



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

DISSERTATION

Vorgehensweise zur Ermittlung quantitativer und qualitativer Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von Produkt- und Prozessinnovationen in produzierenden Unternehmen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der technischen Wissenschaften unter der Leitung von

Univ.-Prof. Prof. eh. DI Dr.-Ing. Dr. h.c. Wilfried Sihn

(Technische Universität Wien, Institut für Managementwissenschaften)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Dipl.-Ing. oec. Henrik Gommel

1226050 (786 740)

Hahngasse 25/3

1090 Wien

Wien, im Juni 2016

Henrik Gommel



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Dissertation

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Dissertation nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Dissertationsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einen Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im Juni 2016

Henrik Gommel

Kurzfassung

Innovationen in Produkt und Prozess sind ausschlaggebend für produzierende Unternehmen, um deren Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und auszubauen. Jedoch können diese Innovationen tiefgreifende Veränderung der qualitativen und quantitativen Wertschöpfung und Beschäftigung mit sich bringen. Neben der grundsätzlichen Frage der Ausrichtung des Wertschöpfungssystems im Kontext von Produkt- und Prozessinnovationen, bedarf es im Hinblick auf die immer prekäre werdende Lage der Verfügbarkeit von Fachkräften einer möglichst frühen Abschätzung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte. Das Bewerten von Innovationen und deren Effekten ist jedoch allein aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren auf und unterschiedlichen zu berücksichtigenden Dimensionen von Innovationen herausfordernd.

Mit dem Ziel eine systematische Vorgehensweise zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten in produzierenden Unternehmen zu entwickeln, zeigt die Arbeit die unterschiedlichen Sichtweisen der volks- und betriebswirtschaftlichen Theorie auf die Wertschöpfungsrechnung, den Umgang mit Innovationen und den Wirkbeziehungen zwischen Innovation, Wertschöpfung und Beschäftigung. Die Verknüpfung von volks- und betriebswirtschaftlichen Ansätzen zur Bestimmung der Effekte im unternehmerischen Kontext des Innovationsmanagements ist die Besonderheit dieser Arbeit.

So wird ausgehend von bereits verbreiteten Methoden zur Identifikation des Innovationsportfolios eines Unternehmens eine Vorgehensweise entwickelt, die es erlaubt, die definitorische Unschärfe des Innovationsbegriffes im Kontext des fokalen Unternehmens zu operationalisieren, Effekte kostenrechnerisch zu erfassen und durch die Zuordnung nach standardisierten Wirtschaftsklassen und Bildungsbereichen quantitativ und qualitativ zu charakterisieren. Die Ergebnisse können als Basis für weitergehende Analysen und zur Entscheidungsunterstützung bei der Wahl der Ausrichtung der unternehmerischen Wertschöpfung dienen. Der Nutzen für Unternehmen wird insbesondere in der frühzeitigen Überprüfung der Unternehmensstrategie hinsichtlich der Produkt-Markt-Ausrichtung als auch der dafür notwendigen Ressourcenbasis gesehen, um etwaige Maßnahmen zur Sicherung und Erweiterung der Wertschöpfung frühzeitig planen zu können.

Abstract

Innovations in product and processes are crucial for manufacturing companies in order to preserve and strengthen competitiveness. However, innovations can lead to major disruptions within the qualitative and quantitative value added and employment of the company. Along with the general alignment of value added activities under consideration of product and process innovations, there is a special need to consider the availability of skilled personnel in the early stages of innovation management as such personnel is running more and more short in supply. Though, the evaluation of innovations and related effects is challenging due to multiple influencing factors and diverse dimensions of innovations.

The aim of this thesis is to provide a systematic approach in order to determine value added and employment effects of innovations in manufacturing companies. The thesis depicts different perspectives of economic and business theory on value added statement and management with relation to innovation as well as the interrelations between innovation, value added and employment. The main characteristic of this thesis is that economic and business theory aspects are combined in order to evaluate the innovation effects within companies' innovation management.

Starting with widespread methodological approaches in order to identify the innovation portfolio of a manufacturing company, the approach allows to operationalize the diffuse definition of innovation in the context of the focal company, to determine the effects by cost accounting and to characterize the effects in a qualitative and quantitative manner by using key data from internationally standardized statistics on depth of value added, labor productivity as well as levels and fields of education. The outcomes of the approach can serve as the basis for ongoing strategic analysis and decision support in order to align the companies' value added system with the strategic goals in terms of innovation activities. The major benefit for companies using this approach is to assess the company's strategy in early stages of innovation management in terms of product-market-alignment and resource base required in order to achieve the strategic objectives. On the basis of this assessment ongoing measures in order to preserve and expand the value added can be derived.

Danksagung

„Danke für den Stein, den du mir damals in die Krone gelegt hast. Deine Last hat mich stark gemacht!“

Beim Schreiben einer Dissertation erfährt man viele Höhen und vor allem Tiefen. Auf diesem Weg von der Themenfindung bis hin zum Tag des Druckens wird man geprägt von Vorgesetzten, Kollegen, Projektpartnern und Freunden. Ich möchte einigen besonderen Menschen, die mich hierbei begleitet haben, meinen Dank aussprechen.

Meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Prof. eh. DI Dr.-Ing. Dr. h.c. Wilfried Sihn danke ich für die Förderung und Unterstützung dieser Arbeit. Seine kritischen Fragen, wertvollen Hinweise und motivierenden Worte haben maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Frau Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza danke ich herzlich für die Übernahme des Gutachtens und für die wertvollen inhaltlichen Anregungen.

Meinen Kollegen und Kolleginnen der TU Wien und von Fraunhofer Austria danke ich für die tolle Zeit, die spannenden Projekte und die gemeinsamen Aktivitäten, auch außerhalb des Büros. Ganz besonders zu erwähnen sind dabei Daniel Palm, Peter Schieder und Arko Steinwender.

Sieben Jahre Wien gehen auch privat nicht spurlos an einem vorbei. Den Leuten „meines“ Sankt Pauli Fanclubs Wien und dessen Umfeld danke ich für das großartige Kontrastprogramm. Ohne sie wäre ich vermutlich einige Jahre früher fertig gewesen - hätte aber bei weitem nicht so viel Spaß gehabt. Für Leiwand, gegen Oasch!

Isabelle, vielen Dank für Deine Unterstützung und Dein Verständnis, dass ich in den letzten Jahren einen großen Teil meiner Freizeit für diese Arbeit opfern musste.

Bei allen Herausforderungen, denen ich mich bisher gestellt habe, habe ich immer uneingeschränktes Vertrauen und viel Unterstützung von meiner Familie erfahren. Auch bei diesem Projekt. Danke, dass ihr immer für mich da seid!

Mama und Papa, Euch widme ich diese Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	II
Danksagung	III
Inhaltsverzeichnis	1
1 Einleitung	4
1.1 Motivation	4
1.2 Zielsetzung	7
1.3 Einordnung der Arbeit	8
1.4 Aufbau der Arbeit	14
2 Grundlagen und Stand der Forschung	17
2.1 Strategisches Management	18
2.1.1 Grundlagen des strategischen Managements	18
2.1.2 Strategisches Innovationsmanagement	20
2.1.3 Strategisches Personalmanagement	23
2.2 Wertschöpfungsmanagement	27
2.2.1 Grundsätzliche Wertschöpfungsverständnisse	27
2.2.2 Wertschöpfung im Fokus des betrieblichen Managements	32
2.3 Innovationen in produzierenden Unternehmen	35
2.3.1 Begriffsdefinition „Innovation“	35
2.3.2 Dimensionen der Innovation	37
2.4 Effekte von Produkt- und Prozessinnovationen auf Wertschöpfung und Beschäftigung	43
2.4.1 Theoretische Wirkbeziehungen zwischen Innovation, Wertschöpfung und Beschäftigung	44
2.4.2 Empirische Untersuchungen	54
2.4.3 Ableiten wesentlicher Einflussgrößen auf die Effekte von Innovationen auf Wertschöpfung und Beschäftigung	69
2.5 Methodische Ansätze zur Bestimmung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch Innovationen	71
2.5.1 Volkswirtschaftliche Ansätze	71
2.5.2 Betriebswirtschaftliche Ansätze	74

