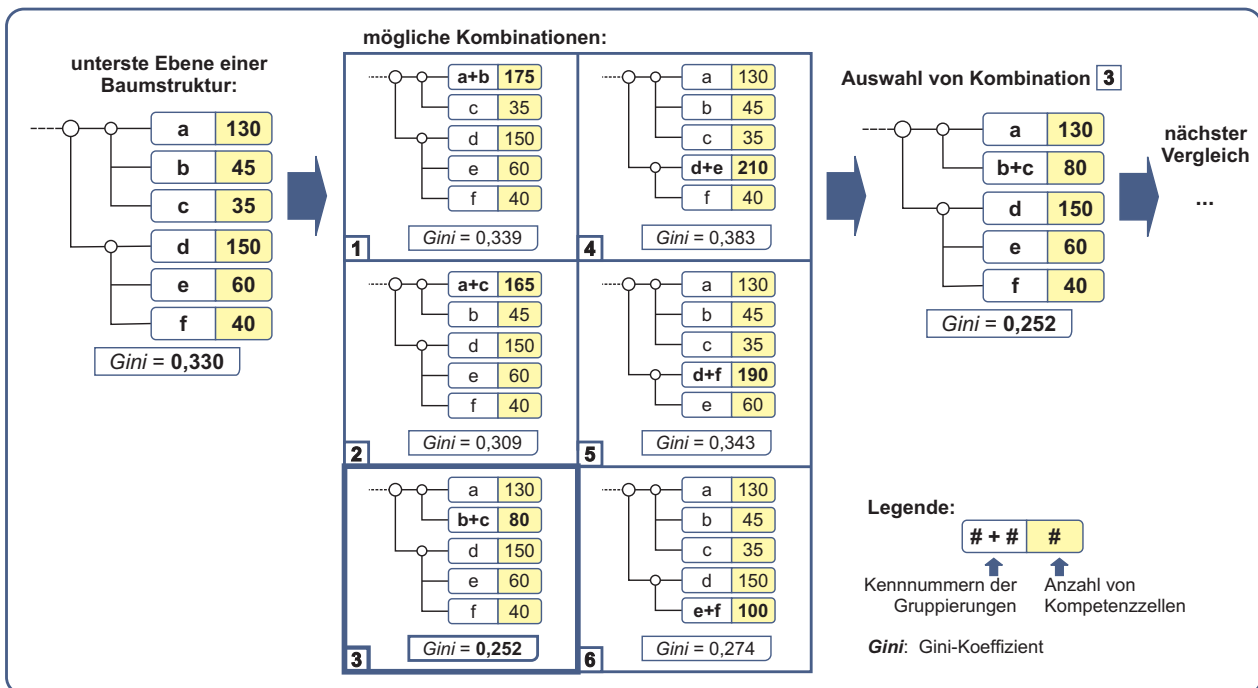


Abbildung 4-8: Beispielhafter Vergleich der Gini-Koeffizienten aller möglichen Kombinationen

Anschließend werden die zwei Gruppen der besten Kombination so zusammengefasst, dass die Anzahl der Kompetenzzellen in der neu gebildeten Gruppe einen minimalen Gini-Koeffizient aufweist. Schrittweise werden der Gini-Koeffizient und damit die Ungleichheiten zwischen den Gruppen minimiert, bis keine Verminderung durch die Kombination zweier Gruppen mehr möglich ist oder bis alle Gruppen in einer einzelnen zusammengefasst sind. Abbildung 4-9 zeigt beispielhaft eine grafische Darstellung dieser Vorgehensweise. Dort bezeichnet die Größe der Kästen die Anzahl von Kompetenzzellen in den Gruppen.

In dem Fall, dass eine Kompetenzzeile mehrere Kompetenzkomponenten aufweist, d. h. sich selbst gleichzeitig durch zwei oder mehrere Beschreibungselemente des Klassenmodells beschreibt, werden die Kompetenzkomponenten im ersten Durchlauf des Algorithmus für die Berechnung des Gini-Koeffizienten in jeder Gruppe der Beschreibungselemente einzeln gezählt, da jede Kompetenzkomponente ein Kompetenzpotenzial erhält. Fasst man zwei dieser Gruppen von Beschreibungselementen zusammen, wird die Kompetenzzeile, die in beiden Gruppen in Form von Kompetenzkomponenten vertreten ist, für die nächste Berechnung des Gini-Koeffizienten in der neu gebildeten Gruppe bzw. im neu gebildeten Cluster nur einmal gezählt, anstatt alle ihre Kompetenzkomponenten, die in dieser Gruppe bzw. diesem Cluster enthalten sind, einzeln zu zählen, d. h. die Kompetenzzeile wird nicht doppelt gezählt. So sind die am Kompetenzcluster Beteiligten im engeren Sinne die

Kompetenzzellen und nicht ihre einzelnen Kompetenzkomponenten, weil es möglich ist, dass mehrere Kompetenzkomponenten, die von nur einer Kompetenzzelle verkörpert werden, in einem Kompetenzcluster bestehen können. Allerdings kann eine Kompetenzzelle aufgrund ihrer Anzahl von Kompetenzkomponenten sowie aufgrund besonderer Bedingungen innerhalb des Netzes auch zu mehreren Kompetenzclustern gleichzeitig gehören.

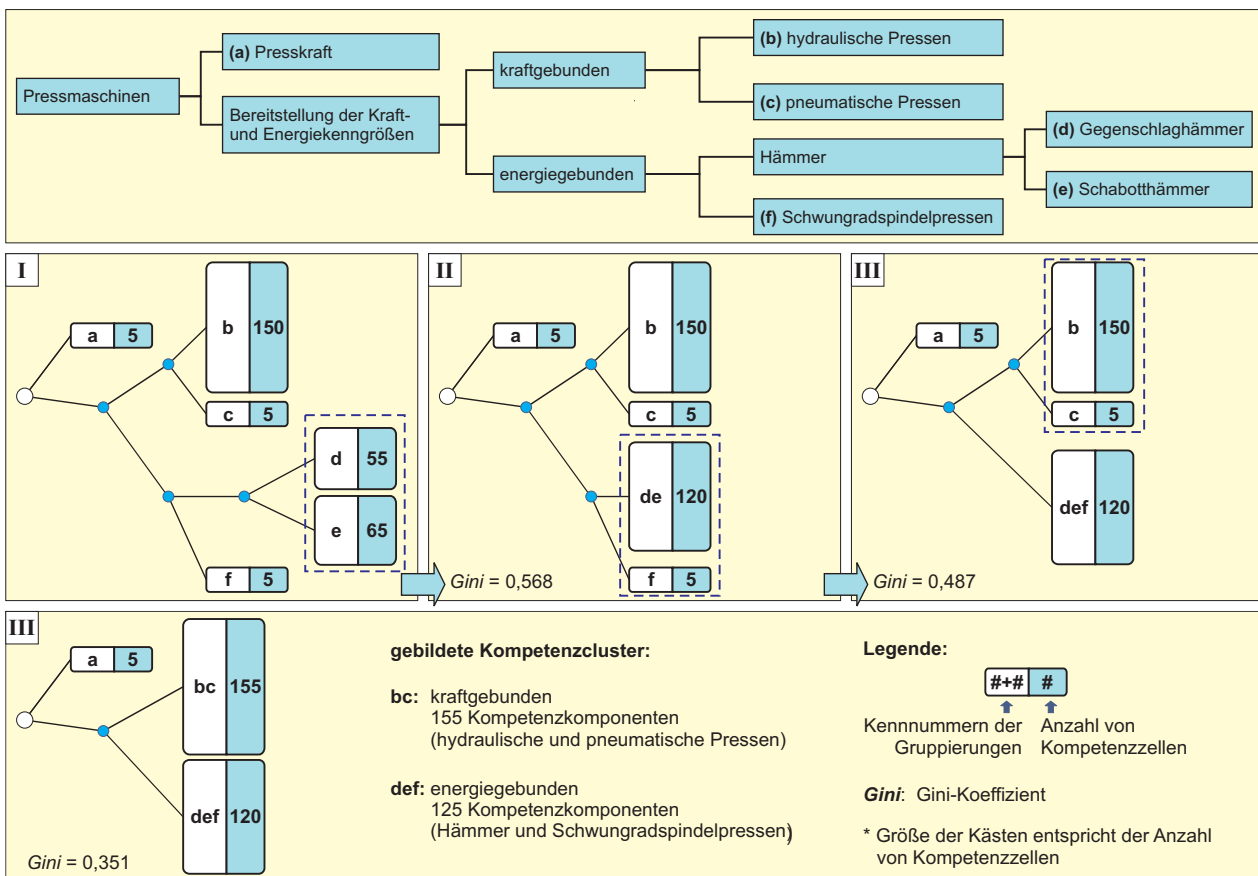


Abbildung 4-9: Grafische Darstellung der Vorgehensweise bei der Clusterbildung

Bei dieser Vorgehensweise korrespondiert die Größe jedes Kompetenzclusters mit der Anzahl der Kompetenzzellen im gesamten Kompetenznetz. Anschließend fördert dieser Algorithmus zuerst die Zusammenfassung der kleinsten Gruppen, solange, bis die Größe der erzeugten Gruppe mit dem Umfang der größten Gruppen vergleichbar ist. So werden bei einem großen Unterschied des Umfangs unausgewogene Gruppierungen vermieden, in denen eine von den kleinsten Gruppen mit einer von den größten Gruppen zusammengefasst wird, wobei die größere Gruppe über die kleinere dominiert. Die größten Gruppen sind eigentlich Kandidaten dafür, einen einzelnen Cluster zu bilden. Im Gegensatz dazu fordern die kleinsten Grup-

pen, mit anderen kleinen Gruppen gruppiert zu werden, um Wettbewerbsvorteile zu erhalten.

Diese paarweise zusammenfassende Vorgehensweise ergibt tatsächlich keine globale, sondern nur eine lokale Optimierung des Gini-Koeffizienten, deswegen kann dessen absoluter, minimaler Wert nicht immer erreicht werden. Trotzdem stellt dieses Verfahren eine ausgewogene Gruppierung im Vergleich zu einer globalen Optimierung dar. Die globale Optimierung ergibt sich nämlich aus dem Vergleich aller möglichen Kombinationen der zusammenzufassenden Gruppen, d. h. nicht nur der schrittweisen Zusammenfassung von Paaren, sondern gleichzeitig von mehreren Gruppen. Allerdings ist der Ablauf nicht schrittweise. Dies führt zu den bereits erwähnten unausgewogenen Gruppierungen.

Beispielhaft wird in Abbildung 4-10 ein Vergleich dieser beiden Optimierungen des Gini-Koeffizienten, lokal und global, dargestellt. Hierbei wurde die Anzahl von Kompetenzzellen jeder Gruppe zufällig zugewiesen. In dem Beispiel für die globale Optimierung des Gini-Koeffizienten sind 50 mögliche Kombinationen erforderlich, wobei für jede ein Gini-Koeffizient errechnet werden muss. Daraus resultieren zwei Cluster, die eine unausgewogene Verteilung aufweisen: Die Gruppen C und E sind viel größer als die mit ihnen zusammengefassten Gruppen B bzw. A und D. Folglich werden die Gruppen C und E in den Clustern dominieren. Dagegen weist die lokale Optimierung des in dieser Arbeit entwickelten Clusterverfahrens zwar nicht den minimalen Gini-Koeffizienten auf, liefert aber gut ausgewogene Cluster, innerhalb derer die beteiligten Gruppen einen ähnlichen Umfang haben. So wird ihre Teilnahme gerechter. Außerdem erfordert dieses Beispiel für eine lokale Optimierung des Gini-Koeffizienten bis zu maximal 20 Kombinationen von Paaren, für die auch jeweils ein Gini-Koeffizient errechnet werden muss. Allerdings kann die lokale Optimierung wegen des schrittweisen Ablaufs des Algorithmus vor der Ausführung einer maximalen Anzahl von Kombinationen erreicht werden.

Die Anzahl möglicher Kombinationen dieser Vorgehensweise kann mittels des Binomialkoeffizienten berechnet werden, der definitionsgemäß kalkuliert, auf wie viele verschiedene Arten k -Objekte aus einer Menge von n verschiedenen Objekten ohne Zurücklegen und ohne Beachtung der Reihenfolge ausgewählt werden können:

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad (4.2)$$

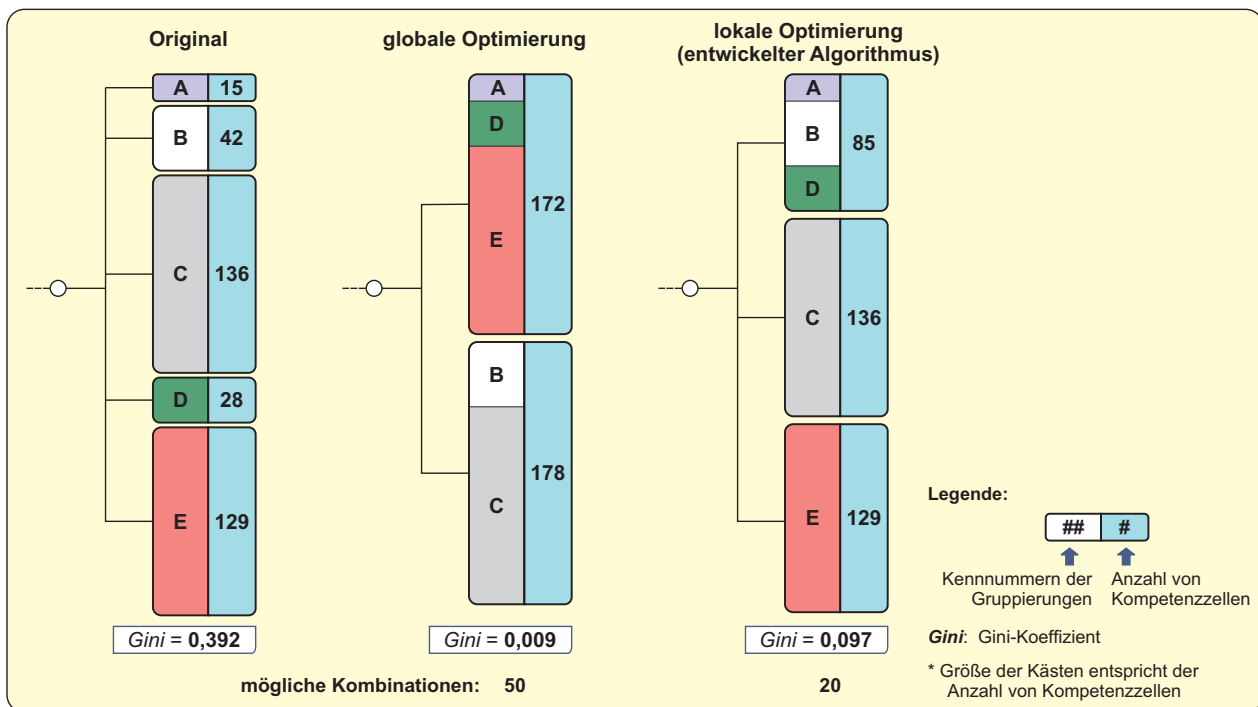


Abbildung 4-10: Vergleich von lokaler und globaler Optimierung des Gini-Koeffizienten

Demnach beträgt $k=2$ für die lokale Optimierung aufgrund ihres paarweisen Ablaufs. Die maximale Anzahl möglicher Kombinationen von n anfänglichen Gruppen auf dem gleichen Pfad und in der gleichen Ebene der Baumstruktur zur Berechnung des Gini-Koeffizienten kann wie folgt kalkuliert werden:

$$\binom{n}{2} + \binom{n-1}{2} + \binom{n-2}{2} + \dots + \binom{2}{2} \quad (4.3)$$

Für das Beispiel wurde die Anzahl der Kombinationen zur lokalen Optimierung wie folgt berechnet:

$$\binom{5}{2} + \binom{4}{2} + \binom{3}{2} + \binom{2}{2} = \frac{5!}{2!(5-2)!} + \frac{4!}{2!(4-2)!} + \frac{3!}{2!(3-2)!} + \frac{2!}{2!(2-2)!} = 20 \quad (4.4)$$

Nachprüfung des Ergebnisses

Dass die entwickelte Vorgehensweise nur zu einer lokalen Optimierung führt, soll im Folgenden nachgeprüft werden. Der aus dem Clusterverfahren resultierende

Gini-Koeffizient soll mit dem Gini-Koeffizienten einer eventuellen Zusammenfassung aller sich aus diesem Verfahren ergebenden Gruppen in der vorfolgenden Ebene aller Pfade verglichen werden (Abbildung 4-11). Diese letzte Möglichkeit kann einen noch geringeren Gini-Koeffizienten ergeben, besonders wenn die anfänglichen Gruppen ähnliche Umfänge aufweisen. In diesem Fall wird diese Zusammenfassung als das endgültige Resultat angenommen. Andernfalls muss der Algorithmus mindestens noch einmal auf diese neue eventuelle Zusammenfassung angewendet werden, um nach einem anderen, besseren lokalen Optimum zu suchen. Resultiert keine Verbesserung des Gini-Koeffizienten aus dieser erneuten Umsetzung des Algorithmus, bleibt das letzte durch die Vorgehensweise ausgerechnete Ergebnis mit dem niedrigsten Gini-Koeffizienten das endgültige Resultat.

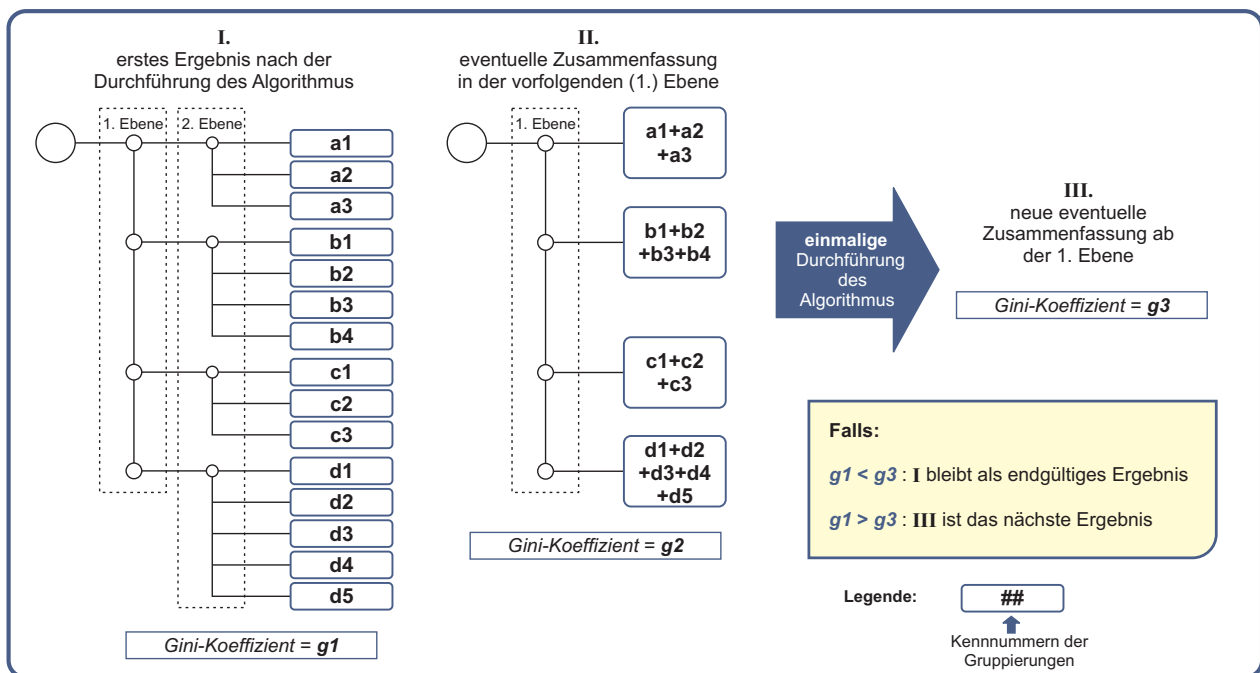


Abbildung 4-11: Nachprüfung des ausgerechneten Gini-Koeffizienten

4.2.3.3 Clusterbildung nach annähernd objektiver Bewertung der Kompetenzen

Nach Festlegung der Gruppen bzw. Kompetenzcluster können die Kompetenzzellen anhand der Bewertung ihrer Kompetenzen von den Kompetenzclustern aufgenommen oder ausgeschlossen werden. Im Prinzip haben alle Kompetenzzellen die Gelegenheit, an einem Kompetenzcluster teilzunehmen und daher die Wettbewerbsvorteile zu nutzen. Trotzdem werden nur die Kompetenzzellen mit der besten Fähigkeit hinsichtlich der Auftragsrealisierung ausgewählt. Diese Fähigkeit wird im

Bereich der Produktentwicklung durch ein Kompetenzpotenzial beurteilt. Dieses Kompetenzpotenzial wurde bereits im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 457 von STEINER entwickelt [STEI-07] (siehe 2.1.2). Das Kompetenzpotenzial stellt die Bewertung bereits realisierter Aufträge anhand der Faktoren Preis-, Termintreue sowie der Güte der Umsetzung dar. Die Berechnung des Kompetenzpotenzials für jede Kompetenzzelle erfolgt automatisch mittels des Kompetenz-Agenten (KoAg).

Des Weiteren ist jede Kompetenzzelle, deren Kompetenzpotenzial den Mittelwert aller Kompetenzzellen der jeweiligen Gruppe übersteigt, durch den KoAg zur Zugehörigkeit zum Kompetenzcluster eingeladen. Die Kompetenzzelle kann diese Einladung annehmen oder ablehnen. Im Falle der Ablehnung einer Kompetenzzelle aus irgendeinem Grund wird ihr Kompetenzpotenzial für die Mittelwertberechnung der ganzen Gruppe nicht einbezogen, damit andere Kompetenzzellen, die ein Kompetenzpotenzial knapp unter dem Mittelwert haben, aber dagegen die Absicht zur aktiven Kooperation besitzen, zum Kompetenzcluster eingeladen werden können. Anderenfalls müsste die Höhe des Mittelwertes gesteigert werden. Dies umso mehr, wenn das Kompetenzpotenzial der Kompetenzzelle einem „Ausreißerwert“ entspricht.

Bei einer Einbindung wird das Potenzial der zum Cluster gehörenden Kompetenzzellen in der Folge beobachtet. Wenn ihr Kompetenzpotenzial unter den Mittelwert minus einer Standardabweichung der Gruppe sinkt, wird diese Kompetenzzelle zunächst benachrichtigt und beim zweiten Mal in Folge vom Kompetenzcluster ausgeschlossen. Hierbei wird angenommen, dass das Kompetenzpotenzial aller Kompetenzzellen eine Normalverteilung aufweist. Demnach stellt eine Standardabweichung den Wendepunkt einer Normalverteilung dar. Nach den Eigenschaften der Normalverteilung entspricht der Anteil von Kompetenzzellen je bestimmter Gruppe, deren Kompetenzpotenzial größer ist als dieser Referenzwert, 68% aller Kompetenzzellen der Gruppe. Das ist folglich die maximal mögliche Anzahl von Kompetenzzellen, die zu einem Kompetenzcluster gehören können. Abbildung 4-12 zeigt den Anteil der einzuladenden und bestehenden Zellen in einem Kompetenzcluster.

Die Kompetenzclusterbildung erfolgt in einer automatisierten Weise mittels des KoAg und kann in regelmäßigen Abständen, z. B. jährlich, wiederholt werden. So können die Kompetenzzellen in Bezug auf die Weiterentwicklung des Kompetenznetzes neu zugeordnet sowie neue Kompetenzcluster gebildet, eliminiert oder fusioniert werden. Deshalb ist dieses Verfahren auch ein Werkzeug für die Entwicklungsanalyse des Kompetenznetzes.

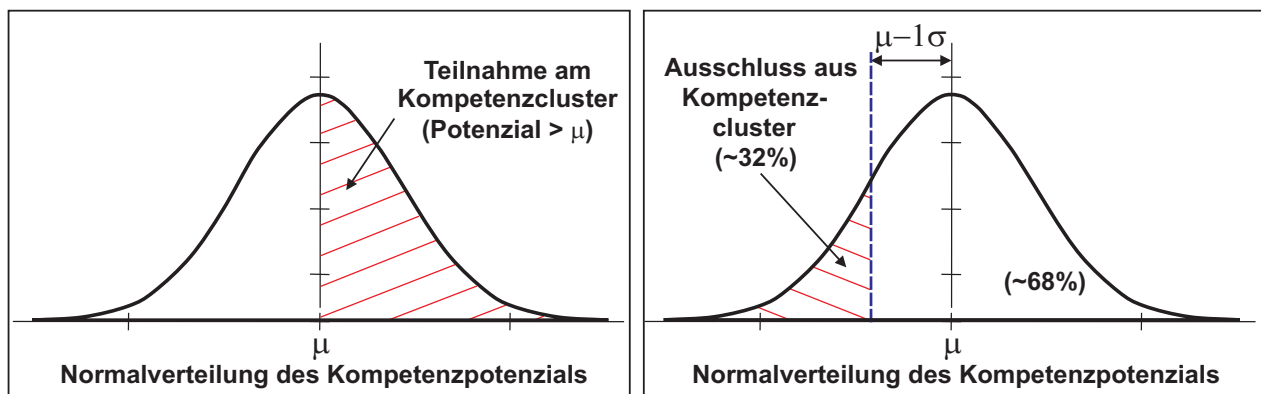


Abbildung 4-12: Aufnahme- und Ausschlusskriterium für Kompetenzzellen in Kompetenzclustern

Im Falle der erstmaligen Kompetenzclusterbildung in einem gerade gebildeten Kompetenznetz stehen Daten von ausgeführten Projekten nicht zur Verfügung. Dann weist der KoAg allen Kompetenzzellen einen Wert von $KPZ-KP=1/2$ zu. Dies ist ein Initialwert für das Kompetenzpotenzial. Er dient zur neutralen Bewertung der Kompetenzzellen zum Startzeitpunkt. Es bestehen also zwei Varianten für die erstmalige Clusterbildung. Einerseits können die Kompetenzcluster gebildet werden, wenn bereits einige Projekte nach der Gestaltung des Kompetenznetzes realisiert worden sind, z. B. ein Jahr nach dem Betriebsanfang. Der Zeitabstand hängt hauptsächlich von der Frequenz und Anzahl der Projekte ab. Die andere Variante besteht darin, dass alle Kompetenzzellen den jeweiligen Kompetenzclustern von vornherein zugewiesen werden. Erst nach einem bestimmten Zeitraum, in dem Projekte ausgeführt worden sind, kann angefangen werden, anhand der oben genannten Kriterien die Kompetenzzellen mit dem niedrigsten Kompetenzpotenzial auszuschließen.

Durch die Einbindung der Kompetenzzellen in das Kompetenzcluster erhalten diese Zugang zu dem Wissen, das im Kompetenzcluster generiert wird, wie z. B. Ideen, Lösungen, Patente, Konzepte und Produkte. So können Kompetenzzellen ihre Erfahrungen und Fachkenntnisse teilen. Dies fördert die Wissensschaffung und -weitergabe. Außerdem nehmen die Kompetenzzellen gemeinsam an der Festlegung der Strategien des Kompetenzclusters und an Entscheidungen über Investitionen im Bereich von Forschung und Entwicklung teil. Die Chance, in ein Kompetenzcluster eingeladen zu werden, fördert das Engagement und die Identifikation der Kompetenzzellen mit den Aktivitäten innerhalb der Kompetenzcluster. Es wird vermieden, dass das Interesse der Kompetenzzellen an der Kooperation verloren geht, weil die Ergebnisse der Aktivitäten innerhalb des Kompetenzclusters häufig verzögert und nicht unmittelbar in Vorteile umgewandelt werden. Andererseits führt

der Ausschluss von Kompetenzzellen mit einem niedrigen Kompetenzpotenzial dazu, dass diese Kompetenzzellen versuchen, ihre Leistungsfähigkeit zu verbessern und sich nur auf ihre stärkeren Kompetenzen zu konzentrieren.

Nach der Bildung eines Clusters nach einem bestimmten Kompetenzkomponententyp könnte eine Analyse in Bezug auf die anderen Kompetenzkomponententypen durchgeführt werden, weil alle Kompetenzen der einbezogenen Zellen in der Netzdatenbank-Software KoAg erfasst sind. Dies dient dazu, zu identifizieren, ob die ergänzenden Kompetenzen, die wichtig für die Entwicklung des jeweiligen Produktes sind, im Cluster vorhanden sind oder fehlen. Diese Analyse kann entweder automatisch oder manuell durchgeführt werden. Die Umsetzung dieser Analyse im KoAg könnte Gegenstand zukünftiger Forschungsarbeiten sein. Bei der Erkennung fehlender Kompetenzen ist zu entscheiden, ob Kompetenzzellen mit solchen Kompetenzen einzubeziehen sind oder ob sie im Cluster entwickelt werden sollen.

So könnte für einen Cluster, z. B. einer bestimmten Werkzeugmaschine, der gerade nach dem produktspezifischen Kompetenzkomponententyp gebildet wird, anhand der Analyse der Kompetenzen der einbezogenen Zellen verifiziert werden, ob zuerst alle Baugruppen der Werkzeugmaschine wie Gestell, Führungen, Antriebe, Steuerung, Versorgungssystem Werkzeug- und Werkstückträger, Aufstellung sowie Ver- und Entsorgungssystem in dem Cluster enthalten sind.

Daneben könnte außerdem in Bezug auf den fachgebietsspezifischen Kompetenzkomponententyp verifiziert werden, ob Kompetenzzellen aus den drei Wissenschaftsdisziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik, die für die Entwicklung von mechatronischen Produkten ausschlaggebend sind, im Cluster bestehen und welche Fachgebiete vorhanden sind. Genauso könnte man in Bezug auf den aktivitätsspezifischen Kompetenzkomponententyp herausfinden, ob alle Phasen der Produktentwicklung, von der Planung bis zum Prototyp, durch mindestens eine Kompetenzzelle durchgeführt werden können. Schließlich könnte anhand einer Analyse nach dem methodenspezifischen Kompetenzkomponententyp auch bestimmt werden, welche allgemeinen, produktorientierten sowie spezifischen Produktentwicklungsmethoden die beteiligten Kompetenzzellen verwenden können.

4.2.4 Beispiel

Im Folgenden wird ein hypothetisches Beispiel für das Kompetenzclusterbildungsverfahren erläutert (Abbildung 4-13). Das Beispiel zeigt den Teil einer Baumstruktur, in der es um die Klassifizierung von Produktentwicklungskompetenzzellen für umformende und spanende Werkzeugmaschinen geht, die genau so in dem KoAg

enthalten ist. In jedem Beschreibungselement wird die Anzahl der Kompetenzzellen gezeigt, die sich selbst mit der erforderlichen Kompetenz für ein reales Kompetenznetz beschreiben würden.

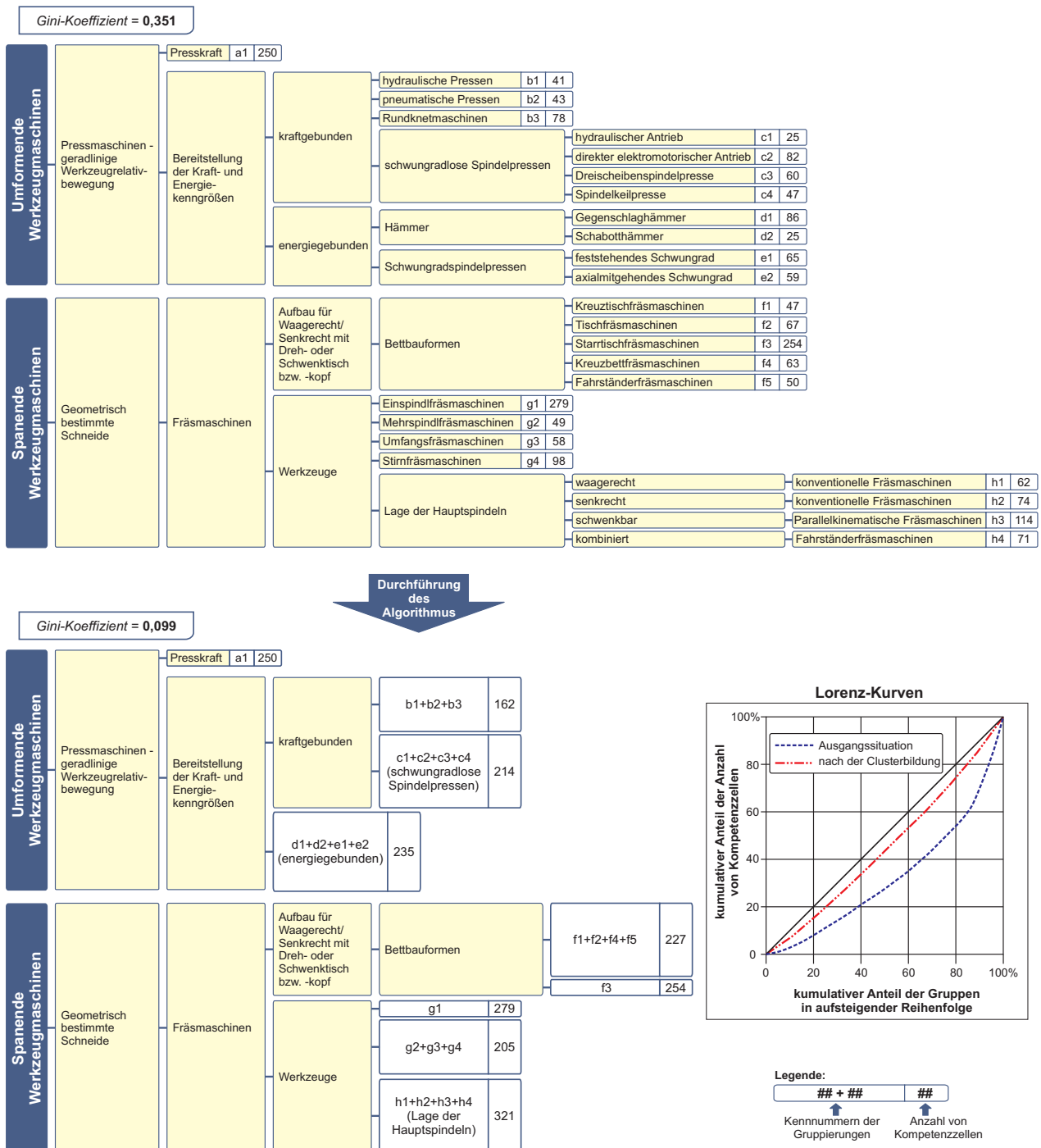


Abbildung 4-13: Beispiel für die Kompetenzclusterbildung

Nach der Bestimmung der Gruppe werden die Kompetenzzellen anhand ihres Kompetenzpotenzials in die jeweiligen Kompetenzcluster aufgenommen. Ein Beispiel dafür wird in Tabelle 4-2 dargestellt. Hier wird davon ausgegangen, dass bereits Werte für das Kompetenzpotenzial der Kompetenzzellen vorliegen. Diese Werte wurden für das Beispiel mittels der Box-Muller-Methode [BOX-58] zur Erzeugung normalverteilter Zufallszahlen mit einem beliebigen Mittelwert μ und einer beliebigen Standardabweichung σ erzeugt. Dafür werden die folgenden Formeln angewendet:

$$x_i = \mu + \sigma \cdot z_i \quad (4.5)$$

x_i	i -te normalverteilte Zufallszahl
μ	beliebiger Mittelwert
σ	beliebige Standardabweichung
z_i	unabhängige normalverteilte Zufallsvariable, die sich ergibt aus:

$$z = \sqrt{-2 \ln u_1} \cdot \cos(2\pi \cdot u_2) \quad (4.6)$$

u_1, u_2	voneinander unabhängige Zufallszahlen mit einer Rechteckverteilung in einem Wertebereich (0,1]
------------	--

An der Anbahnung ($t=0$) bilden die Kompetenzzellen mit einem Wert, der größer ist als der Mittelwert der gesamten Gruppe ($x_i > \bar{x}$), den Kompetenzcluster. Alle anderen Kompetenzzellen werden nicht aufgenommen. In den darauffolgenden Zeitpunkten ($t=1\dots 5$) wird das Kompetenzpotenzial der Kompetenzzellen überwacht und eine der folgenden Maßnahmen für jede Kompetenzzelle wird ergriffen. Die Kompetenzzellen,

- falls sie gerade zum Kompetenzcluster gehören, bleiben bei einem Kompetenzpotenzial größer als der Mittelwert minus einer Standardabweichung der Gruppe ($x_i > (\bar{x} - \sigma)$) im Kompetenzcluster;
- falls sie gerade zum Kompetenzcluster gehören, werden beim ersten bzw. zweiten Mal in Folge eines Kompetenzpotenzials geringer als der Mittelwert minus einer Standardabweichung der Gruppe ($x_i < (\bar{x} - \sigma)$) benachrichtigt bzw. aus dem Kompetenzcluster ausgeschlossen;

- falls sie noch nicht in den Kompetenzcluster aufgenommen wurden, werden bei einem Kompetenzpotenzial größer als der Mittelwert der Gruppe ($x_i > \bar{x}$) in den Kompetenzcluster eingebunden;
- falls sie noch nicht in den Kompetenzcluster aufgenommen wurden, bleiben bei einem Kompetenzpotenzial, das niedriger als der Mittelwert ist, außerhalb des Kompetenzclusters.

Tabelle 4-2: Beispiel für Aufnahme- und Ausschlusssituationen anhand des Kompetenzpotenzials

Zeitpunkt:	t0		t1		t2		t3		t4		t5	
	KP	Maß	KP	Maß	KP	Maß	KP	Maß	KP	Maß	KP	Maß
KPZ-1	0.606	Auf	0.680	Zug	0.346	Zug	0.169	Ben	0.073	Aus	0.394	--
KPZ-2	0.384	--	0.230	--	0.224	--	0.120	--	0.161	--	0.283	--
KPZ-3	0.545	Auf	0.606	Zug	0.460	Zug	0.481	Zug	0.881	Zug	0.871	Zug
KPZ-4	0.635	Auf	0.434	Zug	0.553	Zug	0.238	Ben	0.663	Zug	0.719	Zug
KPZ-5	0.127	--	0.313	--	0.272	--	0.270	--	0.419	--	0.340	--
KPZ-6	0.408	--	0.548	Auf	0.779	Zug	0.789	Zug	0.153	Ben	0.182	Aus
KPZ-7	0.513	Auf	0.856	Zug	0.884	Zug	0.959	Zug	0.763	Zug	0.960	Zug
KPZ-8	0.590	Auf	0.525	Zug	0.599	Zug	0.539	Zug	0.086	Ben	0.318	Zug
KPZ-9	0.685	Auf	0.792	Zug	0.713	Zug	0.672	Zug	0.463	Zug	0.619	Zug
KPZ-10	0.593	Auf	0.830	Zug	0.847	Zug	0.675	Zug	0.898	Zug	0.920	Zug
KPZ-11	0.709	Auf	0.488	Zug	0.560	Zug	0.466	Zug	0.670	Zug	0.890	Zug
KPZ-12	0.413	--	0.403	--	0.477	--	0.314	--	0.686	Auf	0.863	Zug
KPZ-13	0.737	Auf	0.793	Zug	0.810	Zug	0.793	Zug	0.995	Zug	0.993	Zug
KPZ-14	0.128	--	0.252	--	0.180	--	0.353	--	0.329	--	0.319	--
KPZ-15	0.689	Auf	0.258	Ben	0.100	Aus	0.140	--	0.202	--	0.195	--
KPZ-16	0.196	--	0.493	--	0.438	--	0.549	Auf	0.444	Zug	0.380	Zug
KPZ-17	0.283	--	0.418	--	0.194	--	0.373	--	0.833	Auf	0.832	Zug
KPZ-18	0.282	--	0.439	--	0.630	Auf	0.630	Zug	0.400	Zug	0.120	Ben
KPZ-19	0.288	--	0.610	Auf	0.470	Zug	0.453	Zug	0.491	Zug	0.123	Ben
KPZ-20	0.117	--	0.108	--	0.289	--	0.380	--	0.098	--	0.032	--
KPZ-21	0.312	--	0.212	--	0.304	--	0.544	Auf	0.515	Zug	0.296	Zug
KPZ-22	0.460	Auf	0.726	Zug	0.784	Zug	0.826	Zug	0.920	Zug	0.987	Zug
KPZ-23	0.096	--	0.180	--	0.428	--	0.372	--	0.461	--	0.389	--
KPZ-24	0.607	Auf	0.712	Zug	0.870	Zug	0.960	Zug	0.970	Zug	0.910	Zug
KPZ-25	0.443	Auf	0.810	Zug	0.820	Zug	0.920	Zug	0.770	Zug	0.725	Zug
$\bar{x} =$	0.434		0.509		0.521		0.519		0.534		0.546	
$\sigma =$	0.205		0.228		0.244		0.255		0.300		0.326	
$\bar{x} - \sigma =$	0.229		0.281		0.277		0.265		0.234		0.221	

Legende: **Auf:** Aufnahme **Aus:** Ausschluss **Ben:** Benachrichtigung
KP: Kompetenzpotenzial **KPZ:** Kompetenzzelle **Maß:** Maßnahme
Zug: Zugehörigkeit

5 Prozess der Initialentwicklung

*„Wenn ich die Menschen gefragt hätte, was sie wollen,
hätten sie gesagt, schnellere Pferde“*

Henry Ford

5.1 Definition

Die Initialentwicklung stellt die Start- oder Frühphase des Innovationsprozesses in kompetenzzellenbasierten Netzen dar. Sie wird als ein methodischer, kontinuierlicher und interdisziplinärer Prozess verstanden, der von dem Kompetenzcluster durchgeführt wird [NEUG-08a]. Dabei basiert die Initialentwicklung auf keinem konkreten Kundenauftrag bzw. keiner definierten Produkthanforderung, sondern auf einem Startimpuls innerhalb des Kompetenzclusters. Die Initialentwicklung beinhaltet die systematische Suche und Auswahl von Produktideen auf Grund vorbestimmter Strategien, damit ein neues erfolgversprechendes Produktkonzept generiert werden kann, das als Ausgangspunkt für den Produktentwicklungsprozess dient. Die Initialentwicklung ermöglicht es den Kompetenzzellen, das Potenzial eines neuen Produktkonzeptes genau zu bestimmen. Infolgedessen können durch gemeinsame Anstrengungen marktgerechte innovative Produkte entwickelt werden. Die Kompetenzzellen treffen hierbei die wichtigsten Entscheidungen, die den späteren Erfolg eines Produktes im Wesentlichen beeinflussen. Fehler in dieser Startphase des Innovationsprozesses sind meist verantwortlich für hohe Folgekosten (vgl. [LIND-09, S. 177-178]).