2.5.3	Bewertung der methodischen Ansätze zur Bestimmung von innovationsbedingten Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten....	80
3	Zusammenfassung	83
4	Anforderungen an die Vorgehensweise.....	87
4.1.1	Formale Anforderungen an die Vorgehensweise.....	87
4.1.2	Inhaltliche Anforderungen an die Vorgehensweise.....	88
5	Beschreibung der Vorgehensweise	89
5.1	Die Vorgehensweise im Überblick.....	89
5.2	Schritt 1: Darstellung des Innovationsportfolios des Unternehmens	92
5.2.1	Erfassung von innovationsrelevanten Entwicklungen und deren Bewertung	92
5.2.2	Planung der Zeitpunkte zur wirtschaftlichen Verwertung von Innovationen	96
5.3	Schritt 2: Erarbeitung von Stückzahl Szenarien entlang des Produkt- und Prozesslebenszyklus.....	99
5.3.1	Prognose der dem Innovationsportfolio zugrundeliegenden Stückzahlentwicklungen	99
5.3.2	Ableiten innovationsrelevanter Stückzahlen	102
5.4	Schritt 3: Ermittlung der Herstellkosten auf Komponentenebene	105
5.4.1	Kostengesetzmäßigkeiten und Tendenzen.....	110
5.4.2	Konzeptorientierte Verfahren	114
5.4.3	Konstruktiv orientierte Verfahren	115
5.4.4	Technologieorientierte Verfahren.....	116
5.5	Schritt 4: Zuordnung der Innovationen zu Wirtschaftszweigen und Bildungsklassen	116
5.6	Schritt 5: Berechnung der qualitativen und quantitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte	119
5.7	Zusammenfassung der Vorgehensweise	123
6	Evaluierung der Vorgehensweise	125
6.1	Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Elektromobilität auf den Wirtschaftsstandort Österreich	125
6.1.1	Schritt 1: Darstellung des Innovationsportfolios.....	126
6.1.2	Schritt 2: Erarbeiten von Stückzahl Szenarien	128
6.1.3	Schritt 3: Ermittlung der Herstellkosten auf Komponentenebene	129
6.1.4	Schritt 4: Zuordnung der Innovationen zu Wirtschaftszweigen und Bildungsklassen.....	132

6.1.5	Schritt 5: Berechnung der qualitativen und quantitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte	133
6.2	Techno-ökonomische Analyse als Begleitstudie bei der Entwicklung eines Hochtemperatur-Elektrolysesystems.....	137
6.2.1	Schritt 1: Darstellung des Innovationsportfolios.....	137
6.2.2	Schritt 2: Erarbeiten von Stückzahl Szenarien	137
6.2.3	Schritt 3: Ermittlung der Herstellkosten auf Komponentenebene	140
6.2.4	Schritt 4: Zuordnung der Innovationen zu Wirtschaftszweigen und Bildungsklassen.....	142
6.2.5	Schritt 5: Berechnung der quantitativen und qualitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte	143
6.3	Evaluierung	146
7	Zusammenfassung und Ausblick	149
7.1	Zusammenfassung.....	149
7.2	Ausblick.....	153
8	Anhang	155
8.1	Anhang 1: Übersicht und Bewertung empirischer Studien	155
8.2	Anhang 2: Kennzahlen der Struktur- und Leistungsstatistik nach ÖNACE 2008 (Auszug).....	156
8.3	Anhang 3: ISCED-Bildungsbereiche (Auszug).....	157
9	Literaturverzeichnis.....	158
10	Abbildungsverzeichnis	175
11	Formelverzeichnis.....	177
12	Tabellenverzeichnis	178
13	Abkürzungsverzeichnis	180
14	Curriculum Vitae	182

1 Einleitung

1.1 Motivation

Unternehmen sind einem immer stärkeren und schnelleren Wandel ausgesetzt. Dieser Wandel äußert sich beispielsweise in verstärkter Individualisierung der Nachfrage, einer zunehmenden globalen Konkurrenz und einer wachsenden Diffusion moderner Technologien in Produkten, Prozessen und Arbeitsplatzgestaltung.¹ Ein kritischer Erfolgsfaktor mit technologischem Wandel umgehen zu können, liegt in der Fähigkeit von Unternehmen, diesen frühzeitig zu erkennen und in entsprechende unternehmerische Handlungen zu übersetzen. Insbesondere für produzierende Unternehmen in Hochlohnländern müssen diese Handlungen zu neuen Formen der Beschäftigung mit hoher Wertschöpfung führen, um im Wettbewerb mit sich rasch entwickelnden Ländern wie China und Indien bestehen zu können.² Der Erhalt dieser Wettbewerbsfähigkeit setzt eine permanente Innovations- und Wandlungsfähigkeit voraus.³

Die Begriffe „Wertschöpfung“, „Beschäftigung“ und „Wachstum“ sind spätestens mit Beginn der Finanzkrise wieder in den Vordergrund des öffentlichen Interesses gerückt.⁴ Gleichzeitig wird vermehrt über begrenzte Ressourcen und den demographischen Wandel diskutiert. Als eine wesentliche und gleichzeitig begrenzte Ressource und Triebkraft dieses Wachstums, insbesondere, wenn wir von neuen Technologien und Innovationen sprechen, werden technikwissenschaftlicher Nachwuchs und qualifizierte Fachkräfte gesehen. Einer Studie des World Economic Forum zufolge besteht eine starke Korrelation zwischen der Fähigkeit von Volkswirtschaften auf Fachkräfte zugreifen zu können und der Wettbewerbsfähigkeit dieser Volkswirtschaften.⁵ Gleichzeitig weist diese Studie auch eine immer prekärer werdende Lage in Bezug auf die Verfügbarkeit solcher Fachkräfte hin. So wird in vielen hoch entwickelten Ländern, aber auch in sich entwickelnden Ländern, ein immer stärker werdender Mangel an Fachkräften über beinahe sämtliche Branchen prognostiziert. Die gesamtwirtschaftliche Relevanz dieses Fachkräftemangels für

¹ Bspw. Blecker 2001, S. 4, Schuh und Bender 2012a, S. 2, Wördenweber und Wickord 2008, S. 1,

² Spath et al. 2011a, S. 9

³ Bullinger et al. 2008, S. 26

⁴ Gausemeier und Wiendahl 2011, S. 9

⁵ The World Economic Forum und The Boston Consulting Group 2010, S. 13

Deutschland wurde vom Institut der deutschen Wirtschaft in Köln in Kooperation mit dem Verein Deutscher Ingenieure in einer Studie des Jahres 2008 beziffert. Der Studie zufolge wurde der direkte Wertschöpfungsverlust des Jahres 2007 allein in den ingenieurwissenschaftlichen Berufen auf eine Höhe von 7,2 Milliarden Euro geschätzt.⁶ Die Mehrrundeneffekte in den vor- und nachgelagerten Teilen der betroffenen Wertschöpfungsketten sind hierbei noch nicht berücksichtigt.

Eine der aus der Studie des World Economic Forum resultierenden Handlungsempfehlung, die sich sowohl an die Regierungen der Volkswirtschaften als auch an die Unternehmen richtet, ist es, sich ein besseres Verständnis über die Anforderungen an Fähigkeiten über die nächsten 20 Jahre zu verschaffen.⁷ Konkret sind Unternehmen unter anderem aufgerufen, ihren zukünftigen Arbeitskräftebedarf und die Verfügbarkeit dieser Arbeitskräfte im Hinblick auf ihre Strategie zu bewerten. Hier kommt es vor allem darauf an, frühzeitig zu erkennen, welche Auswirkungen Innovationen auf Wertschöpfungsprozesse, Unternehmensstrukturen und damit die Arbeitswelt haben.⁸ Frühzeitig heißt, sich bereits in den frühen Innovationsphasen umfassend und systematisch mit den kostenbestimmenden Aktivitäten der Wertschöpfung⁹, bzw. mit der (Neu-)Positionierung in der Wertschöpfungskette und der daraus resultierenden geänderten Kompetenzanforderungen¹⁰, auseinanderzusetzen.