In Literatur und Praxis werden auch andere Begriffe zur Beschreibung der Innovationsfrühphase genutzt. Diese sind nur sehr begrenzt mit dem Initialentwicklungsprozess vergleichbar. Beispielweise verwendet die englische Literatur für die Frühphase der Innovation den Begriff „Fuzzy Front End“. Dieser wird in der vorliegenden Arbeit nicht übernommen. Der Begriffsbestandteil „Fuzzy“ bedeutet laut PDMA („Product Development and Management Association“), dass die Aktivitäten in dieser Phase häufig chaotisch, unvorhersehbar und unstrukturiert sind [KAHN-05]. Im Vergleich dazu ist der nachfolgende Prozess, der als Produktentwicklung bezeichnet wird, üblicherweise strukturiert, vorhersehbar und formell. Der durch den Begriffsbestandteil „Fuzzy“ angedeutete Umstand, dass die Aktivitäten in der Start-

phase auf unerkennbaren und unkontrollierbaren Faktoren basieren, führt mitunter zu der falschen Annahme, dass die Früh- bzw. Startphase des Innovationsprozesses niemals geleitet werden könnte.

In der deutschen Literatur wird die Startphase ziemlich häufig als „Produktplanung“ bezeichnet. Eine Übersicht der historischen Entwicklung der Produktplanung findet sich bei SALEIN [SALE-99]. Zu dem Begriff Produktplanung existieren mehrere inhaltlich ähnliche Definitionen in der Literatur. Im Allgemeinen umfasst die Produktplanung die Tätigkeiten, die zur Festlegung der wesentlichen Eigenschaften zukünftiger Produkte oder Produktfamilien in Bezug auf strategische Richtlinien führen. Die Ideenfindung ist hierbei betont. Beispielsweise versteht die VDI-Richtlinie 2220 unter Produktplanung die „systematische Suche und Auswahl zukunftssträchtiger Produktideen und deren weitere Verfolgung auf Basis der Unternehmensziele“ [VDI-2220]. Im Vergleich zur Produktplanung, die auch eine vorgelagerte Phase der Produktentwicklung ist, konzentriert sich die Initialentwicklung nicht nur auf die Planung zukünftiger Produkte bzw. Produktfamilien, sondern auch auf die Erkennung zukünftiger Produktideen für noch zu entwickelnde Schlüsseltechnologien. Folglich deutet der Begriff Initialentwicklung den Beginn von Tätigkeiten im Rahmen der Forschung und Entwicklung an.

Daneben existieren in der Literatur verschiedene Begriffe für die Innovationsfrühphase wie Vorphase, Vorprojektphase, Startphase, up-front-activities, pre-development, pre-project activities etc. Ebenso bestehen zahlreiche Ansätze bzw. Modelle für diese Phase. Fast alle diese Ansätze wurden für ihre Anwendung innerhalb kleiner bis großer Unternehmen entwickelt. Daher war es nötig, einen eigenen angepassten Ansatz zu entwickeln, der für die Anwendung in Netzwerken geeignet ist.

5.2 Konzipierung der Initialentwicklung

Der Ansatz zur Initialentwicklung in der vorliegenden Arbeit wurde aus der Analyse und dem Vergleich vorhandener Ansätze zur Innovationsfrühphase konzipiert, die in der Literatur als selbständig sowie als anfänglicher Bestandteil eines ganzen Innovationsprozesses angesehen werden. Da sich die Frühphase durch interdisziplinäre Aktivitäten auszeichnet, wurden bestehende Ansätze aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Perspektiven des Marketings, des Managements oder der Konstruktion konzipiert. Ansätze aus der Sicht des Marketings fokussieren wesentlich auf die Kundeneinbindung und die Marktanalyse, um die Produktakzeptanz zu

gewährleisten. Ansätze aus der Sicht des Managements konzentrieren sich grundsätzlich auf die Planung und Kontrolle der Innovationsaktivitäten, vor allem auf die Analyse von Wirtschaftlichkeits- und Finanzkriterien für die Entscheidungsfindung, und auf die Ausrichtung der Innovationsaktivitäten im Hinblick auf vorbestimmte Unternehmensstrategien. Schließlich geht es in der Vielzahl ingenieurwissenschaftlich orientierter Publikationen, vor allem im Bereich der Konstruktion, vornehmlich um die Ideenfindung für neue Produkte. Die meisten Ansätze kombinieren aber die drei Sichtweisen, wobei eine mehr oder weniger überwiegt. Dies ist auch bei dem Ansatz der Initialentwicklung der Fall, der die drei Sichtweisen mit verstärktem Blick auf technische Aspekte verknüpft.

Insgesamt können die Ansätze in Bezug auf deren Ablauf in *phasenorientierte* oder *gate-orientierte* unterteilt werden. Bei den *phasenorientierten* Ansätzen gliedert sich der Ablauf in einzelne sequenzielle Phasen. Diese Phasen sind mit der Identifikation der jeweiligen Tätigkeitsschritte verbunden. Zahlreiche Methoden können zur Ausführung einzelner Tätigkeitsschritte Anwendung finden. Die Einbindung dieser Methoden wird in der Literatur unterschiedlich detailliert gehandhabt. Abbildung 5-1 zeigt beispielhaft den phasenorientierten Ansatz nach PAHL *et al.* [PAHL-07].

Die *gate-orientierten* Ansätze umfassen dagegen die Tätigkeiten und dazugehörigen Entscheidungspunkte des Innovationsprozesses. Die Entscheidungspunkte sind als sogenannte „Gates“ gekennzeichnet. Dieser Begriff wurde von COOPER geprägt, der basierend auf empirischen Studien zu Erfolgsfaktoren des Innovationsprozesses den sogenannten „Stage-Gate-Prozess“ als ein Managementwerkzeug entwickelte [COOP-01]. Gates bezeichnen gewissermaßen Kontroll-, Synchronisations- sowie Abstimmungspunkte. Synonyme für Gate in der Literatur sind Meilenstein, Checkpoint, Review, Synchronpunkt etc. Vor jedem Gate gibt es eine Phase („Stage“), die die jeweiligen Aktivitäten darstellt und die erfüllt werden müssen. Hierbei gelten auch mehrere Methoden zur Ausführung einzelner Aktivitätenschritte. Diese Ansätze stellen dann einen „Phase-Review-Prozess“ dar. Beispielhaft ist ein Stage-Gate-Prozess in Abbildung 5-2 schematisch dargestellt.

Bei der Auswertung der vorliegenden Ansätze zur Innovationsfrühphase werden zwei Ausgangspunkte identifiziert: Einige Ansätze setzen bei einem Startimpuls in Form einer (Produkt-)Idee an. Diese resultiert aus einem Prozess zur Ideengenerierung oder einer neuen Erfindung und soll durch die Ergänzung mit anderen Ideen weiterentwickelt werden. In folgenden Phasen werden die Ideen anhand technischer und marktbezogener Kriterien nach der Wahrscheinlichkeit des Erfolgs, der Machbarkeit und der Übereinstimmung mit den Unternehmensstrategien selektiert. Diese Ansätze weisen jedoch die Schwäche auf, dass sie keinen methodischen und

kontinuierlichen Prozess darstellen, weil ihr Beginn von kaum planbaren Ereignissen, Erfindungen, Ideen oder der Erkennung eines Problems abhängen. Beispielhaft kann die Entstehung der Haftnotizen angeführt werden. SPENCER SILVER (von der Firma 3M) erfand einen Klebstoff, der sich rückstandsfrei mit dem Papier wieder ablösen lässt. Jedoch fehlte eine verwertbare wirtschaftliche Umsetzung, da es damals keine Produktidee für die Erfindung gab. Verschiedene Produktideen wurden entwickelt, bis ein neues Konzept zur Anwendung des Klebstoffs in einem Merkzettel vorgeschlagen wurde. So waren die Post-it® Haftnotizen geboren.

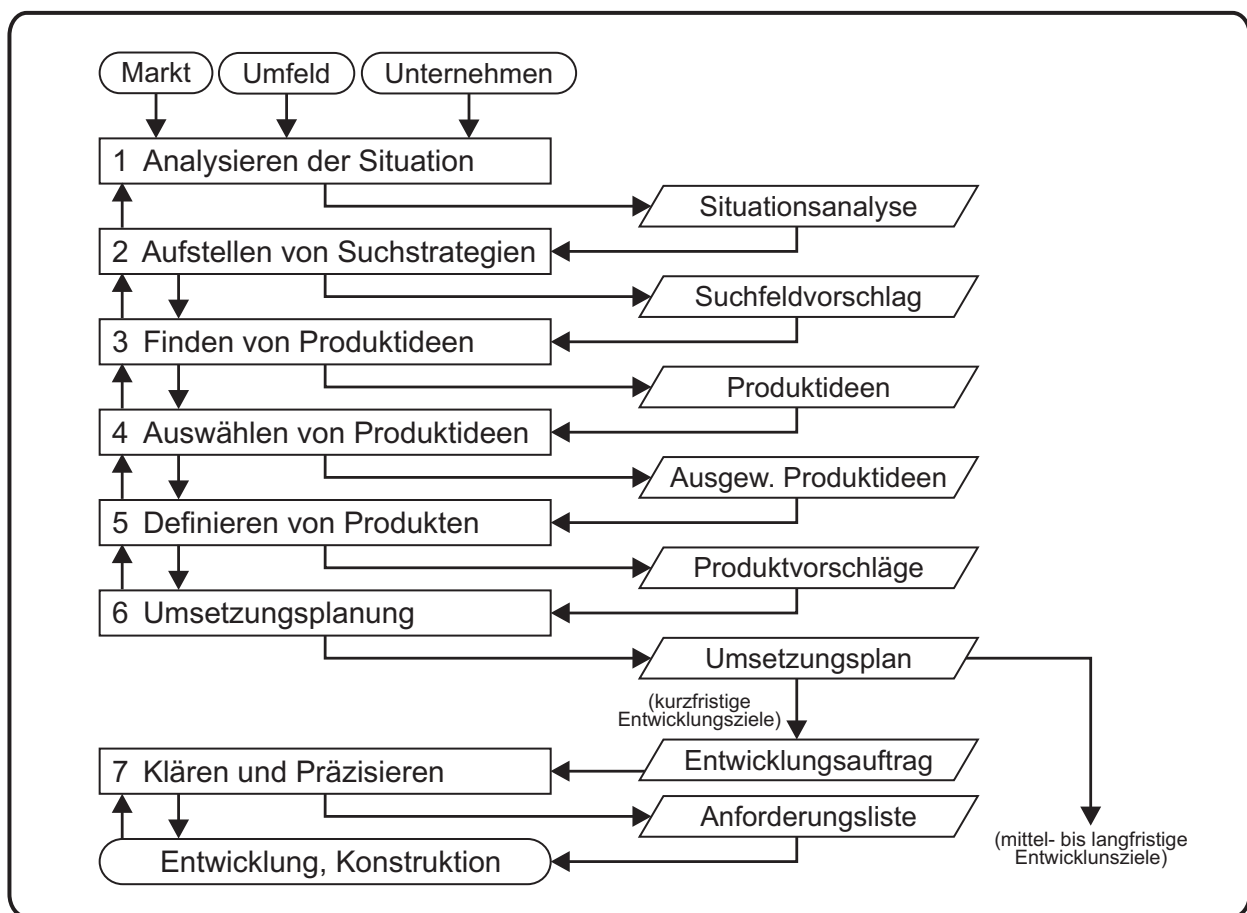


Abbildung 5-1: Beispiel für einen phasenorientierten Ansatz in der Frühphase der Innovation (nach [PAHL-07])

Auf der anderen Seite fangen einige Ansätze bei der Erkennung und Auswahl von Chancen an, die der Unternehmensstrategie entsprechen sollen. Anhand dieser Chancen werden die neuen Produktideen gesucht. Allerdings können beide Ausgangspunkte, Initiativen aus Ideen und das Erkennen von Chancen, wichtige Innovationen anregen (vgl. [KOEN-02]). Deswegen umfassen viele Ansätze der Innovationsfrühphase beide Typen von Ausgangspunkten.

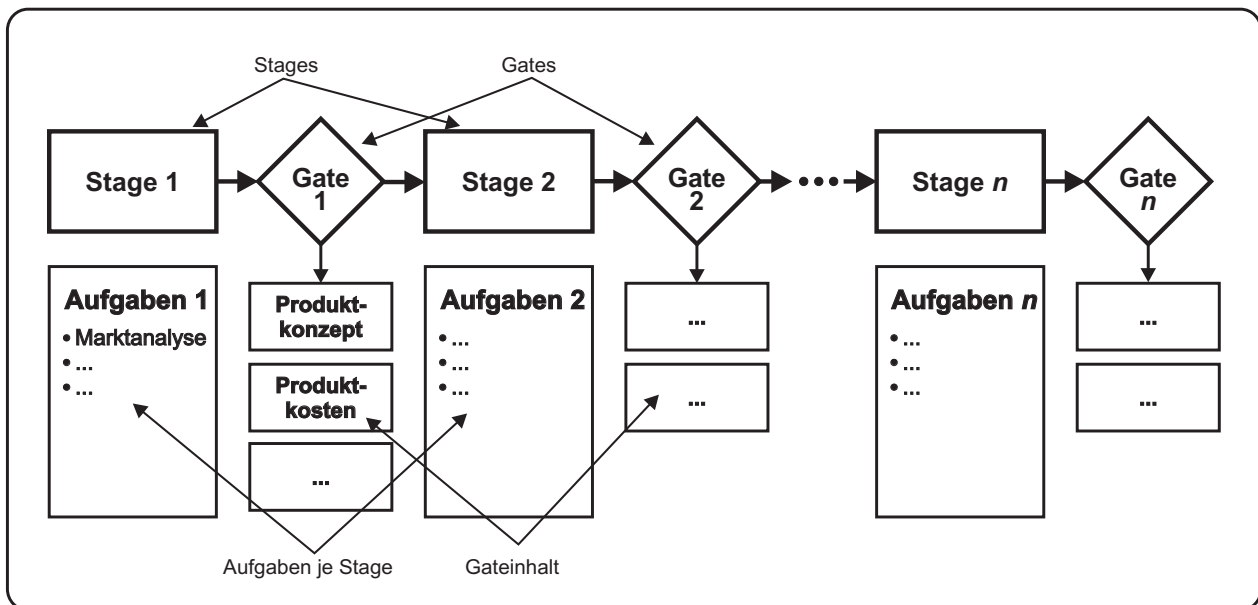


Abbildung 5-2: Schematisches Beispiel für einen gate-orientierten Ansatz

Die gegenüberstellende Darstellung in Tabelle 5-1 erfasst die prominentesten Ansätze der Innovationsfrühphase, auf denen der in der vorliegenden Arbeit entwickelte Ansatz zur Initialentwicklung basiert. Aus der Tabelle kann man entnehmen, dass die Ansätze eine sehr unterschiedliche Anzahl von Einzelschritten aufweisen. Daher besteht keine Einigkeit über die notwendigen Aktivitäten in der Innovationsfrühphase. Auch werden gleiche oder ähnliche Einzelschritte in unterschiedlichen Formen nach den jeweiligen Ansätzen bezeichnet, die auch in der Gestaltung ihrer Vorgehensweise nicht übereinstimmen: Es existieren sequenzielle, mit oder ohne Rückkopplung, zyklische sowie Ansätze ohne ein festen Pfad. Besonders hervorzuheben sind hier das Münchener Vorgehensmodell [LIND-05] und das New-Concept-Development-Modell [KOEN-01], welche fernab der linearen und sequenziellen Vorgehensweise auf dem Grundgedanken der Verflechtungen der einzelnen Schritte basieren. Bei dem Münchener Vorgehensmodell liegt der größte Vorteil in der extremen Flexibilität begründet, weil ein beliebiger Schritt als Ausgangspunkt genutzt werden kann, von dem man entweder direkt oder indirekt jederzeit zu einem anderen Schritt springen kann.

Tabelle 5-1: Einige Ansätze zur Innovationsfrühphase

Modell	Wiss. Perspektive	Ausgangspunkt	Merkmale	Besonderheiten
New Concept Development nach KOEN <i>et al.</i> [KOEN-01]	Marketing und Management	Ideengenerierung oder Erkennen der Chancen durch die Situationsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> - fünf Einzelschritte in einem Kreisprozess - Rückkopplung zwischen den einzelnen Stufen und weiteren zu beeinflussenden Faktoren 	<ul style="list-style-type: none"> - flexible Handhabung - stetiger Prozess statt schrittweises Vorgehen - keine Entscheidungspunkte
Product Planning nach CAGAN und VOGEL [CAGA-02]	Management und Marketing	Erkennen der Chancen durch die Situationsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> - sequenzieller Verlauf der vier Hauptschritte - keine Rückkopplung 	<ul style="list-style-type: none"> - neben den Informationen der Technologie und des Marktes werden auch soziale Informationsquellen genutzt - kein Abbruch und keine Entscheidungspunkte während des Prozesses - systematisch; keine Betrachtung der Initiativen - detaillierte Ziele, Ergebnisse und Empfehlungen geeigneter Methoden für jeden Schritt
nach HOLT [HOLT-88]	Management	Erkennen der Chancen durch die Situationsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> - mehrere, sehr detaillierte Einzelschritte - sequenzieller Verlauf mit Entscheidungspunkten - keine Rückkopplung 	<ul style="list-style-type: none"> - strukturiert und detailliert - unflexibel - geringe Betrachtung des Konstruktionsprozesses
nach WHEELWRIGHT und CLARK [WHEE-92]	Management	Erkennen der Chancen durch die Situationsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> - drei in einem Trichter dargestellte Hauptphasen - kein schrittweises Vorgehen - keine Gestaltungsempfehlungen, sondern nur eine Analyse/Erklärung der Innovationsfrühphase 	<ul style="list-style-type: none"> - unscharfer Pfad, keine Struktur - Beschreibung des Flusses von Ideen

Modell	Wiss. Perspektive	Ausgangspunkt	Merkmale	Besonderheiten
Strategische Produktplanung nach GAUSEMEIER <i>et al.</i> [GAUS-01]	Konstruktion, Management	Kreisprozess: kein deutlicher Ausgangspunkt Empfehlung: Geschäftsplanung	- Bestandteil des Produktentstehungsprozesses - sequenzieller aber zyklischer Verlauf in vier Hauptphasen	- Rückkopplung erst nach dem Wiederanlauf des Zyklus - sehr detaillierte Beschreibung der Aufgaben und der zu empfehlenden Methoden für jede Phase
Münchener Vorgehensmodell nach LINDEMANN [LIND-05]	Konstruktion	Planung bzw. Erkennen der Chancen durch die Situationsanalyse	- sieben Einzelschritte mit keinem festen Pfad, sondern mehrere Kombinationen von Wegen bezüglich jedes Projektes	- flexible Handhabung: strukturierbar bezüglich der Merkmale jedes Projektes - kein Abbruch und keine Entscheidungspunkte während des Prozesses - systematisch; keine Betrachtung von Initiativen - nur technische Bewertungen
Produktplanung nach PAHL <i>et al.</i> [PAHL-07]	Konstruktion	Situationsanalyse	- sequenzieller Ablauf in sieben Schritten - Rückkopplungen möglich	- keine Entscheidungspunkte - systematisch; keine Betrachtung der Initiativen - sehr detaillierte Beschreibung der einzelnen Schritte - konstruktionsorientiert
Produktplanung nach VDI-2220 [VDI-2220]	Konstruktion	Unternehmensziel	- sequenzieller Verlauf in fünf Schritten - Rückkopplungen möglich	- einzelne Schritte durch Fragen unterstützt - Rückkopplung erst nach dem fünften Schritt und der Entscheidungsfrage möglich - keine Betrachtung der Initiativen - Informationsquellen nicht benannt

Die meisten Ansätze stimmen jedoch mehr oder weniger darin überein, einige für die Innovationsgenerierung basale Aktivitäten zu erwähnen. Dazu gehört die Situationsanalyse sowie die Ideengenerierung und -auswahl für neue Produktkonzepte. Auch stimmen alle Ansätze überein, dass die Anzahl von Ideen oder Alternativen entlang die Durchführung deutlich abnimmt. Der Grund dafür, dass ein allgemeingültiger Ansatz für die Innovationsfrühphase nicht existiert, liegt einerseits in der Vielfältigkeit der Definitionen für den Begriff Innovation und andererseits in der Komplexität des Prozesses für die Innovationsgenerierung.

5.3 Phasen des Initialentwicklungsprozesses

5.3.1 Aufgabenbereiche der Initialentwicklung

Der Initialentwicklungsprozess gliedert sich in drei wesentliche Aufgabenbereiche: die Potenzialfindung, die Produktfindung und die Vorbereitung zur Produktentwicklung. Bei der Potenzialfindung geht es zunächst um die Erkennung von Chancen in Bezug auf die Strategien des Kompetenzclusters. Eine Chance ist der Abstand oder die Abweichung zwischen einem gegenwärtigen Ist-Zustand und dem Soll, einer vorgestellten oder erwarteten Zukunft. Dieser Abstand repräsentiert die Gelegenheit, Wettbewerbsvorteile zu erlangen, auf eine Bedrohung zu reagieren, ein Problem zu lösen oder eine Schwierigkeit zu bewältigen. Anhand dieser Chancen erfolgt im folgenden Aufgabenbereich, der Produktfindung, die Suche und Auswahl von Produktideen. Eine Produktidee ist die ursprüngliche Form eines neuen, möglichen Produktes, das angeboten werden kann. Sie bezeichnet die Vorstellung davon, wie ein Problem gelöst werden kann. Im Aufgabenbereich der Vorbereitung zur Produktentwicklung wird als Resultat der Auswahl erfolgversprechender Produktideen ein Produktvorschlag generiert. Der Produktvorschlag entspricht dem vorläufigen Produktkonzept, das im folgenden Produktentwicklungsprozess bis zur endgültigen Version konkreter präzisiert wird. Das Produktkonzept ist eine ausführlich erarbeitete Darstellung von Produktideen, die schriftlich oder manchmal verbal ausgedrückt, aber auch häufig durch Grafiken und vorläufige Spezifikationen gestützt wird. Es stellt eine konsumorientierte, also für Konsumenten verständliche Beschreibung möglicher Produkte dar (vgl. [STAN-97, S. 152]). Es fasst auch die fundamentalen Produktmerkmale aus Kundensicht und die dafür benötigten Technologien umfassend zusammen.

Der Initialentwicklungsprozess in kompetenzzellenbasierten Netzen sieht keine starre Abfolge vor, sondern es handelt sich um ein iteratives Vorgehen mit Vor- und Rücksprüngen zwischen mehreren Phasen (Abbildung 5-3), die im Folgenden einzeln näher betrachtet werden (vgl. [NEUG-08a]). Die konkrete Anwendung geeigneter Methoden im Vorgehen jeder Phase wird eine wesentliche Zielsetzung zukünftiger Forschungsarbeiten sein.

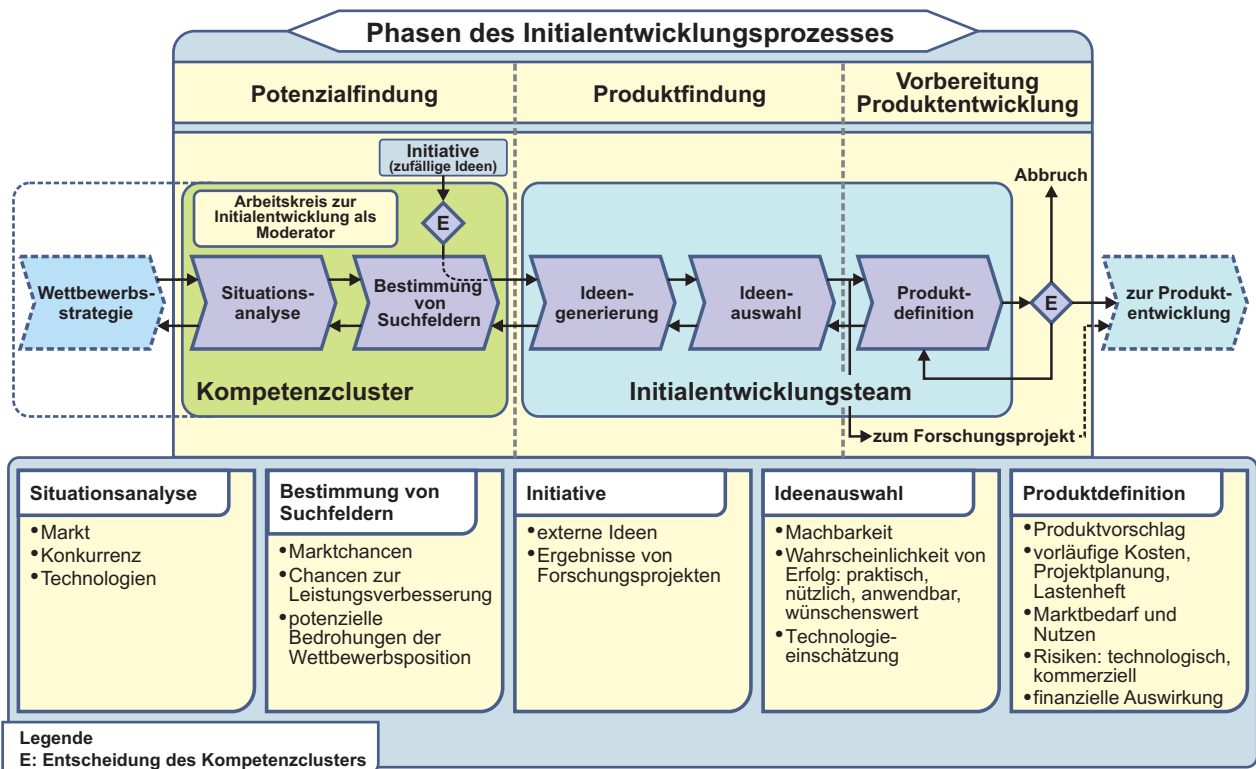


Abbildung 5-3: Phasen des Initialentwicklungsprozesses

5.3.2 Ausgangssituation

Auslöser für Innovationen können sein: Market-Pull, wenn für eine neue Anforderung eine Lösung gesucht wird, oder: Technology-Push, wenn die Etablierung einer neuen Technologie angestrebt wird, sowie prinzipiell auch eine Kombination beider [HAUS-07]. Der Initialentwicklungsprozess konzentriert sich deshalb insbesondere auf diese beiden Bereiche: den Markt und die Technologie. Die Orientierung am Market-Pull ergibt meistens kurzfristige Innovationspotenziale, während die Orientierung am Technology-Push zu mittel- bis langfristigen Innovationspotenzialen führt [EVER-03]. Es besteht also grundsätzlich kein ideales Verhältnis zwischen beiden Bereichen. Deshalb soll dieses Verhältnis, neben Innovationsart und -grad, in der zur verfolgenden Wettbewerbsstrategie für den Innovationsprozess genauer spezi-

fiziert werden. Eine Strategie wird dabei als ein längerfristig ausgerichtetes planvolles Anstreben einer vorteilhaften Lage verstanden, dass sowohl die Zielsetzung als auch die Formulierung von Maßnahmen umfasst, mit denen die gesetzten Ziele zu erreichen sind [GOOS-03].

Auf diese Weise legt der Kompetenzcluster die Wettbewerbsstrategie durch die beteiligten Kompetenzzellen der Produktentwicklung mit Hilfe des Marketings und des Vertriebs in einer vorgelagerten Phase des gesamten Initialentwicklungsprozesses fest. Deshalb kann diese als Phase 0 bezeichnet werden.

Vier miteinander kombinierbare Strategien zur Initialentwicklung können durch den Kompetenzcluster verfolgt werden. Sie stehen in Verbindung mit der Entwicklung der Leistungsmerkmale der neuen, in den Produkten verwendeten Technologie (Abbildung 5-4) [WEID-07]. Diese Leistung wird durch eine S-Kurve beschrieben [FOST-86]. Die Erster-auf-dem-Markt- und die Erschließung-von-Marktnischen-Strategie setzen am Anfang der Entwicklung einer neuen Technologie an. Die Kostenführer- und die Schneller-Verfolger-Strategie sind dagegen in der Weiterentwicklung von Nutzen. Alle vier Strategien haben unterschiedliche Innovationsniveaus.

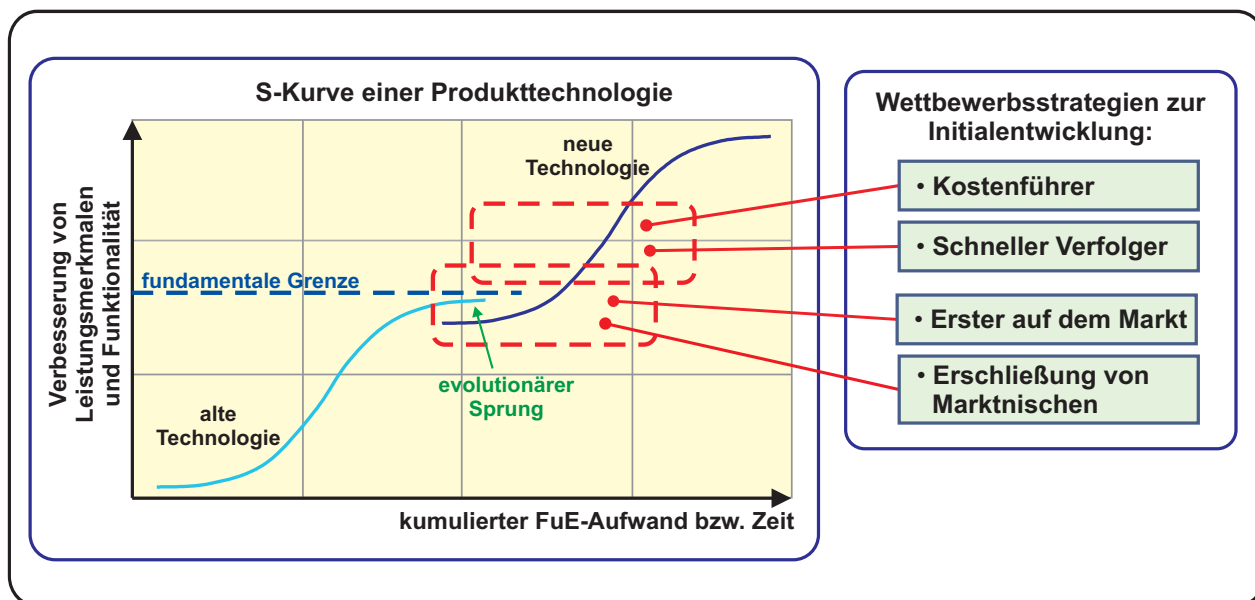


Abbildung 5-4: S-Kurve der Leistungsmerkmale einer Technologie und die Wettbewerbsstrategien zur Initialentwicklung

Des Weiteren umfasst der Initialentwicklungsprozess in Bezug auf die Auswertung der vorliegenden Ansätze der Innovationsfrühphase zwei Ausgangspunkte: einerseits die methodische Erkennung von Chancen in der Phase der Situationsanalyse und andererseits die Möglichkeit von Initiativen, bei denen Ideen aus Forschungs-

projekten des Kompetenzclusters (siehe Kapitel 6) oder zufällig generierte Produktideen der Kompetenzzellen eingebracht werden können. Diese Ideen stimmen nicht mit den festgelegten Suchfeldern überein und resultieren nicht aus der Phase der Situationsanalyse. In diesen Fällen sollten die Ideen mit der Wettbewerbsstrategie zur Initialentwicklung des Kompetenzclusters abgestimmt werden. Der Kompetenzcluster muss entscheiden, ob die Ideen in den nächsten Phasen weiter verfolgt werden oder ob eventuell ein neues Suchfeld bestimmt werden muss.

5.3.3 Situationsanalyse

Die erste Phase des Initialentwicklungsprozesses ist die Situationsanalyse. Die Vorgehensweise dieser Phase ist durch zwei Hauptaktivitäten charakterisiert. Zuerst müssen interne bzw. externe Informationen und Daten beschafft werden. Obwohl diese Informationen häufig vorhanden sind, weil sie etwa innerhalb des Netzes bzw. Kompetenzclusters generiert wurden oder aus öffentlichen, externen Quellen stammen, müssen diese gesammelt und als Voraussetzung für die folgenden Aktivitäten gebündelt werden. Nach dieser Erhebung können die Informationen in ihrer Rohform als Input für die weitere Analyse genutzt werden. Dadurch soll ein klares Bild der Ist-Situationen des Netzes, des Clusters sowie der Konkurrenz- und Marktsituation entstehen.

Zur Vorbereitung und Analyse notwendiger Informationen wird ein temporärer Arbeitskreis zur Initialentwicklung gebildet. Der Begriff des Arbeitskreises geht aus der Charakterisierung kooperativer Organisationsformen im Rahmen des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes hervor und wurde bereits charakterisiert [BAUM-08], wobei dessen Merkmale auf die vorliegende Arbeit übertragbar sind: Die Organisationsform des Arbeitskreises ist sowohl zur Realisierung von beratenden bzw. beschlussfassenden Führungsaufgaben (Verhaltensabstimmung) als auch für operative Aufgaben der Kooperation geeignet. Im Arbeitskreis erfolgt die Koordination pluralistisch, d.h. unter Einbeziehung aller beteiligten Mitglieder in einem Prozess wechselseitiger Verhandlung und Abmachung. Diese Organisationsform ist in Bezug auf die zu realisierende Aufgabe zeitlich unbefristet oder befristet angelegt. Die Bestimmung der Häufigkeit und Dauer des Arbeitskreises zur Initialentwicklung im Kompetenzcluster kann an die regelmäßigen Berichte verschiedener Bereiche des Kompetenznetzes geknüpft werden. Der Arbeitskreis bildet die Basis zur Vorbereitung und Umsetzung des Initialentwicklungsprozesses und fungiert als Moderator für die Entscheidungen des Kompetenzclusters.

Bei dem Arbeitskreis zur Initialentwicklung handelt es sich um eine Verknüpfung von Kompetenzzellen zweier Teilbereiche [NEUG-08a] (Abbildung 5-5): Einerseits umfasst der Arbeitskreis eine Verknüpfung von funktionsorientierten Kompetenzzellen wie der Produktentwicklung, der Fertigung, der Arbeitsplanung und des Qualitätsmanagements und bestimmten Kompetenzzellen, die im Kompetenznetzbetrieb die Rolle des Akquisiteurs leisten. Der Akquisiteur, der bereits in einem Rollenkonzept des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes charakterisiert wurde [BAUM-08], verkörpert die Funktionen von Marketing und Vertrieb. Er fungiert entweder als zentrale Anlaufstelle jeglicher Kundenkontakte oder er bündelt alle Kundenkontakte und bearbeitet diese integrativ weiter. Er ist verantwortlich für die Analyse der Markt- und Kundenbedürfnisse sowie für die Pflege der existenten als auch für den Aufbau neuer Kundenbeziehungen. Die Hauptaufgabe des Arbeitskreises, der aus funktionsorientierten Kompetenzzellen besteht, liegt in der Situationsanalyse des Marktes, der Umwelt, des eigenen Kompetenznetzes und der Konkurrenten. Dazu dient die Zusammenstellung interner und externer fachbereichsbezogener Daten zum Verhältnis von Marktwachstum, -attraktivität und -anteil im Vergleich mit dem jeweiligen Marktführer sowie zu Kundenreklamationen, Reparaturmeldungen, Gewährleistungen und Fertigungsproblemen.

Andererseits schließt der Arbeitskreis zur Initialentwicklung eine Verknüpfung von ausschließlich fachgebietsspezifischen Kompetenzzellen der Produktentwicklung ein. Hierbei werden, bezogen auf ein mechatronisches Produkt, fachgebietsspezifische Produktentwicklungs-Kompetenzzellen verknüpft, bspw. aus den Bereichen Hydraulik/Pneumatik, Elektrik/Elektronik und Mechanik. Diese analysieren die Technologiesituation mittels der Bewertung der Technologieattraktivität, der eigenen relativen Technologieposition und der Erfassung des Standes der Technik in den jeweiligen Bereichen. Ziel ist die Erkennung der Technologietrends. Hierbei werden zwei Strategien für die Technologiebeobachtung unterschieden [GAUS-01]: Zum einen erfolgt das „Scanning“ nahezu ziellos, unstrukturiert und eher zufällig in einem vorher grob festgelegten Bereich, um Informationen und Anhaltspunkte für einen neuen Technologietrend zu finden. Zum anderen hat das „Monitoring“ die Aufgabe, speziell definierte Bereiche ständig zu überwachen und Technologietrends zuverlässig zu melden. Natürlich ist eine ganzheitliche Überwachung nahezu unmöglich, doch schon allein diese beiden Strategien ermöglichen einen guten Überblick und liefern Informationen über wichtige Technologieentwicklungen. Dabei nutzen sie Informationen aus formellen bzw. informellen Quellen [MEYE-01]. Als formelle Quellen zählen Statistiken, wissenschaftliche Veröffentlichungen, Zeitschriften, Patente, Datenbanken oder Berichte zu den Technologieprognosen. Hin-

gegen gelten als informelle Quellen Messen, Fachtagungen oder Konferenzen sowie Kundenkontakte oder externe Kooperationen. Mit dem Umfang der Informationsbeschaffung und -analyse steigen natürlich die Kosten, weshalb sensibel zwischen Aufwand und Nutzen, den Kosten sowie der Menge tatsächlich verwertbarer Informationen abgewogen werden muss.

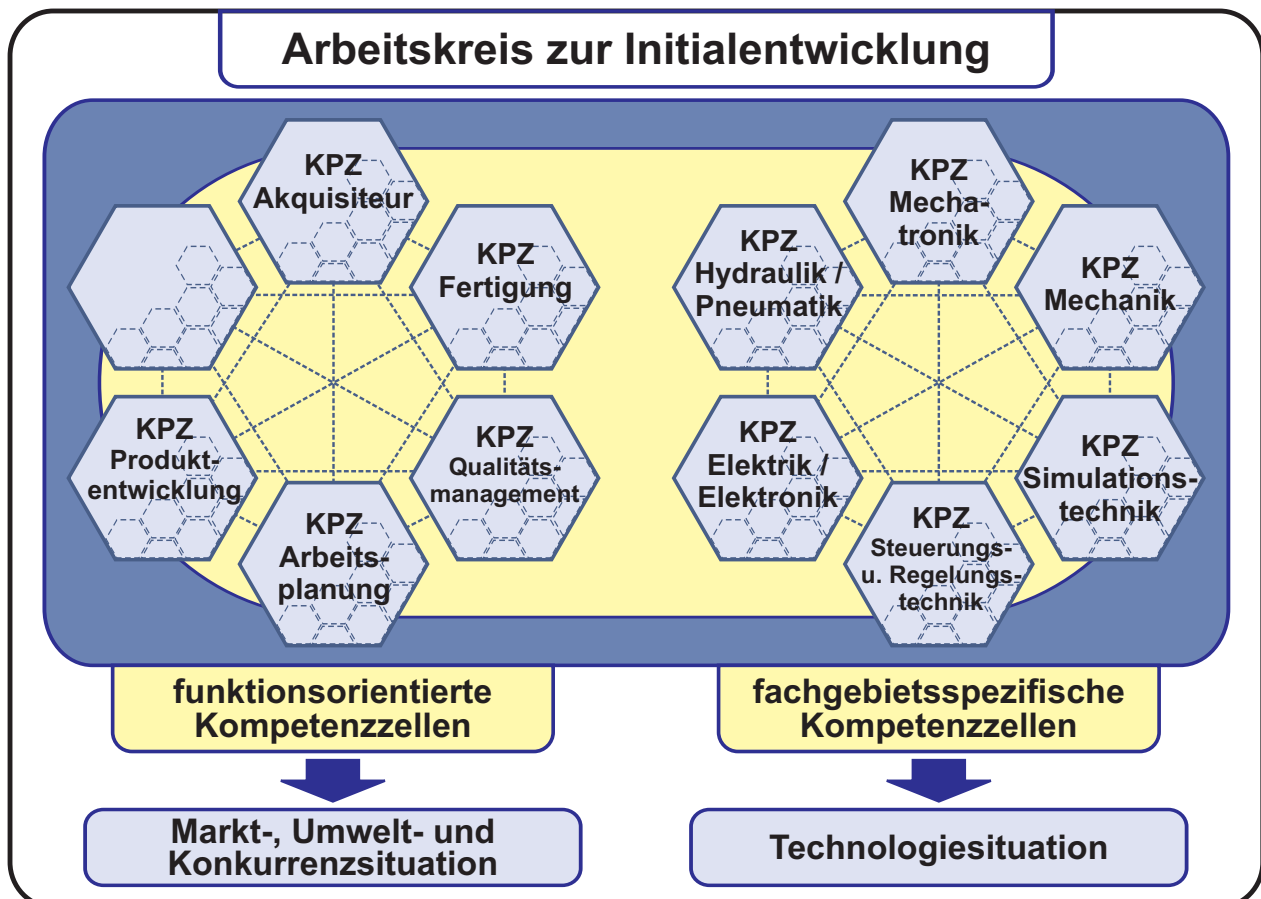


Abbildung 5-5: Situationsanalyse durchgeführt durch den Arbeitskreis zur Initialentwicklung

Der Arbeitskreis stellt dann dem gesamten Kompetenzcluster die Ergebnisse der Situationsanalyse zur Verfügung. Ziel ist die Erkennung von Marktchancen, potenziellen Bedrohungen der Wettbewerbsposition und Chancen zur Leistungsverbesserung der Produkte durch die noch zu entwickelnde Technologie. Wenn auch in der Folge nicht immer die Führerschaft auf dem Markt bzw. bei der Technologie erreicht wird, so kann die Situationsanalyse doch wenigstens dazu beitragen, dass der Kompetenzcluster nicht so leicht von der Konkurrenz überholt wird, da die relevanten, wichtigen Faktoren kontinuierlich beobachtet werden (in Anlehnung an [MEYE-01]).

5.3.4 *Bestimmung von Suchfeldern*

Auf Basis der Situationsanalyse und der Chancenerkennung erfolgt die Bestimmung von Suchfeldern. Diese sind Aktionsbereiche, innerhalb derer nach neuen Produktideen gesucht werden soll. Suchfelder entsprechen auch den Wettbewerbsstrategien des Kompetenzclusters in Bezug auf Investitionen und Kompetenzaufbau. Somit ist die strategische Ausrichtung des Kompetenzclusters einzubeziehen. Da es sich um eine Kooperation in dezentralisierten und sich selbstorganisierenden Netzen handelt, bestimmt der gesamte Kompetenzcluster gemeinsam die Suchfelder in Abhängigkeit von den Ressourcen und Interessen. Der Arbeitskreis zur Initialentwicklung koordiniert dabei den Entscheidungsfindungsprozess.