In der Literatur existieren verschiedene volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Ansätze und empirische Studien zur Bewertung der Effekte von technologischen Veränderungen und Innovationen sowie zur Planung und Optimierung von Wertschöpfungsnetzwerken (siehe Kapitel 2.4 und 2.5). Empirische volkswirtschaftliche Studien untersuchen diese Effekte ex-post, scheitern aber aufgrund der aggregierten Daten, zu kurzer Zeitreihen oder mangelnder Information über bspw. die Art und Höhe von Innovationen an der Erklärung der Ursachen dieser Effekte. Sie liefern jedoch hilfreiche grundsätzliche Einflussfaktoren, die es zu berücksichtigen gilt. Volkswirtschaftliche Ansätze zur Prognose von Effekten bauen häufig auf komplexen und abstrakten Modellen auf, die für den Einsatz in der unternehmerischen Planung nicht geeignet erscheinen. Betriebswirtschaftliche

⁶ Koppel 2008, S. 23

⁷ The World Economic Forum und The Boston Consulting Group 2010, S. 8

⁸ Bullinger et al. 2008, S. 76

⁹ Herstatt 2007, S. 312

¹⁰ Bröring 2007, S. 334

Ansätze im Bereich des Wertschöpfungsmanagements fokussieren in der Regel auf die Planung und Optimierung von Wertschöpfungsnetzwerken, berücksichtigen aber die Einflüsse von Innovationen nur untergeordnet. Ein erster und weiterzuentwickelnder Ansatz zur Verknüpfung der Wertschöpfungsrechnung mit den Inhalten der Innovationstheorie wurde von Winkler und Kaluza (2008) vorgestellt, wobei die beschäftigungsseitigen Veränderungen unberücksichtigt bleiben. Die Literatur des Personalmanagements bzw. Human Resource Managements befasst sich ausführlich damit, wie ein innovationsfähiges Unternehmen personalmäßig auszugestalten ist; welche Effekte daraus resultierende Innovationen auf den zukünftigen Personalbedarf haben, wird in den Personalplanungsmodellen nur untergeordnet berücksichtigt. Eine komplexe und simulationsgestützte Vorgehensweise der mehrphasigen Personalentwicklungsplanung auf Basis eines Technologieentwicklungsplanes in Form eines Technologiekalenders wird in Rottinger (2005) beschrieben. Diese Vorgehensweise zielt jedoch auf die taktisch-operative Personalplanung über mehrere Entwicklungsphasen eines Fertigungssystems ab. Für strategische Planungsfälle unter Berücksichtigung von Innovationen scheint diese Vorgehensweise jedoch einerseits aufgrund der Modellkomplexität, andererseits aufgrund fehlender operativer Planungsdaten in frühen Innovationsphasen nicht geeignet.

Um in Unternehmen Transparenz darüber schaffen zu können, welches Wertschöpfungspotenzial ihre spezifische Innovationsstrategie hat und welcher Bedarf an Arbeitskräften zur Realisierung dieser Strategie notwendig sein wird, wird in dieser Arbeit eine Vorgehensweise zur Ermittlung quantitativer und qualitativer Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von Produkt- und Prozessinnovationen in produzierenden Unternehmen entwickelt. Dazu sollen bestehende Ansätze unterschiedlicher Disziplinen aufgezeigt und zweckmäßig zu einer praktikablen Vorgehensweise verknüpft werden. Die Besonderheit dieser Arbeit liegt in der Verknüpfung mikroökonomischer Innovationstheorie mit der Wertschöpfungsrechnung unter Anwendung volkswirtschaftlicher Kennzahlen im betriebswirtschaftlichen Kontext.

1.2 Zielsetzung

Zielsetzung dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Vorgehensweise zur Ermittlung von qualitativen und quantitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten von Produkt- und Prozessinnovationen in produzierenden Unternehmen. Dabei werden folgende Teilziele verfolgt:

- 1) Die Vorgehensweise soll Unternehmen bei der strategischen Planung unterstützen, die Interdependenzen zwischen Innovationen, Wertschöpfung und Beschäftigung systematisch zu analysieren und zu bewerten. Somit soll die Planung der Wertschöpfungsveränderungen und der Beschäftigungsentwicklung bereits in die frühen Phasen des Innovationsmanagements eingebunden werden, um der Anforderung nach einer integrierten Unternehmensstrategie gerecht zu werden.
- 2) Die Vorgehensweise soll einen praxisorientierten Analyse- und Bewertungsansatz darstellen, der unterschiedliche und ggf. alternative praxisorientierte und erprobte Methoden entlang der entwickelten Vorgehensweise aufzeigt und erweitert.
- 3) Das Verfahren soll an vor- und nachgelagerte Aufgaben des strategischen Managements anschließen und damit eine effektive und effiziente Durchführung der strategischen Innovations-, Wertschöpfungs- und Personalplanung unterstützen.

Aus dieser Zielsetzung leitet sich folgende Forschungsfrage ab, die es im Zuge dieser Arbeit zu beantworten gilt:

Wie lassen sich Produkt- und Prozessinnovationen eines produzierenden Unternehmens hinsichtlich ihrer qualitativen und quantitativen Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung im Zuge der strategischen Planung anwendungsorientiert bewerten?

Die Anwendbarkeit der Vorgehensweise soll am Beispiel von zwei Fallstudien erprobt werden. Eine Fallstudie untersucht elektromobilitätsbedingte Innovationen in der Automobilindustrie. Diese Fallstudie wurde gewählt, da die damit in Verbindung stehenden Brancheninnovationen unterschiedlichen Ausmaßes teils substituiv und teils komplementär wirken. Die zweite Fallstudie untersucht mögliche Effekte einer geplanten Markteinführung von Hochtemperaturelektrolysesystemen. Diese Fallstudie

wurde gewählt, um die Vorgehensweise an einer bestimmten Produkttechnologie, die sich in einer sehr frühen Phase der Entwicklung befindet, zu evaluieren.

1.3 Einordnung der Arbeit

Die Arbeit ordnet sich grundsätzlich im Bereich der systemorientierten Managementlehre ein, wonach Management als „Gestalten, Lenken und Entwickeln von zweckorientierten sozialen Systemen“ zu verstehen ist.¹¹ Der Ansatz der systemorientierten Managementlehre nimmt dabei eine metawissenschaftliche Perspektive ein und wird als Lehre von der arbeitsteiligen Führung ganzer Institutionen verstanden.¹² Die fünf Grundorientierungen der systematischen Managementlehre nach Ulrich (1984) lauten wie folgt:¹³

- *Anwendungsorientierung*: Die Managementlehre verfolgt die Entwicklung von Handlungsanleitungen für die Praxis. Die Wissenschaft hat zur Aufgabe, inhaltliche und methodische Problemlösungen bereitzustellen, die das Entwerfen einer möglichen, zukünftigen Wirklichkeit zum Ziel haben. Die Aussagen sind normativ und wertend, Nützlichkeit und die praktische Problemlösungskraft von Modellen und Regeln stehen im Vordergrund.
- *Systemorientierung*: Der Systemansatz der Managementlehre „stellt die Denkwerkzeuge zur Verfügung, um die Vernetztheit, Dynamik und Offenheit gesellschaftlicher Institutionen ganzheitlich erfassen zu können“.¹⁴ Hierbei geht es darum, zusammenhängende Phänomene ganzheitlich zu betrachten, um einerseits das System aus den Eigenschaften seiner Elemente erklären zu können (Analyse), andererseits das Verhalten des Systems aus den Eigenschaften seines übergeordneten Systems zu erklären (Synthese).
- *Mehrdimensionalität*: Um ein System gänzlich zu verstehen müssen die materielle und funktionelle Ebene sowie die Sinn-Ebene erfasst werden. In Bezug auf die Unternehmung sind hierbei die Erfassung der materiellen Strukturen im Sinne eines Transformationssystems, die Erfassung der organischen Funktionsweise sowie die Erfassung der Ziel- und Zweckorientierung der Unternehmung und ihrer Mitarbeiter zu verstehen.

¹¹ Ulrich 1984, S. 11

¹² Ulrich 1984, S. 10

¹³ Ulrich 1984, S. 11 ff.

¹⁴ Ulrich 1984, S. 12

- *Integrierende Denkweise:* Die Eigenschaften und Verhaltensweisen eines Systems lassen sich erst aus der vernetzten Betrachtung der Eigenschaften und Verhaltensweisen der Systemkomponenten ableiten. In Bezug auf die Unternehmung hat die Managementlehre die Aufgabe, Konzepte und Methoden zur Verfügung zu stellen, welche die integrierte Betrachtung von Produktionsmitteln, Produkten und Märkten mit einer Vielzahl von Zielen und Mitarbeitern berücksichtigen.
- *Wertorientierung:* Das normative Management wird der Tatsache gerecht, dass Unternehmen in eine wertbehaftete Umwelt eingebettet sind. Die Beiträge der Managementlehre müssen dem Management Mittel zur Verfügung stellen, um angestrebte Ziele im Sinne gesellschaftlicher Werte kritisch zu hinterfragen.