Bei der Entscheidung sind aber auch mögliche zukünftige Szenarien oder Situationen im Hinblick auf die Faktoren Markt, Umwelt, Technologie oder den Kompetenzcluster zu berücksichtigen. Szenarien werden dabei verstanden als die Darstellung einer möglichen zukünftigen Situation sowie des Entwicklungsweges, wie diese erreicht werden kann [GAUS-96]. Als Werkzeug für die Entscheidungsfindung dient die sogenannte Portfolio-Matrix (kurz Portfolio) (vgl. [PAHL-07]). Diese stellt anschaulich die Position von eigenen Objekten wie Produkten, Technologien oder Projekten hinsichtlich der Umweltsituation durch eine zweidimensionale Gegenüberstellung dar, bei der eine Achse einen internen, beeinflussbaren Parameter repräsentiert und die andere einen externen, unbeeinflussbaren Parameter (Abbildung 5-6). Zahlreiche Variationen dieses Portfolios existieren in der Literatur, wobei jeweils unterschiedliche Objekte ins Zentrum gestellt werden: Hinsichtlich der Technologiesituation stellt das Technologieportfolio die eigene, relative Technologieposition der Technologieattraktivität gegenüber. Hinsichtlich der Marktsituation vergleicht das Marktportfolio den Marktanteil mit der Marktattraktivität bzw. dem -wachstum der aktuellen, eigenen Produkte [EVER-03]. Aus der sich ergebenden Position in der Grafik folgen verschiedene Handlungsanweisungen: Investieren oder Ausbauen, Selektieren oder Erhalten und Abstoßen oder Deinvestieren (in Anlehnung an [PFEI-91]). Dies führt zur Bestimmung des Erfolgspotenzials eines jeden Suchfeldes.

In Bezug auf die Beschaffenheit eines jeden Suchfeldes definiert der Arbeitskreis einen Anforderungsvektor, der zur Auswahl benötigter Kompetenzzellen mit dem jeweils höchsten Kompetenzpotenzial dient. Auf Basis des Anforderungsvektors erfolgt die Suche und Auswahl geeigneter Kompetenzzellen in einer Netzdatenbank entsprechend ihres Kompetenzpotenzials. Anschließend bilden die hierarchielos ausgewählten Kompetenzzellen ein Initialentwicklungsteam, um die nächsten Pha-

sen zu realisieren. Hierbei wird der Begriff Team als ein Zusammenschluss von Menschen verstanden, die unterschiedliche Vorkenntnisse, Erwartungen und Fähigkeiten aufweisen und zur Realisierung bestimmter Ziele, arbeitsteilige und soziale Beziehungen eingehen (vgl. [CAUP-99]).

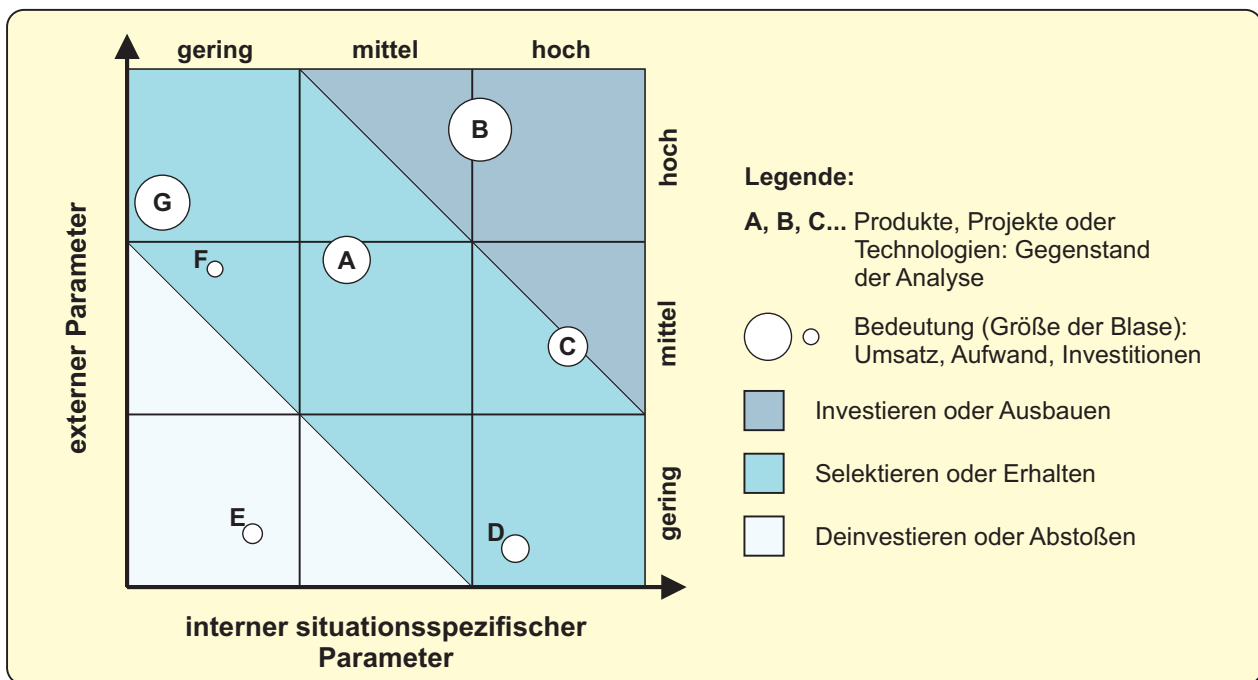


Abbildung 5-6: Allgemeiner Aufbau einer Portfolio-Matrix

Auf der Grundlage der Beschaffenheit des jeweiligen Suchfeldes wird einer Kompetenzzone der Produktentwicklung, die nach der Klassifikation des Projektbezuges führend agieren kann, die Verantwortung für die Aufgaben des Initialentwicklungsteams zugeordnet. Diese führende Kompetenzzone kann entsprechend dem Ansatz zur kompetenzzellenbasierten Produktentwicklung (vgl. [STEI-07]) bei einer Fortsetzung zur Konstruktion des Produktes zur projektführenden Kompetenzzone im Produktentwicklungsprozess werden. Dadurch fungiert sie als „Promotor“, besonders als „Fachpromotor“ in Anlehnung an [HAUS-07] oder im englischen Sprachraum als „Champion“ [SCHO-63].

Ein Promotor fördert aktiv und intensiv einen Innovationsprozess. Seine Aufgabe besteht darin, alle Barrieren gegen eine neue Produktidee zu überwinden [HAUS-07], wobei sein Interesse in der vollständigen Entwicklung und Vermarktung des Produktes liegt [MARK-01]. Außerdem ist es notwendig, mindestens einen Akquisiteur in das Team einzubeziehen, um Informationen im Hinblick auf den Markt und den Kunden einzubringen.

Im Falle der Förderung einer initiativ eingebrachten Idee, die nicht mit den festgelegten Suchfeldern übereinstimmt, aber durch den Kompetenzcluster gefördert wird, sollte diejenige Kompetenzzone, die die Idee eingereicht hat, zu dem jeweiligen Initialentwicklungsteam gehören. Weist diese Kompetenzzone die jeweiligen Kompetenzen auf, übernimmt sie die Verantwortung, weil sie der Promotor der Idee ist. Die Anzahl der Initialentwicklungsteams innerhalb eines Kompetenzclusters ist abhängig von der Anzahl der Suchfelder, dem Umfang der Produktpalette oder der Aufteilung der Marktsegmentierung sowie den dafür verfügbaren Ressourcen.

5.3.5 Ideengenerierung

Zu Beginn der Phase der Ideengenerierung untersucht jedes Initialentwicklungsteam, wie erfolgversprechend das jeweilige Suchfeld ist. Dabei erfolgt eine Evaluation des Marktes hinsichtlich der Kriterien Größe, Wachstum, Verteilung der Marktanteile sowie einer Analyse der Kundenstruktur. Untersucht wird außerdem, welche Technologien derzeit durch die Konkurrenten genutzt werden. Hierbei handelt es sich um keine erschöpfende Untersuchung, sondern um eine orientierende Beurteilung, in der geschätzte Daten verwendet werden, um die Attraktivität der Marktchance zu evaluieren. So sammelt das Initialentwicklungsteam interne und externe Informationen und nutzt diese für die Ideengenerierung. Im Falle einer Initiative als Ausgangspunkt des Prozesses wird in dieser Phase versucht, die Ideen weiterzuentwickeln und mit anderen Ideen zu verknüpfen.

Die Produktion von Ideen wird hier als eine Ingenieursaufgabe betrachtet. Bei der Ideengenerierung werden Kreativitätsmethoden angewendet, die in unterschiedlichem Maße intuitive, aber auch diskursive Elemente vereinen. Intuitive Methoden liefern Ideen durch die Förderung von Spontaneität, ohne dass ein analytischer Denkvorgang vorausgegangen ist. Diese Methoden sollen helfen, eingefahrene „Denkgleise“ zu verlassen. Hierzu gehört z. B. das sogenannte Brainstorming, welches in einer Vielzahl von Varianten praktiziert wird. Diskursive oder systematische Methoden führen dagegen die Ideengenerierung systematisch und bewusst in einzelnen, logisch ablaufenden Schritten von Begriff zu Begriff durch. Dabei wird ein Problem in eine Vielzahl unabhängiger Teilprobleme zerlegt, um diese jeweils einzeln zu lösen. Durch eine anschließende Kombination der Einzellösungen bzw. durch Strukturierung und Variation wird dann eine Gesamtlösung entwickelt. Zu diesen Methoden gehört z. B. der Morphologische Kasten. Ebenso existieren auch Kreativitätsmethodiken, die eine Methodensammlung verkörpern, z. B. die TRIZ-Methodik (vgl. [ALTS-05]).

Alle diese Methoden bzw. Methodiken besitzen verschiedene Niveaus im Hinblick auf ihre Anforderungen, die Schwierigkeit ihres Erlernens, ihrer Durchführung und Implementierung in der Teamarbeit, den dafür erforderlichen Aufwand (zeitlich und finanziell), sowie ihre Effektivität, die durch sie potenziell zu erreichende Förderung der persönlichen Kommunikation sowie ihre Zuverlässigkeit und ihr Potenzial hinsichtlich der Generierung von innovativen Produktideen. Die Auswahl, Eignung und Anwendung der verschiedenen Kreativitätsmethoden in kompetenzzellenbasierten Netzen könnten Gegenstände zukünftiger Forschungsarbeiten sein.

Möglich ist auch, dass beliebige Kompetenzzellen im Kompetenzcluster außerhalb des Initialentwicklungsteams Ideen bezogen auf die Suchfelder vorschlagen. Das Initialentwicklungsteam des entsprechenden Suchfeldes hat die Aufgabe, diese Vorschläge zu sammeln, zu bewerten und zu erweitern sowie abgelehnte Ideen systematisch zu dokumentieren und den Urheber über deren Verbleib in Kenntnis zu setzen. Durch die in der Situationsanalyse des eigenen Kompetenznetzes zusammengestellten Berichte können außerdem Schwachstellen vorhandener Produkte ermittelt werden. Diese müssen bei der Ideengenerierung berücksichtigt werden, um sie zukünftig zu vermeiden.

5.3.6 Ideenauswahl

Im Anschluss an die Ideengenerierung folgt die Phase der Ideenauswahl. In den meisten Fällen ist nicht die Ideengenerierung die größte Schwierigkeit in der Produktfindung, sondern die Auswahl der erfolgversprechenden Produktideen, um den höchsten Geschäftswert zu erreichen. Die richtige Auswahl entscheidet über den Erfolg eines zukünftigen Produktes und die wirtschaftliche Lage des gesamten Kompetenzclusters. Das Initialentwicklungsteam bewertet, wie praktisch, nützlich, anwendbar und wünschenswert die Ideen sind und wählt durch systematische Methoden, die eine Grobbewertung bis hin zur qualitativen sowie quantitativen Feinbewertung umfassen, die aussichtsreichsten aus. Nach der VDI-Richtlinie 2220 ist beispielweise eine dreistufige Bewertung und Auswahlentscheidung zweckmäßig: eine Grobbewertung auf der Basis der Erfahrung der Teilnehmer, eine qualitative Feinbewertung basierend auf Kurzanalysen und eine qualitativ-quantitative Bewertung aufgrund umfangreicher Detailanalysen [VDI-2220]. Auf diese Weise werden schrittweise günstige Ideen hervorgehoben, andere Ideen miteinander kombiniert, ungeeignete oder nicht realisierbare Ideen ausgesondert sowie neue Ideen festgehalten. Dieser Prozess wird üblicherweise durch das Bild eines Trichters dargestellt, in dem die Anzahl von Ideen deutlich sinkt [WHEE-92]. Abbildung 5-7 zeigt

die Anzahl von Ideen in Prozent (in Anlehnung an [GAUS-04]) im Verlauf des Initialentwicklungsprozesses.

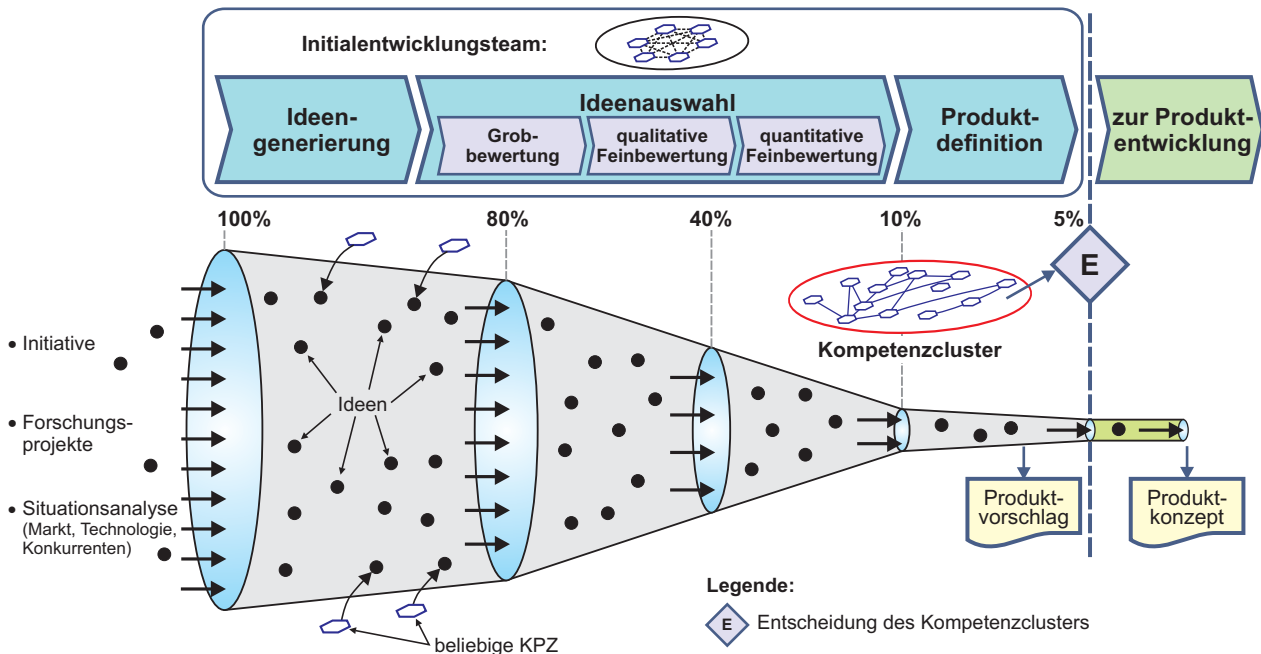


Abbildung 5-7: Ideentrichter in der Initialentwicklung

Zur Bewertung der Produktideen bietet sich eine Vielzahl von Verfahren an, die im Allgemeinen numerisch sind, wie z. B. die sogenannte Wertanalyse [BRON-06; VDI-2800]. Allerdings erfolgt die Bewertung der Ideen nicht nur in Bezug auf finanzielle Gesichtspunkte, sondern auch im Hinblick auf deren Eignung und Auswirkung auf die Wettbewerbsstrategie des Kompetenzclusters sowie die Wahrscheinlichkeit technischen und kommerziellen Erfolgs. Daher wendet das Initialentwicklungsteam interne sowie externe Kriterien an, mit denen die erwartete Leistung der Produktideen in Bezug auf deren Potenzial und Realisierung unter Einbezug der Faktoren Markt, Technologie, Kompetenz und Finanzen beurteilt wird. Jedes Initialentwicklungsteam sollte diese Kriterien und deren Priorität vor der Bewertung bzw. Auswahl der Ideen festlegen. Dennoch kann ein Kriterienkatalog auch für alle Initialentwicklungsteams innerhalb eines Kompetenzclusters vorliegen.

Die ausgewählten Produktideen sollten im Bezug auf die angestrebte Produktinnovation möglichst besondere Merkmale besitzen, welche die Produkte der Konkurrenten nicht aufweisen, die außerdem nicht leicht zu kopieren sind, Vorteile für die Kunden mit sich bringen und an die Kunden leicht zu kommunizieren sind [DAVI-88].

5.3.7 Produktdefinition

Die ausgewählten, erfolgversprechenden Produktideen werden nun konkreter beschrieben und präzisiert. Auf Basis dieser Ideen formuliert das Initialentwicklungsteam im Zuge der Produktdefinition den Produktvorschlag. Dieser entspricht dem vorläufigen Produktkonzept, das so weit wie möglich die Produktbeschreibung mit den Hauptmerkmalen und den beabsichtigten Funktionen darstellt, den erwarteten Kundennutzen erläutert, und darlegt, welche Technologie für das Produkt erforderlich ist. Trotzdem sollten alle Anforderungen lösungsneutral formuliert sein, d. h. die Wirkprinzipien sollten nur so weit festgelegt werden, dass diese im Produktentwicklungsprozess nicht als vorfixiert gelten, da sie in dessen ersten Phasen noch näher betrachtet und entwickelt werden.

Für die Produktdefinition betrachtet das Initialentwicklungsteam außerdem verschiedene Faktoren: Markt, Kunden, Konkurrenten, Technologie, Produkt, Fertigung, Verordnungen, Lieferkette, Lieferung, Service. Die Ergebnisse umfassen sowohl die vorläufigen Festlegungen hinsichtlich der Anforderungsliste oder des Lastenheftes, der Projektplanung, der Kostenziele und Investitionen als auch des zu erwartenden Marktbedarfs und Profits sowie der Abschätzung technologischer, finanzieller und kommerzieller Risiken. Mit diesen Informationen erstellt das Initialentwicklungsteam den jeweiligen Projektvorschlag zur Produktentwicklung, damit dieser durch ein Produktionsnetz ausgearbeitet werden kann.

Das Initialentwicklungsteam kann bei risikoreichen neuen Technologien auch ein durch ein Produktionsnetz durchzuführendes Forschungsprojekt vorschlagen, damit die Technologie zunächst soweit entwickelt werden kann, dass anschließend eine kommerzielle Nutzung möglich ist [MEJI-07] (siehe Kapitel 6).

5.3.8 Entscheidungen des Kompetenzclusters

Schließlich überprüft der Kompetenzcluster den Produkt- bzw. Projektvorschlag. Dafür verwendet er ähnliche Kriterien wie bei der Ideenauswahl. Allerdings werden diese nun mit bestimmten Referenzen verglichen, die einer Größenordnung entsprechen, ab der ein Produktvorschlag attraktiv erscheint. Diese Referenzen können für alle Initialentwicklungsteams bzw. Produktvorschläge eines Kompetenzclusters standardisiert werden, um Entscheidungen einfacher treffen zu können. Da einige Kriterien nur abgeschätzt werden und andere nichtnumerische Beurteilungen darstellen, kann ein objektives eindimensionales Skalierungsverfahren wie die Likert-Skala angewendet werden, die eine numerische Darstellung (in der Regel von

1 bis 5) mit einer etablierten verbalen Skala verbindet. Beispiele dafür sind die Innovationshöhe – bewertet von „sehr niedrig“ oder „null“ bis hin zu „sehr hoch“ – oder der Schutz der Technologie vor Kopien durch Konkurrenten, der vom Status „sehr einfach zu kopieren“ bis hin zu „fest geschützt“ durch eine Gruppe von Patenten, Betriebsgeheimnissen und die Exklusivität eines Sortimentes beurteilt werden kann. Tabelle 5-2 zeigt beispielweise verschiedene Kriterien für die Entscheidung des Kompetenzclusters.

Anhand der Bewertung der Kriterien trifft der Kompetenzcluster eine Entscheidung über den Produktvorschlag hinsichtlich folgender Möglichkeiten:

- Abbruch aufgrund geringer Erfolgswahrscheinlichkeit oder einer niedrigen positiven finanziellen Wirkung
- Überarbeitung durch das Initialentwicklungsteam aufgrund eines Mangels an Informationen, die zur Sicherung des Erfolgs notwendig sind
- sofortige oder zukünftige Fortsetzung des Produktentwicklungsprozesses zur Konstruktion des Produkts

Nur im letzteren Falle bestätigt der Kompetenzcluster den Projektvorschlag, der von einem zu bildenden Produktionsnetz durchgeführt wird. Das Initialentwicklungsteam bearbeitet dann einen internen Projektauftrag, der als formeller Startschuss für den Produktentwicklungsprozess gilt. Im internen Projektauftrag (engl. „Project Charter“) werden so genau wie möglich der Umfang, die Ziele, die Ausgangslage, Projektergebnisse, die Kosten und der Nutzen des Projektes erklärt. Der interne Projektauftrag umfasst in der Regel die folgenden Informationen:

- Projektbezeichnung
- Kurzbeschreibung
- Bedarf und Ziele
- erwartete Projektergebnisse
- Terminvorgaben
- Projektbudget und Ressourcenzuweisung
- Annahmen und Beschränkungen
- Produkthanforderungsliste und vorläufiges Lastenheft
- Anforderungsvektor für die projektführende Kompetenzzelle (Projektleiter), evtl. projektunterstützende Kompetenzzellen (Projektteam).

Tabelle 5-2: Beispielhafte Bewertungskriterien des Produktvorschlags

Faktoren	Kriterien	Beurteilung	
		1	5
Markt	Marktbedarf	zurzeit kein ersichtlicher Markt erkennbar	bereits großer Markt
	Marktgröße	< Untergrenze €	> Obergrenze €
	Marktwachstum	null oder negativ	> Obergrenze %
	potenzieller Marktanteil	< Untergrenze %	> Obergrenze %
	Innovationshöhe: Abstand von Konkurrenten	keine Differenzierung vom Wettbewerb	hohe Differenzierung vom Wettbewerb
	kommerzielle Risiken	sehr hoch	niedrig oder null
	Produkt-/ Marktdiversifikation	nur ein Produkt/ Bestandmarkt	> eine Produktlinie/ Markterschließung
Technologie	technische Durchführbarkeit	noch zu erprobende Technologie	Erprobt
	technologische Verfügbarkeit	noch zu entwickelnde Technologie	Vorhanden
	technologische Risiken	sehr hoch	niedrig oder null
	Schutz vor Nachahmung	einfach zu kopieren	fest geschützt durch vorhandene Patente oder Betriebsgeheimnisse
Kompetenz	Know-how	zu entwickelnde Kompetenz (erforderliche Schulung)	vorhanden
	materielle Ressourcenverfügbarkeit	erforderlich	vorhanden
	personelle Ressourcenverfügbarkeit	erforderlich	vorhanden
	Beschaffungsprobleme/ Restriktionen	reichlich	gering
	Sortimentergänzung	erforderlich	vorhanden
Zeit	terminliche Realisierbarkeit	> x Monate/Jahre	< y Monate/Jahre
	Zeit bis zur Markteinführung	> x Monate/Jahre	< y Monate/Jahre
	Zeit bis zur Kostendeckung	> x Monate/Jahre	< y Monate/Jahre
	Innovationshöhe: Dauer der Marktführerposition	keine Führung	> y Monate/Jahre
Finanzen	geplanter Umsatz	< Untergrenze €	> Obergrenze €
	Geschäftspotenzial	< Untergrenze €	> Obergrenze €
	Investitionsbedarf	< Untergrenze €	> Obergrenze €
	finanzielle Auswirkung (Deckungsbeitrag)	< Untergrenze €	> Obergrenze €

5.3.9 Fortsetzung zur Produktentwicklung

Mit der Bestätigung durch den Kompetenzcluster und der Feststellung des Projektauftrags fängt der Prozess der Produktionsnetzbildung und des -betriebes zur kompetenzzellenbasierten Produktentwicklung nach STEINER [STEI-07] an, der durch das webbasierte Softwaresystem Kompetenz-Agent (KoAg) unterstützt wird.

Das Initialentwicklungsteam beteiligt sich an der Erstellung des Anforderungsvektors für die hierarchielose Auswahl benötigter Kompetenzzellen für das Produktentwicklungsprojekt. Die beteiligten Kompetenzzellen im Initialentwicklungsteam können bezüglich der Beschaffenheit des Projekts ausgewählt werden, wenn diese den Anforderungsvektor erfüllen, um dessen Kontinuität bis zur Produktentwicklung zu garantieren. Dies stimuliert auch das Interesse dieser Kompetenzzellen daran, einen Auftrag zu erhalten, da dieser einen wirtschaftlichen Nutzen darstellt (in Anlehnung an [WEID-08]). So kann der Verantwortliche des Initialentwicklungsteams bzw. der Promotor als die projektführende Kompetenzzelle in der Produktentwicklung bestimmt werden (vgl. 2.1.2).

Wenn keine vorhandene Kompetenzzelle im Kompetenzcluster oder im ganzen Kompetenznetz den Anforderungsvektor zur Führung des Produktentwicklungsprojekts zufriedenstellend erfüllt, dies vor allem in Bezug auf die fachgebiets- oder produktspezifischen Kompetenzkomponententypen, soll der Kompetenzcluster durch die führende Kompetenzzelle und den Arbeitskreis zur Initialentwicklung über eine zu verfolgende Strategie entscheiden, um die jeweilige Kompetenzen zu erwerben. Diese kann in einer Stärkung der internen Kompetenzentwicklung mittels Schulungsmaßnahmen bestehen oder darauf abzielen, externe Partner mit dem geforderten Kompetenzprofil zu suchen und einzubeziehen. So kann der Kompetenzcluster eine erfolgversprechende Chance eines neuen Produktes, die durch die Phasen der Initialentwicklung erkannt wurde und in der Regel fremden Märkten oder neuen Technologien entspricht, ausnutzen. Eine solche Chance ist sehr erfolgversprechend, da sich die Phasen der Initialentwicklung an der Nutzung eigener Kernkompetenzen und Know-How-Stärken orientieren.

Im Falle, dass die beteiligten Kompetenzzellen des Initialentwicklungsteams nicht ausgewählt werden, arbeitet das Initialentwicklungsteam bis zur Konzeptionsphase in der Produktentwicklung eng mit den ausgewählten Kompetenzzellen bzw. externen Partnern zusammen, um die endgültigen Versionen von Anforderungsliste, Lastenheft, Pflichtenheft, Zielkosten, Projektplanung und Investitionen festzulegen (Abbildung 5-8).

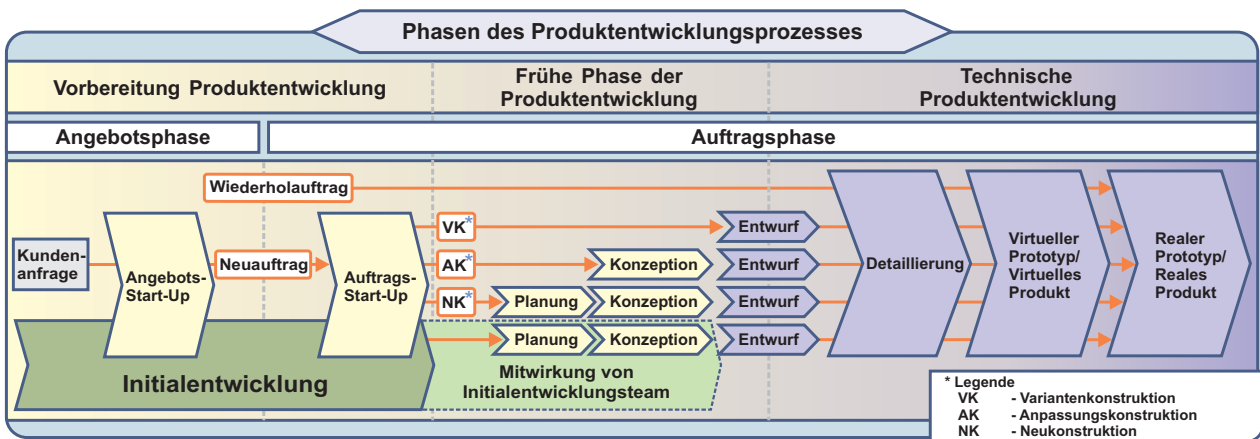


Abbildung 5-8: Mitwirkung des Initialentwicklungsteams im Produktentwicklungsprozess (in Anlehnung an [NEUG-05a])

6 **Forschung zur Innovationsgenerierung**

*„Ich weiß nicht, ob es besser wird, wenn es anders wird.
Aber es muss anders werden, wenn es besser werden soll“*

Georg Christoph Lichtenberg

6.1 **Begriff Forschung**

6.1.1 **Definition und Ziel**

Der Begriff Forschung bezeichnet systematische und kreative Aktivitäten zur Erweiterung des vorhandenen Kenntnisstandes und Nutzung des so gewonnenen Wissens zur Findung neuer Anwendungsmöglichkeiten. Diese Definition entspricht derjenigen im „Frascati-Manual“ der OECD [OECD-02], wobei dieses auch die Klassifizierung von Forschung einbringt: Forschung wird in Grundlagenforschung und angewandte Forschung untergliedert.

Grundlagenforschung entspricht einer experimentellen oder theoretischen Arbeit, die hauptsächlich auf die Gewinnung neuen Wissens über zugrundeliegende Ursachen von Phänomenen und beobachtbaren Tatsachen fokussiert, ohne eine besondere Anwendung oder Verwendung anzustreben. Dafür werden Eigenschaften, Strukturen und Beziehungen analysiert, um Hypothesen, Theorien oder Gesetze zu formulieren oder zu prüfen. Ergebnisse der Grundlagenforschung werden in der Regel nicht verkauft, sondern üblicherweise in wissenschaftlichen Veröffentlichungen publiziert. Hierbei werden reine und orientierte Grundlagenforschung unterschieden. Reine Grundlagenforschung strebt das Ziel der Gewinnung neuen Wissens an, ohne langfristige wirtschaftliche oder soziale Gewinne zu erwarten und ohne den Versuch, die Ergebnisse auf praktische Probleme anzuwenden oder in die dafür verantwortlichen Bereiche zu transferieren. Orientierte Grundlagenforschung hat hingegen zum Ziel, die Grundlage für die Lösung erkannter oder erwarteter, vorhandener oder zukünftiger Probleme zu schaffen.

Auch in der angewandten Forschung erfolgen Untersuchungen zur Erlangung neuen Wissens. Trotzdem sind diese vorwiegend auf spezifische oder praktische Ziele ausgerichtet. Angewandte Forschung wird ausgeführt, um Anwendungsmöglichkei-

ten für die Ergebnisse von Grundlagenforschung zu finden oder neue Methoden oder Verfahren zur Erreichung spezifischer und vorgegebener Zwecke zu bestimmen. So liefert die angewandte Forschung die operative Form zu den Ideen. Die Ergebnisse angewandter Forschung zielen hauptsächlich darauf ab, das neu gewonnene Wissen in konkrete Produkte, Verfahren, Methoden oder Systeme umzusetzen und somit eine wirtschaftliche Anwendung zu finden [HAUS-07]. Daher wird die angewandte Forschung im Vergleich zur Grundlagenforschung sowohl im wissenschaftlichen als auch im industriellen Rahmen betrieben. Die Letztere wird auch als „angewandte industrienaher Forschung“ bezeichnet.

Die praktische Anwendung von naturwissenschaftlichem oder technischem Wissen verkörpert häufig eine neue oder verbesserte Technologie, die zur Realisierung neuer oder deutlich verbesserter Leistungsmerkmale von Produkten oder Betriebsmitteln führt. In der Industrie dient die angewandte Forschung auch dazu, Technologien, die typischerweise hohe technische Unsicherheiten aufweisen, so weiterzuentwickeln, dass anschließend ihre kommerzielle Nutzung möglich ist, insofern die technischen Unsicherheiten nun vermindert sind und das Kosten-Leistungs-Verhältnis dem Wettbewerbspotenzial entspricht. Der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz konzentriert sich genau darauf – auf die angewandte industrienaher Forschung, deren Ziel es ist, Technologien zu entwickeln und dadurch innovative Produkte hervorzubringen. Im Folgenden wird die angewandte industrienaher Forschung einfach als „Forschung“ bezeichnet.

6.1.2 Forschungsprojekte

Forschung wird in kompetenzzellenbasierten Netzen in Form von Projektarbeit durchgeführt. Allerdings unterscheiden sich Forschungsprojekte deutlich von Produktentwicklungsprojekten, die ja bereits an einem bestimmten Konzept vorgestellter Produkte ansetzen. Die geforderte Kreativität kann durch die Struktur und Disziplin im Produktentwicklungsprozess blockiert werden [ELDR-97]. Dafür sind diese im Gegensatz zu Forschungsprojekten leichter zu planen. Die Forschungsprojekte setzen nämlich an der Vision oder Idee für die potenzielle Anwendung einer neu zu entwickelnden Technologie an. Oder aber eine bestehende Lösung soll für neue Anwendungen kommerziell nutzbar gemacht werden, womit sich häufig ein hohes Risiko verbindet. Generell ist festzuhalten, dass Forschung nicht sofort zu vermarktbareren Produkten führt [WARS-97, S. 3]. Während der Endzweck von Produktentwicklungsprojekten von Beginn an ein konkretes Produkt ist, besteht das Ziel der angewandten Forschung in der Gewinnung und Weiterentwicklung von Erkenntnis-

sen oder Technologien. Am Ende sollen diese patentierungs- oder lizenzierungsfähig und damit bereit zur Anwendung in innovativen Produkten sein. Langfristiges Resultat von Forschungsprozessen können demnach sowohl neue als auch technisch weiterentwickelte Produkte sein. Durch Forschung erweitert sich fortlaufend der Wissensschatz des Kompetenzclusters bzw. Kompetenznetzes. Neue Erkenntnisse wirken sich sowohl auf die Produkte als auch auf die Produktionsrealität aus und leiten Veränderungsprozesse ein, die sich in der Produktentwicklung niederschlagen [WARS-97]. Die zu entwickelnde Technologie ist generell unvorhersehbar und enthält häufig hohe Unsicherheits- und Risikofaktoren. Forschungsprojekte bzw. Technologieentwicklungen dienen insofern auch der Minimierung des Technologierisikos [AJAM-02] bzw. der Vermeidung von Kosten- oder Zeitproblemen und eines eventuellen Misserfolgs im Produkteinführungsprozess. Durch diese Projekte kann die Technologie soweit entwickelt werden, bis sie in zukünftigen Produkten kommerziell genutzt werden kann.

6.2 Forschungsorientierte Produktionsnetze

6.2.1 Vorgehensweise

Im Zentrum dieser Arbeit steht demnach die Frage nach einer wissenschaftlichen Methode, mit der Produktionsnetze gebildet werden können, in denen Forschungsprozesse durchgeführt werden. In diesen Prozessen, die sich in verschiedene Phasen untergliedern lassen, werden Kompetenzzellen temporär im Produktionsnetz verknüpft, in dem sie kollaborieren und nicht nur vertikale (mit Kunden/Lieferanten), sondern auch horizontale (mit Wettbewerbern) Kooperationen eingehen. Kompetenzzellen kooperieren also mit anderen Zellen, die über den gleichen Beschreibungsvektor und somit über gleiche Kompetenzkomponenten verfügen.

Um den theoretischen Ansatz für forschungsorientierte Produktionsnetze zu generieren, wurden verschiedene Prozesse der im industriellen Umfeld betriebenen Forschung wissenschaftlich analysiert und an die Bedingungen kompetenzzellenbasierter Netze angepasst (vgl. [MEJI-09]). Diese Prozesse werden in der Literatur empfohlen und von Unternehmen als Vorlage genutzt. Sie wurden hauptsächlich konzipiert, um innerhalb sowohl kleiner als auch großer Unternehmen durchgeführt zu werden. Obwohl Entwicklungsallianzen für kleine und mittlere Unternehmen mehrmals in der Literatur empfohlen wurden, um die erforderlichen Technologieentwicklungen voranzutreiben und um das benötigte Know-how und die notwendi-

gen Investitionen zu bündeln [LIND-05], ist der Einsatz dieser Prozesse nur teilweise für Unternehmensnetzwerke und viel weniger für kompetenzzellenbasierte Netze geeignet.

Obwohl sich die Forschungsprozesse deutlich von herkömmlichen Produktentwicklungsprozessen unterscheiden (vgl. 6.1.2), basieren sie hinsichtlich einiger Elemente auf ihnen. Beispielsweise werden auch bei Produktentwicklungsprozessen für Projektreviews Weiter- und Abbruchkriterien (Go/Kill) definiert [COOP-01], die auch in der Technologieentwicklung eingeführt wurden [COOP-06]. Die Häufigkeit der Reviews wird jedoch flexibilisiert [ELDR-97]. Sie hängt von den Eigenschaften und Anforderungen wie der Komplexität, dem Umfang und dem Risiko des jeweiligen Projektes ab. Es werden weitergehende Verfahren vorgeschlagen, um die Realisierbarkeit der zu entwickelnden neuen Technologie zu erkennen und um den gesamten Forschungsprozess zu führen [AJAM-02].

Abbildung 6-1 zeigt die Phasen des Forschungsprozesses in Produktionsnetzen. Ausgangspunkte für die Generierung von Forschungsinitiativen in einem solchen forschungsorientierten Produktionsnetz können Ideen, potenzielle Lösungsprinzipien oder das Ziel sein, neue Technologien anwendbar zu machen. Die Initiative kann vom Initialentwicklungsteam, das in der Phase der Produktfindung wichtige, risikoreiche, neue Technologien erkennt (vgl. 5.3.7), sowie von jeder beliebigen Kompetenzzelle des Kompetenzclusters ausgehen.

6.2.2 Start-Up zur Forschung

Im Anschluss an die Initiative koordiniert das „Start-Up zur Forschung“ die Netzbildungsphase für kompetenzzellenbasierte Forschungen in Produktionsnetzen. Im Allgemeinen stellt ein Start-Up im Rahmen des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes eine temporäre Verknüpfung von Kompetenzzellen auf der Grundlage einer Anforderungsliste oder Aufgabenstellung für ein Projektziel, insbesondere für das Forschungsziel, dar (in Anlehnung an [WEID-03]). Es kann sowohl als funktionsorientiertes, prozessorientiertes oder fachgebietsspezifisches Start-Up als auch durch eine Kombination dieser Möglichkeiten realisiert werden [NEUG-04]. Hierbei besteht auch die Möglichkeit, dass das Start-Up zur Forschung bezüglich der Eigenschaften der Forschungsinitiative aus dem jeweiligen Initialentwicklungsteam, das Urheber der Initiative ist, zusammengesetzt sein kann.

In der Phase des Start-Up zur Forschung werden das Forschungsprojekt, das Forschungsziel, die verfügbaren Ressourcen für das Projekt als auch die erwarteten Ergebnisse und der Anforderungsvektor bestimmt. Letzterer ermöglicht die Ermitt-

lung der Kompetenzzellen mit dem jeweils höchsten Innovationspotenzial. Im Anforderungsvektor werden anhand von zwingend erforderlichen als auch frei wählbaren Attributen die für das Projekt ganz gezielt benötigten Fach- und Methodenkompetenzen sowie nichtpersonelle Ressourcen spezifiziert, die zusammen zur Suche von geeigneten Kompetenzzellen aus dem Kompetenznetz dienen. Die Erstellung eines Anforderungsvektors ist dem Vorgehen bei technischen Beschreibungen von Kompetenzzellen ähnlich (vgl. 4.2.2).

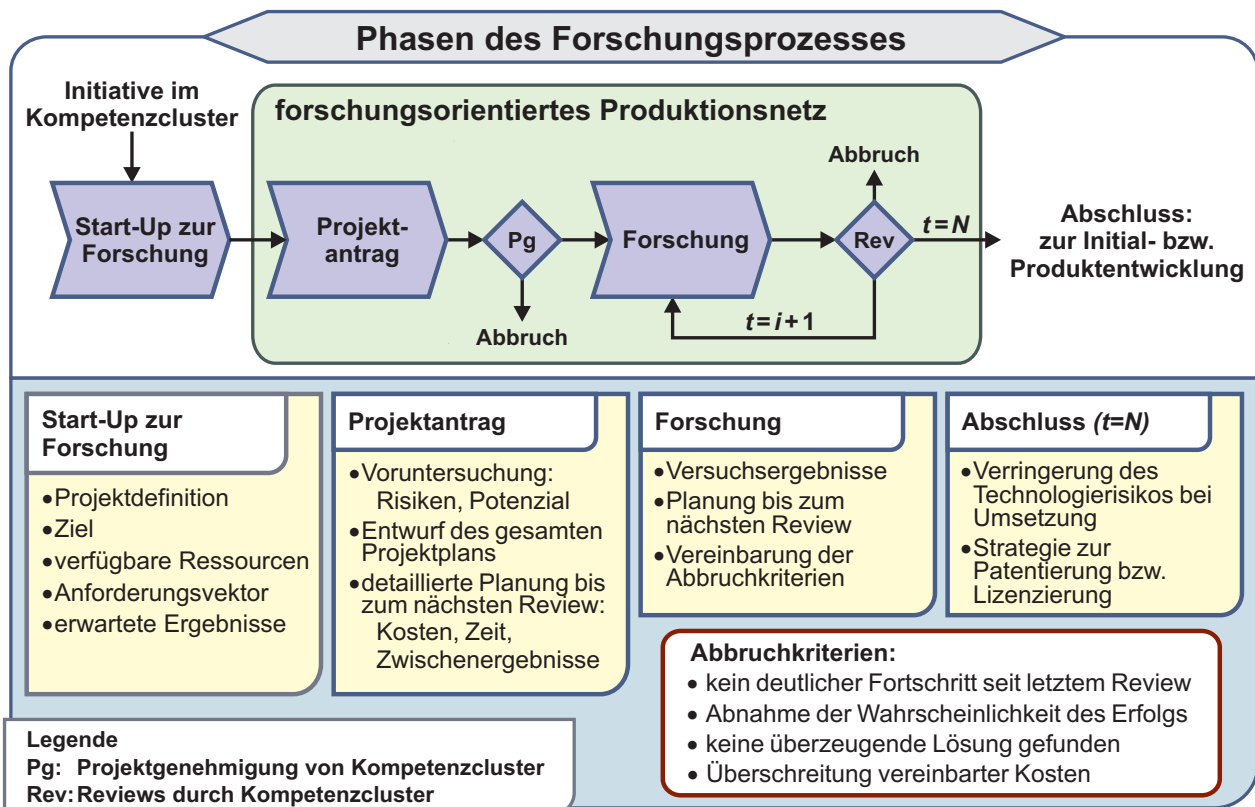


Abbildung 6-1: Forschungsprozess in kompetenzzellenbasierten Produktionsnetzen

Auf Basis des Anforderungsvektors erfolgt die Suche und hierarchielose Auswahl von Kompetenzzellen, die über ein ausreichendes Innovationspotenzial verfügen. Das Innovationspotenzial stellt nämlich eine annähernd objektive Bewertung der Innovationsfähigkeit der Kompetenzzellen dar und wird im Abschnitt 6.3.2 näher betrachtet. Dabei kommt die entwickelte Software „Kompetenz-Agent“ (KoAg) [MÜLL-07] (siehe 2.1.2) zum Einsatz, mit der die geeigneten Kompetenzzellen für die Produktentwicklung beschrieben, gesucht und bewertet werden können.

6.2.3 *Netzbildungsphase*

Anschließend bilden die hierarchielos ausgewählten Kompetenzzellen das forschungsorientierte Produktionsnetz (Abbildung 6-2) zur Bearbeitung des Forschungsprojektantrags. Dieser Antrag beinhaltet Voruntersuchungen zum Stand der Technik, den Risiken und dem Potenzial der zu entwickelnden Technologie, um die Entscheidung für die Projektdurchführung und damit zu überprüfen, ob sie richtig getroffen wurde und ob dieses sich immer noch lohnt. Im Antrag werden außerdem, neben dem Entwurf der gesamten Projektplanung, die erwarteten Kosten, die Dauer, die angestrebten Ergebnisse sowie eine detaillierte kurzfristige Planung von Kosten, Dauer und erwartbaren Zwischenergebnissen bis zum ersten Projektreview vorgestellt. Schließlich erhält das forschungsorientierte Produktionsnetz die Projektgenehmigung des Kompetenzclusters. In der Genehmigung werden Erfolgs- und Abbruchkriterien für das ganze Projekt zwischen den Kompetenzzellen des forschungsorientierten Produktionsnetzes und dem Kompetenzcluster vereinbart. In der daraufhin beginnenden Phase erfolgt die Umsetzung des eigentlichen Forschungsprozesses, in dem die Kompetenzzellen neue Ideen oder Technologien entwickeln.

6.2.4 *Projektreview*

Als Projektreview wird eine Prüfung des Projektes verstanden, die nicht nur am Anfang und am Ende erfolgt. Durch Projektreviews werden im Laufe des Projektes die einzelnen Projektphasen kritisch überprüft (vgl. [CAUP-99]). Eine Anforderung ist dabei, dass der Projektreview normalerweise nicht durch Beteiligte, aber durch Personen, die das Projekt gut kennen, durchgeführt wird. So ist der Ablauf der Forschungsprojekte durch kurze Laufzeiten mit häufigen Reviews durch das Kompetenzcluster gekennzeichnet. Bei jedem Review ($t=1 \dots t=n-1$) werden anhand der Erfolgs- und Abbruchkriterien Entscheidungen für das Projekt getroffen. Erfolgskriterien sind die Einhaltung des zeitlichen Rahmens zur Erreichung bestimmter technischer Zwischenergebnisse sowie die deutliche Abnahme des Technologierisikos. Abbruchkriterien bestehen dagegen im Mangel eines deutlichen Projektfortschritts seit dem letzten Projektreview, in der Abnahme der Erfolgswahrscheinlichkeit des Projektes, der Überschreitung veranschlagter Kosten bzw. dem Fall, dass alle bekannten Lösungen zur Erreichung des Forschungsziels bereits betrachtet wurden (in Anlehnung an [AJAM-02]). Hierbei finden Kriterienkataloge mit eindimensionalen Skalierungsverfahren (vgl. Kapitel 5.3.8) Anwendung. Das Ziel der Reviews ist die schnelle Identifizierung von Technologien mit niedrigen Erfolgchancen, so dass

das jeweilige Projekt abgebrochen und stattdessen andere Technologien erforscht werden können. Es ist wichtig anzumerken, dass bei einem Projektabbruch keine Sanktionen über die beteiligten Kompetenzzellen verhängt werden können, da im Projektreview hauptsächlich die Technologie und nicht die Leistung beurteilt wird. Außerdem bringt der bis dahin erreichte Fortschritt eines solchen Projektes trotz Abbruch neue Erkenntnisse für den Kompetenzcluster.

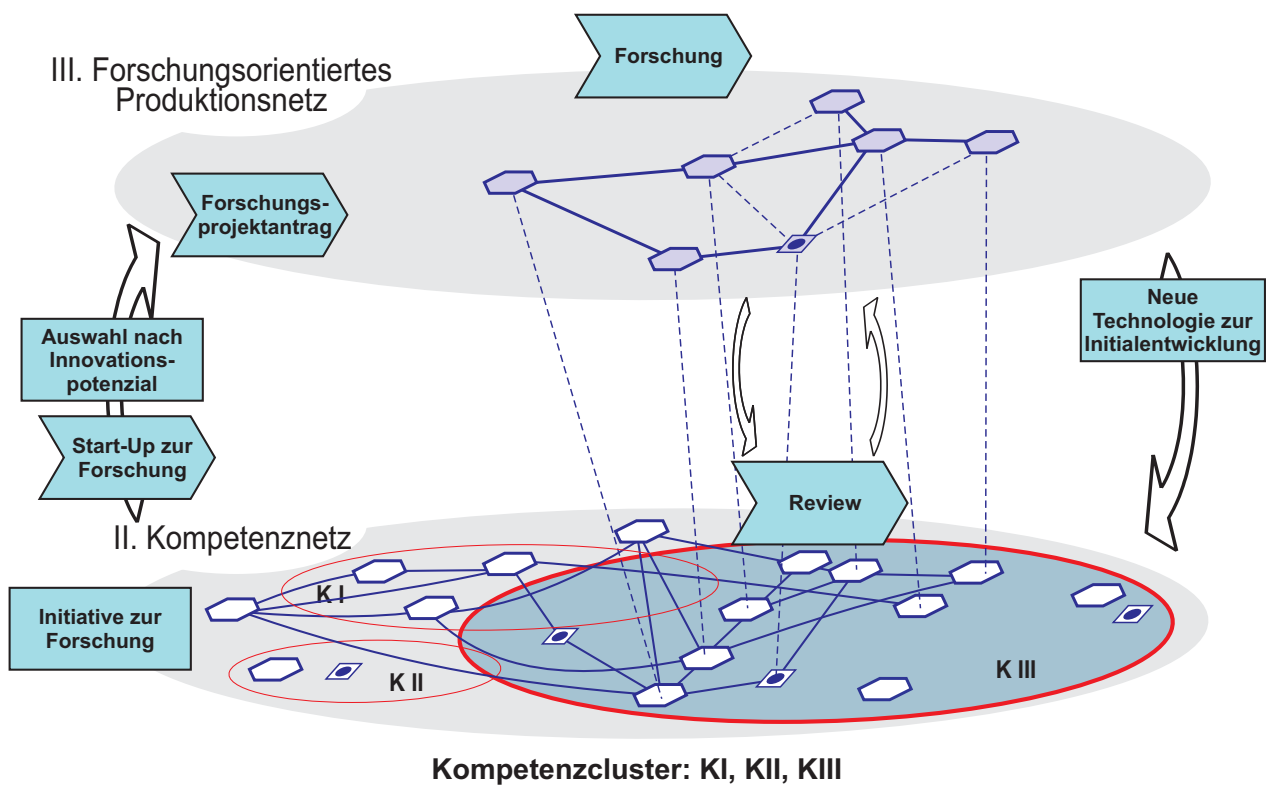


Abbildung 6-2: Netzbildungsphase für forschungsorientierte Produktionsnetze

Beim abschließenden Projektreview ($t=n$) wird die neue Technologie auf ihre Anwendbarkeit für neue Produkte, d. h. auf ihre kommerziellen Erfolgschancen hin geprüft. Außerdem erstellen die Kompetenzzellen des Produktionsnetzes einen Plan für den Technologietransfer in die Produktentwicklungsphase oder zur Anwendung neuen Technologiewissens in der Initialentwicklung. Hierbei liegt der Schwerpunkt eines Forschungsprojektes weder auf einem bestimmten Produkt und dessen Profit noch auf dem Prototypenbau entsprechend eines Produktkonzeptes, sondern auf der Entwicklung der für den zukünftigen Businessplan des Kompetenzclusters erforderlichen Technologie und der dafür notwendigen Tätigkeiten zum Beweis ihrer Umsetzbarkeit. Gegebenenfalls schlägt auch das Produktionsnetz die Strategie vor, nach der die neue Technologie bzw. das neue Wissen, das einer

neuen Erfindung zu Grunde liegt, patentiert bzw. lizenziert werden soll und in welchem Umfang. Dies muss allerdings durch den Kompetenzcluster bestätigt oder angepasst werden.

6.3 Hierarchielose Auswahl der Kompetenzzellen

6.3.1 Anforderungen

Da Kompetenznetze als sich selbstorganisierende Netze verstanden werden, in denen es keine zentrale Kontrolleinstanz gibt und durch voneinander relativ unabhängige Kompetenzzellen gekennzeichnet sind, erfolgt die Auswahl von Kooperationspartnern hierarchielos. Dies bedeutet, dass einerseits die Auswahl nicht der Verantwortlichkeit einiger weniger Entscheidungsträger innerhalb des Kompetenznetzes obliegt, sondern von jeder Kompetenzzelle getroffen werden kann, die einen Partner zur Kooperation sucht. Die Auswahl wird quasi automatisch mittels des KoAg ausgeführt. So ist es dem Auswählenden nahezu unmöglich, die Auswahl nach subjektiven Kriterien zu beeinflussen. Andererseits meint hierarchielose Auswahl auch, dass die Kompetenzzellen gleichberechtigt ausgewählt werden und in diverse Wertschöpfungsprozesse eingebunden werden können.

Die hierarchielose Auswahl erfordert somit nach objektiven Kriterien, die bewerten, wie geeignet die Kompetenzzellen bezüglich der für das Kooperationsziel benötigten Kompetenzen sind. Im Falle von Forschungsprojekten dient der Auswahl der am besten geeigneten Kompetenzzellen das Innovationspotenzial, das eine annähernd objektive Bewertung der Innovationsfähigkeit darstellt.

Die Suche geeigneter Kompetenzzellen basiert zunächst auf dem Anforderungsvektor, der im Start-Up zur Innovation bestimmt wird. Die allgemeine Voraussetzung zur Auswahl bestimmter Kompetenzzellen ist deren Nützlichkeit bei der Generierung neuer, innovativer Lösungen und Produkte. Kompetenzzellen, die Kompetenzen zur Durchführung von generierenden Vorgehensweisen in Produktentwicklungen haben, besitzen diese Fähigkeit. Konkret wird bei der Produktentwicklung in kompetenzzellenbasierten Netzen zwischen zwei Vorgehensweisen unterschieden: *Generierung* und *Projektierung* [STEI-07].

Entsprechend der Definition der Produktentwicklungsphasen und Konstruktionsarten (vgl. [PAHL-07; VDI-2221; VDI-2222]) enthält die generierende Vorgehensweise die drei Phasen Planung, Konzeption und Entwurf und wird in der Neu- und Anpassungskonstruktion angewendet (Abbildung 6-3). Die Phasen Entwurf, Detail-

lierung und Prototyp gehören zur projektierenden Vorgehensweise, die bei allen Konstruktionsarten, d. h. bei der Neu-, Anpassungs- und Variantenkonstruktion, angewendet wird. Die Kompetenzzellen, die der generierenden Vorgehensweise dienlich sind, gelten gleichzeitig als geeignet zur Bildung forschungsorientierter Produktionsnetze, die in der Lage sind, innovative Lösungen und Produkte zu schaffen. Diese Netze greifen dabei in der frühen Phase nicht auf bestehende Erkenntnisse zurück, wodurch Kreativität, Flexibilität und Innovationsfähigkeit für alle Kundenanfragen bzw. Initialentwicklungen des Produktionsnetzes gewährleistet werden und ein entscheidender Wettbewerbsvorteil entstehen kann [NEUG-04]. Daraus abgeleitet werden im Auswahlprozess für Forschungsaktivitäten in Produktionsnetzen ausschließlich Kompetenzzellen mit generierender Vorgehensweise berücksichtigt.

Produktentwicklungsmethodik:		generierend		projektierend		
		Planung	Konzeption	Entwurf	Detaillierung	Prototyp
Konstruktionsarten	Phasen der Produktentwicklung:					
	Neu-konstruktion	[Bar chart showing activity across all phases]				
	Anpassungs-konstruktion		[Bar chart showing activity across Konzeption, Entwurf, and Detaillierung]			
Varianten-konstruktion		[Bar chart showing activity across Planung and Konzeption]		[Bar chart showing activity across Entwurf, Detaillierung, and Prototyp]		
		↓ für Forschungsaktivitäten im Auswahlprozess berücksichtigt		↓ nicht berücksichtigt		

Abbildung 6-3: Voraussetzungen zur Auswahl bezüglich der Konstruktionsarten und der Produktentwicklungsphasen

6.3.2 Innovationspotenzial

6.3.2.1 Annähernd objektive Bewertung der Innovationsfähigkeit

Die Innovationsfähigkeit kann durch Parameter oder Indikatoren beurteilt werden, die die Effektivität und Effizienz (Erfolgsmessung) der Ausführung von Aktivitäten und der aus ihnen resultierenden Ergebnisse im Innovationsprozess darstellen. Für die Bewertung der Innovationsfähigkeit der Kompetenzzellen werden in dieser Arbeit verschiedene Parameter festgelegt, die zusammen das Innovationspotenzial bilden. Diese Parameter ergeben sich aus der Analyse der bisherigen Literatur, aus der Anpassung vorhandener Indikatoren sowie durch die Bestimmung von neuen

Parametern (vgl. 2.4). Dabei werden auch Indikatoren betrachtet, die neben der Innovationsfähigkeit den zukünftigen Erfolg der Kooperation beurteilen.

Um eine annähernd objektive Bewertung der Innovationsfähigkeit gewährleisten zu können, werden in dieser Arbeit nur quantitative (oder objektive) Indikatoren verwendet, die sowohl einfach zu beurteilen als auch zwischen den Kompetenzzellen vergleichbar sind. Diese Indikatoren oder Parameter sollen mittels des KoAg verwaltet werden, weil es keine Kontrollinstanz in den Kompetenznetzen gibt, um alle Eingabedaten (input data) zu überprüfen.

Die in dieser Arbeit festgelegten Parameter des Innovationspotenzials werden für jede Kompetenzzelle bzw. jede Kompetenzkomponente einzeln bewertet und lassen sich in die folgenden Parametergruppen einteilen:

- Innovationsstrategie,
- Innovationstalent,
- Innovations- und Produktentwicklungserfahrung.

Die Parameter des Innovationspotenzials zur Auswahl von Kompetenzzellen, die im Folgenden näher betrachtet werden, basieren auf einer Erfassung von Daten zu der bereits erbrachten Leistung jeder Kompetenzzelle. Um ein zu großes Datenvolumen zu vermeiden, wird ein Betrachtungszeitraum für die Daten der einzelnen Parameter bezüglich ihrer Eigenschaften festgelegt. Der Betrachtungszeitraum wird anhand der in der Literatur berichteten auf Erfahrung beruhenden Präferenz derartiger Daten sowie anhand der eigenen Erfahrung bei der Datenerfassung bestimmt. Außerdem kann der Zeitraum durch praxisnahe Testverfahren ermittelt und eventuell angepasst werden. Dies ist allerdings nicht Inhalt dieser Arbeit.

6.3.2.2 Innovationsstrategie

Die Innovationsstrategie bestimmt die Wichtigkeit von Innovationen für eine Kompetenzzelle. In der Industrie unterscheiden sich Unternehmen hinsichtlich der Anzahl und Qualität der innovativen Produkte, die sie generieren. Der Aufwand, mit dem ein Großteil innovativer Unternehmen in Forschung und Entwicklung investiert, übersteigt den entsprechenden Industriedurchschnitt. Sie konzentrieren sich auf die Steigerung von Forschungsaktivitäten, um ihre eigenen Kernkompetenzen weiterzuentwickeln und auszunutzen [SANT-01]. Dieses Vorgehen ist ebenfalls für Kompetenzzellen anwendbar. Die Innovationsstrategie wird vom folgenden Parameter abgeleitet:

Relative Intensität von Forschung und Entwicklung (RFuE_Int)

Die Intensität von Forschung und Entwicklung ist in der Industrie eine bekannte Kennzahl aus dem Rechnungswesen und wird häufig im Jahresbericht von Unternehmen, vor allem von denen, die an der Börse notiert sind, erwähnt. Die Innovationsstrategie wird dann als die relative Intensität von Forschung und Entwicklung einer Kompetenzzelle in einem Jahr definiert. Diese Intensität stellt das Verhältnis zwischen den Ausgaben zur Forschung und Entwicklung und dem Nettoumsatz dar. Um diese Intensität für jede Kompetenzzelle zwischen null und eins zu normieren, wird sie durch die maximale Intensität der Kompetenzzellen, die den gleichen Beschreibungsvektor haben, dividiert:

$$RFuE_Int = (FuE_A/Um) / FuE_Int_{max} \quad (6.1)$$

FuE_A Ausgaben für Forschung und Entwicklung

Um Nettoumsatz

FuE_Int_{max} maximale FuE-Intensität einer Kompetenzzelle innerhalb einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor

Hierbei werden alle internen und externen Ausgaben aus der Forschung und Entwicklung betrachtet, d. h. Ausgaben der eigenen Tätigkeiten sowie alle diejenigen, die die Kompetenzzellen extern durchführen lassen. Als Forschung und Entwicklung werden alle die Tätigkeiten verstanden, deren Hauptziel die weitere technische Verbesserung des Produktes ist [OECD-02]. Außerdem werden auch die folgenden Ausgaben berücksichtigt [OECD-97]:

- Ausgaben für den Erwerb von externen nicht verkörperten Technologien und Wissen in Form von Patenten, nichtpatentierten Erfindungen, Lizenzen sowie Schulungen, wenn diese zur Umsetzung eines technologisch neuen bzw. verbesserten Produktes erforderlich sind.
- Ausgaben für den Erwerb von verkörperten Technologien wie Maschinen- und Betriebsanlagen mit merklich verbesserter Leistung im Zusammenhang mit implementierten Produktinnovationen, außer allen jeweiligen Abschreibungen.

Ist dagegen das Produkt bereits im Wesentlichen bestimmt, und ist das Hauptziel die Marktentwicklung, die Planung der Arbeitsvorbereitung oder die problemlose Betriebsaufnahme eines Produktions- bzw. Steuerungssystems, werden die Tätigkeiten nicht mehr als Forschung und Entwicklung betrachtet [OECD-02]. Typischerweise beträgt die Intensität von Forschung und Entwicklung von Unternehmen

(FuE_A / Um) weniger als 10% (in Anlehnung an Umfragen und Berichte aus der Industrie, bspw. [ASCH-09; COOP-01]).

6.3.2.3 Innovationstalent

Der Begriff Innovationstalent meint die Fähigkeit, Produktinnovationen zu generieren und den Innovationsprozess zu beherrschen. Einige Unternehmen sind kreativer und innovativer als andere und haben eine höhere Intensität von Produktinnovationen. Möglicherweise war LOTKA der erste, der durch eine Analyse der Häufigkeit wissenschaftlicher Veröffentlichungen erklären konnte, dass sich wissenschaftliche Leistung innerhalb einer kleinen Gruppe von Forschern konzentriert [LOTK-26]. LOTKA formulierte das „umgekehrte quadratische Gesetz von Produktivität“, welches besagt, dass die Anzahl von Autoren, die genau n Veröffentlichungen publizieren, proportional zu $1/n^2$ ist [LOTK-26]. Andere empirische Untersuchungen bestätigen dieses Prinzip sowohl bezüglich der Produktivität als auch der Qualität und wenden es bei Erfindern (bspw. [ERNS-00]) und Unternehmen (bspw. [DYER-02]) an. NARIN und BREITZMAN fanden heraus, dass ein Prozent der besten Erfinder fünf- bis zehnmal produktiver als der Durchschnitt ist [NARI-95]. Ebenso sind die besten zehn Prozent mindestens drei- bis viermal so produktiv. Aus diesem Grund wird angenommen, dass einige Kompetenzzellen kreativer und innovativer sind als andere. Folgendermaßen sind die Innovationstalent-Parameter:

Patentqualität (PQ)

Einige Autoren [ENST-06; ERNS-95; NARI-93] schlagen vor, die innovative Leistung der Erfinder oder der Unternehmen durch Patente objektiv zu bewerten. Es liegt an der erfahrungsgemäß erprobten positiven Korrelation zwischen dem Forschungs- und Entwicklungsaufwand und der Patentproduktivität [GRIL-90].

Patente dienen dem Schutz der geistig-gewerblichen neuen Schöpfungen und Erfindungen, wenn sie bei ihrer Anmeldung nicht zum Stand der Technik gehören. Das Patentwesen bezieht materialrechtliche Voraussetzungen, verfahrensrechtliche Regelungen und eine Vielzahl von Informationen, die vor allem eine Patentschrift enthält, ein. Im Bereich dieser Arbeit und der Patentanalyse ist vor allem die erste Seite der Patentschrift von Bedeutung (Abbildung 6-4), weil diese die hierfür notwendigen Patentinformationen enthält. Die in Klammern stehenden Zahlen im nächstfolgenden Text beziehen sich auf die sichtbaren Nummern der Abbildung und werden als INID-Codes (INID = Internationally agreed Numbers for the Identification of Data) bezeichnet. Sie entsprechen der internationalen Kennzeichnung der

bibliographischen Daten von Patenten nach der Weltorganisation für geistiges Eigentum (WIPO) [WIPO-ST9].

	
	(19) Bundesrepublik Deutschland Deutsches Patent- und Markenamt
(10) DE 10 2007 013 980 B3 2008.11.20	
(12) Patentschrift	
(21) Aktenzeichen: 10 2007 013 980.4 (22) Anmeldetag: 23.03.2007 (43) Offenlegungstag: – (45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 20.11.2008	(51) Int Cl. ⁸ : B23B 13/02 (2006.01)
<p>Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).</p>	
(73) Patentinhaber: Technische Universität Chemnitz, 09111 Chemnitz, DE	(72) Erfinder: Kolouch, Martin, Dipl.-Ing., 09126 Chemnitz, DE; Weidlich, Dieter, Prof. Dr.-Ing., 09353 Oberlungwitz, DE
(74) Vertreter: Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80802 München	(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften: DE 76 35 459 U DE 75 20 080 U
(54) Bezeichnung: Führungs- und Schubvorrichtung und Verfahren zum Führen und Verschieben eines Stangenhalbzeugs	
(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Führungs- und Schubvorrichtung für ein Stangenhalbzeug in einer drehbearbeitenden Maschine mit einer hohlen	

Abbildung 6-4: Beispiel für die erste Seite eines deutschen Patentes

Zur Erlangung eines Patentbesitzes beginnt das Verfahren mit der Anmeldung der Erfindung durch den Erfinder bei dem jeweils zuständigen Patentamt. Bei diesem Amt kann die Erfindung auch als internationale Patentanmeldung gleichzeitig oder bis zu einem Jahr später eingereicht werden [ENST-06]. Die Patentanmeldung erfolgt an dem Tag (22), an dem die Erfindung zum ersten Mal in Erscheinung tritt. Hierfür werden auf der ersten Seite der Patentschrift Informationen zum Antragsteller bzw. Patentinhaber (73), Erfinder (72), Titel der Erfindung (54) sowie eine verkürzte Beschreibung (57) mit einer dazugehörigen Zeichnung festgehalten. Außerdem gehören zum Inhalt eines Patentbesitzes die deutliche Erläuterung und alle Patentan-

sprüche der Erfindung mit den zugehörigen Zeichnungen. Nach der Anmeldung beginnt das Prüfungsverfahren, in dem die Neuheit, die Patentfähigkeit und die Erfindungshöhe anhand des aktuellen Wissensstands durch die Patentbehörde beurteilt werden. Dafür wird die Erfindung mit bereits angemeldeten Patenten verglichen, auf die die Erfindung verweist und aufbaut. Diese Patente werden in der Patentschrift unter „Beurteilung in Betracht gezogener Druckschriften“ (56), die auch „Entgegenhaltungen“ genannt werden, zitiert.

Wurden die verschiedenen Voraussetzungen positiv bewertet und erfüllt, wird das Patent erteilt (45). Dadurch wird dem Erfinder der Schutz gewährt, über seine Erfindung für eine bestimmte Zeit allein verfügen zu können und anderen die Verwendung zu untersagen. Aus diesen Patentinformationen werden verschiedene Patentkennzahlen zur Patentanalyse abgeleitet. Daher werden die Informationen zur schnellen und einfachen Erfassung in den vorhandenen Patentdatenbanken aufgelistet, ohne dass die erste Seite der Patentschrift gesichtet werden muss.

Die Patentkennzahlen für den Parameter der Patentqualität basieren in der vorliegenden Arbeit auf der Terminologie von ERNST [ERNS-98] und werden zur Anwendung in Kompetenznetzen angepasst. Der Betrachtungszeitraum wird hierbei auf die letzten acht Jahre eingeschränkt. Dabei gilt die folgende Nomenklatur für die Formeln (6.2) - (6.5):

<i>PA</i>	Anzahl der Patentanmeldungen einer Kompetenzzelle
<i>Er</i>	Anzahl der Patenterteilungen einer Kompetenzzelle
<i>PP</i>	Anzahl der im Prüfungsverfahren befindlichen Patente
<i>Zi</i>	Anzahl der auf eine Kompetenzzelle entfallenden Patentzitate
<i>RZQ_{max}</i>	maximale Zitierquote einer Kompetenzzelle in einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
<i>AA</i>	Anzahl der Auslandsanmeldungen einer Kompetenzzelle

Die Patentqualität (*PQ*) stellt die Güte der Patente dar und wird durch den Durchschnitt der folgenden Parameter berechnet:

$$PQ = (EQ + RZQ + AQ) / 3 \quad (6.2)$$

EQ: Erteilungsquote. Sie wird als Indikator für die technologische Qualität von Patenten betrachtet [ERNS-95], da eine Patenterteilung einen höheren Wert als nur eine Patentanmeldung hat. Ein Patent ist nur erteilt, wenn es technologische Lösungen enthält, die einen bestimmten Neuheitsgrad übersteigen:

$$EQ = Er / (PA - PP) \quad (6.3)$$

RZQ: Relative Zitierquote. Die Patentbehörde verwendet Zitierungen, um die Neuheit und Erfindungshöhe im Vergleich zu bereits angemeldeten Patenten zu beleuchten [ALBE-91]. Patenzitierungen verdeutlichen, dass ein Patent einen wichtigen Fortschritt in einem Forschungsfeld darstellt [ERNS-98]. Diese Quote besteht aus der Anzahl von Zitierungen, die das Patent einer Kompetenzzone in den Beschreibungen der weltweit darauffolgend neuangemeldeten Patenten erhalten hat. Zur Normierung zwischen null und eins wird diese Quote durch die maximale Zitierquote von Patenten einer Kompetenzzone dividiert:

$$RZQ = (Zi / Er) / RZQ_{\max} \quad (6.4)$$

Allerdings liegt die Information zu den Zitierungen eines Patentes (Zi) nicht in seiner Patentschrift vor, sondern wird von einigen vorhandenen Patentdatenbanken besorgt. Beispielsweise wird das Patent DE 10 2006 759 durch das Deutsche Patent- und Markenamt (DPMA) lt. dessen Datenbestand DEPATIS-System (zur Verfügung in <http://depatisnet.dpma.de/DepatisNet> [DEPA-09]) mit drei Zitierungen in den folgenden Patenten ausgezeichnet:

- DE 10 2006 012 820
- DE 10 2006 009 152
- WO 2007/059726

AQ: Auslandsquote. Patente werden nur in anderen Ländern angemeldet, wenn diese eine hohe Qualität aufweisen und ein gewisses ökonomisches Potenzial besitzen [ERNS-00]. Diese Patente sind dann als wissenschaftlich wertvoller zu betrachten. Wenn der Schutz der Erfindung zusätzlich zur deutschen Anmeldung nur in wenigen Staaten erwünscht ist, können Einzelanmeldungen in den jeweiligen Ländern stattfinden. Soll dagegen die Erfindung in einer Vielzahl von Ländern patentiert werden, kann diese mit jeweils nur einer Anmeldung, bspw. im Europäischen Patentamt oder über den Patentszusammenarbeitsvertrag (PCT) der Weltorganisation für Geistiges Eigentum (WIPO), geschützt werden. Informationen zu den beiden Möglichkeiten der Auslandsanmeldung sind aber nicht in der Patentschrift enthalten und müssen mittels einer Recherche mit der jeweiligen Patentnummer in einer Patentdatenbank gesucht werden.

$$AQ = AA / PA \quad (6.5)$$

Beispielsweise wird für das oben erwähnte Patent DE 102 58 759 im DEPATIS-System des DPMA berichtet, dass es auch international mit der Nummer EP 1 431 594 (Europa) angemeldet wurde [DEPA-09].

Veröffentlichungsqualität (VQ)

Aufgrund der Patentstrategie, nicht alle patentfähigen Erfindungen patentieren zu lassen (bspw. [ERNS-99]) und da viele Innovationen keiner patentierten Erfindung entsprechen sowie viele Patente nie zu Produktinnovationen führen [OECD-94], werden auch Veröffentlichungen als ein ergänzender Indikator festgelegt, um Forschungsleistungen zu beurteilen, z. B. [GEIS-94; SORE-04; TIJS-04].

Im industriellen Umfeld veröffentlichen nicht alle Firmen ihre Forschungsergebnisse. Trotzdem existieren viele gute Gründe für Firmen bzw. Kompetenzzellen, Forschungsergebnisse zu veröffentlichen. Durch wissenschaftliche Publikationen können Firmen ihre Fortschritte im Bereich Forschung und Entwicklung präsentieren, ihre Leistungen und Innovationen vorstellen, um sich für private bzw. öffentliche Forschungsprojekte zu qualifizieren [TIJS-04]. Allerdings ist die Veröffentlichung nicht das Hauptziel der Kompetenzzellen in forschungsorientierten Produktionsnetzen. Kompetenzzellen veröffentlichen weniger Forschungspublikationen als vergleichbare öffentliche Institutionen wie Universitäten, Forschungsinstitute und staatliche Labore.

Der Veröffentlichungsparameter erfasst alle wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus der Forschung, die durch eine Kompetenzzelle bzw. in Mitautorschaft verfasst werden. Bei diesen Publikationen handelt es sich um:

- Veröffentlichungen in anerkannten wissenschaftlichen Zeitschriften, in denen Forschungsergebnisse vorgestellt werden. Diese Veröffentlichungen werden in bekannten bibliographischen Datenbanken aufgelistet, wie z. B. im „Science Citation Index“ vom „Institute for Scientific Information“ (Thomson ISI)
- Tagungsberichte aus wissenschaftlichen Forschungskonferenzen
- Fachberichte in Anlehnung an Forschungspublikationen von Instituten

Nicht einbezogen werden nichtwissenschaftliche Zeitschriften, Marketing- und technische Reports, da hier Standards wissenschaftlichen Publizierens nicht eingehalten werden. Genauso werden auch Monographien nicht einbezogen, weil sie unter unterschiedlichen Standards für Publikation bezüglich des Marktes veröffentlicht werden und viele von ihnen nur als Referenzträger etablierter Fakten gelten können.

Im Gegensatz zu den Patenten wird die Qualität durch die Zitierung der Veröffentlichungen bewertet. Diese Zitierungen sind als Indikator dafür zu sehen, dass eine Publikation einen Beitrag zur Weiterentwicklung eines Forschungsfeldes leistet. Wie schon erwähnt wird der Betrachtungszeitraum auf die letzten acht Jahre eingeschränkt:

$$VQ = (ZV/WW)/VQ_{\max} \quad (6.6)$$

<i>ZV</i>	Anzahl der auf eine Kompetenzzelle entfallenden Zitierungen wissenschaftlicher Veröffentlichungen
<i>WW</i>	Anzahl der Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften, wissenschaftlichen Tagungs- und Fachberichten je Kompetenzzelle
<i>VQ_{max}</i>	maximale Veröffentlichungsqualität einer Kompetenzzelle innerhalb einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor

Die Anzahl der Veröffentlichungen einer Kompetenzzelle (*WW*) kann mittels einer Recherche nach Namen der Autoren in vorhandenen bibliographischen Datenbanken deutscher und internationaler Fachliteratur erhoben werden. Allerdings kann die Kompetenzzelle vorzugsweise die Anzahl ihrer Veröffentlichungen mitteilen, da die bibliographischen Datenbanken nicht alle Veröffentlichungen enthalten. Die Anzahl der entfallenden Zitierungen wird hingegen nur durch eine Suche nach entweder den Autorennamen oder den Titeln der Veröffentlichungen in vorhandenen bibliographischen Datenbanken ermittelt. Es werden auch Selbstzitierungen aus vorherigen Veröffentlichungen gezählt.

Es ist wichtig im Voraus zu bestimmen, in welcher Datenbank die Zitierungen der Kompetenzzellen gesucht werden sollen, weil jede Datenbank unterschiedliche Ergebnisse liefern kann. So liefern beispielsweise zwei bibliographische Datenbanken unterschiedliche Ergebnisse für die Anzahl der Veröffentlichungen und deren Zitierungen von drei Wissenschaftlern in den letzten acht Jahren (2002-2009) (Tabelle 6-1).

Tabelle 6-1: Beispielhafter Vergleich der Anzahl von Zitierungen von drei Wissenschaftlern zwischen 2002 und 2009 aus verschiedenen bibliographischen Datenbanken

Wissenschaftler:	Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen			Anzahl entfallender Zitierungen		
	A	B	C	A	B	C
Scopus™ ⁽¹⁾	78	51	62	187	58	60
ISI Web of Science SM ⁽²⁾	59	27	36	92	35	32
absolute Prozentsatzveränderung	32,2 %	88,9 %	72,2 %	103,3 %	65,7 %	87,5 %
Durchschnitt	64,4 %			85,5 %		

⁽¹⁾ www.scopus.com

⁽²⁾ www.isiknowledge.com

Erfolgsquote in Forschungsprojekten (EQF)

Dieser Parameter bezieht sich auf die Fähigkeit der Kompetenzzelle, Forschungsprojektziele in einem zeitlichen Rahmen abzuschließen, d. h. ein Forschungsprojekt bis zum letzten Projektreview auszuführen.

$$EQF = AF/NF \quad (6.7)$$

AF abgeschlossene Forschungsprojekte einer Kompetenzzelle

NF Gesamtanzahl realisierter Forschungsprojekte einer Kompetenzzelle

Die neuen im Netz implementierten Kompetenzzellen werden sich noch nicht an Forschungsprojekten beteiligt haben können. Damit ihnen das nicht als Nachteil angelastet werden kann und um ihnen eine Einstiegschance geben zu können, wird diesen Kompetenzzellen automatisch zum Startzeitpunkt für die Bewertung dieses Parameters der Wert $EQF=1$ zugewiesen. Der Grund dafür liegt darin, dass dieser Parameter eine Annäherung an einen Maximalwert von 1 aufweist. Außerdem wird der Betrachtungszeitraum von Forschungsprojekten auf die letzten zwei Jahre eingeschränkt; andernfalls würde die Anzahl dieser Projekte zu einem unendlichen Wert tendieren.

6.3.2.4 Innovations- und Produktentwicklungserfahrung

Die Erfahrung in einem Bereich ist nicht nur durch die Zeit, sondern auch durch den Aktivitäts- und Beteiligungsgrad beeinflusst. Eine bemerkenswerte Erfahrung steht in Verbindung mit einer großen Anzahl von Ergebnissen aus der Beteiligung an Aktivitäten in einem bestimmten Bereich. Außerdem korreliert die Erfahrung weitaus mehr mit den Fach- und Methodenkompetenzen als mit den Sozial- und Personal-kompetenzen (vgl. 4.2.2) einer Kompetenzzone und mit ihrer Aktivität bezüglich ihrer Patente und Veröffentlichungen sowie ihrer Teilnahme an Produkt-entwicklungs- und Forschungsprozessen. Die Bewertung der Aktivität einer Kompe-tenzzone ist dann durch die Anzahl der Patentanmeldungen und der Veröffentli- chungen in wissenschaftlichen Zeitschriften möglich. Eine steigende Zahl von Pa- tenten und Veröffentlichungen ist Ausdruck dafür, dass eine Kompetenzzone an Erfahrung in Bezug auf die Ideengenerierung und ihre Innovationskompetenz ge- wonnen hat. Je häufiger eine Kompetenzzone ausgewählt wird, umso höher ist ihr Innovations- und Kompetenzpotenzial. Kompetenzzellen gewinnen an Erfahrung in Bezug auf ihre Innovations- und Produktentwicklungskompetenz und ihre Koopera- tionsfähigkeit. Die beschriebenen Parameter werden wie folgt ermittelt:

Patentaktivität (*Pakt*)

Im Gegensatz zur Patentqualität bewertet die Patentaktivität den Aufwand an Tätig- keiten zur Forschung und Entwicklung [ERNS-98]. Dieser Parameter wird auf Kom- petenzzellen bezüglich der Informationen aus den letzten acht Jahren wie folgt angewendet:

$$Pakt = PA/PA_{max} \quad (6.8)$$

PA	Anzahl der Patentanmeldungen einer Kompetenzzone
PA_{max}	maximale Anzahl von Patentanmeldungen einer Kompetenzzone innerhalb einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Be- schreibungsvektor

Veröffentlichungsaktivität (*Vakt*)

Ähnlich wie bei den Patenten wird die Veröffentlichungsaktivität anhand der Anzahl der Publikationen je Kompetenzzone geteilt durch die maximale Anzahl von Publi- kationen einer Kompetenzzone in einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor bestimmt. Diese Anzahl dokumentiert die Forschungsproduk- tivität und verdeutlicht die Wichtigkeit der Kompetenzzone bezüglich des For-

schungsfeldes. Auch hierbei werden die Informationen der letzten acht Jahre berücksichtigt:

$$V_{akt} = WV/WV_{\max} \quad (6.9)$$

WV	Anzahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen je Kompetenzzele
WV_{\max}	maximale Anzahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen einer Kompetenzzele innerhalb einer Gruppe von Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor

Teilnahmequote im Produktionsnetz zur Produktentwicklung (TQ_{PE})

Dieser Parameter wird durch die Anzahl und Häufigkeit der realisierten Produktentwicklungsprojekte einer Kompetenzzele bestimmt. Die Kompetenzzellen kooperieren in der Produktentwicklung bezogen auf die Wertschöpfungskette. Außerdem wird die Auswahl von Kompetenzzellen in einem Produktionsnetz zur Produktentwicklung mittels des Kompetenzpotenzials realisiert. Das Kompetenzpotenzial (vgl. 2.1.2) bildet den Erfüllungsgrad der vereinbarten Kosten, der Liefertermine, den Zufriedenheitsgrad der Umsetzung sowie die Anzahl und Häufigkeit der Realisierung von Projekten ab (vgl. [STEI-07]). Die Anzahl und Häufigkeit der realisierten Produktentwicklungsprojekte entsprechen der Erfahrung im Produktentwicklungsprozess:

$$TQ_{PE} = \frac{N}{N_{\max}} + \frac{\sum_{n=1}^N (t_n - t_{\min})}{N(t - t_{\min})} \quad (6.10)$$

N	Anzahl der realisierten Produktentwicklungsprojekte einer Kompetenzzele
N_{\max}	maximale Anzahl realisierter Produktentwicklungsprojekte innerhalb einer Gruppe von verschiedenen Kompetenzzellen mit gleichem Beschreibungsvektor
t	heutiges Datum
t_n	Zeitpunkt der Auswahl einer Kompetenzzele für ein beliebiges Projekt (n)

t_{min} erster Auswahltermin einer Kompetenzzelle innerhalb dieser Gruppe

Der erste Term stellt die Teilnahmequote einer Kompetenzzelle dar, die mit der maximalen Teilnahme von allen Kompetenzzellen gleichen Typs eines Kompetenznetzes verglichen wird. Der zweite Term zeigt den Durchschnitt der Häufigkeit der Teilnahmen einer Kompetenzzelle an (in Anlehnung an [STEI-07]). Die Subtraktionen von $(t_n - t_{min})$ und $(t - t_{min})$ können mittels beliebiger Zeiteinheiten berechnet werden, sofern in beiden Termen dieselbe Zeiteinheit eingesetzt wird. In der vorliegenden Arbeit wird dieser Parameter mittels Tagen kalkuliert.

Wie schon erwähnt, wird bei der Erfolgsquote in Forschungsprojekten der Betrachtungszeitraum auf die letzten zwei Jahre eingeschränkt. Außerdem wird den neu beigetretenen Kompetenzzellen zum Startzeitpunkt für diesen Parameter eine Bewertung von $TQ_{PE} = 1/2$ zugewiesen mit dem Ziel, ihnen eine bessere Einstiegschance zu ermöglichen. Tabelle 6-2 zeigt beispielhaft eine Wertetabelle zufällig generierter zeitlicher Daten für eine Kompetenzzelle zur Berechnung dieses Parameters.

Tabelle 6-2: Zufallsbeispiel für Teilnahmequote im Produktionsnetz zur Produktentwicklung

Teilnahme an PE-Projekten	Maximale Anzahl realisierter PE-Projekte zum Zeitpunkt t	Auswahltermin	Teilnahmequote
N	N_{max}	T	TQ_{PE}
0	6	$t_{min} = 01.01.2008$	0.500
1	14	01.03.2008	0.500
2	29	27.04.2008	0.825
3	34	30.07.2008	0.701
4	37	13.09.2008	0.737
5	43	15.10.2008	0.764
6	50	24.11.2008	0.760
7	64	14.12.2009	0.505
8	72	15.01.2009	0.885
9	82	24.02.2009	0.843
10	91	20.12.2009	0.596

Teilnahmequote im forschungsorientierten Produktionsnetz (TQ_F)

Dieser Parameter bezieht sich im Gegensatz zum Produktentwicklungsparameter auf realisierte Forschungsprojekte. Mit jeder Teilnahme an solchen Projekten erhöhen die Kompetenzzellen ihre Innovationserfahrung und verbessern ihre Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit. Deshalb wird für diesen Parameter die Teilnahmehäufigkeit in forschungsorientierten Produktionsnetzen operationalisiert.

$$TQ_F = \frac{N^F}{N_{\max}^F} + \frac{\sum_{n=1}^{N^F} (t_n^F - t_{\min}^F)}{N^F (t^F - t_{\min}^F)} \quad (6.11)$$

F bezeichnet die Teilnahme am forschungsorientierten Produktionsnetz

Hierbei gelten ebenso wie bei den Produktentwicklungsprojekten das gleiche Berechnungsverfahren und ein Betrachtungszeitraum der Forschungsprojekte der letzten zwei Jahre sowie eine Bewertung zum Startzeitpunkt mit $TQ_F = 1/2$.