Die in dieser Arbeit vorgestellte anwendungsorientierte Vorgehensweise lässt sich als internes Informationssystem verstehen, das die innerbetriebliche Aufgabenerfüllung im Bereich des Managements unterstützen soll. Informationssysteme sind nach Hansen und Neumann (2009) Systeme, die aus Mensch und Maschinen bestehen und Information erzeugen und/oder benutzen.¹⁵ Dabei sind sie durch Kommunikationsbeziehungen miteinander verknüpft. Gemäß der Klassifikation interner Informationssysteme ist die in dieser Arbeit vorgestellte Vorgehensweise als Managementunterstützungssystem auf strategischer Ebene einzuordnen.¹⁶

Hevner et al. (2004) argumentieren, dass der Aufbau von Wissen im Bereich der Informationssystemforschung sich zweier komplementärer wissenschaftlicher Paradigmen bedienen muss: der Verhaltenswissenschaft („behavioral science“) und der Gestaltungswissenschaft („design science“).¹⁷ Die Verhaltenswissenschaft, begründet in den Naturwissenschaften, zielt auf das Herleiten und Begründen von Theorien ab, die unter anderem organisatorische Phänomene erklären oder vorhersagen können. Die Gestaltungswissenschaft, die ihre Ursprünge in den Ingenieurwissenschaften hat, verfolgt die Adressierung und Lösung einer spezifischen Problemstellung durch die Entwicklung eines innovativen und nutzenbringenden Artefakts. Hier kommt es nicht zwingendermaßen darauf an, ein bisher ungelöstes Problem zu lösen, Ziel kann ebenso sein, ein bestehendes Problem in einer effektiveren oder effizienteren Art und Weise zu lösen. Das vordergründige Ziel ist die

¹⁵ Hansen und Neumann 2009, S. 131 f.

¹⁶ Hansen und Neumann 2009, S. 141

¹⁷ Hevner et al. 2004

Nützlichkeit des Artefaktes¹⁸ zur Lösung einer konkreten Problemstellung.¹⁹ Die Ermittlung einer Vorgehensweise zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten von Innovationen wird demnach als informationsschaffendes Artefakt eines Informationssystems gesehen, das darauf abzielt, ein wesentliches Phänomen in der Organisation eines Produktionsunternehmens zu erklären bzw. vorherzusagen. Die Orientierung am im Folgenden vorgestellten Bezugssystem der Informationssystemforschung ist demnach zweckmäßig zur Gliederung dieser Arbeit.

Abbildung 1 stellt das Bezugssystem der Informationssystemforschung in einer Übersicht dar. Durch die Umwelt wird das Problemumfeld definiert, im Bereich der Informationssystemforschung aus Menschen, Organisationen und/oder deren bestehenden oder geplanten Technologien bestehend. Aus den Zielen, Aufgaben und Problemen dieser unternehmerischen Umwelt resultieren konkrete Bedürfnisse, die in einem strategischen, strukturellen, kulturellen oder prozessualen Kontext der Unternehmung bewertet werden. Beantworten Forschungsaktivitäten diese Bedürfnisse, ist die Relevanz der Forschung gewährleistet. Die Wissensbasis stellt das geeignete Wissen in Form von grundlegenden Theorien, Bezugssystemen, Instrumenten, Konstrukten, Modellen, Vorgehensweisen und Instanziierungen zur Verfügung. Methodiken, wie Datenanalysetechniken, Formalismen, Messgrößen und Validierungskriterien dienen als Leitfaden zur Evaluierung. Die Genauigkeit der Informationsforschung wird erzielt, in dem diese Wissensbasis in geeigneter Weise angewendet wird. Der Beitrag der Informationsforschung muss im Sinne der Gestaltungs- und Verhaltenswissenschaft einerseits auf eine bestimmte unternehmerische Problemstellung angewandt werden können, andererseits auch die Wissensbasis um Inhalte zur weiteren Erforschung oder weiteren Anwendung generierten Artefakts bzw. der generierten Theorie erweitern.

¹⁸ Hevner et al. 2004, S. 79f. definiert, unter Verweis auf verschiedene Autoren, Artefakte als Konstrukte, Modelle, Methoden oder Instanziierungen, die im Sinne ihrer Nützlichkeit zur Lösung einer Problemstellung bewertet werden. Konstrukte stellen hierbei die Sprache zur Beschreibung von Problemen und Lösungen bereit. Modelle verwenden diese Konstrukte, um reale Gegebenheiten abzubilden, also den Problem- und Lösungsraum zu definieren. Methoden definieren Prozesse bzw. Vorgehensweisen und bieten somit Leitlinien, wie Probleme zu lösen sind. Diese Leitlinien können formale, mathematische Algorithmen und/oder informelle Beschreibungen von Herangehensweisen zur Problemlösung umfassen. Instanziierungen zeigen, dass die anderen Arten von Artefakten in einer Arbeitsumgebung implementiert werden können.

¹⁹ Hevner et al. 2004, S. 80

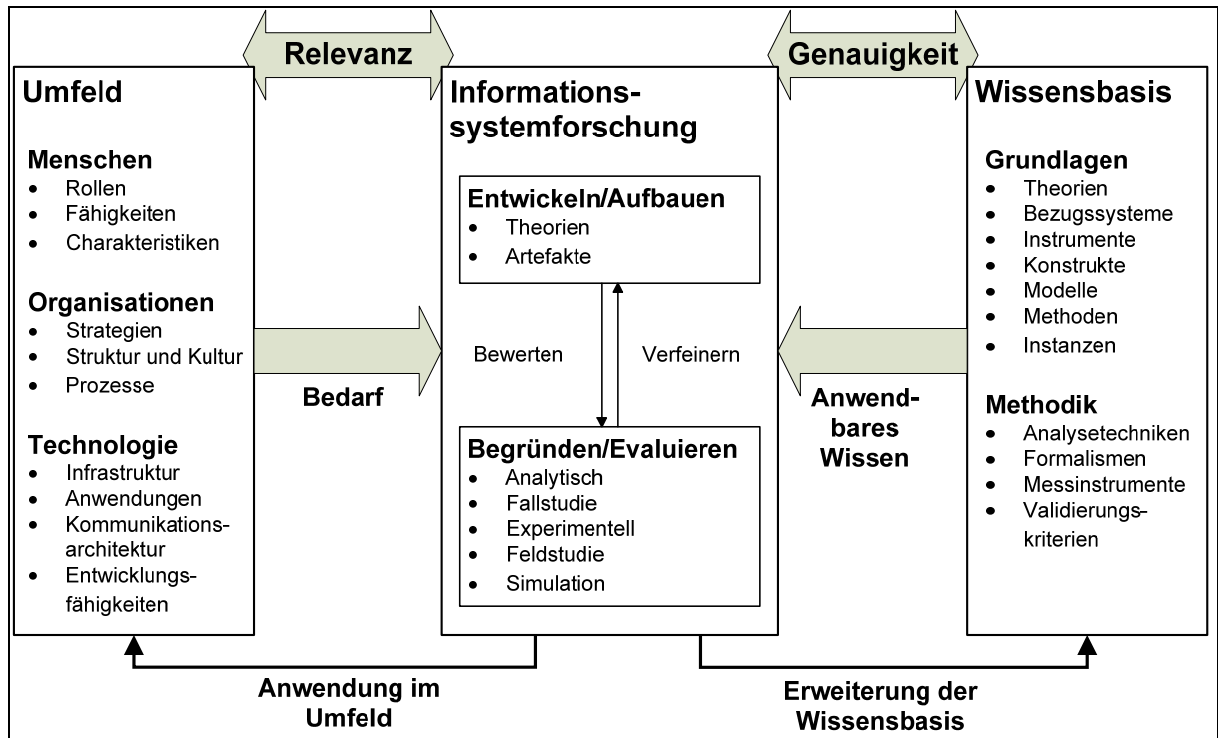


Abbildung 1: Das Bezugssystem der Informationssystemforschung (Hevner et al. (2004, S. 80))

Zur inhaltlichen Einordnung der Arbeit wird das St. Galler Management Modell (SGMM) herangezogen (Abbildung 2).²⁰

²⁰ Das St. Galler Management hat seine Ursprünge in Ulrich und Krieg (1974) und wurde über die vergangenen Jahrzehnte zur aktuellen vierten Generation (Rüegg-Stürm und Grand 2014) weiterentwickelt.