6.3.2.5 Berechnung des gesamten Innovationspotenzials

Nicht alle für das Innovationspotenzial festgelegten Parameter weisen den gleichen Stellenwert für die Bewertung der Innovationsfähigkeit auf. Folglich sind Gewichtungsfaktoren zwischen den einzelnen Parametern für die Auswertung des vollständigen Innovationspotenzials notwendig. Die Kompetenzzellen im jeweiligen Kompetenzcluster sollten die Gewichtungsfaktoren der Parameter als Voraussetzung zur Durchführung von Forschungsprojekten vereinbaren. Dies erfolgt vor der Suche nach geeigneten Kompetenzzellen und sollte in der Regel nicht für alle Forschungsprojekte wiederholt werden, sondern nur einmal bei der Anbahnung des Kompetenzclusters ausgeführt und nachträglich eventuell angepasst werden. Hierfür sind verschiedene Bewertungstechniken bzw. -methoden anwendbar, nicht nur die wohl bekanntesten, die Nutzwertanalyse (NWA) und der Analytic Hierarchy Process (AHP), sondern auch eine große Anzahl anderer Techniken bzw. Methoden, wie das Weighted Sum Model (WSM), Weighted Product Model (WPM), Efficiency Analysis Technique With Output Satisficing (EATWOS), Analytic Network Process (ANP), Elimination Et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE), Non-Structural Fuzzy Decision Support System (NSFDSS), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) u. a. (vgl. [PETE-07; TRIA-00]).

Der Analytic Hierarchy Process (AHP) wird zur Gewichtung der Parameter in der vorliegenden Arbeit eingeführt, da dieser eine der am häufigsten gebrauchten Techniken ist, und seine grundsätzliche Stärke eben in der vollständigen Bewertung aller möglichen paarweisen Vergleiche liegt. Der AHP ist außerdem mathematisch anspruchsvoller, aber präziser sowie differenzierter und erbringt eine höhere Ergebnisgüte [PETE-07]. Der AHP zerlegt ein komplexes Multikriterien-Entscheidungsproblem in ein Hierarchiesystem, in dem die relative Bedeutung der zu beurteilenden Elemente hinsichtlich jeden Kriteriums paarweise verglichen wird [TRIA-00]. Eine nähere Erklärung dieser Bewertungstechnik befindet sich im Anhang B. Für die Gewichtung werden vier Kriterien verwendet, um die Wirksamkeit der einzelnen Parameter zur Bewertung der Innovationsfähigkeit zu beurteilen:

1. Produktivität zur Innovationsgenerierung
2. Wissensgenerierung
3. Beherrschung der Prozesse
4. Engagement für die Innovation mittels des investierten zeitlichen und finanziellen Aufwandes

Diese Kriterien werden zuerst in einer quadratischen Matrix durch die ungeraden Ziffern von 1 bis 9 (gleiche Bedeutung/sehr viel höhere Bedeutung) oder deren Kehrwerte von $1/9$ bis 1 (sehr viel niedrigere Bedeutung/gleiche Bedeutung) paarweise verglichen (Tabelle 6-3).

Tabelle 6-3: Matrix des paarweisen Vergleiches der Kriterien

	Produktivität	Wissensgenerierung	Beherrschung der Prozesse	Engagement für die Innovation
Produktivität	1	3	5	7
Wissensgenerierung	1/3	1	3	5
Beherrschung der Prozesse	1/5	1/3	1	3
Engagement für die Innovation	1/7	1/5	1/3	1

$Cr = 0,065$

Ebenso werden alle Parameter in Bezug auf die vier einzelnen Kriterien paarweise verglichen. Dies ergibt vier Matrizen (Tabelle 6-4), mit denen die endgültige Gewichtung einzelner Parameter ausgerechnet wird. Um zu überprüfen, wie widersprüchlich die Kriterien und Parameter im Vergleich zueinander in jeder Matrix bewertet wurden, dient der sogenannte *Konsistenzwert* (Cr) (siehe Anhang B). Je niedriger der Konsistenzwert ist, desto schlüssiger sind die Beurteilungen der Vergleiche und desto weniger Widersprüche weisen sie auf. Ist der Konsistenzwert gleich null, besteht eine interne vollkommene Konsistenz zwischen den Beurteilungen der paarweisen Vergleiche, d. h. die Vergleiche haben im theoretischen Fall keine Widersprüche. Beträgt dagegen der Konsistenzwert eins, wurden die paarweisen Vergleiche ganz zufällig zugewiesen. In der Regel wird ein Wert von $Cr \leq 0,1$ als akzeptabel betrachtet, weil hier Widersprüche kaum erkennbar sind. Alle resultierenden Matrizen weisen einen Konsistenzwert kleiner als den zulässigen Wert von 0,1 auf.

Tabelle 6-5 zeigt eine Übersicht der Parameter des Innovationspotenzials und die resultierenden Gewichtungsfaktoren.

Tabelle 6-4: Matrizen der paarweisen Vergleiche der Parameter je Kriterium

Kriterium: Produktivität zur Innovationsgenerierung		Cr = 0,094						
	<i>RFuE_Int</i>	<i>PQ</i>	<i>VQ</i>	<i>EQF</i>	<i>Pakt</i>	<i>Vakt</i>	<i>TQ_PE</i>	<i>TQ_F</i>
<i>RFuE_Int</i>	1	1/9	1/5	1/9	1/7	1/3	1/3	1/5
<i>PQ</i>	9	1	5	3	3	7	7	5
<i>VQ</i>	5	1/5	1	1/5	1/3	3	3	1/3
<i>EQF</i>	9	1/3	5	1	3	7	5	3
<i>Pakt</i>	7	1/3	3	1/3	1	5	5	3
<i>Vakt</i>	3	1/7	1/3	1/7	1/5	1	1/3	1/3
<i>TQ_PE</i>	3	1/7	1/3	1/5	1/5	3	1	1/3
<i>TQ_F</i>	5	1/5	3	1/3	1/3	5	3	1

Kriterium: Wissensgenerierung		Cr = 0,097						
	<i>RFuE_Int</i>	<i>PQ</i>	<i>VQ</i>	<i>EQF</i>	<i>Pakt</i>	<i>Vakt</i>	<i>TQ_PE</i>	<i>TQ_F</i>
<i>RFuE_Int</i>	1	1/9	1/9	1/9	1/7	1/5	1/3	1/5
<i>PQ</i>	9	1	3	1	3	5	7	5
<i>VQ</i>	9	1/3	1	1/3	3	5	7	5
<i>EQF</i>	9	1	3	1	3	5	7	5
<i>Pakt</i>	7	1/3	1/3	1/3	1	3	5	3
<i>Vakt</i>	5	1/5	1/5	1/5	1/3	1	3	3
<i>TQ_PE</i>	3	1/7	1/7	1/7	1/5	1/3	1	1/3
<i>TQ_F</i>	5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	3	1

Kriterium: Beherrschung der Prozesse		Cr = 0,098						
	<i>RFuE_Int</i>	<i>PQ</i>	<i>VQ</i>	<i>EQF</i>	<i>Pakt</i>	<i>Vakt</i>	<i>TQ_PE</i>	<i>TQ_F</i>
<i>RFuE_Int</i>	1	1/7	1/5	1/9	1/5	1/3	1/7	1/9
<i>Pakt</i>	5	1/3	3	1/5	1	3	1/3	1/5
<i>PQ</i>	7	1	3	1/3	3	5	3	1/3
<i>Vakt</i>	3	1/5	1/3	1/7	1/3	1	1/5	1/7
<i>VQ</i>	5	1/3	1	1/5	1/3	3	1/3	1/5
<i>EQF</i>	9	3	5	1	5	7	3	3
<i>TQ_PE</i>	7	1/3	3	1/3	3	5	1	1/3
<i>TQ_F</i>	9	3	5	1/3	5	7	3	1

Kriterium: Engagement für die Innovation		Cr = 0,090						
	<i>RFuE_Int</i>	<i>PQ</i>	<i>VQ</i>	<i>EQF</i>	<i>Pakt</i>	<i>Vakt</i>	<i>TQ_PE</i>	<i>TQ_F</i>
<i>RFuE_Int</i>	1	3	9	7	5	9	9	7
<i>PQ</i>	1/3	1	7	5	3	7	7	5
<i>VQ</i>	1/9	1/7	1	1/3	1/5	1	1	1/3
<i>EQF</i>	1/7	1/5	3	1	1/3	3	3	1/3
<i>Pakt</i>	1/5	1/3	5	3	1	5	5	3
<i>Vakt</i>	1/9	1/7	1	1/3	1/5	1	1/3	1/3
<i>TQ_PE</i>	1/9	1/7	1	1/3	1/5	3	1	1/3
<i>TQ_F</i>	1/7	1/5	3	3	1/3	3	3	1

Tabelle 6-5: Zusammenfassung der Parameter des Innovationspotenzials zur Auswahl von Kompetenzzellen und die resultierenden Gewichtungsfaktoren

Parameter	Formel	Gewichtung	Nr.
Innovationsstrategie			
Relative Intensität von FuE	$RFuE_Int = (FuE_A/Um)/FuE_Int_{max}$	4%	(6.1)
Innovationstalent			
Patentqualität	$PQ = (EQ + RZQ + AQ) / 3$	29%	(6.2)
- Erteilungsquote	$EQ = Er/(PA - PP)$	-	(6.3)
- Relative Zitierquote	$RZQ = (Zi/Er)/RZQ_{max}$	-	(6.4)
- Auslandsquote	$AQ = AA/PA$	-	(6.5)
Veröffentlichungsqualität	$VQ = (ZV/WV)/VQ_{max}$	10%	(6.6)
Erfolgsquote in Forschungsprojekten	$EQF = AF/NF$	24%	(6.7)
Innovations- und Produktentwicklungserfahrung			
Patentaktivität	$Pakt = PA/PA_{max}$	14%	(6.8)
Veröffentlichungsaktivität	$Vakt = WV/WV_{max}$	4%	(6.9)
Teilnahmequote im Produktionsnetz zur Produktentwicklung	$TQ_PE = \frac{N}{N_{max}} + \frac{\sum_{n=1}^N (t_n - t_{min})}{N(t - t_{min})}$	5%	(6.10)
Teilnahmequote im forschungsorientierten Produktionsnetz	$TQ_F = \frac{N^F}{N_{max}^F} + \frac{\sum_{n=1}^{N^F} (t_n^F - t_{min}^F)}{N^F(t^F - t_{min}^F)}$	10%	(6.11)

7 *Verifizierung und Bewertung*

7.1 *Verifizierung des Forschungsansatzes*

7.1.1 *Umsetzung im kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz*

Der hier entwickelte Ansatz für die auftragsunabhängige Produktinnovation bietet einen neuen Anwendungsfall innerhalb des gesamten bisherigen kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes. Er betrifft wesentlich die oberen zwei Ebenen: das Kompetenznetz und das Produktionsnetz. Für die Umsetzung dieses Ansatzes und dessen Verbindung mit anderen bereits entwickelten oder künftig zu entwickelnden Anwendungsfällen des kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatzes aus anderen Themenschwerpunkten wie Arbeits- und Fertigungsplanung, Qualitätssystem oder Logistiksystemplanung (vgl. [ENDE-02b; MÜLL-07; MÜLL-09b]) wurde die Modellierung der zugehörigen Prozesssequenzen von der Initialentwicklung und Forschung mittels der Modellierungsmethode „erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette“ (eEPK) [STAU-06] realisiert (siehe Anhang A). Dies dient einer bildlichen Darstellung des Ablaufs beider Teilprozesse.

Da (noch) keine Kompetenzzellen real in regionalen Netzen existieren, kann ein direkter Nachweis für den kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz zurzeit schwer erbracht werden. Allerdings kann der entwickelte Ansatz anhand von Beispielen, die seine Funktionsfähigkeit beweisen sollen, überprüft werden. So werden im Folgenden je ein Beispiel für die Kompetenzclusterbildung sowie für den Initialentwicklungs- und den Forschungsprozess veranschaulicht. Für diese Beispiele werden Informationen eines deutschen Forschungsinstitut im Bereich der Produktionstechnik einbezogen.

7.1.2 *Beispiel für eine Kompetenzclusterbildung*

Das Beispiel für die Kompetenzclusterbildung verdeutlicht die Funktionsfähigkeit des entwickelten Algorithmus, der von einer hierarchischen Klassifikation von Kompetenzen ausgeht. Im Folgenden wird das Beispiel-Forschungsinstitut als ein Kompetenznetz angesehen, in dem jeder Mitarbeiter einer Kompetenzzelle entspricht. Zwar stellen die Mitarbeiter nicht unbedingt die kleinste sinnvoll teilbare Leistungs-

einheit innerhalb des Wertschöpfungsprozesses dar (vgl. 2.1.1), dennoch zeichnen sie sich durch ihre individuellen Kompetenzen aus. Weiter wird angenommen, dass die Projekte, die im Beispiel-Forschungsinstitut normalerweise durch interdisziplinäre Gruppen bestehend aus Mitarbeitern verschiedener Abteilungen durchgeführt werden, der fachübergreifenden Kooperation von Kompetenzzellen innerhalb eines Kompetenznetzes ähneln.

Da die Kompetenzen der Mitarbeiter nach dem Partialmodell zur Klassifikation von Produktentwicklungskompetenzzellen (vgl. 4.2.2), das die Basis für die Kompetenzclusterbildung ist, weder klassifiziert noch beschrieben worden sind, kann man dennoch davon ausgehen, dass bestimmte Kompetenzen unter der Organisationsstruktur des Beispiel-Forschungsinstitutes klassifiziert und gesammelt sind. In die Baumstruktur werden fünf Hauptabteilungen aus der Gesamtorganisation des Forschungsinstitutes einbezogen, die für das Beispiel relevant sind, weil sie mit den technologischen Bereichen in Verbindung stehen. Die übrigen Hauptabteilungen stehen in Beziehung zu anderen Bereichen wie Management, Verwaltung, Marketing etc. Die Hauptabteilungen sind außerdem in Unterabteilungen gegliedert, die gleichzeitig in Organisationseinheiten aufgefächert sind (Abbildung 7-1). Um die grafische Darstellung zu vereinfachen, wurden jeder Abteilung bzw. Organisationseinheit Kennnummer zugewiesen.

Obwohl die Organisationsstruktur des Beispiel-Forschungsinstitutes nicht mit der Klassifikation in fachgebiets-, produkt-, aktivitäts- und methodenspezifische Kompetenzkomponententypen (vgl. 4.2.2) korrespondiert, kann man dennoch annehmen, dass die Kompetenzzellen (Mitarbeiter) jeder Organisationseinheit sehr ähnliche Kompetenzen hauptsächlich bezüglich der fachgebiets- und produktspezifischen Kompetenzkomponententypen haben. Deshalb kann die Baumstruktur des Beispiel-Forschungsinstitutes mit der jeweiligen Anzahl von Mitarbeitern in jeder Abteilung für die Kompetenzclusterbildung angenommen werden. Sie ist der Ausgangspunkt für die Bildung des Kompetenzclusters, der einen anfänglichen Gini-Koeffizienten von 0,365 aufweist (Abbildung 7-2). Hierbei werden die Leiter der jeweiligen Hauptabteilung zwecks Vereinfachung der Beschreibung der Kompetenzen nicht betrachtet.

Aus der Anwendung des Verfahrens zur Kompetenzclusterbildung, wie sie in Kapitel 4 erläutert wurde, auf die Struktur des Beispiel-Forschungsinstitutes und nach mehreren Zyklen des Algorithmus ergibt sich das in Abbildung 7-3 gezeigte Ergebnis. In diesem beträgt der resultierende Gini-Koeffizient gleich 0,114 und haben die resultierenden Cluster oder Gruppen eine sehr ähnliche Anzahl von Mitgliedern.

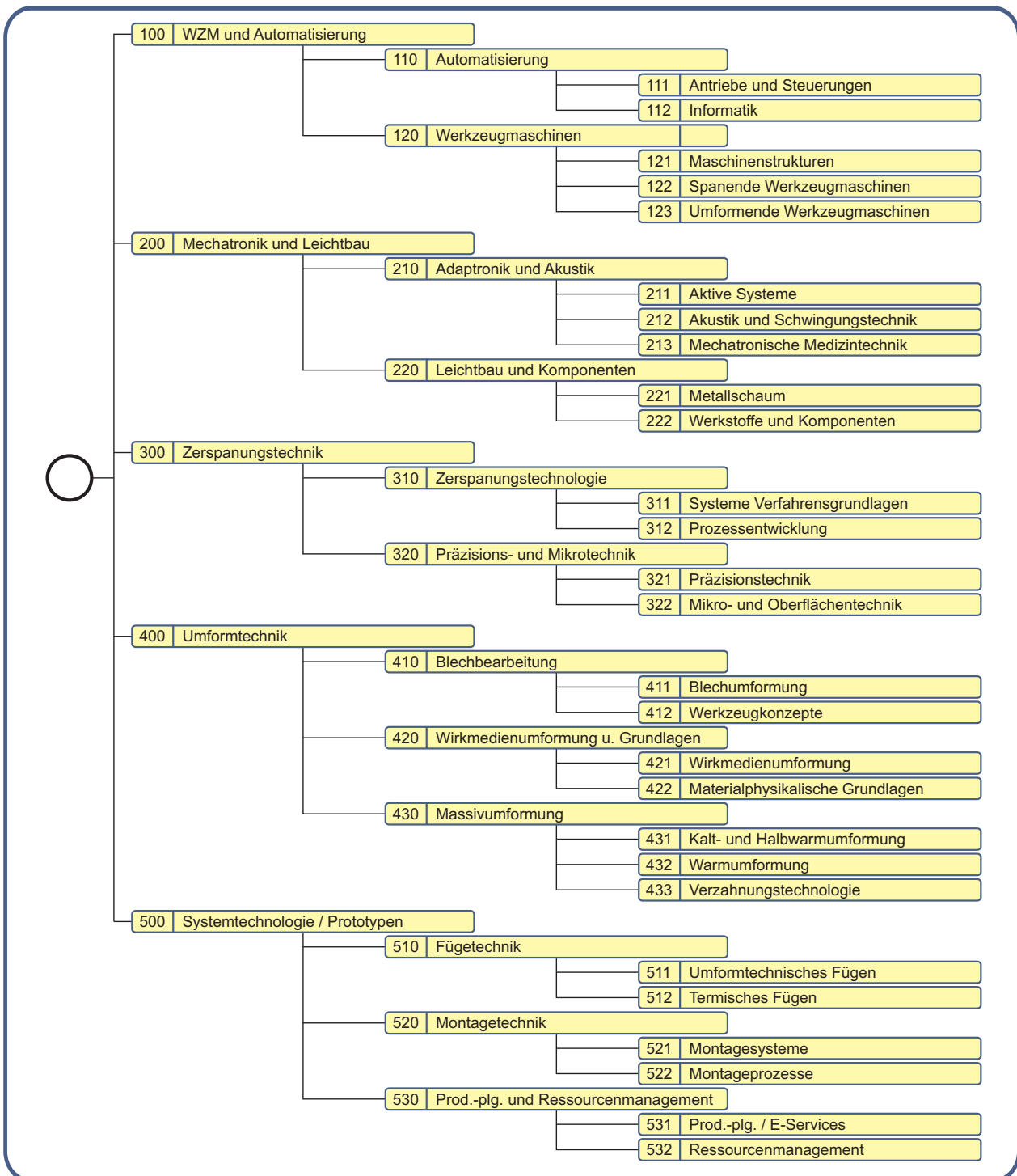


Abbildung 7-1: Struktur des Beispiel-Forschungsinstitutes

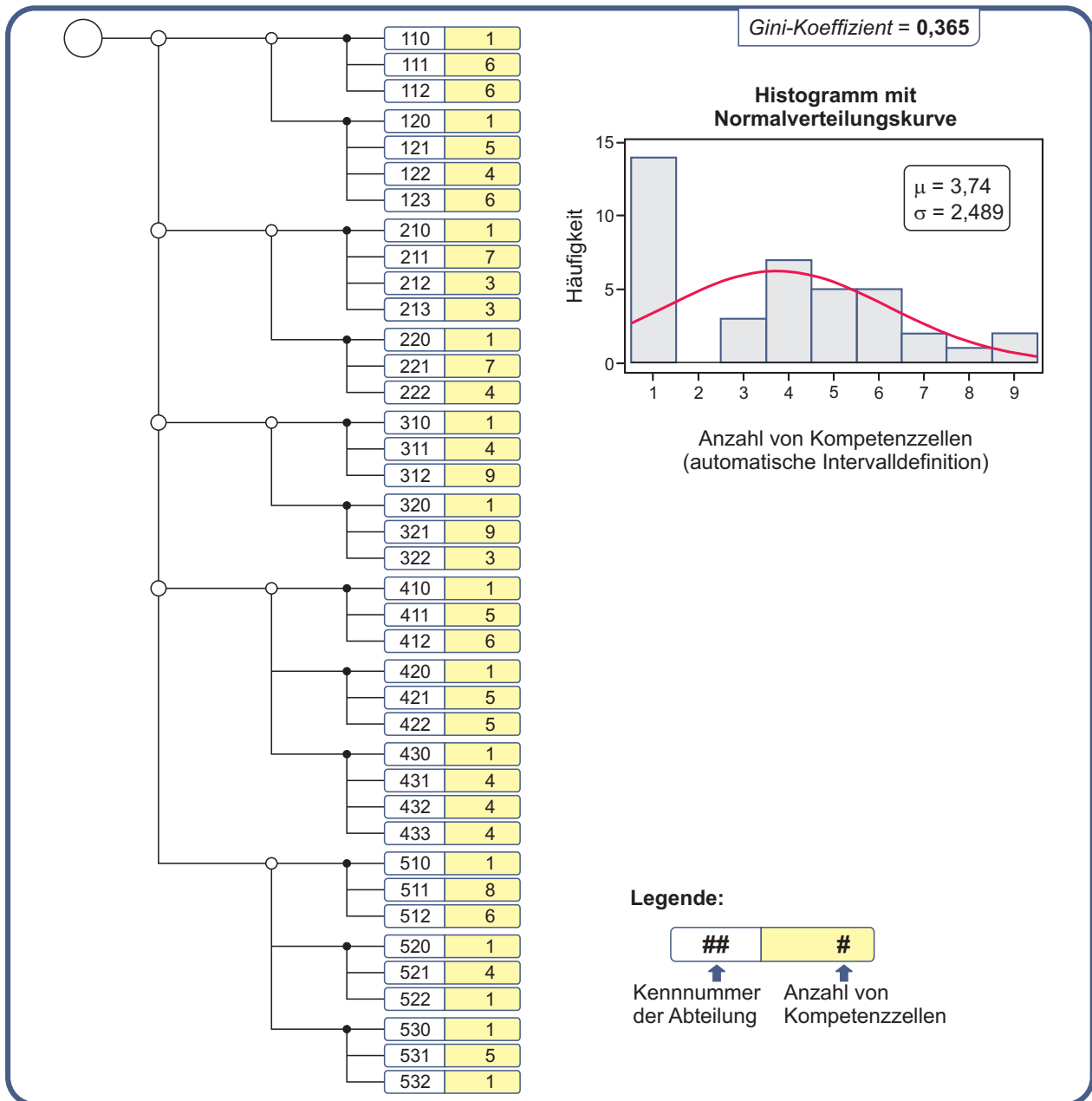


Abbildung 7-2: Struktur des Beispiel-Forschungsinstitutes als Ausgangspunkt für die Kompetenzclusterbildung

Bevor dieses Ergebnis als endgültig betrachtet werden kann, muss eine Überprüfung desselben durchgeführt werden, da der Algorithmus nur zu einer lokalen Optimierung führt. Dazu wird ein anderes, besseres lokales Optimum gesucht, wobei die Zusammenfassung aller Gruppen in der vorherigen Ebene (3. Ebene) als neuer Anfangspunkt für den Algorithmus angenommen wird. Obwohl die Zusammenfassung aller Gruppen in der 3. Ebene keinen niedrigeren Gini-Koeffizienten (0,123) aufweist, resultiert aus der erneuten Umsetzung des Algorithmus ein niedriger Gini-Koeffizient von 0,056 (Abbildung 7-4). Dies deutet an, dass die neue Zusammen-

fassung, die aus der Zusammenfassung aller Gruppen in der 3. Ebene abgeleitet ist, ein besseres lokales Optimum ergibt. Daher wird diese Zusammenfassung als das nächste (2.) Zwischenergebnis betrachtet. Die resultierenden Cluster haben wieder eine ähnliche Anzahl von Mitgliedern. Allerdings haben die Cluster nun einen größeren Umfang als im ersten Zwischenergebnis.

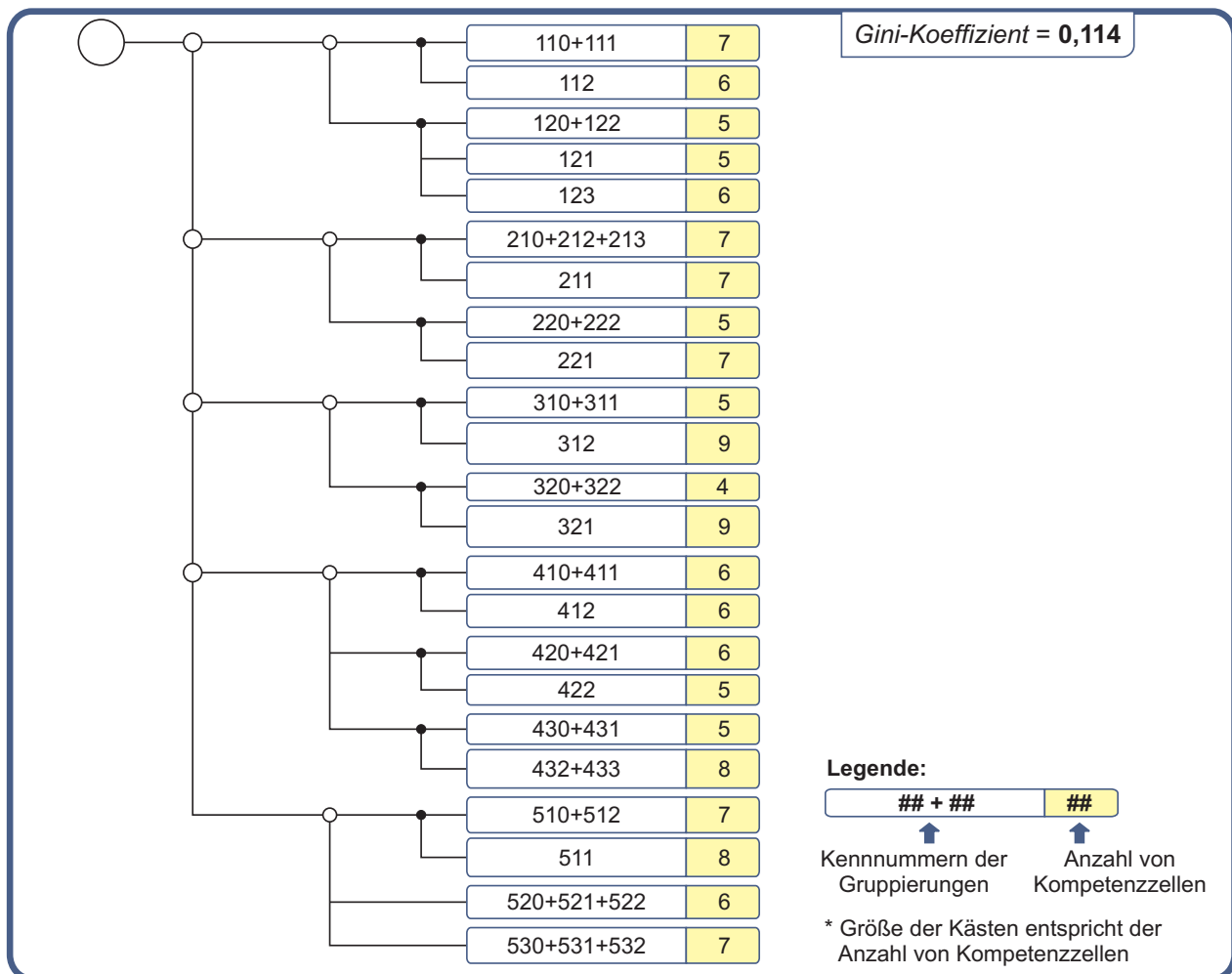


Abbildung 7-3: Erstes Ergebnis der Kompetenzclusterbildung

Noch einmal soll das zweite Zwischenergebnis durch die Suche nach einem anderen, besseren lokalen Optimum, das von der Zusammenfassung aller Gruppen in der vorherigen (2.) Ebene als Anfangspunkt ausgeht, nachgeprüft werden. Diese erneute Zusammenfassung weist keinen besseren Gini-Koeffizienten (0,060) auf. Außerdem findet der Algorithmus bei der Überprüfung derselben keinen weiteren besseren Gini-Koeffizienten (Abbildung 7-5). Daher kann das vorherige zweite

Zwischenergebnis als das endgültige Ergebnis der Kompetenzclusterbildung angenommen werden (Abbildung 7-6).

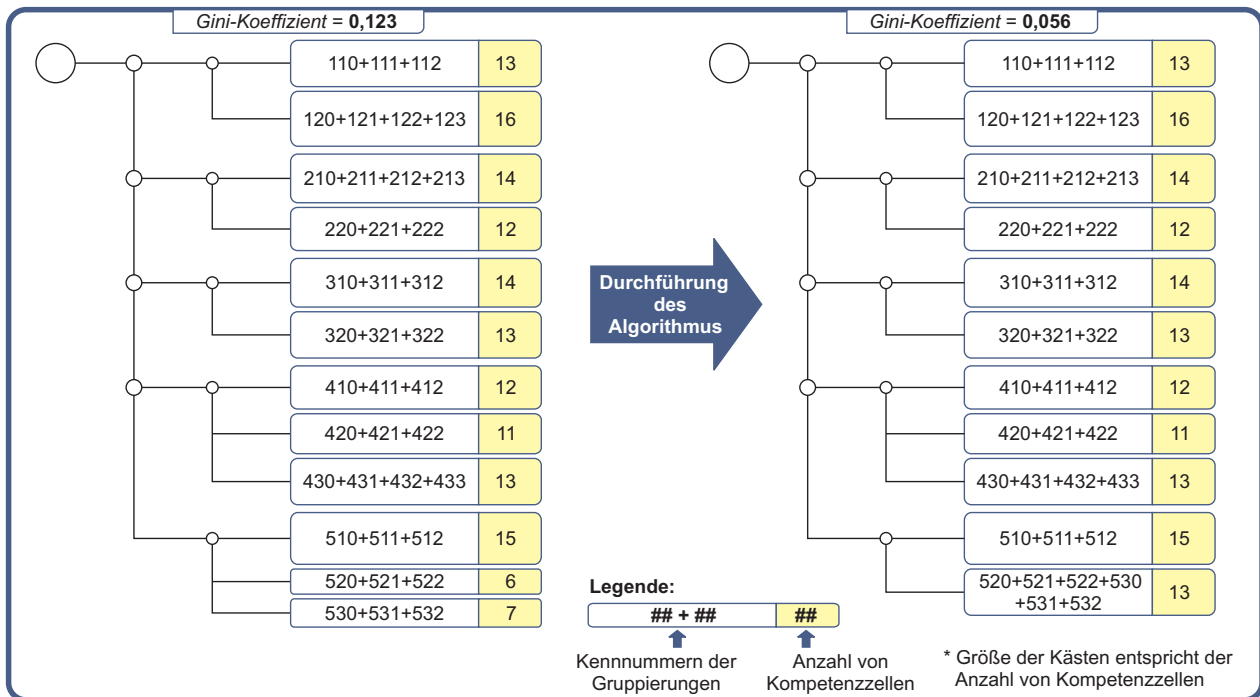


Abbildung 7-4: Zweites Zwischenergebnis nach der Überprüfung einer eventuellen Zusammenfassung ab der 3. Ebene

Es ist in dem Verfahren zur Kompetenzclusterbildung empfehlenswert, die Überprüfung mindestens einmal durchzuführen, und anschließend den Algorithmus sowie die Überprüfung wegen der lokalen Optimierung nacheinander zu wiederholen, bis sie keine Verbesserung des Gini-Koeffizienten mehr ergeben (vgl. 4.2.3.2). Bei dem hier dargestellten Beispielfall mussten sowohl der Algorithmus als auch die Überprüfung der Zwischenergebnisse zweimal durchgeführt werden. Als Ursache dafür kann gelten, dass die Gruppen im Ausgangspunkt einen sehr ähnlichen Umfang hatten, was daran liegt, dass es sich um ein Institut und nicht um ein sich selbstorganisierendes Netz handelt. Während in einem Institut versucht wird, die Ressourcen angemessen zu verteilen, wird dagegen in einem Kompetenznetz erwartet, dass die Kompetenzzellen eines bestimmten Typs überwiegen. Der entwickelte Algorithmus kann diese sich in der Mehrheit befindenden Kompetenzzellen identifizieren und gruppieren mit dem Ziel einer annähernd gleichmäßigen Verteilung der Kompetenzzellen in den Kompetenzclustern.

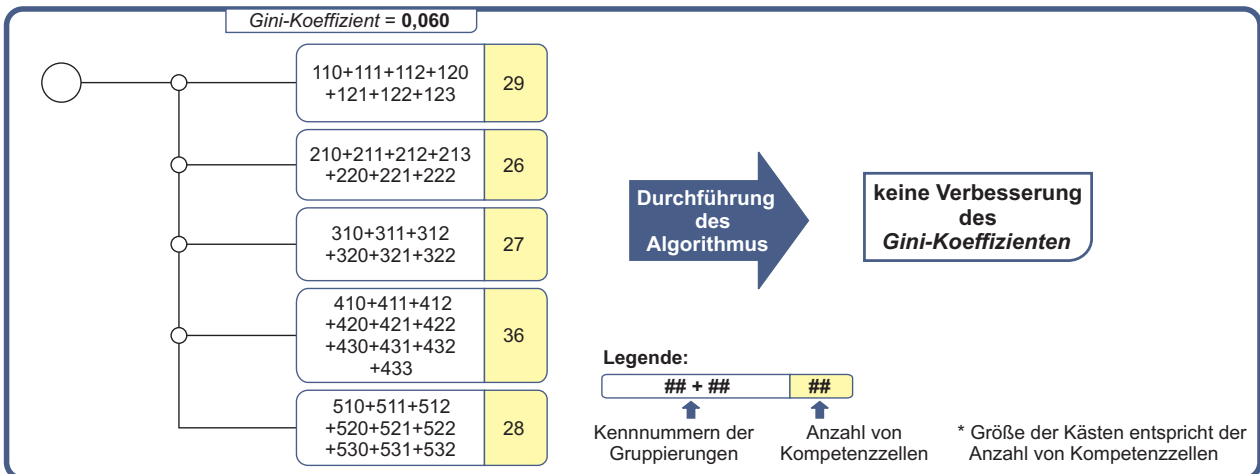


Abbildung 7-5: Überprüfung einer eventuellen Zusammenfassung ab der 2. Ebene

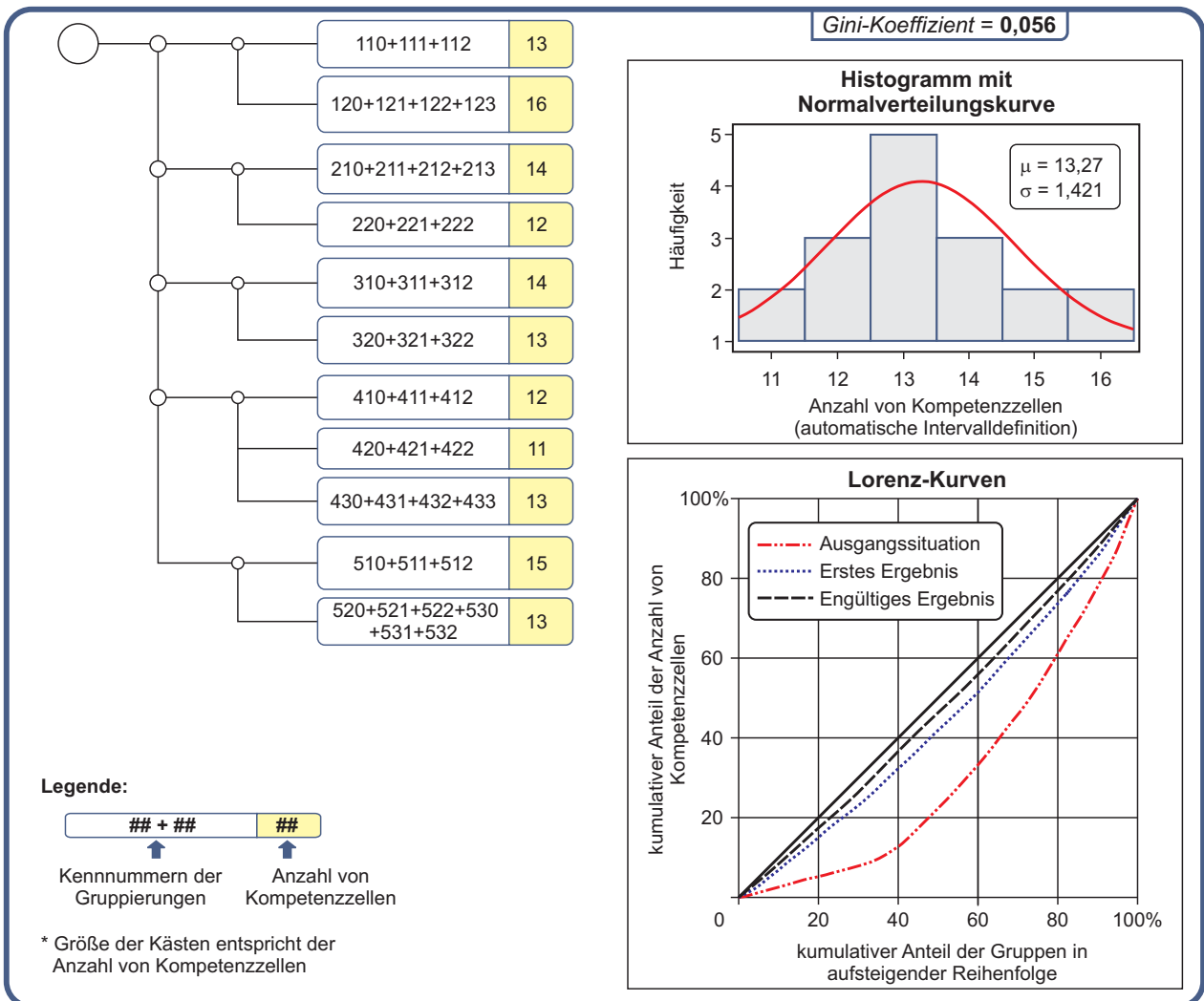


Abbildung 7-6: Endgültiges Ergebnis der Kompetenzclusterbildung

7.1.3 *Beispiel für eine Initialentwicklung*

Eine detaillierte Abwicklung der Teilprozesse des entwickelten Ansatzes zur Innovation wird an dieser Stelle nicht vorgenommen, da diese hauptsächlich durch die jeweilige Produktbeschaffenheit, den Projektgegenstand und die Umstände bestimmt wird und somit eine verallgemeinerte Musterlösung keinen praktischen Nutzen aufweist. Es soll dagegen verifiziert werden, wie die Teilprozesse innerhalb des Kompetenznetzes verlaufen. In diesem Beispiel steht die Suche und Zuweisung der geeigneten Kompetenzzellen in die jeweiligen Organisationsformen im Vordergrund, die für die Durchführung der Initialentwicklungsaufgaben notwendig sind. Die Initialentwicklung kann auf nur je eine Baugruppe oder aber auf das ganze Produkt angewendet werden, wobei nur ein bestimmter Teil oder aber der ganze Umfang der Produktpalette oder der Marktsegmentierung betrachtet wird. Um den Initialentwicklungsprozess durch ein Beispiel zu erläutern, wird die Produktdefinition einer neuen mechanischen Gesenkschmiedepresse, die als ein neues, marktfertiges mechatronisches Produkt in die Produktpalette aufgenommen werden soll, geschildert. Diese soll sich zum Schmieden von Stahlwerkstoffen eignen.

Nach der Bildung eines Kompetenzclusters, wie sie im letzten Abschnitt beispielhaft erläutert wurde, werden anhand von Anforderungsvektoren die geeigneten Kompetenzzellen gesucht, die am Arbeitskreis teilnehmen könnten, um notwendige Informationen für die Situationsanalyse vorzubereiten und als Moderator bei der Entscheidungsfindung des Kompetenzclusters zu fungieren (Tabelle 7-1). Damit die erstmalige Suche automatisch erfolgen kann, können die Anforderungsvektoren im Voraus in einer standardisierten Form festgelegt sein. Im Nachhinein können die Anforderungsvektoren, falls erforderlich, unter der Moderation des jeweiligen Arbeitskreises verändert werden. Anhand dieser Suche werden einerseits funktionsorientierte Kompetenzzellen im Arbeitskreis verknüpft, die Informationen zur Marktsituation, den Konjunkturmständen, den Konkurrenten und der eigenen Situation sammeln und vorbereiten sollen. Andererseits werden auch fachgebietsspezifische Kompetenzzellen, die Pressmaschinen betreffend, im Arbeitskreis verknüpft, die Informationen in Bezug auf die Technologiesituation im jeweiligen Fachgebiet sammeln und vorbereiten sollen.

Nach der Vorbereitung und Analyse der Informationen stellt der Arbeitskreis dem gesamten Kompetenzcluster die Ergebnisse zur Verfügung, um notwendige Schlussfolgerungen ziehen zu können und die jeweiligen Suchfelder zu bestimmen. Hierbei könnte – beispielsweise – deutlich werden, dass die Energieeffizienz bei der Entwicklung künftiger Werkzeugmaschinen an Bedeutung gewonnen hat. Die

Werkzeugmaschinen wurden nämlich als starker Energieverbraucher aufgrund ihrer langen Betriebszeiten identifiziert [KOMM-08].

Tabelle 7-1: Anforderungsvektoren für den Arbeitskreis

Bezeichnung	Kompetenzkomponententyp				nicht-personelles Ressourcenmodell
	produkt-spezifisch	fachgebiets-spezifisch	aktivitäts-spezifisch	methoden-spezifisch	
funktionsorientierte KPZ	BG Pressmaschine	PE	Akquisiteur		
funktionsorientierte KPZ	BG Pressmaschine	Arbeitsplanung			
funktionsorientierte KPZ	BG Pressmaschine	Qualitätsmanagement			
funktionsorientierte KPZ	BG Pressmaschine	Fertigung			
...
fachgebiets-spezifische KPZ	BG Pressmaschine	PE-Mechanik	generierende PE-KPZ		
fachgebiets-spezifische KPZ	BG Pressmaschine	PE-Elektronik	generierende PE-KPZ		
fachgebiets-spezifische KPZ	BG Pressmaschine	PE-Hydraulik/Pneumatik	generierende PE-KPZ		
fachgebiets-spezifische KPZ	BG Pressmaschine	PE-Simulations-technik	generierende PE-KPZ		
...

Die Werkzeugmaschinenentwicklung wurde bisher eher auf die Optimierung von Produktivität, Leistung, Flexibilität, Kosten, Zuverlässigkeit und Qualität ausgerichtet [DRAG-03]. Eine untergeordnete Rolle wurde der Energieeffizienz beigemessen, die nur partiell vertieften Betrachtungen unterzogen wurde. Allerdings rückt das Thema Energieeffizienz seit einiger Zeit immer mehr in den Blickpunkt. So ist es derzeit in viele Roadmaps im Rahmen der Werkzeugmaschinenentwicklung integriert worden (vgl. [EUME-07; HANS-08; NEUG-08c]), da es große Markt- und Exportchancen verheißt (vgl. [NEUG-08c, S. 36]). Motivation dafür sind hauptsächlich Einsparungen beim Ressourcenverbrauch sowohl von Energie als auch von Rohstoffen (vgl. [NEUG-08b]), die Festlegung politischer bzw. juristischer Richtli-

nien, bspw. die Richtlinien 2005/32/EG, 2008/28/EG der Europäischen Union [EG-05; EG-08] und das Gesetz über die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte [EBPG-08] sowie die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit durch den Aufbau eines Umweltbewusstseins widerspiegelnden Images. Folglich bringen die Reduzierung des Energieverbrauches und die Erhöhung der Energieeffizienz einer Schmiedepresse besonders gute Chancen auf dem Markt und einen Wettbewerbsvorteil gegenüber vorhandenen Produkten.

Ziel der Initialentwicklung – nach diesem Beispiel – ist unter anderem, zu bestimmen, wie attraktiv die Energieeffizienz auf dem Markt eigentlich ist, welche Größenordnung von Energieeinsparung die Presse aufweisen soll, damit sie wettbewerbsfähig ist, sowie, wo die Bemühungen konzentriert werden bzw. welche der vielen Strategien befolgt werden soll, um Energieeffizienz zu schaffen. Beispielsweise kann die Energieeffizienz durch die Optimierung der Energieausnutzung, die das Verhältnis von notwendiger Prozessenergie zum Gesamtenergiebedarf der Maschine im Betrieb repräsentiert, oder durch die Senkung des Energieeigenbedarfs im Betrieb, die auch die Energierückführung durch Energiewandlung und -speicherung umfasst, erreicht werden (vgl. [NEUG-08c]). Außerdem soll die Energieeffizienz keine negativen Auswirkungen auf die Leistung, die Flexibilität, die Zuverlässigkeit und die Qualität der Presse haben. Daneben besteht die Herausforderung darin, dass die Wirtschaftlichkeit der Werkzeugmaschine nicht beeinträchtigt wird.

In Orientierung an diesen Annahmen wird das Suchfeld festgelegt, damit innerhalb dessen nach neuen Produktideen gesucht werden kann, mit denen eine neue energieeffiziente Schmiedepresse konzipiert werden kann, die auf dem Markt erfolgreich sein wird. Anhand des Suchfeldes erarbeitet der Arbeitskreis den Anforderungsvektor für die Suche und Auswahl der geeigneten Kompetenzzellen mit dem höchsten Kompetenzpotenzial, die anschließend das Initialentwicklungsteam bilden (Tabelle 7-2). Dieses sollte bestehen aus einer projektführenden Kompetenzzelle der Produktentwicklung, die verantwortlich für die Aufgaben ist, mindestens einem Akquisiteur, der die Verantwortung für Marketing und Vertrieb übernimmt, und mindestens einer Produktentwicklungskompetenzzelle jeder Baugruppe.

Das Initialentwicklungsteam ist verantwortlich für die Generierung und Auswahl der Produktideen, um ein neues Produkt zu definieren. Anhand der Produktideen erstellt es einen Produktvorschlag, der als Input für den Produktentwicklungsprozess dient. Der Produktvorschlag enthält die vorläufige Anforderungsliste, die Projektplanung, die Kostenziele, die notwendigen Investitionen, den Marktbedarf und den wirtschaftlichen Nutzen. In dem Produktvorschlag ist die Strategie dafür bestimmt, wie und wann das neue Produkt in die Produktpalette aufgenommen werden soll.

Der Kompetenzcluster muss den Produktvorschlag bestätigen, damit der Produktentwicklungsprozess fortgesetzt wird und die notwendigen Ressourcen bereitgestellt werden.

Tabelle 7-2: Anforderungsvektoren für das Initialentwicklungsteam

Projektbezug	Kompetenzkomponententyp				nicht-personelles Ressourcenmodell
	produkt-spezifisch	fachgebiets-spezifisch	aktivitäts-spezifisch	methoden-spezifisch	
Projekt-führende KPZ (Promotor)	BG Pressmaschine	PE-Maschinenbau	generierende PE-KPZ		
	BG Pressmaschine	PE	Akquisiteur		
	BG Pressmaschine	PE-Elektrotechnik	generierende PE-KPZ		
	BG Pressmaschine	PE-Informationstechnik	generierende PE-KPZ		
	BG Pressmaschine HBG Gestell	PE-Maschinenbau	generierende PE-KPZ		
	BG Pressmaschine HBG Antrieb	PE-Maschinenbau	generierende PE-KPZ		
	BG Pressmaschine HBG Steuerung	PE-Informationstechnik	generierende PE-KPZ		
	BG Pressmaschine HBG Führung	PE-Maschinenbau	generierende PE-KPZ		
...

Bei der Beurteilung der notwendigen Technologien für das zu entwickelnde neue Produkt kann das Initialentwicklungsteam eine risikoreiche, neue Technologie erkennen, die für die Entwicklung zukünftiger Produkte erforderlich und bedeutend ist oder werden könnte. Dann erstellt das Initialentwicklungsteam eine Forschungsinitiative, um diese Technologie mit Unterstützung des Kompetenzclusters weiterzuentwickeln.

7.1.4 **Beispiel für ein forschungsorientiertes Produktionsnetz**

In diesem Beispiel, in dem die Suche und Auswahl der Kompetenzzellen anhand des entwickelten Innovationspotenzials hervorgehoben werden, wird der Ablauf der Bildung eines forschungsorientierten Produktionsnetzes erläutert. In dem Beispiel für die forschungsorientierte Produktionsnetzbildung wird angenommen, dass durch das Initialentwicklungsteam innerhalb des Suchfeldes, das im Initialentwicklungsprozess festgelegt wurde, eine wichtige Technologie ausgemacht wurde, die als Voraussetzung für zukünftige Produkte noch zu entwickeln ist.

Beispielweise hat der Einsatz von Servomotoren oder -antrieben eine Energieeffizienzsteigerung bei den Pressmaschinen erbracht. Die Servopressen, die auch Free-Motion-Pressen genannt werden, können eine optimale Stößelbewegung realisieren, die für die Produktionsanforderungen individuell programmiert werden kann. Ihr Hauptmerkmal ist, dass die Kraft des Servomotors nur während des Umformvorgangs selbst aufgewendet wird, d. h. wenn die Presse in Bewegung ist. Da kein sich ständig drehendes Schwungrad und kein Kupplungsbremsen-Mechanismus vorhanden sind wie in konventionellen mechanischen Pressen, können die Servopressen durch ihren effizienteren Leistungsverbrauch und die Fähigkeit die Energie zu speichern, die während der Abbremsung des Motors produziert wird, den Energieverbrauch senken [GROS-09]. Sie weisen verschiedene Vorteile gegenüber den mechanischen und hydraulischen Pressen auf [MIYO-04]: Sie

- haben eine höhere Produktivität, da der Hub den Produktionsanforderungen angepasst werden kann,
- haben eine höhere Genauigkeit, da die Position und die Geschwindigkeit während des ganzen Hubverlaufs kontrolliert werden können,
- sind flexibler, da die optimale Stößelbewegung den Produktionsumständen gemäß eingestellt werden kann,
- machen weniger Lärm, weil der Antriebsmechanismus einfach ist.

Allerdings finden die Servopressen, die zurzeit eine Kraft von 10.000-20.000 kN aufbringen können, bisher nur in Blechumformungsverfahren Anwendung (vgl. [ALTA-09; GROS-09; MIYO-04]) und sollten für ihre Umsetzung in der Massivumformung, vor allem in Warm-, Halbwarm- und Kaltschmieden, noch weiterentwickelt werden. Um diese Technologie innerhalb des Kompetenzclusters und für die zukünftige Anwendung auf Schmiedepresse weiterzuentwickeln, generiert das Initialentwicklungsteam nun eine Forschungsinitiative, die die wesentlichen Anforderungen für das Forschungsprojekt beinhaltet.

Im Anschluss an die Forschungsinitiative wird ein fachgebietsspezifisches Start-Up zur Forschung gebildet. Am Start-Up sind Kompetenzzellen der Produktentwicklung aus den Bereichen Mechanik, Mechatronik, Elektronik, Hydraulik und Steuerungstechnik beteiligt, die auf Pressmaschinen spezialisiert sind. Diese werden auf der Basis von Anforderungsvektoren hierarchielos ausgewählt genau wie bei der Bildung des Initialentwicklungsteams, hier jedoch bezüglich der Eigenschaften der Forschungsinitiative. Allerdings besteht auch die Alternative, die bei diesem Beispiel angenommen wurde, dass das Initialentwicklungsteam das Start-Up zur Forschung zusammensetzt, da es der Urheber der Initiative ist.

Das Ergebnis des Start-Up liefert sowohl die ausgearbeitete Beschreibung des Forschungsziels und der zu erwartenden Ergebnisse und der verfügbaren Ressourcen als auch die Erstellung der Anforderungsvektoren für die Suche der notwendigen und geeigneten Kompetenzzellen, hier in erster Linie für eine generierende Kompetenzzelle der Produktentwicklung des Fachgebietes Maschinenbau spezialisiert in der Baugruppe Pressmaschinen, insbesondere der Massivumformung (Tabelle 7-3). Weiterhin wird durch die am Start-Up Beteiligten festgelegt, dass für die Ideengenerierung aufgrund der Neuheit der Anwendung von Servomotoren in Pressmaschinen eine Kompetenzzelle der Produktentwicklung des Fachgebietes Elektrotechnik spezialisiert auf Servomotoren zum Einsatz kommt, die die TRIZ-Methode verwendet. TRIZ, eine der bekanntesten Kreativitätsmethoden, ist ein algorithmischer Ansatz zur Erfindung neuer Systeme und zur Verfeinerung alter Systeme [ALTS-05]. Die TRIZ-Methode bietet die Möglichkeit, technische Widersprüche zu abstrahieren, mittels bestimmter Prinzipien zu beseitigen und auf diese Weise eine Lösung herbeizuführen.

Anhand der Anforderungsvektoren wird die Suche und hierarchielose Auswahl der geeigneten Kompetenzzellen mittels des Innovationspotenzials initiiert. Um die Auswahl der oben erwähnten generierenden Kompetenzzelle der Produktentwicklung des Fachgebietes Maschinenbau durch ein Beispiel zu erläutern, werden Informationen bezüglich des Innovationspotenzials auch aus dem Beispiel-Forschungsinstitut verwendet. Für das Beispiel eignet sich die der Hauptabteilung Umformtechnik unterstehende Abteilung Massivumformung. Diese Abteilung umfasst die Fachgebiete der Kalt-, Halbwarm- und Warmumformung von Eisen- und Nichteisenwerkstoffen. Sie hat bereits viele Projekte abgeschlossen und verfügt über ausreichende Informationen, um die theoretischen Annahmen zu untermauern.

Tabelle 7-3: *Einige der möglichen Anforderungsvektoren für die Suche nach Kompetenzzellen für das Forschungsprojekt*

Projektbezug	Kompetenzkomponententyp				nicht-personelles Ressourcenmodell
	produkt-spezifisch	fachgebiets-spezifisch	aktivitäts-spezifisch	methoden-spezifisch	
projekt-führende KPZ	BG Pressmaschine Massivumformung	PE-Maschinenbau	generierende PE-KPZ		
	HBG Antrieb Servomotor	PE-Elektrotechnik	generierende PE-KPZ	TRIZ-Methode	
	HBG Steuerung	PE-Informationstechnik	generierende PE-KPZ	TRIZ-Methode	
...

Folgende Annahmen wurden für das Beispiel getroffen: Jeder Mitarbeiter wird als eine einzige Kompetenzzelle betrachtet. Obwohl dies mit der realen Situation eines Kompetenznetzes nicht korrespondiert, wurde es angenommen, um die hierarchielose Auswahl beispielhaft zu veranschaulichen und verifizieren. Außerdem betrifft der Gegenstand der vorliegenden Arbeit nicht die Bestimmung von Kompetenzzellen, weil sie bereits in vorherigen Arbeiten erläutert und entwickelt wurde (vgl. [ENDE-02b; MÜLL-07]). Jeder Mitarbeiter bekommt eine Benennung zwischen KPZ-1 und KPZ-13 zufällig zugewiesen, da die Namen der Mitarbeiter nicht offengelegt werden sollen. Alle Mitarbeiter dieser Abteilung erfüllen den Anforderungsvektor für die gesuchte Kompetenzzelle. Denn das Ziel ist es, die Kompetenzzelle mit dem höchsten Innovationspotenzial aus dieser Abteilung hierarchielos auszuwählen, damit sie am Forschungsprojekt teilnehmen kann.

Für die Datenerhebung wurden Informationen bis zum 31.12.2008 einbezogen. Da die gesammelten Daten einen unüberschaubaren Umfang haben, werden nur die erfassbaren und wichtigsten Informationen in der vorliegenden Arbeit dargestellt. Eine Zusammenfassung der Informationen zu Patenten, Veröffentlichungen und ausgeführten Forschungs- sowie Produktentwicklungsprojekten ist in Tabelle 7-4 gezeigt. Die Datenerhebung ist im Folgenden erklärt.

Tabelle 7-4: Zusammenfassung der Informationen zu Veröffentlichungen und ausgeführten Projekten

KPZ-Nr.	Veröffentlichungen		Projekte	
	<i>WV</i>	<i>ZV</i>	PE	Forschung
KPZ-1	3	0	2	5
KPZ-2	2	0	2	5
KPZ-3	21	10	4	5
KPZ-4	1	0	3	6
KPZ-5	23	7	10	9
KPZ-6	0	0	2	3
KPZ-7	2	0	7	1
KPZ-8	3	2	5	4
KPZ-9	0	0	1	2
KPZ-10	10	1	2	5
KPZ-11	4	0	3	4
KPZ-12	0	0	0	4
KPZ-13	2	0	2	6

Die Informationen zu den Veröffentlichungen wurden durch das Beispiel-Forschungsinstitut geliefert. Die Anzahl der Veröffentlichungen (*WV*) jeden Mitarbeiters aus den letzten acht Jahren (2001-2008) wurde aus der Anzahl aller Veröffentlichungen, in denen der Mitarbeiter als Autor oder Mitautor erscheint, erhoben. Die Anzahl von Zitierungen der Veröffentlichungen (*ZV*) wurde durch die Recherche des jeweiligen Titels in der Scopus™-Datenbank (www.scopus.com) bestimmt, die eine Zitations- und Abstract-Datenbank für wissenschaftliche Journalbeiträge ist. Diese Informationen sollten in einem realen kompetenzzellenbasierten Netz durch jede Kompetenzzelle in der jeweiligen Datenbank-Software (KoAg) für die Suche und Auswahl von Kompetenzzellen registriert werden.

Informationen zu Patenten sind erhältlich in der elektronischen Patentdatenbank des Deutschen Patent- und Markenamtes (www.depatisnet.de). Jedoch werden die neuesten, gerade angemeldeten oder im Prüfungsverfahren befindlichen Patente noch nicht angezeigt. Deswegen wurden die Patentdaten (*PA*: Patentanmeldungen, *Er*: Patenterteilungen, *PP*: im Prüfungsverfahren befindlichen Patente, *AA*: Auslandsanmeldungen), die in den letzten acht Jahren generiert wurden, von der für das Patentmanagement verantwortlichen Abteilung bereitgestellt. Die Anzahl der Zitie-

rungen in anderen Patenten (Z_i) wurde aus der genannten elektronischen Patentdatenbank entnommen. Ähnlich wie bei den Veröffentlichungen sollten die Patentinformationen in einer echten Situation durch jede Kompetenzzelle in der jeweiligen Datenbank-Software registriert werden. Zwischenkalkulationen wie Erteilungsquote (EQ), relative Zitierungsquote (RZQ) und Auslandsquote (AQ) sind in Tabelle 7-5 enthalten.

Die Informationen zu den Projekten jeden Mitarbeiters für die Teilnahmequoten in sowohl Produktionsnetzen zur Produktentwicklung als auch forschungsorientierten Produktionsnetzen (N : Anzahl der realisierten Projekte, N_{\max} : maximale Anzahl der realisierten Projekte, t_n : Zeitpunkt der Auswahl einer Kompetenzzelle im Projekt n) wurden von der Abteilung Projektmanagement geliefert.

Die Projekte sind am Forschungsinstitut in Forschungs- und Kundenauftragsprojekte klassifiziert. Deshalb werden für das Beispiel angenommen, dass es sich bei den Kundenauftragsprojekten um Produktentwicklungsprojekte handelt, die in Produktionsnetzen zur Produktentwicklung durchgeführt wurden. Für die Forschungsprojekte wird angenommen, dass sie in forschungsorientierten Produktionsnetzen durchgeführt wurden. Außerdem werden insbesondere kleinere Forschungs- und Kundenauftragsprojekte, die keine innovativen Aspekte erbracht haben, nicht beachtet. Weiterhin wird der Schlusstermin der Projekte als Auswahltermin (t_n) der jeweiligen Kompetenzzellen für die Bildung des jeweiligen Produktionsnetzes angenommen. Da nur die Projekte der letzten zwei Jahre (vom 01.01.2007 bis zum 31.12.2008) betrachtet werden (vgl. 6.3.2.4), ist der erste Auswahltermin (t_{\min}) am 01.01.2007 festgelegt. Die Zusammenfassung der Teilnahmen an Produktentwicklungs- und Forschungsprojekten wird in Tabelle 7-6 bzw. Tabelle 7-7 dargestellt. Für die Veröffentlichung werden die offiziellen Kennnummern der Projekte verändert.

Keines der Forschungsprojekte wurde während dessen Ablaufs abgebrochen, d. h. alle Projekte wurden erfolgreich abgeschlossen. Folglich wurde der Erfolgsquote aller Forschungsprojekte (EQF) ein Wert von 1 zugewiesen (vgl. 6.3.2.3).

Letztendlich sind Informationen zu den Ausgaben für Forschung und Entwicklung nicht einfach zu beschaffen, weil die Mitarbeiter nicht selbst in Forschungs- und Entwicklungsprojekte investieren. Deswegen wurde die relative Intensität von Forschung und Entwicklung ($RFuE_Int$) zufällig mit Werten zwischen null und eins belegt.

Wie erwartet haben die Mitarbeiter, die hier als Kompetenzzellen betrachtet werden, als Miterfinder oder Mitautoren in der Ausarbeitung von Patenten bzw. Veröf-

fentlichungen gleichberechtigt kollaboriert. Sie haben auch zusammen an Produktentwicklungs- oder Forschungsprojekten teilgenommen, weil sie in dem gleichen Institut arbeiten. Diese Art der Zusammenarbeit wird jedoch genauso in kompetenzzellenbasierten Netzen erwartet. Die Kompetenzzellen sollen gleichberechtigt kooperieren, um Produktentwicklungs- und Forschungsprojekte durchzuführen, damit mittels der Generierung von Patenten, Veröffentlichungen oder bloßen neuen Erkenntnissen Produktinnovationen geschaffen werden können.

Tabelle 7-5: Zwischenkalkulationen bezogen auf die Patentinformationen

KPZ-Nr.	Patent	Status ¹	Zi									
			je	Tot.	PA	Er	PP	AA	EQ	RZQ	AQ	
KPZ-1				0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
KPZ-2				0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
KPZ-3	DE 1020060160xx	A/P	0	0	1	0	1	0	0	0,000	0,000	0,000
KPZ-4				0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
KPZ-5	DE 198156xx	A/E	0									
	DE 199050xx	A/E	3									
	DE 199050xx	A/E	0	4	6	5	1	0	1,000	0,533	0,000	
	DE 100316xx	A/E	0									
	DE 100661xx	A/E	1									
	DE 103440xx	A/P	0									
KPZ-6				0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
KPZ-7				0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
KPZ-8	DE 199050xx	A/E	3	3	2	2	0	0	1,000	1,000	0,000	
	DE 199050xx	A/E	0									
KPZ-9				0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
KPZ-10	DE 100316xx	A/E	0									
	DE 100661xx	A/E	1	1	3	2	1	0	1,000	0,333	0,000	
	DE 1020060160xx	A/P	0									
KPZ-11				0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
KPZ-12				0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000
KPZ-13				0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000

¹ Legende: **A:** Anmeldung **AA:** Auslandsanmeldung **E:** Erteilung
P: im Prüfungsverfahren

Tabelle 7-6: Zusammenfassung der Teilnahmen an Produktentwicklungsprojekten

KPZ-1		KPZ-2		KPZ-3		KPZ-4	
P	AT	P	AT	P	AT	P	AT
280	12. Dez. 08	214	31. Okt. 07	170	31. Jan. 07	195	30. Sep. 07
327	31. Okt. 08	251	31. Dez. 08	282	31. Dez. 08	280	12. Dez. 08
				287	30. Sep. 08	327	31. Okt. 08
				327	31. Okt. 08		
KPZ-5		KPZ-6		KPZ-7		KPZ-8	
P	AT	P	AT	P	AT	P	AT
160	31. Dez 07	214	31. Okt 07	160	31. Dez 07	233	31. Aug 07
214	31. Okt 07	321	31. Dez 08	251	31. Dez 08	280	12. Dez 08
243	15. Dez 07			309	03. Aug 07	295	15. Apr 07
251	31. Dez 08			312	31. Mai 07	313	31. Mai 07
271	31. Dez 08			316	31. Dez 07	330	15. Dez 07
280	12. Dez 08			318	31. Dez 08		
312	31. Mai 07			323	09. Nov 07		
316	31. Dez 07						
321	31. Dez 08						
323	09. Nov 07						
KPZ-9		KPZ-10		KPZ-11		KPZ-12	
P	AT	P	AT	P	AT	P	AT
160	31. Dez 07	270	30. Apr 07	214	31. Okt 07		
		275	31. Mai 07	251	31. Dez 08		
				316	31. Dez 07		
KPZ-13							
P	AT						
233	31. Aug 07						
270	30. Apr 07						

Legende:
P: Projekte
AT: Auswahltermin

Tabelle 7-7: Zusammenfassung der Teilnahmen an Forschungsprojekten

KPZ-1		KPZ-2		KPZ-3		KPZ-4	
P	AT	P	AT	P	AT	P	AT
027	30. Jun 07	247	29. Feb 08	027	30. Jun 07	027	30. Jun 07
255	31. Dez 07	260	31. Dez 07	119	30. Apr 08	097	31. Dez 08
260	31. Dez 07	261	31. Dez 07	247	29. Feb 08	255	31. Dez 07
333	31. Dez 08	322	31. Dez 07	260	31. Dez 07	260	31. Dez 07
338	31. Dez 08	339	31. Dez 08	338	31. Dez 08	333	31. Dez 08
						338	31. Dez 08
KPZ-5		KPZ-6		KPZ-7		KPZ-8	
P	AT	P	AT	P	AT	P	AT
027	30. Jun 07	247	29. Feb 08	260	31. Dez 07	229	31. Aug 07
119	30. Apr 08	260	31. Dez 07			255	31. Dez 07
247	29. Feb 08	338	31. Dez 08			260	31. Dez 07
255	31. Dez 07					333	31. Dez 08
260	31. Dez 07						
261	31. Dez 07						
333	31. Dez 08						
338	31. Dez 08						
339	31. Dez 08						
KPZ-9		KPZ-10		KPZ-11		KPZ-12	
P	AT	P	AT	P	AT	P	AT
255	31. Dez 07	187	30. Jun 07	238	10. Mai 07	097	31. Dez 08
338	31. Dez 08	238	10. Mai 07	255	31. Dez 07	187	30. Jun 07
		255	31. Dez 07	260	31. Dez 07	238	10. Mai 07
		261	31. Dez 07	261	31. Dez 07	333	31. Dez 08
		322	31. Dez 07				
KPZ-13							
P	AT						
238	10. Mai 07						
255	31. Dez 07						
260	31. Dez 07						
261	31. Dez 07						
322	31. Dez 07						
333	31. Dez 08						

Legende:**P:** Projekte**AT:** Auswahltermin

Da nicht alle Parameter des Innovationspotenzials gleich wichtig für die Bewertung der Innovationsfähigkeit sind, werden die Gewichtungsfaktoren aus Abschnitt 6.3.2.5 angenommen. Anhand dieser Gewichtungsfaktoren und der erhobenen Daten wird das Innovationspotenzial kalkuliert. Tabelle 7-8 zeigt die Zusammenfassung aller Parameter und das endgültige Innovationspotenzial der Kompetenzzellen. Die höchsten Werte jedes Parameters sind fett gedruckt. In der letzten Spalte ist die Rangstelle angezeigt. Die Kompetenzzelle mit dem höchsten Potenzial ist die KPZ-5. Diese Kompetenzzelle hat nur drei von den acht höchst möglichen Werten. Allerdings sind ihre Werte in allen anderen Parametern überdurchschnittlich und wettbewerbsfähig.

Tabelle 7-8: Zusammenfassung aller Parameter und das endgültige Innovationspotenzial der Kompetenzzellen

	<i>RFuE_Int</i>	<i>PQ</i>	<i>VQ</i>	<i>EQF</i>	<i>Pakt</i>	<i>Vakt</i>	<i>TQ_PE</i>	<i>TQ_F</i>	Total	Rang
Gewichtung:	4%	29%	10%	24%	14%	4%	5%	10%	100%	
KPZ-1	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,130	0,992	0,734	0,408	5
KPZ-2	0,083	0,000	0,000	1,000	0,000	0,087	0,754	0,700	0,355	10
KPZ-3	0,977	0,000	0,714	1,000	0,167	0,913	0,801	0,683	0,519	4
KPZ-4	0,223	0,000	0,000	1,000	0,000	0,043	0,824	0,809	0,373	7
KPZ-5	0,536	0,511	0,457	1,000	1,000	1,000	0,882	0,818	0,761	1
KPZ-6	0,670	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,754	0,744	0,379	6
KPZ-7	0,070	0,000	0,000	1,000	0,000	0,087	0,723	0,516	0,334	12
KPZ-8	0,487	0,667	1,000	1,000	0,333	0,130	0,542	0,650	0,697	2
KPZ-9	0,593	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,522	0,783	0,368	8
KPZ-10	0,876	0,444	0,150	1,000	0,500	0,435	0,231	0,469	0,565	3
KPZ-11	0,695	0,000	0,000	1,000	0,000	0,174	0,708	0,486	0,359	9
KPZ-12	0,239	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,674	0,317	13
KPZ-13	0,536	0,000	0,000	1,000	0,000	0,087	0,294	0,630	0,343	11

Die Datenerhebung und die Ergebnisse betreffend sind auffällige Beobachtungen zu berücksichtigen. Beispielsweise konzentrieren sich alle Patentanmeldungen auf nur vier Kompetenzzellen (alle mit $Pakt > 0$), wobei nur drei von ihnen Patente mit einem Wert höher als eine reine Patentanmeldung aufweisen ($PQ > 0$). Hinsichtlich der Veröffentlichungen haben nur drei Kompetenzzellen nichts veröffentlicht ($Vakt = 0$), während alle anderen bereits etwas veröffentlicht haben. Allerdings wer-

den die Veröffentlichungen von nur vier Kompetenzzellen in anderen Arbeiten zitiert ($VQ > 0$). Diese Ergebnisse stellen die Konzentration von Produktivität und Qualität der Produktinnovation auf nur wenige Kompetenzzellen dar, die in vorausgegangenen Abschnitten erläutert ist (vgl. 6.3.2.3 und 6.3.2.4).

7.2 Bewertung der Ergebnisse der Arbeit

Der hier entwickelte Ansatz zur Schaffung von Produktinnovationen in kompetenzzellenbasierten Netzen erfüllt die definierten Anforderungen des Kapitels 1.2. Er ergänzt die bisher in der kompetenzzellenbasierten Vernetzungstheorie entwickelten Ansätze, vor allem im Bereich der Produktentwicklung, und weist neue Perspektiven hauptsächlich für Netzwerke von gleichberechtigten Mikrounternehmen. Abbildung 7-7 zeigt die Einbindung der Ergebnisse dieser Arbeit in den kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz. Obwohl die Wirtschaftlichkeit dieses Forschungsansatzes nicht allgemeingültig festlegbar ist, dient er als Basis für die Kompetenzzellen, um ihnen Wettbewerbsvorteile zu ermöglichen. Ein weiterer Vorteil ist, dass zwischen den Kompetenzzellen ein fachübergreifender Wissensaustausch gefördert wird, da eine Vielzahl von Entwicklungspartnern im Kompetenznetz zur Verfügung steht. Dies ermöglicht die Findung innovativer Produktlösungen und die Realisierung von mehreren Projekten für die Generierung innovativer Produkte, weil die Kompetenzzellen das Risiko, die Kosten, aber auch den Gewinn teilen können.

Obwohl eine Vielzahl von möglichen Alternativen besteht, Cluster von Kompetenzzellen zu bilden, richtet sich die in der vorliegenden Arbeit entwickelte Vorgehensweise auf die Innovationsgenerierung: Die Merkmale (fachgebietsspezifische oder produktspezifische Kompetenzkomponententypen), die der Basis der Kompetenzclusterbildung dienen, wurden so festgelegt, dass sie die Möglichkeit zur Generierung von Produktinnovationen fördern. Außerdem ist der entwickelte Algorithmus für diese Vorgehensweise flexibel, weil sich einerseits die Anzahl der beteiligten Kompetenzzellen jedes Kompetenzclusters an den Umfang des Kompetenznetzes anpasst, und weil andererseits der Algorithmus auf Kompetenznetze nicht nur in der Produktentwicklung, sondern auch in jedem anderen Bereich anwendbar ist – sogar in Netzwerken von Unternehmen, sofern die Netzwerke eine hierarchische Klassifikation der Kompetenzen in Form einer Baumstruktur mit mehreren Ebenen aufweisen. Der Algorithmus strebt die gleichmäßige Verteilung von Kompetenzzellen zwischen den Kompetenzclustern an, damit die Kompetenzzellen aller Kompetenzcluster die gleichen Vorteile nutzen können. Außerdem fördern die Kriterien für die

Aufnahme und den Ausschluss aus dem Kompetenzcluster mittels des Kompetenzpotenzials, wie im Abschnitt 4.2.4 durch ein Beispiel erläutert wird, einerseits die aktive Teilnahme der Kompetenzzellen, weil sie durch eine gute Leistungsfähigkeit ihr bewertetes Kompetenzpotenzial erhöhen können, um in den Kompetenzcluster aufgenommen zu werden, und sie dann auch die (wirtschaftlichen) Gewinne wahrnehmen können. Andererseits fördern die Kriterien, falls das Kompetenzpotenzial einer Kompetenzzelle sinkt, die Konzentration der Kompetenzzelle auf ihre stärker ausgeprägten Kompetenzen, um ihre Leistungsfähigkeit verbessern zu können.

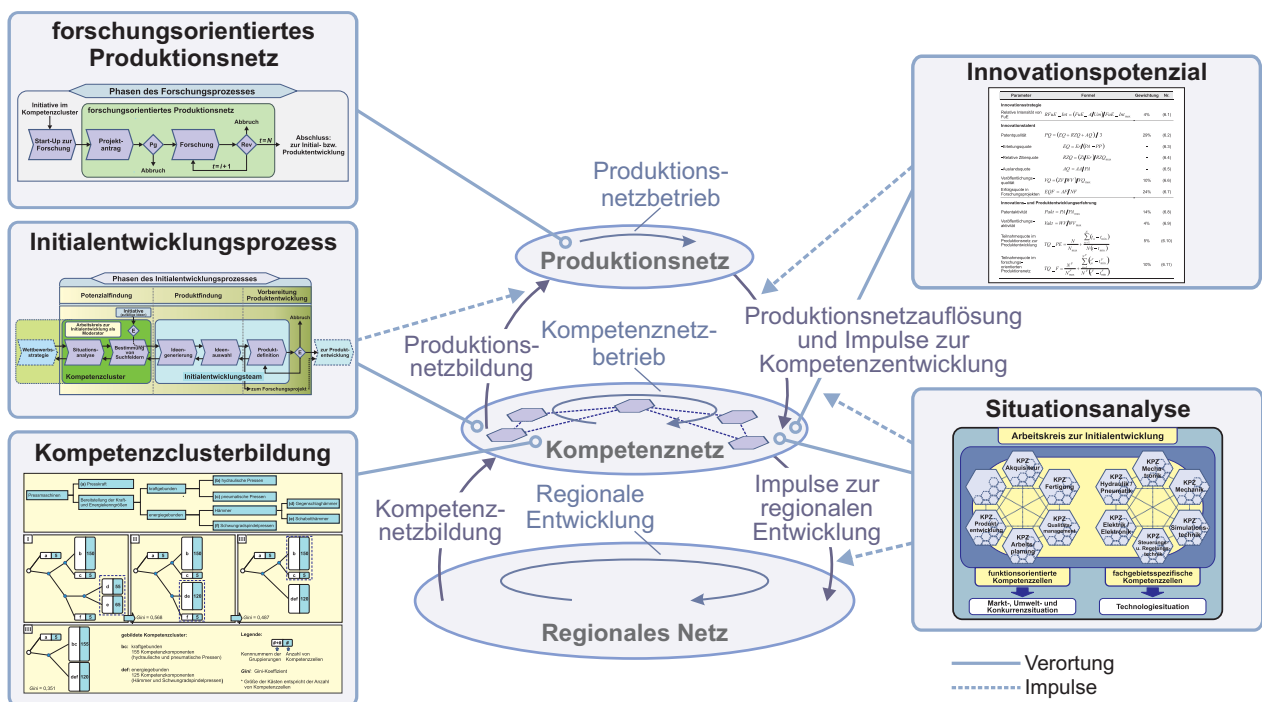


Abbildung 7-7: Einbindung der Ergebnisse in den kompetenzzellenbasierten Vernetzungsansatz

Allerdings müssen auch die eventuellen Risiken und Defizite erwähnt werden. So gibt es zum Beispiel bei der Vorgehensweise zur Kompetenzclusterbildung Einschränkungen: Das ist der Fall, wenn die Baumstruktur zu wenige Zweige, Ebenen oder Kompetenzzellen bzw. Beteiligte in den anfänglichen Gruppen verzeichnet und außerdem, wenn die Kompetenzzellen in der Ausgangssituation, also vor der ersten Anwendung des Algorithmus, in den anfänglichen Gruppen bereits annähernd gleichmäßig verteilt sind. Weiter kann die Vorgehensweise zur Kompetenzclusterbildung nicht angewendet werden, wenn die Kompetenzen eines Netzwerkes nicht in Form einer Baumstruktur klassifiziert worden sind oder die Klassifikation extrem flexibel, unbeständig oder einfach unbestimmbar ist.

In Hinblick auf den Ansatz zur Produktinnovation obliegt die Innovationsgenerierung im Vergleich zu anderen Ansätzen nicht nur der Initiative Einzelner oder bestimmter Gruppen, sondern sie ist ein systematischer Prozess, der auf der Kooperation der Kompetenzzellen basiert. So suchen die Kompetenzzellen in einer methodischen Weise nach neuen Geschäftsideen in Form von zu entwickelnden innovativen Produkten, die Wettbewerbsvorteile erbringen könnten. Der Ansatz berücksichtigt aber auch die Initiativen von Einzelnen, die dann bei der hierarchielosen Auswahl für die Teilnahme am jeweiligen Prozess bevorzugt werden. Der Ausgangspunkt dieses Ansatzes ist die von dem Kompetenzcluster festgelegte Strategie für die Suche nach neuen Konzepten für innovative Produkte sowie für die Entwicklung von neuen Technologien, damit diese auf die Interessen des Kompetenzclusters ausgerichtet sind. Die Umsetzung innovativer Produkte erbringt langfristig gesehen Gewinne für den gesamten Kompetenzcluster, aber in erster Linie vor allem für die am Prozess Beteiligten. Deshalb fördert der Ansatz auch die Generierung von individuellen Ideen und Initiativen.

Eine weitere Besonderheit des Ansatzes ist, dass er die Erkennung von Kompetenzdefiziten im Kompetenzcluster bzw. Kompetenznetz ermöglicht. Wenn bei der Produktdefinition eine erfolgversprechende Chance für ein neues Produktkonzept identifiziert wird und keine vorhandene Kompetenzzelle den zugehörigen Anforderungsvektor zufriedenstellend erfüllt, können die jeweiligen Kompetenzen durch interne Kompetenzentwicklung oder unter Einbeziehung externer Partner mit dem geforderten Kompetenzprofil erworben werden.

Anzumerken ist, dass dieser Ansatz nur eingeschränkt innerhalb eines großen Unternehmens oder in unsymmetrischen Kooperationen (mit einseitiger Dominanz) angewendet werden kann, da dort eine hierarchielose Auswahl kaum möglich ist. Außerdem besteht das Risiko, dass einige Kompetenzzellen innerhalb eines Kompetenzclusters das Vertrauen in den Prozess verlieren können, weil jeweils nur eine bestimmte Gruppe von ausgewählten Kompetenzzellen nach Produktkonzepten sucht und Forschungsprojekte durchführen darf, obwohl dies auf lange Sicht Gewinn für den gesamten Kompetenzcluster erbringt. Um dieses Risiko zu vermindern, legt der Ansatz Richtlinien fest, nach denen alle Kompetenzzellen an der Bestimmung der zu verfolgenden Entwicklungsstrategien für die Produktdefinition und die Technologieentwicklung, in die sie gemeinsam investieren, teilnehmen können.

Die hierarchielose Auswahl fördert das Vertrauen in die Kompetenznetzkooperation, da sie klaren Bewertungsregeln folgt und den Auswählenden daran hindert, die Auswahl nach subjektiven Kriterien vorzunehmen. Das Innovationspotenzial ist eine

annähernd objektive Bewertung der Innovationsfähigkeit. Es ermöglicht die Auswahl insbesondere, wenn eine Vielzahl von Kandidaten existiert, was in einem Kompetenznetz normalerweise die Regel ist. Bisher werden Informationen zu Patenten und Veröffentlichungen durch die Kompetenzzellen selbst ins Datenbankverwaltungssystem manuell eingegeben. Dabei besteht das Risiko, dass Kompetenzzellen zwecks einer Erhöhung ihres Innovationspotenzials falsche oder manipulierte Informationen einspeisen könnten. Um dies zu vermeiden, kann ein Softwaresystem implementiert werden, das die erforderlichen Daten direkt aus den jeweiligen Datenbanken (Patenten, Veröffentlichungen etc.) automatisch erfasst. Eine solche softwaretechnische Umsetzung kann eine Zielsetzung zukünftiger Forschungsarbeiten sein.

In der Industrie haben sich drei Faktoren als kritisch für den Erfolg von Unternehmen bei der Definition, Entwicklung und Einführung neuer Produkte gezeigt: ein qualitativ hochwertiger Entwicklungsprozess neuer Produkte, eine eindeutige und in der Organisation gut kommunizierte Strategie und schließlich die Zuweisung geeigneter sowohl personeller als auch finanzieller Ressourcen (vgl. [COOP-01]). Für die Generierung von Produktinnovationen setzt der entwickelte Ansatz Richtlinien, die diese drei Faktoren erfüllen. Deshalb kann der Ansatz einen umfassenden Erfolg im Voraus nicht sicher garantieren. Er befriedigt nur die ersten zwei Faktoren gänzlich. In Bezug auf den dritten Faktor ermöglicht der Ansatz den Kompetenzzellen, Kosten von aufwendigen Projekten zu teilen, aber er garantiert nicht, ob die zugewiesenen Ressourcen dafür ausreichen. Im Zusammenhang mit den personellen Ressourcen spielt die hierarchielose Auswahl eine wichtige Rolle, weil nur die Kompetenzzellen mit der höchsten Bewertung gesucht werden, um an den jeweiligen Projekten teilzunehmen. Jedoch existiert das Risiko, dass das Vertrauen von einigen Kompetenzzellen, die sich nicht direkt am Prozess beteiligen, schwinden kann, besonders wenn die angestrebten Ziele nicht erreicht werden. Aus diesem Grund wird die Produktplanungsverfolgung und Produktüberwachung im Kompetenzcluster gefordert, um Störungen und Abweichungen von der geplanten Zielsetzung frühzeitig erkennen und geeignete Maßnahmen rasch ergreifen zu können.

Außerdem bleiben Fragen über die Permanenz und die Beständigkeit der Kompetenzzellen in der Praxis offen, z. B. ob sie dem Kompetenznetz solange zur Verfügung stehen, bis das Produktkonzept bzw. die entwickelte Technologie durch die nachfolgenden Prozesse entlang der Wertschöpfungskette abgeschlossen ist. Zudem sind weitere, potenzielle Risiken dieses Forschungsansatzes bezogen auf die Themen Produkthaftung sowie Gewährleistungs- und Garantieansprüche zu berücksichtigen.