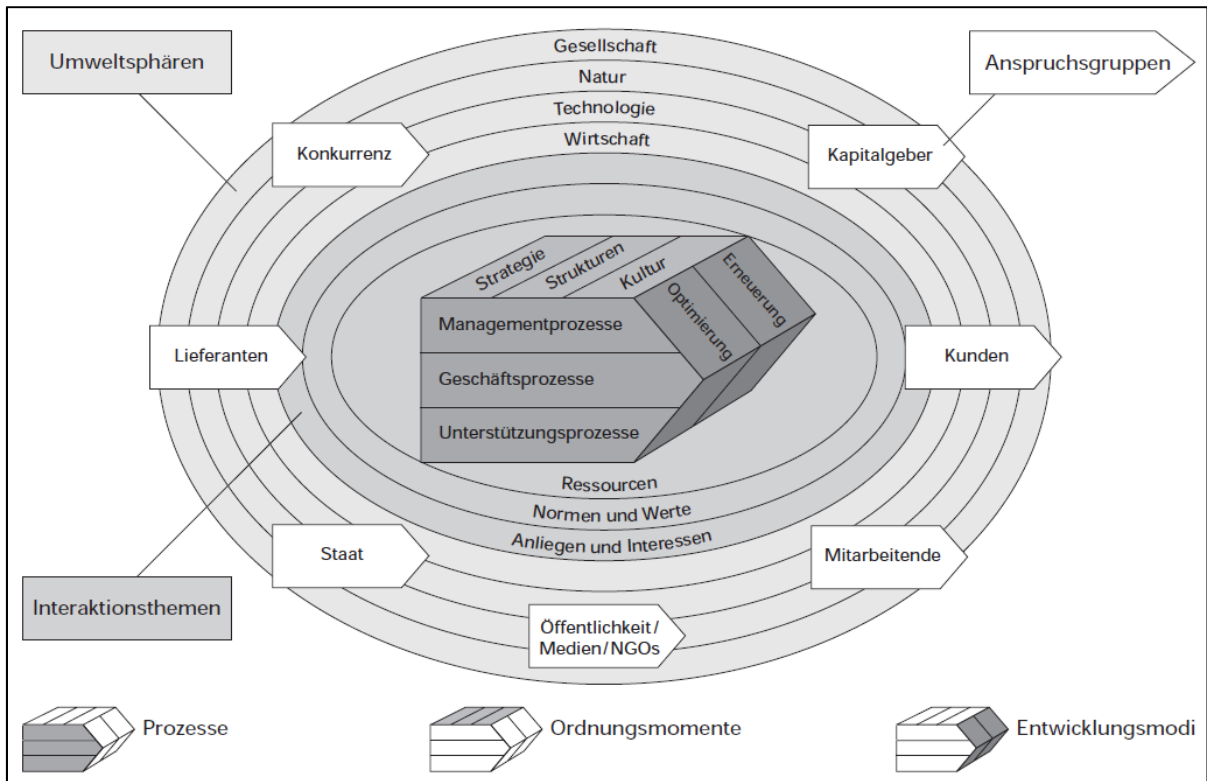


Abbildung 2: Das neue St. Galler Management Modell im Überblick (Vgl. Rüegg-Stürm (2009, S. 70))

Das SGMM versteht das Unternehmen als komplexes System, das sich in folgenden Grundkategorien beschreiben lässt²¹:

- Umweltsphären (Gesellschaft, Natur, Technologie und Wirtschaft) stellen die zentralen Kontexte dar und müssen vom Unternehmen in Bezug auf Veränderungen analysiert werden.
- Anspruchsgruppen (Stakeholder) sind sämtliche Gruppen von Menschen, Organisationen und Institutionen, die von den unternehmerischen Aktivitäten betroffen sind.
- Interaktionsthemen sind personen- und kulturgebundene (Anliegen, Interessen, Normen und Werte) sowie objektbezogene (Ressourcen) Austauschthemen kommunikativer Prozesse zwischen den Anspruchsgruppen und dem Unternehmen.
- Ordnungsmomente bilden einen Rahmen zur Erzielung bestimmter Wirkungen und Ergebnisse und sind strategischer, struktureller oder kultureller Natur.

²¹ Rüegg-Stürm 2009, S. 68ff.

- Prozesse (Management-, Geschäfts- und Unterstützungsprozesse) charakterisieren alle Wertschöpfungsaktivitäten und die dazu notwendige Führungsarbeit in zeitlicher und sachlicher Logik.
- Entwicklungsmodi (Optimierung, Erneuerung) beschreiben grundsätzliche Muster unternehmerischer Veränderungsprozesse.

Im Zuge dieser Arbeit werden mehrere Grundkategorien des SGMM und deren Inhalte angesprochen, die in den weiteren Kapiteln genauer beschrieben werden:

- Im Bereich der Umweltsphären werden durch den Fokus auf Produkt- und Prozessinnovationen insbesondere die Sphären Technologie und Wirtschaft angesprochen.
- Die Betrachtung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungsauswirkungen in dieser Arbeit bezieht sich vorwiegend auf die Anspruchsgruppen Mitarbeitende und Kapitalgebende.
- In Bezug auf Interaktionsthemen ordnet sich die Arbeit aufgrund ihres planungsunterstützenden und informationsschaffenden Charakters in der vorgelagerten Auseinandersetzung mit der unternehmerischen Tätigkeit ein.
- In Bezug auf die Ordnungsmomente bezieht sich die Arbeit auf die Strategie und geht daher im Wesentlichen auf die langfristige Ausrichtung des Unternehmens ein.
- Auf Prozessebene lässt sich die Arbeit grundsätzlich in die Kategorie der Managementprozesse einordnen, welche die Aufgabe der „Gestaltung, Lenkung und Entwicklung einer zweckorientierten soziotechnischen Organisation“²² haben. Hierbei wird die Dimension des „strategischen Managements“ eingenommen.
- In Bezug auf die Entwicklungsmodi der Unternehmen wird der Fokus auf die Sachebene gelegt, die den Wandel im Hinblick auf die organisationalen Routinen²³, beispielsweise im Bereich der qualitativen und quantitativen Wertschöpfung und Beschäftigung, untersucht. In Bezug auf die Tragweite und Tiefgründigkeit von Wandel sollen sowohl Phasen der Optimierung als auch Phasen der Erneuerung betrachtet werden, bzw. Auswirkungen von

²² Rüegg-Stürm 2009, S. 112

²³ Rüegg-Stürm 2009, S. 123

Innovationen unterschiedlicher Art hinsichtlich dieser Kriterien bewertbar gemacht werden.

1.4 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit orientiert sich am Bezugssystem für Informationssystemforschung nach Hevner et al. (2004) und gliedert sich in die folgenden Abschnitte (Abbildung 3).

In Kapitel 1 wird die Motivation und grundsätzliche wissenschaftliche Einordnung der Arbeit beschrieben. Damit wird der Untersuchungsgegenstand aufgezeigt und die Zielsetzung der Arbeit formuliert.

Kapitel 2 behandelt darauf aufbauend das Umfeld und die Wissensbasis in Form eines Grundlagenteils. Neben der Bedeutung von Wertschöpfung und Beschäftigung für und in Unternehmen in unterschiedlichen Perspektiven werden in diesem Kapitel die Arten von Innovationen in produzierenden Unternehmen beschrieben. Des Weiteren wird aufgezeigt, welche theoretischen Effekte die verschiedenen Innovationen auf Wertschöpfung und Beschäftigung haben können und welche Ansätze zur Ermittlung von Wertschöpfung und Beschäftigung Innovationen in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen bestehen.

Kapitel 3 widmet sich der Zusammenfassung und Defizitbewertung dieser bestehenden Ansätze im Hinblick auf die Praktikabilität in der strategischen Planung in Unternehmen.

In Kapitel 4 werden die Anforderungen an die in dieser Arbeit vorgestellte Vorgehensweise zur Bewertung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten herausgearbeitet. Neben formalen Anforderungen werden die aus den Grundlagen und der Defizitbewertung abgeleiteten inhaltlichen Anforderungen aufgezeigt.

In Kapitel 5 wird schließlich aus der Defizitbewertung und den Anforderungen die Vorgehensweise entwickelt und beschrieben. Hierbei wird darauf geachtet, dass die Vorgehensweise neben der methodischen Stringenz möglichst viele Werkzeuge und Techniken der strategischen Planung aufzeigt, die bereits in Unternehmen eingesetzt werden, um so die grundsätzliche Nutzbarkeit als oberstes Ziel der Informationssystemforschung erfüllen zu können.

Kapitel 6 dient der Evaluierung der beschriebenen Vorgehensweise anhand zweier Fallstudien. Eine Fallstudie untersucht die Wertschöpfungs- und Beschäftigungsauswirkung bei im Marktanlauf befindlichen Innovationen in der Automobilindustrie im Rahmen des Technologiewechsels von verbrennungskraftbetriebenen Fahrzeugen hin zur Elektromobilität. Eine andere Fallstudie untersucht die Wertschöpfungs- und Beschäftigungsauswirkungen von Hochtemperaturelektrolysesystemen als eine Innovation, die sich in einer Konzeptphase befindet.

Kapitel 7 widmet sich der kritischen Würdigung dieser Arbeit und soll einen Ausblick auf zukünftige Forschungs- und Weiterentwicklungsarbeiten in diesem Feld geben.

Kap. 1	Einleitung
Kap. 2	<p>Grundlagen und Stand der Forschung</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30%; text-align: center;">Strategisches Management</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30%; text-align: center;">Wertschöpfungsmanagement</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30%; text-align: center;">Innovationen in produzierenden Unternehmen</div> </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-top: 10px; text-align: center;">Effekte von Produkt- und Prozessinnovationen in auf Wertschöpfung und Beschäftigung</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-top: 10px; text-align: center;">Methodische Ansätze zur Bestimmung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch Innovation</div>
Kap. 3	Zusammenfassung und Defizitbewertung
Kap. 4	Anforderungen an die Vorgehensweise
Kap. 5	<p>Beschreibung der Vorgehensweise</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">Übersicht über die Vorgehensweise</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border-left: 2px solid gray; height: 200px; margin-right: 10px;"></div> <div style="flex-grow: 1;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Schritt 1: Darstellung des Innovationsportfolios</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Schritt 2: Erarbeitung von Stückzahlenszenarien</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Schritt 3: Ermittlung der Herstellkosten auf Komponentenebene</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Schritt 4: Zuordnung der Innovationen zur Wirtschaftszweigen und Bildungsklassen</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;">Schritt 5: Berechnung der qualitativen und quantitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte</div> </div> </div> </div>
Kap. 6	<p>Evaluierung der Vorgehensweise</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 45%; text-align: center;">Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte durch Elektromobilität</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 45%; text-align: center;">Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte eines Elektrolysesystems</div> </div>
Kap. 7	Kritische Würdigung

Abbildung 3: Übersicht über den Aufbau der Arbeit

2 Grundlagen und Stand der Forschung

Ziel dieses Kapitels ist es, einen Überblick über die theoretischen Grundlagen und Stand der Forschung zu schaffen. Dies beinhaltet die Grundlagen des strategischen Managements mit Fokus auf das strategische Innovations- und Personalmanagement, die Grundlagen des Wertschöpfungsmanagements, die definitorische Einordnung von Innovationen in produzierenden Unternehmen und den aktuellen Stand der Forschung zur Analyse der Effekte von Innovationen auf Wertschöpfung und Beschäftigung.

Die Methodik zur Darstellung der Grundlagen und des aktuellen Stands der Forschung ist in Abbildung 4 dargestellt.

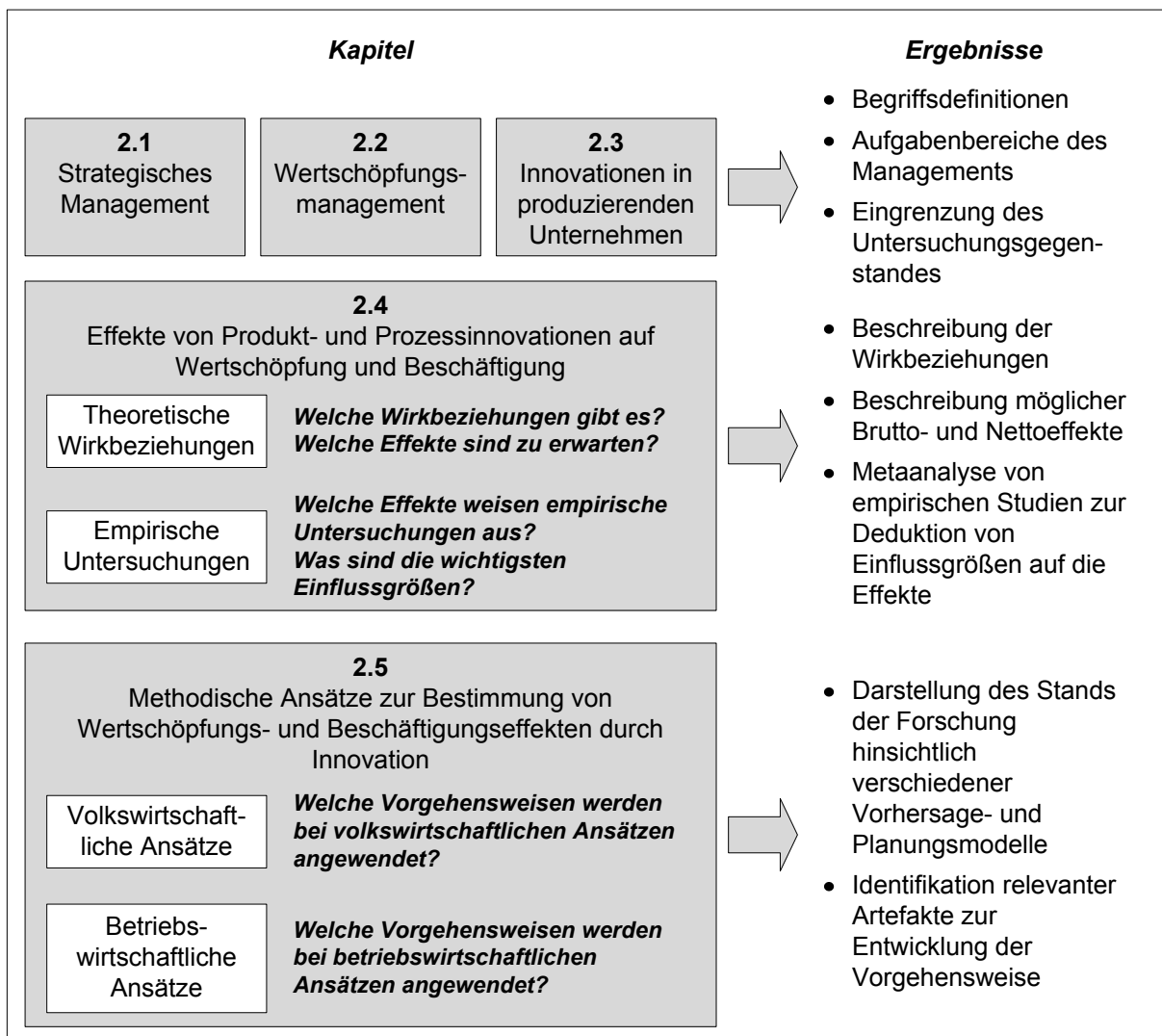


Abbildung 4: Methodik zur Darstellung der Grundlagen und des Stands der Forschung

So werden im Grundlagenteil die Begriffsdefinitionen und Managementaufgaben des strategischen Managements in Verbindung mit Personalwesen, Innovation und Wertschöpfung aus der einschlägigen Literatur abgeleitet und das Themengebiet eingegrenzt. Darauf aufbauend werden die theoretischen Wirkweisen unterschiedlicher Innovationsarten und möglicher Brutto- und Nettoeffekte auf die Wertschöpfung und Beschäftigung beschrieben. Über eine Metaanalyse einiger empirischer Studien zur Untersuchung der Effekte und zugrundeliegender Einflussgrößen, sollen die wesentlichen Einflussgrößen abgeleitet werden, um diese in die Entwicklung der Vorgehensweise einfließen zu lassen. Abschließend werden bestehende Modelle zur Bestimmung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte untersucht und hinsichtlich der Eignung ihrer Artefakte zur Bestimmung von innovationsbedingten Effekten im strategischen Kontext eines Unternehmens bewertet.

2.1 Strategisches Management

In diesem Abschnitt werden die Kernaufgaben des strategischen Managements mit Fokus auf das Innovations- und Personalmanagement als Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit einleitend beschrieben.