8 Zusammenfassung und Ausblick

8.1 Zusammenfassung

Die kompetenzzellenbasierte Vernetzung stellt einen wissenschaftlichen Ansatz dar, um zukünftig die Konkurrenzfähigkeit insbesondere von Mikrounternehmen zu gewährleisten. Die vorliegende Arbeit präsentiert einen neuen Ansatz innerhalb der kompetenzzellenbasierten Vernetzung, der Richtlinien für die systematische Generierung von Produktinnovationen erbringt. Der Ansatz geht von dem Anlass zur Netzbildung aus, bei dem kein Kundenauftrag und keine konkrete Produktanforderung vorliegen, sondern die Produktinnovation das Resultat einer Initiative innerhalb des Netzes ist.

Um die strategischen Geschäftsbeziehungen zwischen den Kompetenzzellen zu effektivieren, wurde eine Vorgehensweise zur Kompetenzclusterbildung entwickelt. Im Kompetenzcluster werden Kompetenzzellen der Produktentwicklung gruppiert, die Ähnlichkeiten zwischen bestimmten Kompetenzen aufweisen. Dies wurde so gestaltet, dass die Kompetenzzellen gemeinsam ihre Kompetenzen verstärken und durch die Innovationsgenerierung Wettbewerbsvorteile aufbauen können. Der Kompetenzcluster dient im Besonderen für die strategische Planung, die effektive Koordinierung sowie für die Durchführung und die Kontrolle der benötigten Aufgaben und Tätigkeiten zur Generierung von Produktinnovationen bzw. zur Entwicklung von auftragsunabhängigen Produkten.

Die Kompetenzclusterbildung erfolgt auf Basis der Klassifikation der Kompetenzen und der bewerteten Kompetenzpotenziale. Es wurde ein Algorithmus entwickelt, der zu einer Angleichung der Anzahl beteiligter Kompetenzzellen in den Kompetenzclustern führt, damit die Ressourcen gleichermaßen in den Kompetenzclustern verteilt sind. Obwohl dieser Algorithmus besonders im Hinblick auf mechatronische Produkte eingeführt wurde, lässt er sich auch auf andere Bereiche anwenden.

Für die Generierung von Produktinnovationen wurde ein methodischer und sich ständig wiederholender Suchprozess nach neuen marktgerechten Produktkonzepten gestaltet: die Initialentwicklung. Gemäß diesem Prozess entstehende Produktkonzepte stellen für den Kompetenzcluster erfolversprechende Gelegenheiten für eine Kommerzialisierung dar. Allerdings werden im entwickelten Ansatz auch zufällige Initiativen von Kompetenzzellen betrachtet. Der Prozess basiert auf

der Anpassung bisheriger Methoden bzw. Ansätze an die Anforderungen von kompetenzzellenbasierten Netzen. Dafür wurden die in der Frühphase des Innovationsprozesses benötigten Aktivitäten analysiert. Ebenso wurden die notwendigen Rollen und Verantwortlichkeiten der Kompetenzzellen bestimmt, die am Prozess teilnehmen sollen.

Da die Gewinnung neuen Wissens ein wichtiger Bestandteil für die Innovationsgenerierung ist, wurde ein Prozess entwickelt, der den Kompetenzzellen die Realisierung angewandter industrienaher Forschungsprojekte ermöglicht, um neue Erfindungen sowie Technologien zu schaffen oder vorhandene Technologien weiterzuentwickeln. Dafür wird ein forschungsorientiertes Produktionsnetz gebildet. Um die Ressourcen effizient wahrzunehmen, dient die Initialentwicklung der Festlegung der Strategien für die Entwicklung der risikoreichen, neuen Technologien oder wichtiger Schlüsseltechnologien, die für zukünftige Produkte und zur Schaffung von Wettbewerbsvorteilen (weiter-)entwickelt werden sollen.

Ein wichtiges Merkmal der kompetenzzellenbasierten Netze ist, dass die Kompetenzzellen zur Bildung der forschungsorientierten Produktionsnetze hierarchielos ausgewählt werden. Das ist mit Hilfe des Innovationspotenzials möglich, das in der vorliegenden Arbeit eingeführt wird. Über das Innovationspotenzial, das aus einfach zu evaluierenden Parametern besteht, wird eine annähernd objektive Bewertung der Innovationsfähigkeit der Kompetenzzellen möglich.

Durch verschiedene Beispiele wurden die Ergebnisse der Arbeit verifiziert. Die Beispiele zeigen anhand von mechatronischen Produkten die Wirksamkeit und die Richtigkeit des theoretischen Konzeptes. Abschließend wurden die Ergebnisse der Arbeit bewertet.

8.2 Ausblick

Die aus den Ergebnissen der Arbeit ableitbaren künftigen Forschungsziele liegen in der Weiterentwicklung des Konzeptes und daran anschließend in der realen Umsetzung eines prototypischen Kompetenznetzes. Im Zusammenhang mit der Kompetenzclusterbildung liegt eine mögliche zukünftige Forschungsrichtung in der Ausdehnung des Anwendungsspektrums. Da außerdem die Vorgehensweise zur Kompetenzclusterbildung momentan auf einer festen hierarchischen Klassifikation der Kompetenzen basiert, könnte die Einbringung von Flexibilität und Freiheit in die Beschreibung der Kompetenzen einen weiteren Entwicklungsschritt für das gesamte Konzept darstellen. Dadurch würde eine vorbestimmte, hierarchische Klassifika-

tion unabhängig vom jeweiligen Bereich als Voraussetzung für die Anwendung des Algorithmus zur Kompetenzclusterbildung überflüssig.

Es besteht weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Interaktion innerhalb des Kompetenzclusters, besonders in Bezug auf die Organisierung eines verteilten strategischen Entscheidungsfindungsprozesses zwischen einer großen Menge von Kompetenzzellen, die gleichberechtigt sind. Es ist zu erklären, wie die Kompetenzzellen eines Kompetenzclusters über gemeinsame Investitionen für Forschung und Entwicklung, gemeinsame Strategien, Projektreviews sowie die Auswahl von Marktchancen, Produktideen, -konzepten und FuE-Projekten gemeinsam entscheiden können, damit Produktinnovationen erreicht werden. Hierbei ist zu untersuchen, welche Methoden bzw. Vorgehensweisen dafür anwendbar sein können.

In diesem Zusammenhang sollte in weiteren wissenschaftlichen Arbeiten die verteilte Ideengenerierung mittels Softwarelösungen untersucht werden, die es den Beteiligten ermöglichen würde, effizient über Netzwerke (z. B. Internet) anstatt Face-to-Face (Besprechungen) zu kommunizieren. Im Anschluss an das Thema der verteilten Entwicklung sollte der wissenschaftliche Anspruch weiterer Arbeiten darin bestehen, die Frage der Eigentums- und Patentrechte sowie des Industriegeheimnisses einzubeziehen, da Ideen, Technologien oder Produkte in kompetenzzellenbasierten Netzen immer durch mehrere Beteiligte (Kompetenzzellen) entwickelt werden.

Besonders bei der Auswahl von Kompetenzzellen zur Realisierung der Forschungsprojekte und der Errechnung des Innovationspotenzials könnte ein zukünftiges Forschungsziel darin liegen, einen direkten Zugriff auf Online-Datenbanken von sowohl Patenten als auch Veröffentlichungen für eine vollautomatische Datenerfassung der Bewertungsparameter zu ermöglichen (vgl. 6.3.2).

Schließlich könnte eine weitere Zielsetzung in der Bestimmung bzw. Anpassung von geeigneten Methoden für jede Phase sowohl der Initialentwicklung als auch des Forschungsprozesses in kompetenzzellenbasierten Netzen (z. B. Situationsanalyse, Ideengenerierung, Start-Up zur Forschung etc.) bestehen.

9 Literaturverzeichnis

- [AJAM-02] Ajamian, G.; Koen, P.: *Technology Stage-Gate (TM): A Structured Process for Managing High-Risk New Technology Projects*. In: Bellevue, P.; Griffen, A.; Sorermeyer, S. (Hrsg.): *PDMA Toolbook 1 for New Product Development*. New York: John Wiley and Sons, 2002, S. 267-298
- [ALBE-91] Albert, M. B.; Avery, D.; Narin, F.; McAllister, P.: *Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents*. *Research Policy*. (1991), Nr. 20, S. 251-259
- [ALTA-09] Altan, T.; Groseclose, A.: *Servo Drive Presses: Recent Developments*. In: *Proceedings of the Metalforming Conference: UKD 2009*. TU Darmstadt, 2009
- [ALTS-05] Altshuller, G. S.: *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. Worcester, Mass.: Technical Innovation Center, 2005
- [ASCH-09] Aschhoff, B.; Doherr, T.; Köhler, C.; Peters, B.; Rammer, C.; Schubert, T.; Schwiebacher, F.: *Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft: Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2008*. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, 2009
- [AUDR-96] Audretsch, D. B.; Feldman, M. P.: *Innovative Clusters and the Industry Life Cycle*. *Review of Industrial Organization*. 11 (1996), S. 253-273
- [BARN-00] Barnes, T. A.; Pashby, I. R.; Gibbons, A. M.: *Collaborative R&D projects: A best practice management model*. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, 2000, Nr. 1, S. 217-223
- [BAUM-08] Baum, H.: *Morphologie der Kooperation als Grundlage für das Konzept der Zwei-Ebenen-Kooperation*. Diss., TU Chemnitz, 2008
- [BIFU-06] Bifulco, A. (Ed.): *D44.1 Collaboration Problem Solving Methodologies & Requirements*. ECOLEAD Consortium, 2006

- [BMWA-04] *Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit - BMWA (Hrsg.): Früherkennung von Chancen und Risiken in kleinen und mittleren Unternehmen - Arbeitsheft. Aufl. 6. Berlin, 2004*
- [BORC-06] *Borchert, J. E.: Operatives Innovationsmanagement in Unternehmensnetzwerken: Gestaltung von Instrumenten für Innovationsprojekte. Diss., Georg-August-Universität Göttingen: Cuvillier, 2006*
- [BOX-58] *Box, G. E. P.; Muller, M. E.: A note on the generation of random normal deviates. The Annals of Mathematical Statistics. 29 (1958), S. 610-611*
- [BRON-06] *Bronner, A.; Herr, S.: Vereinfachte Wertanalyse. 4 Aufl. Berlin: Springer, 2006*
- [BROS-02] *Broser, W.: Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke. IBF-Forschungsberichte, 176. Diss. München: Herbert Utz Verlag, 2002*
- [CAGA-02] *Cagan, J.; Vogel, C.M.: Creating Breakthrough Products: Innovation from product planning to program approval. Upper Saddle River, NJ: Financial Times/Prentice Hall, 2002*
- [CALL-99] *Callahan, J.; MacKenzie, S.: Metrics for strategic alliance control. R and D Management. 29 (1999), Nr. 4, S. 365-376*
- [CAMA-05] *Camarinha-Matos, L.M.; Afsarmanesh, H.; Ortiz, A. (Hrsg): Collaborative Networks and Their Breeding Environments. Sixth IFIP Working Conference on Virtual Enterprises. N.Y.: Springer, 2005*
- [CANI-03] *Caniëls, M. C. J.; Romijn, H. A.: SME Clusters, Acquisition of Technological Capabilities and Development: Concepts, Practice and Policy Lessons. Journal of Industry, Competition and Trade. 3 (2003), Nr. 3, S. 187-210*
- [CAUP-99] *Caupin, G.; Knöpfel, H.; Morris, P.; Motzel, E.; Pannenbäcker, O.: ICB - IPMA Competence Baseline. 2 Aufl. Bremen: IPMA, 1999*
- [CHEN-07] *Chen H. H.; Lee, A. H. I.; Tong Y.: Prioritization and operations NPD mix in a network with strategic partners under uncertainty. Expert Systems with Applications. 33 (2007), S. 337-346*
- [CHOY-03] *Choy, K. L.; Lee, W. B.; Lo V.: Design of a case based intelligent supplier relationship management system - the integration of supplier rating system and product coding system. Expert Systems with Applications. 25 (2003), Nr. 1, S. 87-100*

- [CHU-02] Chu, X. N.; Tso, S. K.; Zhang, W. J.; Li, Q.: *Partnership Synthesis for Virtual Enterprises. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 19 (2002), S. 384-391
- [COOP-01] Cooper, R. G.: *Winning at New Products: Accelerating the Process from Idea to Launch*. 3 Aufl. NY: Perseus Publishing, 2001
- [COOP-06] Cooper, R. G.: *Managing Technology Development Projects. Research-Technology Management*. 49 (2006), Nr. 6, S. 23-31
- [COWE-95] Cowell, F.A.: *Measuring Inequality*. 2. Aufl. London: Prentice Hall, 1995, S. 37
- [DAVI-88] Davidow, W. H.: *High-tech-Marketing*. 2. Aufl. Frankfurt/Main: Campus-Verl., 1988
- [DEPA-09] DEPATIS-System des Deutschen Patent- und Markenamtes (DPMA): <http://depatisnet.dpma.de/DepatisNet>, 1.10.2009
- [DIN-69651] DIN 69651: *Klassifizierung der Werkzeugmaschinen für Metallbearbeitung, Nummernschema, Kennzahlenschlüssel für Maschinengattungen*. Ausg. 10.1974. Berlin: Beuth Verlag (zurückgezogen)
- [DIN-69901] DIN 69901-05: *Projektmanagement - Projektmanagementsysteme*. Deutsches Institut für Normung. Ausg. 1.2009. Berlin: Beuth Verlag
- [DIN-8580] DIN 8580: *Fertigungsverfahren: Begriffe, Einteilung*. Ausg. 10.1985. Berlin: Beuth Verlag
- [DRAG-03] Draganescu, F.; Gheorghe, M.; Doicin, C. V.: *Models of machine tool efficiency and specific consumed energy. Journal of Materials Processing Technology*, 141 (2003), pp. 9-15
- [DUSC-02] Duschek, S.: *Innovation in Netzwerken: Renten - Relationen - Regeln*. Diss., FU Berlin: Deutscher Universitäts-Verlag, 2002
- [DYER-02] Dyerson, R.; Pilkington, A.: *All steering in the same direction? Patterns of patent activity and the development of fuel cell technology*. In: *IEEE International Engineering Management Conference*. 2002, Nr. 2, S. 713-718
- [EBPG-08] *Energiebetriebene-Produkte-Gesetz - EBPG*. 27.02.2008. Bundesministeriums der Justiz
- [ECOL-09] *ECOLEAD (European Collaborative Networked Organisations Leadership Initiative)*, <http://www.ve-forum.org/default.asp?P=284>, 01.11.2009

- [EG-05] *EG-Richtlinie 2005/32/EG: Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte - Ökodesign. 6.07.2005. Europäische Gemeinschaft*
- [EG-08] *EG-Richtlinie 2008/28/EG: Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte - Ökodesign. 20.03.2008. Europäische Gemeinschaft*
- [ELDR-97] *Eldred, E. W.; McGrath, M. E.: Commercializing new technology-I. Research Technology Management. 40 (1997), Nr. 1, S. 41-48*
- [EMDE-06] *Emden Z.; Calantone R. J.; Droge, C.: Collaborating for new product development: Selecting the partner with maximum potential to create value. Journal of Product Innovation Management. 23 (2006), Nr. 4, S. 330-341*
- [ENDE-02a] *Enderlein, H. (Hrsg.): Sonderforschungsbereich 457: Hierarchielose regionale Produktionsnetze - Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien: Finanzierungsantrag 2003, 2004, 2005. TU Chemnitz, 2002*
- [ENDE-02b] *Enderlein, H. (Hrsg.): Sonderforschungsbereich (SFB) 457 Hierarchielose regionale Produktionsnetze - Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien: Arbeits- und Ergebnisbericht 2000-2002. TU Chemnitz, 2002*
- [ENST-06] *Ensthaler, J.; Strübbe, K.: Patentbewertung: Ein Praxisleitfaden zum Patentmanagement. 1. Aufl. Berlin: Springer, 2006*
- [ERNS-00] *Ernst, H.; Leptien, C.; Vitt, J.: Inventors are not alike: The distribution of patenting output among industrial R&D personnel. IEEE Transactions on Engineering Management. 47 (2000), Nr. 2, S. 184-199*
- [ERNS-95] *Ernst, H.: Patenting strategies in the German mechanical engineering industry and their relationship to company performance. Technovation. 15 (1995), Nr. 4, S. 225-240*
- [ERNS-98] *Ernst, H.: Patent portfolios for strategic R&D planning. Journal of Engineering and Technology Management. 15 (1998), S. 279-308*
- [ERNS-99] *Ernst, H.: Key inventors: implications for human resource management R&D. In: Conference on Management of Engineering and Technology. Technology and Innovation Management. (1999), S. 420-427*
- [ERPE-98] *Erpenbeck, J.: Kompetenzentwicklung als Forschungsfrage. QUEM Bulletin (1998) 2/3, S. 18-23*

- [ERPE-99] Erpenbeck, J.; Heyse, V.: *Die Kompetenzbiographie: Strategien der Kompetenzentwicklung durch selbstorganisiertes Lernen und multimediale Kommunikation*. Münster: Waxmann Verlag, 1999
- [EUME-07] Eumecha-pro Consortium (Ed.): *European Mechatronics for a new Generation of Production Systems - The Roadmap*. Brussels: Van der Poorten, 2007, pp. 44-47
- [EURO-03] European Commission: *Commission Recommendation 2003/361/EC of 6 May 2003 concerning the definition of micro, small and medium-sized enterprises*. Official Journal of the European Union, L 124, 20 May 2003, pp. 36-41
- [EURO-07] European Commission (Ed.): *Observatory of European SMEs - Analytical Report*. Flash Eurobarometer 196, 2007
- [EURO-08] Eurostat (Ed.): *Enterprises by size class - overview of SMEs in the EU*. Statistics in focus 31. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008
- [EURO-09] Eurostat (Ed.): *SMEs were the main drivers of economic growth between 2004 and 2006*. Statistics in focus 71. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009
- [EVER-03] Eversheim, W. (Hrsg.): *Innovationsmanagement für technische Produkte*. Berlin: Springer, 2003
- [FESE-00] Feser, E. J.; Bergman, E. M.: *National industry cluster templates: a framework for applied regional cluster analysis*. *Regional Studies*. 34 (2000), Nr. 1, S. 1-19
- [FISC-06] Fischer, B.: *Vertikale Innovationsnetzwerke: Eine theoretische und empirische Analyse*. Johannes-Gutenberg-Universität Mainz: Deutscher Universitäts-Verlag, 2006
- [FOST-86] Foster, R.: *Innovation: The Attacker's Advantage*. New York: Summit Books, 1986
- [FRAS-03] Fraser, P.; Farrukh, C.; Gregory, M.: *Managing product development collaborations - A process maturity approach*. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B (Journal of Engineering Manufacture)*. 217 (2003), Nr. 11, S. 1499-1519
- [GARC-02] Garcia, R.; Calantone, R.: *A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology*. *The Journal of Product Innovation Management*. 19 (2002), S. 110-132

- [GAUS-01] Gausemeier, J.; Ebbesmeyer, P.; Kallmeyer, F.: *Produktinnovation: Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen*. München: Hanser Verlag, 2001
- [GAUS-04] Gausemeier, J.; Berger, T.: *Ideenmanagement in der strategischen Produktplanung - Identifikation der Produkte und Geschäftsfelder von morgen*. *Konstruktion*. (2004), Nr. 9, S. 64-68
- [GAUS-96] Gausemeier, J.; Fink, A.: *Neue Wege zur Produktentwicklung - Erfolgspotentiale der Zukunft*. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, 1996
- [GEIS-94] Geisler, E.: *Key Output Indicators in Performance Evaluation of Research and Development Organizations*. *Technological Forecasting and Social Change*. 47 (1994), Nr. 2, S. 189-203
- [GINI-12] Gini, C.: *Variabilità e Mutabilità: Contributo allo studio delle distribuzioni e relazioni statistiche*. *Studi Economici-Giuridici della Reale Università di Cagliari*. Cristampa Cuppini, Bologna, 1912
- [GOOS-03] Goos, P.; Hagenhoff, S.: *Strategisches Innovationsmanagement: Eine Bestandsaufnahme*. In: Schumann, M. (Hrsg.): *Arbeitsbericht Nr. 11/2003*. Göttingen: *Institut für Wirtschaftsinformatik der Georg-August-Universität Göttingen*, 2003, S. 4
- [GOOS-06] Goos, P.: *Strategisches Innovationsmanagement in fokalen Unternehmensnetzwerken: Gestaltung von Instrumenten*. Diss., Georg-August-Universität Göttingen: Eul Verlag, 2006
- [GORD-96] Gordon, A.D.: *Hierarchical classification*. In: Arabie, P.; Hubert, L.J.; De Soete, G.: *Clustering and Classification*. Singapore: *World Scientific*, 1996, S. 65-122
- [GOSW-05] Goswami, S.; Mathew, M.: *Definition of Innovation Revisited: An Empirical Study on Indian Information Technology Industry*. *International Journal of Innovation Management* (2005), Nr. 9, S. 371-383
- [GRIL-90] Griliches, Z.: *Patent statistics as economic indicators: A survey*. *Journal of Economic Literature*, 18 (1990), Nr. 4, S. 1661-1707
- [GROS-09] Groseclose, A.: *New applications for servo-driven presses - Part I: Stamping of automotive components*. *Stamping Journal*, June, 2009, pp. 14-15

- [GRUP-97] Grupp, H.: *Messung und Erklärung des technischen Wandels: Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik*. Berlin: Springer, 1997
- [HACK-06] Hacklin, F.; Marxt, C.; Fahrni, F.: *Strategic venture partner selection for collaborative innovation in production systems: A decision support system-based approach*. *International Journal of Production Economics*. 104 (2006), S. 100–112
- [HANS-08] Hansen, F.; Brindle, R.: *Forging Industry Technology Roadmap Update*. Forging Industry Educational and Research Foundation (FIERF) and Forging Industry Association (FIA), 2008, <http://demo.energetics.com/resourcecenter/products/roadmaps/samples/Pages/forging-industry-roadmap-2008.aspx>, 1.11.2009
- [HARI-00] Haritz, A.: *Innovationsnetzwerke: Ein systemorientierter Ansatz*. Diss., Universität Mainz: Deutscher Universitäts-Verlag, 2000
- [HARL-02] Harland, P. E.: *Kooperationsmanagement: der Aufbau von Kooperationskompetenz für das Innovationsmanagement*. Fischbachtal: Harland media, 2002
- [HARR-95] Harrington, J.W.; Warf, B.: *Industrial Location: Principles, Practice, and Policy*. NY: Routledge, 1995
- [HAUS-07] Hauschildt, J.; Salomo, S.: *Innovationsmanagement*. 4. Aufl. München: Vahlen, 2007
- [HILL-00] Hill, E.W., Brennan, J.F.: *A methodology for identifying the drivers of industrial clusters: The foundation of regional competitive advantage*. *Economic Development Quarterly*. 14 (2000), Nr. 1, S. 65-96
- [HIRS-00] Hirsch, A.: *Werkzeugmaschinen - Grundlagen*. Berlin: Vieweg Verlag, 2000
- [HOEN-02] Hoen, A. R.: *Identifying Linkages with a Cluster-based Methodology*. *Economic Systems Research*. 14 (2002), Nr. 2, S. 131-146
- [HOLL-96] Hollenstein, H. *A composite indicator of a firm's innovativeness: An empirical analysis based on survey data for Swiss manufacturing*. *Research Policy*. (1996), Nr. 25, S. 633-645
- [HOLT-88] Holt, K.: *Product innovation management: a workbook for management in industry*. 3. ed. London: Butterworths, 1988

- [IBRA-05] Ibrahim, S.; Fallah, M. H.: *Drivers of Innovation and Influence of Technological Clusters. Engineering Management Journal. 17 (2005), Nr. 3, S. 33-41*
- [IFM-09] IfM – Institut für Mittelstandsforschung: *Schlüsselzahlen des Mittelstands in Deutschland 2007/2008.*
<http://www.ifm-bonn.org/index.php?utid=99&id=101>, 6.10.2009
- [ISO-9000] *DIN EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme Grundlagen und Begriffe. Ausg. 12.2000, Berlin: Beuth Verlag*
- [JENS-07] Jensen, M. B.; Johnson, B.; Lorenz, E.; Lundvall, B. A.; *Forms of knowledge and modes of innovation. Research Policy. 36 (2007), S. 680-693*
- [KAHN-05] Kahn, K. B. (Hrsg.): *PDMA Handbook of New Product Development. New York: John Wiley and Sons, 2005, S. 572-614*
- [KFW-03] KfW Bankengruppe (Hrsg.): *Mittelstandsmonitor 2003 - Jährlicher Bericht zu Konjunktur- und Strukturfragen kleiner und mittlerer Unternehmen. Frankfurt, 2003*
- [KOEN-01] Koen, P. et al.: *Providing clarity and a common language to the Fuzzy Front End. Research-Technology Management. 44 (2001), Nr. 2, S. 46-55*
- [KOEN-02] Koen, P. et. al.: *Fuzzy-Front End: Effective Methods, Tools and Techniques. In: Belliveau, P.; Griffen, A.; Sorermeyer, S. (Hrsg.): PDMA Toolbook for New Product Development. New York: John Wiley and Sons, 2002, S. 2-35*
- [KOLL-06] Koller, H.; Langmann, C.; Untiedt, H. M.: *Das Management von Innovationsnetzwerken in verschiedenen Phasen: Erkenntnisse und offene Forschungsfragen. In: Wojda, F.; Barth, A. (Hrsg.): Innovative Kooperationsnetzwerke. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2006, S. 27-80*
- [KOMM-08] *Kommission der europäischen Gemeinschaften (Hrsg.): Erstellung des Arbeitsprogramms für die Jahre 2009-2011 gemäß der Ökodesign-Richtlinie. Brüssel, 2008*
- [LAWS-99] Lawson, C.; Lorenz, E.: *Collective Learning, Tacit Knowledge and Regional Innovative Capacity. Regional Studies. 33 (1999), Nr. 4, S. 305-318*

- [LEED-05] Leeder, E.; Sysel, Z.: *Die Methodik der Clusterbildung in der Tschechische Republik. In: Tagungsband "Strategien für ganzheitliche Produktion in Netzen und Clustern - TBI". Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssystem. TU Chemnitz, 2005, Nr. 11, S. 191-197*
- [LIND-05] Lindemann, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Berlin: Springer, 2005*
- [LIND-09] Lindemann, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. 3. Aufl. Berlin: Springer, 2009*
- [LIYA-95] Liyanage, S.: *Breeding innovation clusters through collaborative research networks. Technovation. 15 (1995), Nr. 9. S. 553-567*
- [LOTK-26] Lotka, A.J.: *The frequency distribution of scientific productivity. Journal of the Washington Academy of Sciences. 16 (1926), Nr. 6, S. 317-323*
- [MAGG-02] Maggioni, M.A.: *Clustering Dynamics and the Location of High-Tech-Firms. Heidelberg: Physica-Verlag, 2002*
- [MARK-01] Markham, S. K.; Aiman-Smith, L.: *Product champions: Truths, myths and management. Research Technology Management. 44 (2001), Nr. 3, S. 44-50*
- [MART-03] Martin, R.; Sunley, P.: *Deconstructing clusters: chaotic concept or policy panacea? Journal of Economy Geography. 3 (2003), S. 5-35*
- [MAZZ-05] Mazzarol, T.; Patmore, R.; Van Heemst, N.: *Identifying emerging industries through meso-micro level analysis. Journal of new business ideas and trends. 3 (2005), Nr. 2, S. 49-56*
- [MEJI-07] Mejia, A.; Steiner, R.; Weidlich, D.; Neugebauer, R.: *Auswahlparameter für kompetenzzellenbasierte Forschungen in Produktionsnetzen. ZWF. 102 (2007), Nr. 9, S. 552-556*
- [MEJI-09] Mejia, A.; Weidlich, D.: *Creation of Research-oriented Competence-cell-based Production Networks. In: International Journal of Innovation and Technology Management - IJITM. 6 (2009), No. 3, pp. 283-303*
- [MEYE-01] Meyer, J.-A. (Hrsg.): *Innovationsmanagement in kleineren und mittleren Unternehmen. München: Vahlen, 2001*

- [MEYE-04] Meyer, M.; Aderhold, J.: *Das Netz Grid - Ein methodisches Konzept zur Messung beziehungsrelevanter Parameter in Unternehmensnetzwerken*. In: Weissengerber-Eibel, M.A. (Hrsg.): *Unternehmen im Umbruch*. Rosenheim: Cactus, 2004, S. 332-359
- [MIEK-06] Mieke, C.: *Technologiefrühaufklärung in Netzwerken*. Diss., BTU Cottbus: Deutscher Universitäts-Verlag, 2006
- [MIEK-07] Mieke, C.: *Netzwerke zur Stärkung der Innovationskraft mittelständischer Unternehmen*. In: Letmathe, P.; Eigler, J.; Welter, F.; Kathan, D.; Heupel, T. (Hrsg.): *Management kleiner und mittlerer Unternehmen: Stand und Perspektiven der KMU-Forschung*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2007, S. 337-354
- [MIYO-04] Miyoshi, K.: *Current Trends in Free Motion Presses*. In: *Proceedings from 3rd Japan Society for Technology of Plasticity (JSTP) International Seminar on Precision Forming*. Nagoya, Japan, March 2004, pp. 69-74
- [MÜLL-05a] Müller, E. (Hrsg.): *Sonderforschungsbereich (SFB) 457, Hierarchielose regionale Produktionsnetze - Finanzierungsantrag 2006-2009*. Chemnitz: TU-Chemnitz, 2005
- [MÜLL-05b] Müller, E.; Wirth, S.: *Ganzheitliche Produktion in Netzen und Clustern - Strategien für die Zukunft*. In: Müller, E. (Hrsg.): *Tagungsband "Strategien für ganzheitliche Produktion in Netzen und Clustern - TBI"*. Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksystem. TU Chemnitz, 2005, Nr. 11, S. 26-40
- [MÜLL-06] Müller, E. (Hrsg.): *Paketantrag: Entwicklung einer Methodik zum Bilden und Betreiben von kompetenzzellenbasierten Produktionsnetzen*. Finanzierungsantrag, TU Chemnitz, 2006
- [MÜLL-07] Müller, E. (Hrsg.): *Sonderforschungsbereich (SFB) 457, Hierarchielose regionale Produktionsnetze - Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien: Abschlussbericht 2006*. TU Chemnitz, 2007
- [MÜLL-09a] Müller, E.: *Kompetenzzellenbasierte Netzwerke*. In: *Tagungsband "Vernetzt planen und produzieren - VPP"*. Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme. TU Chemnitz, 2009, S. 5-22
- [MÜLL-09b] Müller, E. (Hrsg.): *Paketprojekt 196: Entwicklung einer Methodik zum Bilden und betreiben von kompetenzzellenbasierten Produktionsnetzen*. Abschlussbericht 2007-2009. TU Chemnitz, 2009

- [NARI-93] Narin, F.: *Technology indicators and corporate strategy. Review of Business.* 14 (1993), Nr. 3, S. 19–23
- [NARI-95] Narin, F.; Breitzman, A.: *Inventive productivity. Research Policy.* 24 (1995), S. 507-519
- [NEUG-04] Neugebauer, R.; Weidlich, D.; Steiner, R.: *Product Development in Non-Hierarchical Production Networks -a Competence-Cell-Based Approach to Solution. In: Proceedings of the International Conference on Competitive Manufacturing, COMA 2004, S. 137-142*
- [NEUG-05a] Neugebauer, R.; Steiner, R.; Weidlich, D.: *Kompetenzzellenbasierte Produktentwicklung mechatronischer Produkte. ZWF.* 100 (2005), Nr. 6, S. 314-318
- [NEUG-05b] Neugebauer, R.; Weidlich, D.; Steiner, R.: *Description and Search of Product Development Competence Cells in Non-Hierarchical Production Networks. WGP-Annals XII (2005), Nr. 2, S. 165-168*
- [NEUG-06] Neugebauer, R.; Weidlich, D.; Riegel, J.; Steiner, R.: *Competence-Cell-Based Approach to Solution for Distributed Product Development. In: Proceedings of 16th CIRP International Design Seminar. Kananaskis, Canada. 2006, S. 619-628*
- [NEUG-07] Neugebauer, R.; Weidlich, D.: *Fertigungs- und Produktentwicklungskompetenz: Teilprojekt B4. In: Müller, E. (Hrsg.): Sonderforschungsbereich (SFB) 457, Hierarchielose regionale Produktionsnetze - Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien: Abschlussbericht 2006. TU Chemnitz, 2007, S. 127-142*
- [NEUG-08a] Neugebauer, R.; Weidlich, D.; Mejia, A.: *Initialentwicklungsprozess in kompetenzzellenbasierten Netzen. ZWF.* 103 (2008), Nr. 10, S. 686-690
- [NEUG-08b] Neugebauer, R.; Westkämper, E.; Klocke, F.; Kuhn, A.; Schenk, M.; Michaelis, A.; Spath, D.; Weidner, E.: *Energieeffizienz in der Produktion. Untersuchung zum Handlungs- und Forschungsbedarf: Abschlussbericht. München: Fraunhofer Gesellschaft - FhG, 2008*
- [NEUG-08c] Neugebauer, R. (Hrsg.): *Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik - EEPRO: Vollantrag für den Wissenschaftsstandort Chemnitz zur Landesexzellenzinitiative auf der Basis von Spitzentechnologieclustern 2009 - 2013. TU Chemnitz, 2008*

- [ODON-04] O'Donoghue, D.; Gleave, B.: *A Note on Methods for Measuring Industrial Agglomeration. Regional Studies. 38 (2004), Nr. 4, S. 419-427*
- [ODON-99] O'Donoghue, D.: *The relationship between diversification and growth: some evidence from the British urban system. International Journal of Urban and Regional Research. 23 (1999), S. 449-566*
- [OECD-02] OECD: *Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development - Frascati Manual, The Measurement of Scientific and Technological Activities Series. Paris: OECD Publishing, 2002*
- [OECD-05] OECD: *Oslo Manual: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. 3 Aufl. Paris: OECD Publishing, 2005*
- [OECD-94] OECD, *The Measurement of Scientific and Technological Activities: Using Patent Data as Science and Technology Indicators – Patent Manual. Paris: OECD Publishing, 1994*
- [OECD-97] OECD. *Oslo Manual: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. 2. Aufl. Paris: OECD Publishing, 1997*
- [OETT-09] Oettel, A.; Mejia, A.; Weidlich, D.: *Produktentwicklung - Realisierung von Kundenaufträgen und Initialentwicklungen in kompetenzzellenbasierten Netzen. In: Tagungsband "Vernetzt planen und produzieren - VPP". Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme. TU Chemnitz, 2009, S. 43-52*
- [OHLH-97] Ohlhausen, P.; Warschat, J.: *Kooperation: Zusammenarbeit zwischen Unternehmen. In: Bullinger, H.-J.; Warschat, J. (Hrsg.): Forschungs- und Entwicklungsmanagement: Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, Rapid Product Development. Stuttgart: Teubner, 1997, S. 29-46*
- [PACI-00] Paci, R.; Usai, S.: *Technological Enclaves and Industrial Districts: An Analysis of the Regional Distribution of Innovative Activity in Europe. Regional Studies, Taylor and Francis Journals. 34 (2000), Nr. 2, pp. 97-114*

- [PADM-98] Padmore, T.; Gibson, H.: *Modelling systems of innovation: II. A framework for industrial cluster analysis in regions. Research Policy.* 26 (1998), S. 625-641
- [PAHL-07] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K-H.: *Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung.* 7. Aufl. Berlin: Springer, 2007
- [PENE-05] Peneder, M.: *Creating Industry Classifications by Statistical Cluster Analysis. WIFO Papers, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung: Aug., 2005*
- [PETE-07] Peters, M.L.; Hügens, T.; Zelewski, S.: *Betriebswirtschaftliche Bewertungstechniken: ein softwaregestützter Integrationsansatz für KMU. In: Letmathe, P.; Eigler, J.; Welter, F.; Kathan, D.; Heupel, T. (Hrsg.): Management kleiner und mittlerer Unternehmen – Stand und Perspektiven der KMU-Forschung. 1. Auflage. Wiesbaden: Deutsche Universitäts-Verlag, 2007, S. 657-672*
- [PFEI-91] Pfeiffer, W., Metze, G., Schneider, W., Amler, R.: *Technologie-Portfolio: zum Management strategischer Zukunftsgeschäftsfelder.* 6. Aufl. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1991
- [PLES-96] Pleschak, F.; Sabisch, H.: *Innovationsmanagement.* Stuttgart: Schäffer-Pöschel, 1996
- [PLIS-07] Plisson, J.; Ljubic, P.; Mozetic, I.; Lavrac, N.: *An Ontology for Virtual Organization Breeding Environments. IEEE transactions on Systems, Man and Cybernetics.* 37 (2007), Nr. 6, S. 1327-1341
- [PORT-00] Porter, M. E.: *Location, Competition, and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy. Economic Development Quarterly.* 14 (2000), Nr. 1, S. 15-35
- [PORT-06] Porter, M. E.: *On competition.* Boston, Mass.: Harvard Business School, 2006
- [PORT-90] Porter, M. E. *The Competitive Advantage of Nations.* New York: Free Press, 1990
- [PORT-98] Porter, M. E.: *Clusters and the new economics of competition. Harvard Business Review.* (1998), S. 77-90
- [PROB-92] Probst, G. J. B.: *Organisation: Strukturen, Lenkungsinstrumente, Entwicklungsperspektiven.* Aufl. 1. Landsberg/Lech: Moderne Industrie, 1992

- [RITT-98] Ritter, T.: *Innovationserfolg durch Netzwerk-Kompetenz: Effektives Management von Unternehmensnetzwerken*. Diss., Universität Karlsruhe: Gabler, 1998
- [ROTH-02] Rothaermel, F. T.: *Technological discontinuities and interfirm cooperation: what determines a startup's attractiveness as alliance partner?* *IEEE Transactions on Engineering Management*. 49 (2002), Nr. 4, S. 388-397
- [SAAT-80] Saaty, T.L.: *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, 1980
- [SAAT-91] Saaty, T. L.: *Some mathematical concepts of the Analytic Hierarchy Process*. *Behaviormetrika*. 18 (1991), Nr. 29, S. 1-9
- [SAAT-06] Saaty, T. L.; Vargas, L. G.: *Decision making with the analytic network process: economic, political, social, and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. NY: Springer, 2006
- [SABI-98] Sabisch, H.; Esswein, W.; Meißner, D.; Wylegalla, J.: *Quantifizierung und Messung des Erfolgs von Technologieförderprogrammen*. Studie, TU Dresden, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, 1998
- [SALE-99] Salein, M.: *Methodik zum situationsspezifischen Planen marktgerechter technischer Produkte*. Diss., TU Berlin: VDI-Verlag, 1999
- [SANT-01] Santoro, M. D.; Chakrabarti, A. K.: *Corporate strategic objectives for establishing relationships with university research centers*. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 48 (2001), Nr. 2, S. 157-163
- [SCHÖ-03] Schöne, R.; Freitag, M.: *Netzwerk Lernende Region Chemnitz - Gestaltung eines ganzheitlichen Entwicklungskonzeptes*. In: Matthiesen, U.; Reutter, G. (Hrsg.): *Lernende Regionen. Mythos oder lebendige Praxis*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, 2003
- [SCHO-63] Schon, D. A.: *Champions for radical new inventions*. *Harvard Business Review*. (1963), Nr. 41, S. 77-86
- [SCHU-39] Schumpeter, J. A.: *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. Vol. 2. New York: McGraw-Hill, 1939
- [SCHU-98] Schuh, G.; Millarg, K.; Göransson, A.: *Virtuelle Fabrik: neue Marktchancen durch dynamische Netzwerke*. München: Hanser, 1998

- [SCOT-88] Scott, A. J.: *New Industrial Spaces: Flexible Production Organization and Regional Development in North America and Western Europe*. London: Pion, 1988
- [SHA-05] Sha, D. Y.; Che, Z. H.: *Virtual integration with a multi-criteria partner selection model for the multi-echelon manufacturing system*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 25 (2005), S. 793-802
- [SOMM-86] Sommerlatte, T.; Deschamps, J. P.: *Der strategische Einsatz von Technologien: Konzepte und Methoden zur Einbeziehung von Technologien in die Strategieentwicklung des Unternehmens*. In: Little, A. D. (Hrsg.): *Management im Zeitalter der strategischen Führung*. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 1986, S. 39-80
- [SORE-04] Sorenson, O.; Fleming, L.: *Science and the diffusion of knowledge*. *Research Policy*. 33 (2004), S. 1615-1634
- [STAN-97] Stanke, A.; Ulbricht, B.: *Modelle und Methoden der Neuproduktplanung*. In: Bullinger, H.-J.; Warschat, J. (Hsgr.): *Forschungs- und Entwicklungsmanagement*. Stuttgart: Teubner, 1997, S. 133-173
- [STAU-06] Staud, J. L.: *Geschäftsprozessanalyse: ereignisgesteuerte Prozessketten und objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung für betriebswirtschaftliche Standardsoftware*. Aufl. 3. Berlin: Springer, 2006
- [STEI-07] Steiner, R.: *Kompetenzzellenbasierte Produktentwicklung*. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): *Berichte aus dem IWU*. Band 38, Diss., TU Chemnitz: Verlag Wissenschaftliche Scripten, 2007
- [STEI-77] Steinhausen, D.; Langer, K.: *Clusteranalyse: Einführung in Methoden und Verfahren der automatischen Klassifikation*. Berlin: de Gruyter, 1977
- [STEW-91] Stewart, F.; Ghani, E.: *How significant are externalities for development?* *World Development*. 19 (1991), Nr. 6, S. 569-594
- [SYDO-06] Sydow, J. (Hrsg.): *Management von Netzwerkorganisationen*. Aufl. 4. Wiesbaden: Gabler, 2006
- [TEIC-03] Teich, T.: *Extended Value Chain Management - ein Konzept zur Koordination von Wertschöpfungsnetzen*. Chemnitz: GUC, 2003