2.1.1 Grundlagen des strategischen Managements

Kernaufgabe des strategischen Managements ist die Formulierung und Umsetzung von Strategien in Unternehmen.²⁴ Die vielfältigen Aktivitäten der Strategieformulierung und -umsetzung stehen in einem sachlogischen Zusammenhang und werden daher in einer gewissen Reihenfolge durchlaufen²⁵, sodass das strategische Management als Prozess verstanden werden kann, der sich mit dem unternehmerischen Handeln einer Organisation, deren Erneuerung und Wachstum und somit mit der Ausrichtung der Tätigkeiten eines Unternehmens befasst.²⁶ Dabei geht es im Wesentlichen darum, den Bestand und den Erfolg eines Unternehmens dauerhaft zu sichern.²⁷

²⁴ Welge und Al-Laham 2003, S. 19

²⁵ Welge und Al-Laham 2003, S. 19

²⁶ Schendel und Hofer 1979, S. 11

²⁷ Welge und Al-Laham 2003, S. 6

Strategien werden als Ausgangs- und Mittelpunkt des strategischen Managements verstanden²⁸. Das klassische Strategieverständnis geht von der Annahme aus, eine Strategie sei das Ergebnis formaler, rationaler Planungen. Eine ursprüngliche Definition der klassischen Sichtweise findet sich in Schendel und Hofer (1979).²⁹

Strategien berücksichtigen demnach vier Bereiche:

- das Tätigkeitsfeld des Unternehmens, das durch Produkt-Markt-Kombinationen und geografische Gebiete definiert sein kann,
- die Ressourcenverwendung und die Kernkompetenzen des Unternehmens,
- sowie die Wettbewerbsvorteile
- und Synergien, die durch strategische Entscheidungen erreicht werden können.

Strategien erstrecken sich außerdem über drei organisatorische Ebenen:

- die Konzern- bzw. Unternehmensebene,
- die Geschäftsfeldebene, sowie die
- funktionale Ebene.

Diese klassische Definition beinhaltet wesentliche Merkmale, aus denen sich ein gemeinsames Grundverständnis über Strategien ableiten lässt. Hungenberg (2008) beschreibt dieses Grundverständnis anhand folgender Merkmale:³⁰

- Strategien geben die grundsätzliche Richtung der Unternehmensentwicklung vor. Das bedeutet, dass unsichere Ereignisse so gut wie möglich antizipiert werden müssen, sodass auch unter sich verändernden Bedingungen ein möglichst stabiler Entwicklungspfad gewählt werden kann.
- Um den dauerhaften Erfolg eines Unternehmens in seinem Wettbewerbsumfeld sichern zu können, müssen Strategien darauf abzielen, Vorteile gegenüber Wettbewerbern aufzubauen und zu verteidigen. Dabei sind insbesondere die interne und externe Ausrichtung des Unternehmens zu bestimmen, also die Ausgestaltung der Ressourcenbasis sowie die Positionierung auf dem Markt. Ressourcen werden beschrieben als „sämtliche Anlagen, Fähigkeiten, Prozesse, Eigenschaften, Informationen und Wissen eines Unternehmens, die

²⁸ Hungenberg und Wulf 2007, S. 8

²⁹ Die Definition nach Schendel und Hofer 1979, S. 11 ist eine Zusammenfassung und Erweiterung der Definitionen nach Chandler 1962, Ansoff 1965 und Learned 1965.

³⁰ Hungenberg 2008, S. 4f.

dem Unternehmen ermöglichen effektivitäts- und effizienzsteigernde Strategien zu entwickeln und zu implementieren“.³¹

- Strategien sollen Handlungsmöglichkeiten schaffen von denen der zukünftige Erfolg abhängt. Das heißt, dass Strategien den Rahmen für konkrete Handlungen im Markt und im Unternehmen vorgeben sollen. Macharzina und Wolf (2008, S. 252) sehen Strategien diesbezüglich als Maßnahmenfundament, die Überlegung steht also vor der Handlung.
- „Strategien besitzen eine bereichsübergreifende Bedeutung und müssen aus einer bereichsübergreifenden Perspektive gestaltet sein“.³² Sie bestehen demnach aus einer Vielzahl an Einzelentscheidungen, die aufeinander abgestimmt werden müssen.³³
- Strategien sind ein hierarchisches Konstrukt.³⁴ Sie stehen in einem hierarchischen Verhältnis zu anderen Komponenten³⁵ des strategischen Managements. So beinhaltet die Unternehmensmission oder Unternehmenspolitik (Mission) die grundsätzlichen Entwicklungsrichtungen des Unternehmens. Die strategischen Ziele (Objectives) konkretisieren die Unternehmenspolitik, während die Strategien (Strategies) die Wege beschreiben, wie die Unternehmenspolitik und die strategischen Ziele erreicht werden können. Taktiken oder Politiken (Tactics / Policies) sind aus der Strategie abgeleitete konkrete Maßnahmen.

So lässt sich festhalten, dass der Anspruch an die in dieser Arbeit entwickelte Vorgehensweise im Sinne des strategischen Managements in der hierarchischen Betrachtung der Strategie im Sinne der Produkt-Markt-Strategie und ihrer antizipierten Auswirkungen auf die Ressourcenbasis liegt.

2.1.2 Strategisches Innovationsmanagement

Das strategische Innovationsmanagement beinhaltet das Formulieren und Umsetzen von Wettbewerbs- und Innovationsstrategien der jeweiligen Geschäftseinheiten eines Unternehmens und ist daher eng mit den Geschäftsbereichsstrategien bzw. schließlich

³¹ Barney 1991, S. 101

³² Hungenberg und Wulf 2007, S. 110

³³ Hungenberg 2008, S. 5, Welge und Al-Laham 2003, S. 13

³⁴ Welge und Al-Laham 2003, S. 13 zitiert Barney 2002, S. 10ff

³⁵ Die im Folgenden beschriebenen Komponenten werden in der englischsprachigen Literatur als „Mission“, „Objectives“, „Strategies“ und „Tactics / Policies“ bezeichnet (Barney 2002, S. 11).

der Unternehmensstrategie verzahnt.³⁶ Im Wesentlichen sollen dabei „proaktiv-planerische, entscheidungsvorbereitende Fragen“ im Zusammenhang mit der Schaffung und Nutzung von Neuerungen³⁷ bearbeitet werden.³⁸

Nach Schuh und Bender (2012b) umfasst dies die folgenden Aspekte:³⁹

- „Festlegung der Bedeutung von Innovationen bezüglich der übergeordneten Unternehmensstrategie, die Wertgenerierung und die Bildung nachhaltiger Wettbewerbsvorteile“
- „Einbeziehung potenzieller Marktveränderungen und Technologiesprünge sowie deren Auswirkung auf die eigene Produktposition“
- „Identifikation von Schwächen und Stärken des Unternehmens und Auflistung der durch Innovationen adressierten Veränderungen“
- „Projektübergreifende Planung der Entwicklungsprojekte und der Ressourcenverteilung“
- „Langfristige Ziele der Innovationstätigkeit“
- „Bewertung und Aufstellung der wichtigsten zur Zielerreichung benötigten Innovationsprojekte“

Gerpott (2005) und Wördenweber und Wickord (2008) ordnen dem (technologiebezogenen) Innovationsmanagement⁴⁰ grundsätzlich eine strategische Ausrichtung zu, da das vorrangige Ziel die langfristige und signifikante Sicherung und Verbesserung der Erfolgsposition des Unternehmens ist.⁴¹ Die Aufgaben umfassen dabei die „Planung, Organisation, Führung und Kontrolle [...] arbeitsteilig bewältigter

³⁶ Schuh und Bender 2012b, S. 19

³⁷ Auf die Definition und Arten von Neuerungen bzw. Innovationen wird in Kapitel 2.3 vertieft eingegangen

³⁸ Gerpott 2005, S. 13

³⁹ Schuh und Bender 2012b, S. 18

⁴⁰ Zur Abgrenzung der Begriffe „Technologiebezogenes Innovationsmanagement“ oder „Technologie- und Innovationsmanagement“ sowie „Forschungs- und Entwicklungsmanagement (F&E-Management)“ werden nach Gerpott (2005, S. 55f.) zwei Sichtweisen unterschieden. Nach der einen Sichtweise umfasst das Innovationsmanagement das Technologiemanagement und das F&E-Management mit der Begründung, dass das Innovationsmanagement den grundsätzlichen Rahmen für Neuerungen bildet während die eher anwendungs- und marktferne Phase der F&E die technische Voraussetzung für die Einführung von Innovationen schafft, die eigentliche Einführung von Technologien ist Aufgabe des Technologiemanagements. Die andere Sichtweise sieht das F&E-Management als Schnittmenge zwischen Technologie- und Innovationsmanagement. Während sich das Innovationsmanagement mit der Einführung einer Neuerung auf dem Markt beschäftigt, umfasst das Technologiemanagement die Akquisition von technischem Wissen. F&E-Aufgaben haben nur dann einen Bezug zum Technologie- und Innovationsmanagement, wenn die Verfügbarkeit von Technologien Neuerungen auf dem Markt ermöglichen.