- [TIJS-04] Tijssen, R.J.W.: *Is the commercialisation of scientific research affecting the production of public knowledge? Global trends in the output of corporate research articles.* *Research Policy.* 33 (2004), Nr. 5, S. 709-733
- [TINN-73] Tinnesand, B.: *Toward a General Theory of Innovation.* PhD Thesis, University of Wisconsin, Madison, 1973
- [TRIA-00] Triantaphyllou, E.: *Multi-Criteria Decision Making Methodologies: A Comparative Study.* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, 2000
- [VDI-04] Verein Deutscher Ingenieure -VDI- (Hrsg.): *Innovationsnetzwerke: Ein anwendungsorientierter Leitfaden für das Netzwerkmanagement.* Düsseldorf: VDI-Verlag, 2004
- [VDI-2220] *VDI-Richtlinie 2220: Produktplanung: Ablauf, Begriffe und Organisation.* Düsseldorf: VDI-Verlag, 1980
- [VDI-2221] *VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte.* Düsseldorf: VDI-Verlag, 1993
- [VDI-2222] *VDI-Richtlinie 2222 Blatt 1: Konstruktionsmethodik: Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien.* Düsseldorf: VDI-Verlag, 1997
- [VDI-2800] *VDI-Richtlinie 2800: Wertanalyse.* Düsseldorf: VDI-Verlag, 2006
- [Voß-04] Voß, W. (Hrsg.): *Taschenbuch der Statistik.* 2. Aufl. München: Carl Hanser Verlag, 2004, S. 144-145
- [WAGN-05] Wagner-Döbler, R.: *The system of research and development indicators: Entry points for information agents.* *Scientometrics.* (2005), Nr. 62, S. 145-153
- [WALL-06] Wallach, H. M.: *Topic modeling: beyond bag-of-words.* In: *ICML '06: Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning.* Pittsburgh, Pennsylvania: ACM, 2006, pp. 977-984
- [WARS-97] Warschat, J.; Ohlhausen, P.; *FuE-Management.* In: Bullinger, H.-J.; Warschat, J. (Hsgr.): *Forschungs- und Entwicklungsmanagement: Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, Rapid Product Development.* Stuttgart: Teubner, 1997, S. 1-6
- [WEBE-91] Weber, C. A.; Current, J. R.; Benton, W. C.: *Vendor selection criteria and methods.* *European Journal of Operational Research.* 50 (1991), S. 2-18

- [WEID-03] Weidlich, D.; Steiner, R.: Lösungsansätze zur Angebotsgenerierung für die Produktentwicklung in hierarchielosen Produktionsnetzen. In: Tagungsband "Vernetzt planen und produzieren - VPP". Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme. TU Chemnitz, 2003, S. 122-126
- [WEID-06] Weidlich, D.; Steiner, R.; Riegel, J.; Oettel, M.: Software-Tool zur Beschreibung von Kompetenzen der Produktentwicklung: "KoAg". In: Tagungsband "Vernetzt planen und produzieren - VPP". Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme. TU Chemnitz, 2006, S. 89-97
- [WEID-07] Weidlich, D.; Steiner, R.; Mejja, A.: Kompetenzclusterbildung zur Initialentwicklung in Kompetenznetzen. In: Tagungsband "Vernetzt planen und produzieren - VPP". Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme. TU Chemnitz, 2007, S. 89-98
- [WEID-08] Weidlich, D.; Mejja, A.; Oettel, A.: Realisierung der technischen Angebotserstellung in kompetenzzellenbasierten Netzen. In: Tagungsband "Wandlungsfähige Produktionssysteme – TBI" / 2. W&P. Institut für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme. TU Chemnitz, 2008, S. 309-317
- [WHEE-92] Wheelwright, S. C.; Kim B. C.: Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency, and quality. New York: Free Press, 1992
- [WIPO-ST9] WIPO Standard ST.9: Recommendation concerning bibliographic data on and relating to patents and SPCs. In: Handbook on Industrial Property Information and Documentation. World Intellectual Property Organization, 2008
- [WIRT-00] Wirth, S.; Enderlein, H.; Petermann, J.: Kompetenznetze der Produktion. In: Vortragsband IBF-Fachtagung „Vernetzt planen und produzieren“. Chemnitz: TU-Chemnitz, 2000, S. 17-27
- [WIRT-01] Wirth, S.; Baumann, A.: Wertschöpfung durch vernetzte Kompetenz - Schlanke Kompetenzkooperation: Überlebensstrategie für kleine Produktions- und Dienstleistungsunternehmen. Band 1. Praxisreihe Logistik. München: Huss-Verlag, 2001
- [WIRT-03a] Wirth, S.; Ackermann, J.: Kompetenznetze und regionale Clusterbildung. Werkstattstechnik. 93 (2003), Nr. 5, S. 418-423

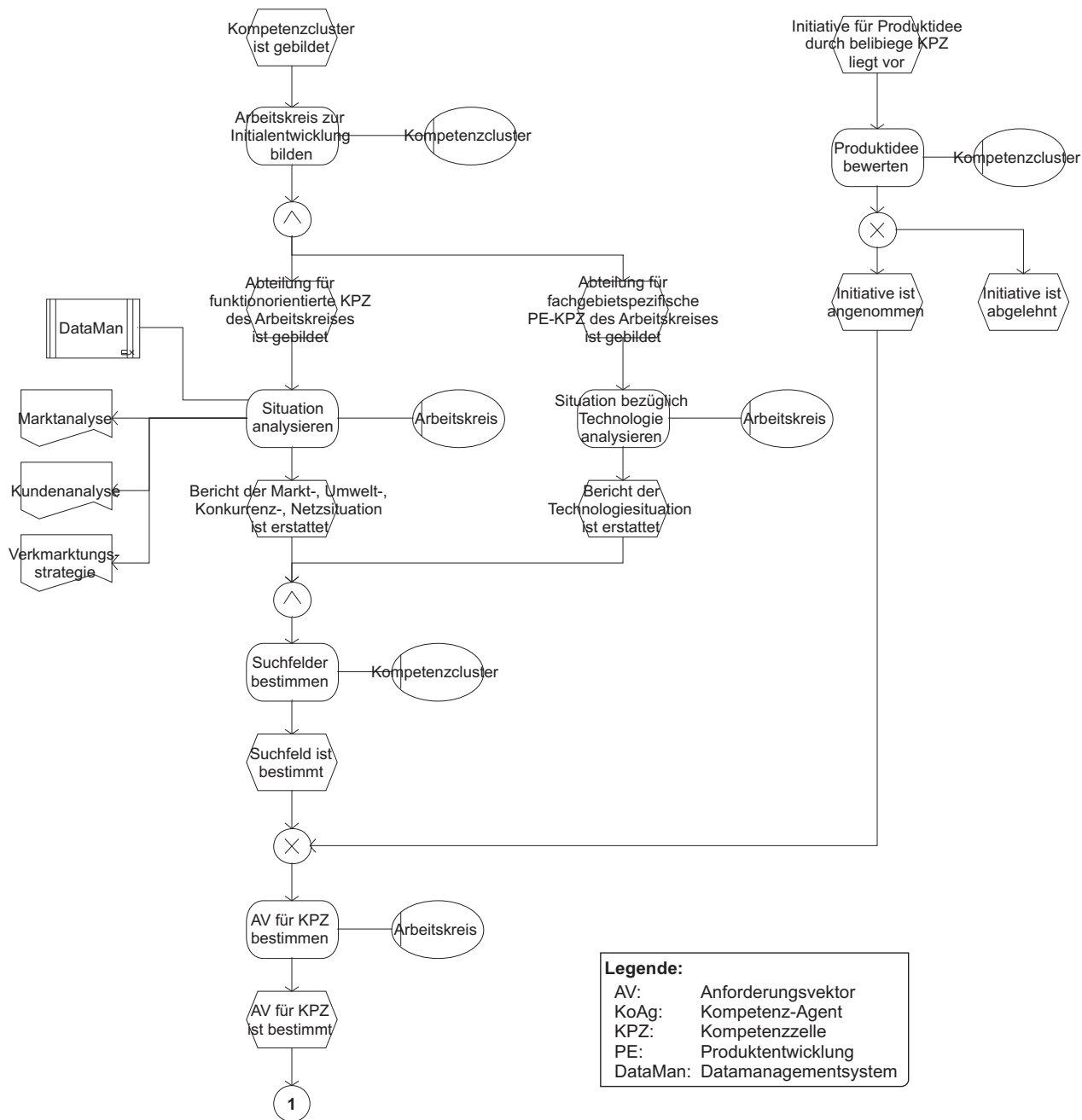
- [WIRT-03b] *Wirth, S.; Näser, P.; Ackermann, J.; Wieland, P.: Vom Fertigungsplatz zur Kompetenzzone. Voraussetzung für den Aufbau kompetenzzellenbasierter Netze. ZWF. 98 (2003), Nr. 3, S. 78-83*
- [WISS-07] *Wissenschaftsstatistik (Hrsg.): FuE-Datenreport 2007 - Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft: Bericht über die FuE-Erhebungen 2005. Essen: Wissenschaftsstatistik, 2007*
- [WU-02] *Wu, S. H.; Fuh, J. Y. H.; Nee, A. Y. C.: Concurrent process planning and scheduling in distributed virtual manufacturing. Transactions IIE. 34 (2002), S. 77-89*
- [WU-05] *Wu, N.; Su, P.: Selection of partners in virtual enterprise paradigm. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 21 (2005), S. 119-131*
- [XU-04] *Xu, K.: How Has the Literature on Gini's Index Evolved in the Past 80 Years? Dalhousie University, Department of Economics: Economics Working Paper, 2004*

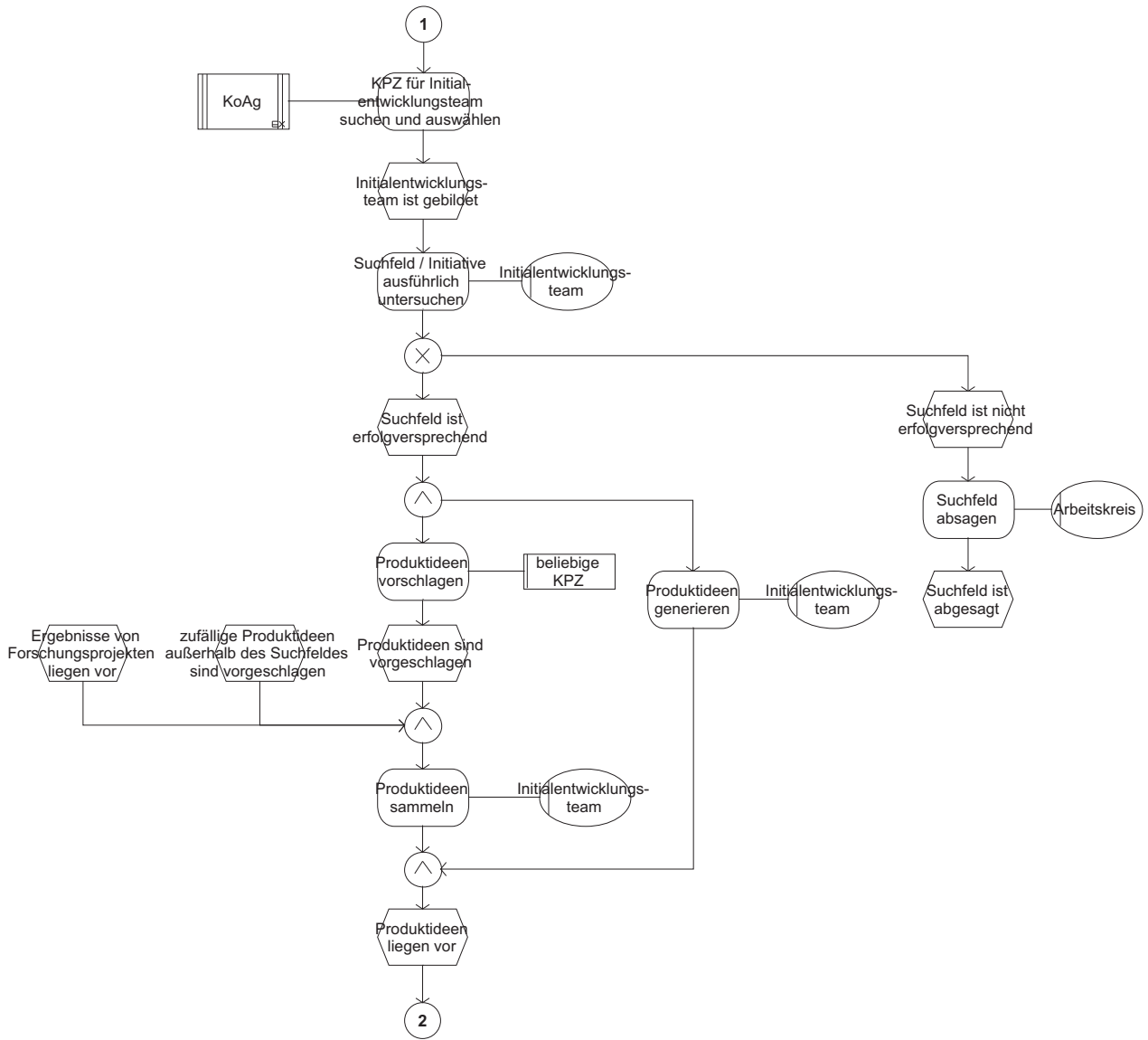
Anhang

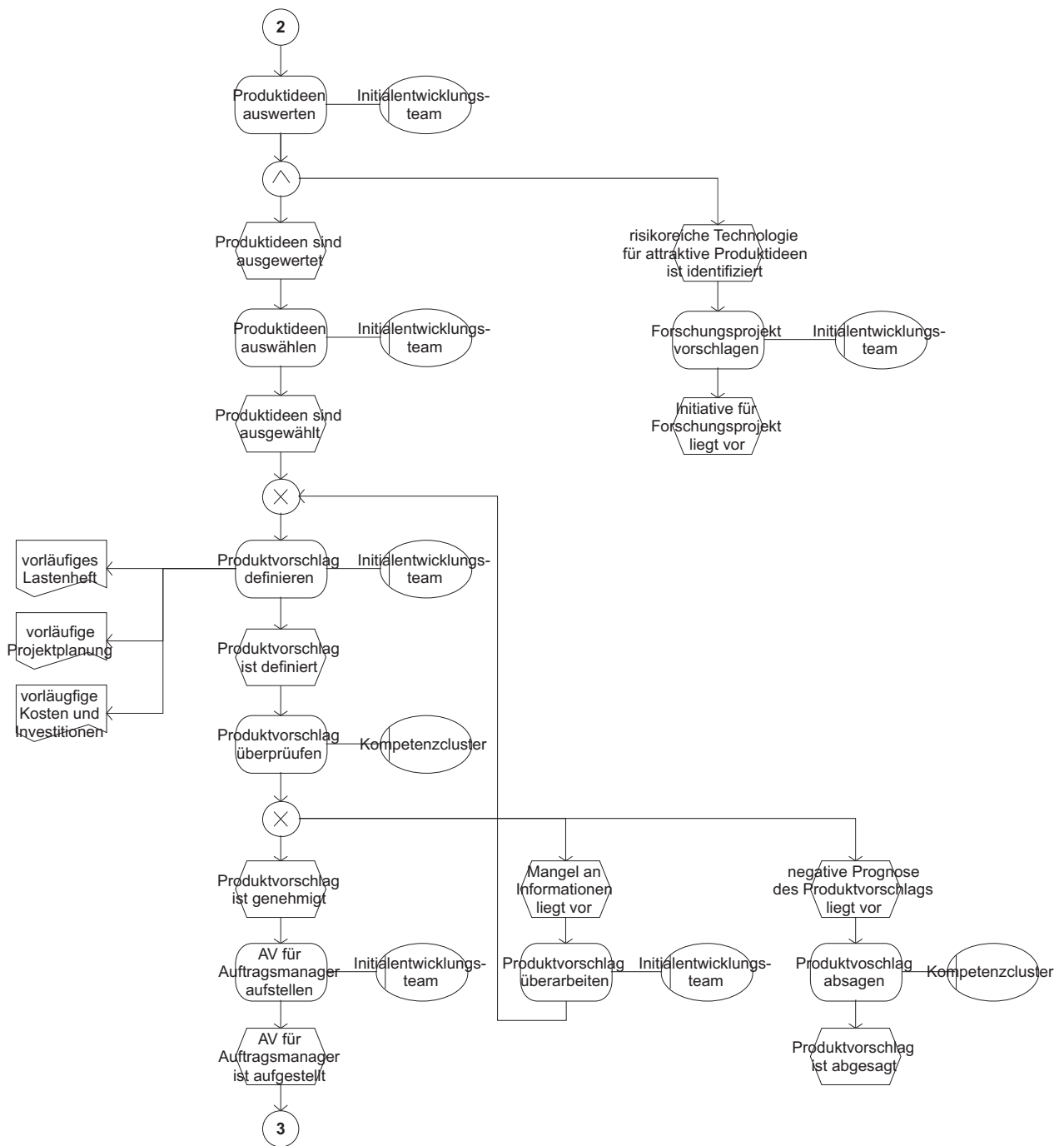
A	eEPK-Modelle	169
	A.1 Initialentwicklungsprozess.....	169
	A.2 Forschungsorientiertes Produktionsnetz.....	173
B	Verfahren des Analytic Hierarchy Process (AHP)	175

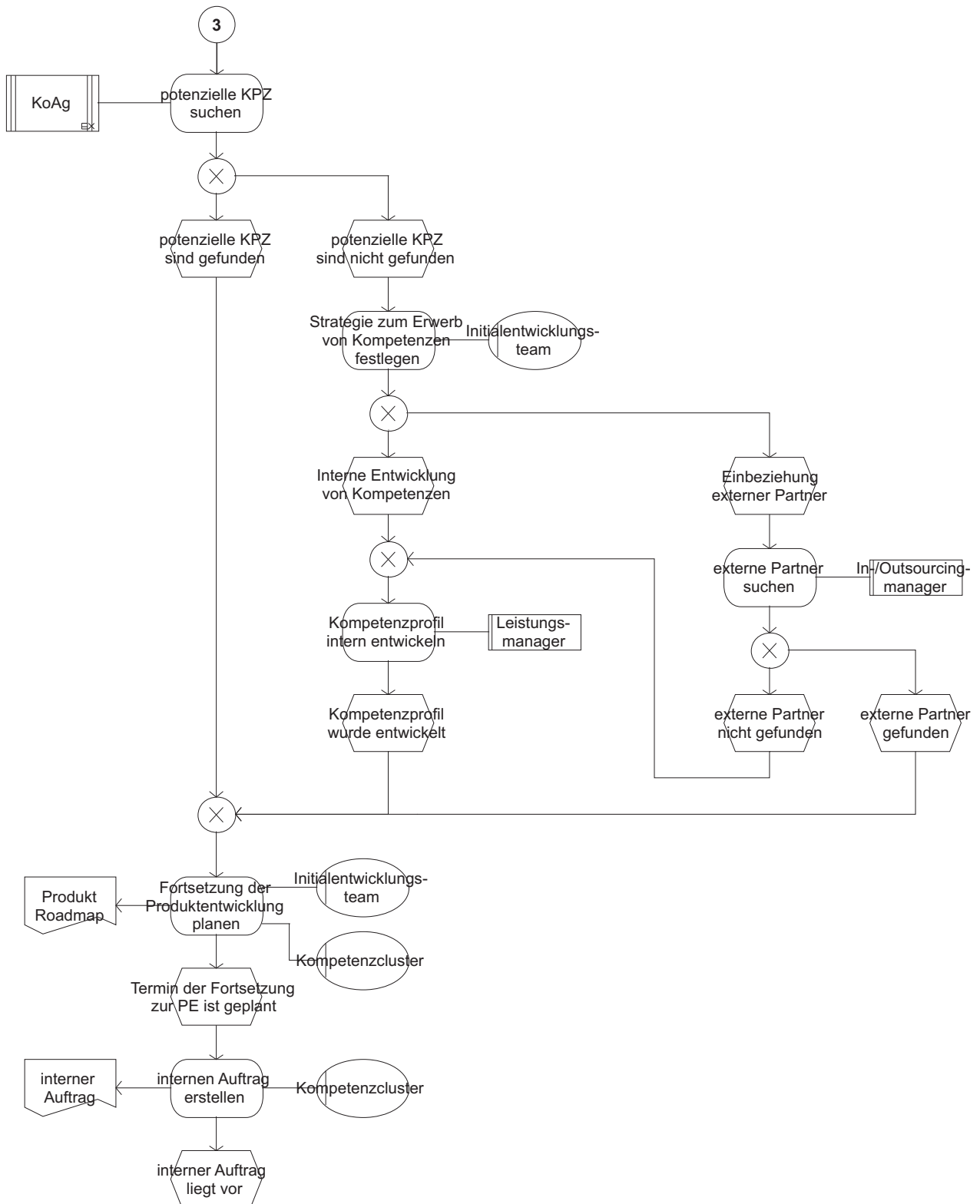
A eEPK-Modelle

A.1 Initialentwicklungsprozess

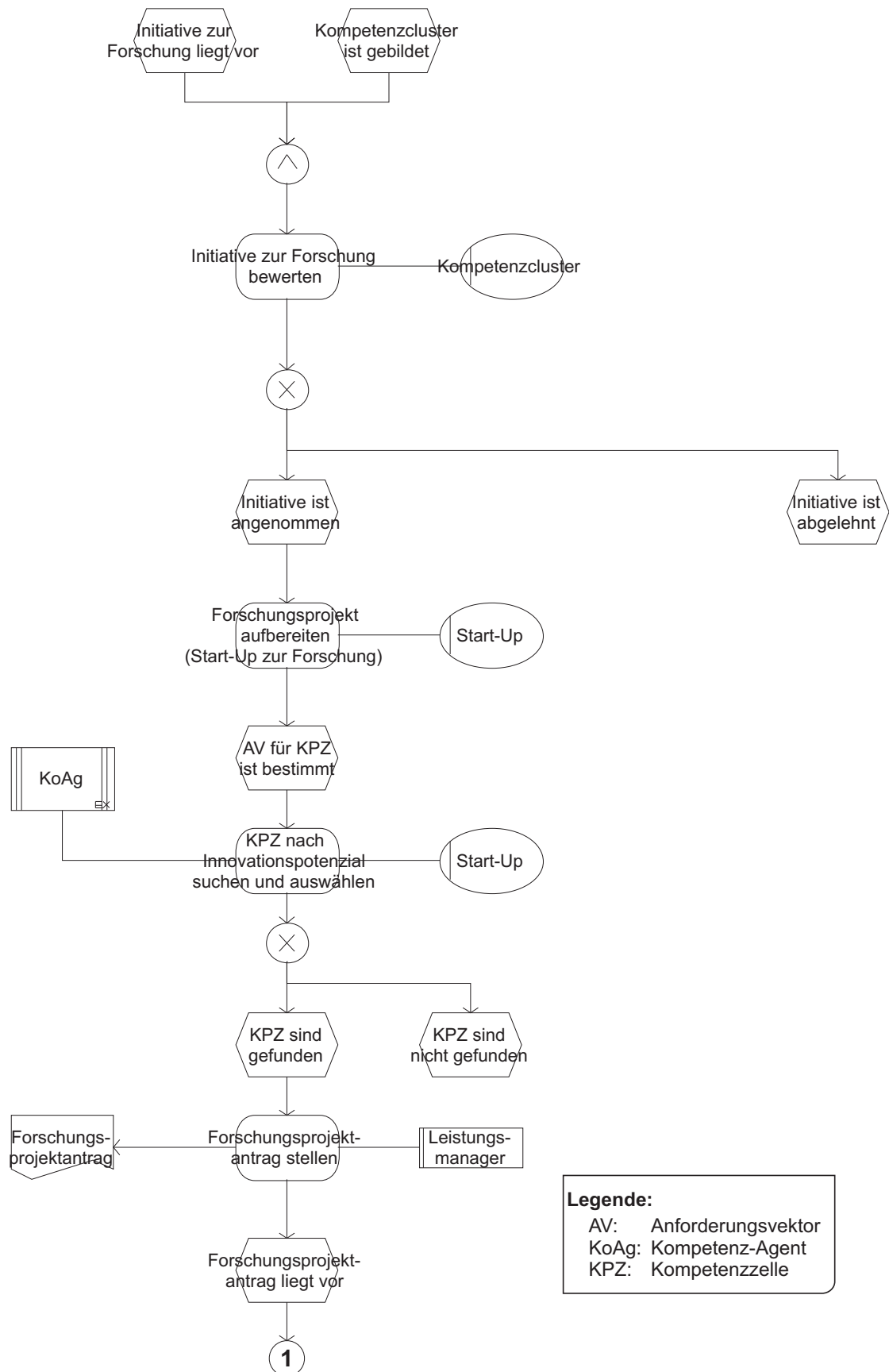




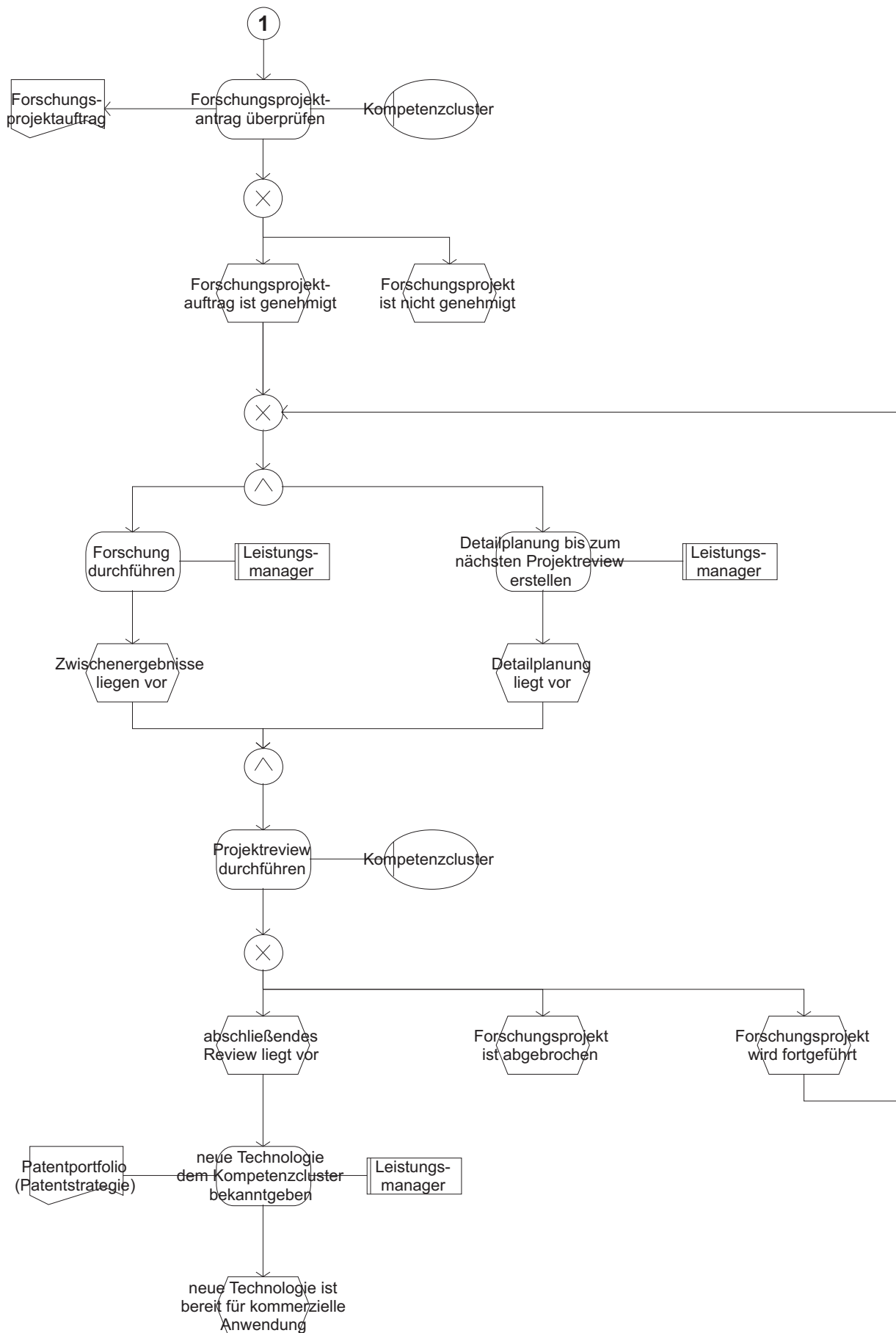




A.2 Forschungsorientiertes Produktionsnetz



Legende:
 AV: Anforderungsvektor
 KoAg: Kompetenz-Agent
 KPZ: Kompetenzzelle



B Verfahren des Analytic Hierarchy Process (AHP)

Der Analytic Hierarchy Process (kurz AHP) ist eine multikriterielle Entscheidungsmethode. Dieser Prozess, der von SAATY entwickelt wurde [SAAT-80], bietet einen umfassenden Rahmen zur Strukturierung eines Entscheidungsproblems, zur Darstellung und Quantifizierung dessen Elemente, zur Verbindung dieser Elemente mit dem Gesamtziel und zur Bewertung alternativer Lösungen. Bei diesem Prozess werden Verhältnisskalen von Paarvergleichen abgeleitet. Als Input können sowohl echte Messungen wie Gewicht oder Kosten als auch subjektive Beurteilungen wie Zufriedenheit oder Präferenz eingegeben werden. Gerade dabei sind bei dem AHP allerdings kleine Inkonsistenzen bei der Beurteilung möglich, weil die Entscheidungen durch Menschen getroffen werden und insofern durch subjektive Kriterien beeinflusst sein können.

Der Begriffsbestandteil „Analytic“ bedeutet, dass beim AHP die Entscheidungen mittels mathematischer Unterstützung und logischer Schlüsse getroffen werden. „Hierarchy“ bezieht sich darauf, dass das Entscheidungsproblem in einer Hierarchieform strukturiert wird, in der deren Elemente verschiedenen Ebenen zugeordnet werden. Während eine Ebene nur die nächsthöhere Ebene beeinflusst und selbst nur von einer niedrigeren Ebene beeinflusst werden kann, nehmen die Elemente innerhalb einer Ebene keinen Einfluss aufeinander. „Process“ meint, dass beim AHP die Entscheidungen durch einen bestimmten prozessualen Ablauf strukturiert und analysiert werden.

Der erste Schritt beim AHP besteht darin, die Hauptebenen zu definieren: Die erste Hauptebene entspricht dem Ziel der Analyse. Anschließend werden in der zweiten Hauptebene die verschiedenen Kriterien oder Faktoren, die die Durchführung der Beurteilung unterstützen, bestimmt. Da es in der Regel mehrere Kriterien sind, spricht man von „Multikriterien“. Hierbei können mehrere Unterebenen mit verschiedenen Unterkriterien hinzugefügt werden. In der letzten Ebene sollen die Alternativen zur Erreichung des Ziels definiert werden. Die in Abbildung B-1 dargestellten Linien zwischen den Ebenen zeigen die Beziehung zwischen dem Ziel, den Kriterien und den Alternativen.

Der nächste Schritt ist die Durchführung eines paarweisen Vergleiches von Elementen innerhalb einer Ebene. Dafür können sowohl quantitative als auch qualitati-

ve Informationen verwendet werden. Da die quantitative Informationen einfach zu vergleichen sind, ist tatsächlich eine wesentliche Stärke des AHP die Beurteilung von qualitativen Informationen. Für diese Beurteilung wird eine Skala verwendet, die die Priorität eines Elementes im Vergleich zu einem anderen darstellt. Dieser Vergleich wird Paarvergleich genannt. Die häufigste gebrauchte Bewertungsskala ist diejenige mit 9-Punkten (Tabelle B-1). So repräsentiert ein Paarvergleich a_{ij} die Wichtigkeit des i -ten Elementes gegenüber dem j -ten Element und kann die in Tabelle B-1 gezeigten Werte annehmen. Die Zwischenwerte (2, 4, 6, 8 sowie $1/2$, $1/4$, $1/6$ und $1/8$) werden nur für eventuell notwendige Kompromisse empfohlen, aber in der Regel nicht verwendet.

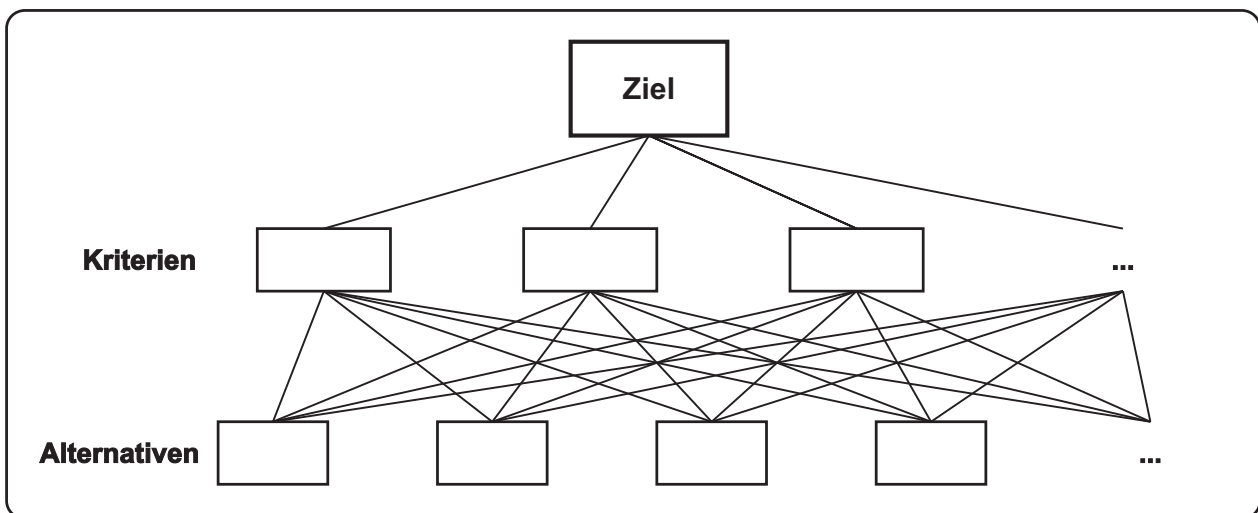


Abbildung B-1: Beispiel für eine Hierarchiestruktur (in Anlehnung an [SAAT-06])

Aus den resultierenden Paarvergleichen a_{ij} wird eine quadratische Evaluationsmatrix von $n \times n$ Elementen gebildet, wobei alle deren Elemente positiv ($a_{ij} > 0$) und die Werte in der Diagonale (wenn $i=j$) gleich eins sind.

$$A = (a_{ij}) \quad 1 \leq i \leq n; 1 \leq j \leq n \quad (\text{B.1})$$

wobei gilt:

$$a_{ij} = 1/a_{ji}$$

$$a_{ii} = 1$$

Tabelle B-1: 9-Punkte Bewertungsskala (in Anlehnung an [SAAT-06])

Skalenwert	Definition	Skalenwert	Definition
1	gleiche Bedeutung	1	gleiche Bedeutung
3	etwas größere Bedeutung	$1/3$	etwas geringere Bedeutung
5	erheblich größere Bedeutung	$1/5$	erheblich geringere Bedeutung
7	sehr viel größere Bedeutung	$1/7$	sehr viel geringere Bedeutung
9	absolut dominierend	$1/9$	absolut unterlegen

Um die Rangordnung der Prioritäten der Elemente in der Matrix zu bestimmen, wird der Eigenvektor berechnet. Dafür wird üblicherweise eine vereinfachte Berechnungsmethode verwendet, die die Anzahl von Operationen erheblich senkt aber zu einem ähnlichen Ergebnis wie die exakte Methode führt (vgl. [SAAT-91]).

Um den Eigenvektor zu berechnen, ist es zuerst notwendig, jede Spalte der Matrix auf eins zu normalisieren. Dafür werden die Spaltensummen (c_j) der Evaluationsmatrix A berechnet:

$$c_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (\text{B.2})$$

Die normalisierte Matrix wird aus der Division von jeden Paarvergleich a_{ij} durch die jeweilige Spaltensumme c_j gebildet. Dann sind die Spaltensummen der normalisierten Matrix gleich eins. Anschließend werden die Zeilensummen (r_i) der normalisierten Matrix berechnet. Das Gewicht w des i -ten Elementes ergibt sich aus der Division von jeder Zeilensumme durch die Anzahl von Elementen:

$$w_i = \frac{r_i}{n} \quad (\text{B.3})$$

Der Vektor w , der aus den Gewichten w_i besteht, ist der normalisierte Hauptvektor, auch Prioritätsvektor genannt [SAAT-91]. Er stellt das relative Gewicht (w_i) bzw. die Priorität jeden Elementes in Bezug auf jedes Kriterium dar. Da er normalisiert ist, ist die Summe aller seiner Elemente gleich eins. Die Tabelle B-2 zeigt die Berechnung dieser Methode.

Tabelle B-2: Gewichtsberechnung durch die vereinfachte Methode

	Evaluationsmatrix				Normalisierung					Gewicht
	a_1	a_2	...	a_n	a_1	a_2	...	a_n	r_i	w_i
a_1	$a_{11} = 1$	a_{12}	...	a_{1n}	a_{11}/c_1	a_{12}/c_2	...	a_{1n}/c_n	$r_1 = \sum_{j=1}^n a_{1j}$	$w_1 = r_1/n$
a_2	$a_{21} = 1/a_{12}$	$a_{22} = 1$	...	a_{2n}	a_{21}/c_1	a_{22}/c_2	...	a_{2n}/c_n	$r_2 = \sum_{j=1}^n a_{2j}$	$w_2 = r_2/n$
\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots	\vdots	\vdots
a_n	$a_{n1} = 1/a_{1n}$	a_{n2}	...	$a_{nn} = 1$	a_{n1}/c_1	a_{n2}/c_2	...	a_{nn}/c_n	r_n	$w_n = r_n/n$
c_j	$c_1 = \sum_{i=1}^n a_{i1}$	$c_2 = \sum_{i=1}^n a_{i2}$	...	c_n	1	1	...	1	n	1

Da die Paarvergleiche rein subjektiv sind, kann dies zu einer Inkonsistenz führen. Der Grund der Inkonsistenz hängt nicht immer vom Entscheider ab, sondern auch von der Beschränkung der Bewertungsskala. Wenn beispielweise das Element A fünfmal wichtiger als B beurteilt wird ($a_{12}=5$) und B dreimal wichtiger als C beurteilt wird ($a_{23}=3$), sollte A nämlich 15-mal wichtiger als C ($a_{13}=15$) sein, da

$$a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \quad (\text{B.4})$$

Allerdings ist die Zuweisung eines solchen Wertes wegen der 9-Punkte-Skala nicht möglich; deshalb darf nur etwa $a_{13}=9$ angewiesen werden. Infolgedessen können Inkonsistenzen zur unpräzisen Berechnung des normalisierten Hauptvektors w führen. Daher sollte eine Konsistenzprüfung durchgeführt werden, um zu verifizieren, wie präzise w berechnet wird. Für die Prüfung der Konsistenz ist es notwendig, den maximalen Eigenwert (λ_{\max}) der Evaluationsmatrix zu berechnen. Grund dafür ist, dass bei einer vollständigen Konsistenz der maximale Eigenwert gleich der Anzahl von Elementen ist ($\lambda_{\max}=n$) (vgl. [SAAT-91]). Dagegen steigt bei einer zunehmenden Inkonsistenz der maximale Eigenwert ($\lambda_{\max}>n$). Eine vereinfachte Berechnung des entweder genauen oder approximativen Wertes von λ_{\max} , wenn der genaue bzw. approximative Wert des Hauptvektors w in normalisierter Form vorliegt, erfolgt durch die Multiplikation der Spaltensummen von der Evaluationsmatrix A mal den resultierten normalisierten Hauptvektor w .

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n c_i \cdot w_i \quad (\text{B.5})$$

Dann kann der Konsistenzindex (CI) mit dem maximalen Eigenwert der Evaluationsmatrix berechnet werden:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (\text{B.6})$$

Der Konsistenzindex (CI) sollte nun mit dem jeweiligen Zufallskonsistenzindex (RI) verglichen werden. Der Zufallskonsistenzindex ist ein durchschnittlicher Konsistenzindex, der aus einer Stichprobe von etwa 500 zufällig generierten, reziproken Evaluationsmatrizen von SAATY gebildet wurde [SAAT-91]. Jede Matrixdimension n entspricht einem Zufallskonsistenzindex (RI) (Tabelle B-3).

Tabelle B-3: Zufallskonsistenzindex (RI)

Größe der Matrix (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zufallskonsistenzindex (RI)	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Schließlich ergibt sich das Konsistenzverhältnis aus der folgenden Formel:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (\text{B.7})$$

Eine Inkonsistenz ist tolerierbar, d. h. die Paarvergleiche a_{ij} werden akzeptabel zugewiesen, wenn der Wert $CR \leq 0,10$ ist. Falls CR größer als 0,10 ist, bedeutet es dagegen, dass die Paarvergleiche der Evaluationsmatrix wieder geprüft werden sollen, da sie wegen ihrer Inkonsistenz nicht angenommen werden können.

Nach dem oben erwähnten Verfahren soll nun für ein spezifisches Entscheidungsproblem eine $p \times p$ -Evaluationsmatrix aus den Paarvergleichen der p verschiedenen Kriterien gebildet werden. Anschließend sollen p andere $q \times q$ -Evaluationsmatrizen aus den Paarvergleichen der q Alternativen in Bezug auf jedes einzelne Kriterium. Die Gesamtzahl von Evaluationsmatrizen ist die Anzahl der Kriterien plus eins ($p+1$). Das globale Bedeutungsgewicht jeder Alternative wird aus der Summe der Multiplikationen vom Gewicht einzelner Alternative mit dem Gewicht des jeweiligen Kriteriums bestimmt:

$$w_g(i) = \sum_{j=1}^p w_j \cdot w_{i,j} \quad (\text{B.8})$$

$w_g(i)$ Gesamtgewicht der i -ten Alternative

w_j Gewicht des j -ten Kriteriums

$w_{i,j}$ Gewicht der i -ten Alternative nach jeweiligem j -tem Kriterium.

Falls mehrere Kriterienebenen in der Hierarchieform des Entscheidungsproblems vorliegen, sollte außerdem das Gewicht der untergeordneten Kriterienebene mit dem Gewicht der übergeordneten Kriterienebene multipliziert werden.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name Alejandro Mejía Ambriz
E-Mail: amej@hrz.tu-chemnitz.de
Geburtsdatum: 13.06.1972
Geburtsort: Toluca, Mexiko
Familienstand: verheiratet
Staatsangehörigkeit: mexikanisch

Schulbildung und Studium

1987 - 1990 Gymnasium und Technische Berufsschule der Nationalen Polytechnischen Fachhochschule, CECYT 1, Mexiko Stadt
1991 - 1995 Maschinenbau- und Verwaltungsingenieur, Technologische Fachhochschule von Monterrey (ITESM) Campus Querétaro, Mexiko
1997 - 2003 Master-Studiengang in den Ingenieurwissenschaften mit Endausrichtung auf den Bereich Instrumentierung und automatische Kontrolle, Autonome Universität von Querétaro (UAQ), Mexiko. Thema: Simulator eines 7R redundanten Roboters

Preise

08/1990 Träger des Ing. Bernardo Quintana Arrijoja-Preises für Patriotismus 1990. Verleihung der mexikanischen Stiftung zur Unterstützung der Jugend