⁴¹ Gerpott 2005, S. 57f., Wördenweber und Wickord 2008, S. 1

Aktivitäten und Prozesse eines Unternehmens, bei denen es primär geht um die Bereitstellung neuer Technologien für das Unternehmen, die Durchsetzung des Einsatzes dieser Technologien in Produkten und/oder Prozessen des Unternehmens und die Verwertung von neuen Technologien, die durch das Unternehmen“ oder „unternehmensexterne Institutionen“ erarbeitet wurden.⁴² Die konkreten inhaltlichen Aufgabenfelder des Technologie- und Innovationsmanagements (TIM) sind demnach⁴³:

- die Erfassung von technologischen Entwicklungen und deren Bewertung
- die Festlegung des grundsätzlichen Stellenwertes von innovativen Technologien
- die Bewertung der technologischen Kompetenzen des Unternehmens
- der Aufbau und die Pflege von Potenzialen zur (Be-)Schaffung und Umsetzung neuer Technologien in Produkten und Prozessen des Unternehmens
- die „Auswahl von innovativen Technologiefeldern, auf denen das Unternehmen Fähigkeiten ausbauen oder vertiefen will“ sowie die Festlegung der Breite und Tiefe dieser Technologiefelder „in Verbindung mit einer prinzipiellen Ressourcenverwendung“
- die „Festlegung der Arten und der Zeitpunkte der wirtschaftlichen Verwertung von [...] neuen Technologien“

Die Managementaufgaben entlang des Innovationsprozesses werden als wesentliche Erfolgsfaktoren der Innovation gesehen.⁴⁴ Dabei müssen simultan zum F&E-Prozess unternehmensinterne Aspekte, wie beispielsweise die Kapazitätsbereitstellung zur Produktion neuartiger Erzeugnisse, ebenso berücksichtigt werden, wie die Perspektive des Absatzmarktes.⁴⁵ Diese interne Perspektive umfasst nach Matz (2007) die Berücksichtigung relevanter Schnittstellen für integrierte Produkt- und Verfahrensinnovationen, die Möglichkeiten zur Erzielung von Kernkompetenzen durch Verfahrensinnovationen sowie die Wichtigkeit einer effizienten Prozessimplementierung und der Aufbau einer geeigneten Infrastruktur.⁴⁶

⁴² Gerpott 2005, S. 57

⁴³ Gerpott 2005, S. 59f.; in ähnlicher Form auch in Wördenweber und Wickord 2008, S. 1f.

⁴⁴ Hauschildt und Salomo 2011, S. 35, Matz 2007, S. 81

⁴⁵ Van de Ven, Andrew H. 1986, S. 599

⁴⁶ Matz 2007, S. 81–128

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird der Fokus auf die wertschöpfungs- und ressourcenbezogenen Aufgaben des technologiebezogenen strategischen Innovationsmanagements gelegt. Dies umfasst gemäß den oben genannten Definitionen die strategiekonforme und langfristige planerische Aktivität hinsichtlich der Wertgenerierung für das Unternehmen (Wertschöpfungseffekte) und der innovationsinduzierten ressourcenbezogenen Veränderungen im Unternehmen (Beschäftigungseffekte).

2.1.3 Strategisches Personalmanagement

Aufgrund des sehr umfangreichen Themengebietes des Personalmanagements wird hier schwerpunktmäßig auf die Inhalte des strategischen Personalmanagements und die relevanten Schnittstellen zum Wertschöpfungsmanagement und Innovationsmanagement eingegangen.

Das strategische Personalmanagement beinhaltet die Ableitung personalwirtschaftlicher Maßnahmen in Synchronisation mit der Unternehmensstrategie und gliedert sich grundsätzlich in die marktorientierte Sicht im Sinne von Porter als Teil des Unternehmenswertes⁴⁷ und der ressourcenorientierten Sicht nach Barney, wonach personelle Ressourcen geeignet sind, nachhaltige Wettbewerbsvorteile aufzubauen⁴⁸, bzw. einer Kombination der beiden Sichtweisen.⁴⁹ Im unternehmerischen Kontext wird in der Regel der marktorientierte Ansatz verfolgt, bei dem die Personalstrategie aus der Unternehmensstrategie abgeleitet wird.⁵⁰ Je nach Unternehmensstrategie sind die Aufgaben des strategischen Personalmanagements entsprechend auszurichten. Wie in Tabelle 1 dargestellt, ist die Berücksichtigung neuer Aktivitäten und/oder technischen Fortschritts für sämtliche Grundstrategien des Unternehmens relevant.

Der Personalplanung kommt hierbei die Aufgabe zu, die zukünftigen Entwicklungen, Ereignisse und Situationen des Unternehmens zu antizipieren und entsprechende Maßnahmen zu treffen.⁵¹ Somit liegen die Aufgaben der strategischen Personalplanung in der langfristig orientierten, quantitativen Bedarfsplanung (Soll), der

⁴⁷ Bspw. Porter 2004

⁴⁸ Bspw. Barney 1991, Barney 2002

⁴⁹ Stock-Homburg 2013, S. 3;

⁵⁰ Haubrock und Öhlschlegel-Haubrock 2009, S. 22f.

⁵¹ Schwarz 2010, S. 23f.

Bestandsplanung (Ist) und der Veränderungsplanung, bestehend aus Beschaffungs-, Entwicklungs- und Freisetzungsplanung.⁵² Das strategische Personalmanagement steht in engem Zusammenhang mit dem taktischen Personalmanagement, das sich im mittelfristigen Zeithorizont mit der quantitativen und qualitativen Personalentwicklung beschäftigt.⁵³ Die strategische Personalbedarfsplanung dient der Ermittlung des zur Erreichung der Unternehmensziele erforderlichen Personalbedarfs. „Der Personalbedarf gibt an, wie viele Mitarbeiter (quantitative Dimension), mit welcher Qualifikation (qualitative Dimension), zu welcher Zeit (temporale Dimension), an welcher Stelle des Unternehmens (lokale Dimension) erforderlich sind.“⁵⁴

Grundstrategie des Unternehmens	Ableitungen für das Personalmanagement
Expansion (Ausweitung der vorhandenen Aktivitäten)	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung der Mitarbeiterqualifikationen in Richtung der neuen Aktivitäten • Personalbedarfsplanung • Personalorganisation • Personalsuche, -auswahl und -integration
Diversifikation (Aufnahme neuer Aktivitäten aus eigener Kraft oder durch Kauf)	<ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeiterqualifikationen in Richtung der neuen Aktivitäten • Integration der Mitarbeiter gekaufter Unternehmen • Neuorganisation der gekauften Unternehmen • Personalorganisation • Personalsuche, -auswahl und -integration
Konsolidierung (keine neuen Aktivitäten, Bestand erhalten oder sogar verringern)	<ul style="list-style-type: none"> • Erhaltung von Qualifikationen und Anpassung an technischen und sozialen Fortschritt • Karriereplanung • Kontrolle der Fluktuation • Nachfolgeregelungen • Neu- und Umorganisation von Abteilungen und Positionen • Sozialpläne
Technisierung (Erneuerung/ Erweiterung der technischen Ausstattung)	<ul style="list-style-type: none"> • Qualifikationen zur Anpassung an technischen und sozialen Fortschritt • Neu- und Umorganisation von Abteilungen und Positionen
Kooperation	<ul style="list-style-type: none"> • Abgleichen und Erweitern von Qualifikationen • Neu- und Umorganisation von Abteilungen und Positionen

Tabelle 1: Unternehmensstrategien und Ableitungen für das Personalmanagement (Haubrock und Öhlschlegel-Haubrock (2009, S. 22))

⁵² Schwarz 2010, S. 19, 23; Berthel und Becker 2013, S. 213

⁵³ Schwarz 2010, S. 19

⁵⁴ Schwarz 2010, S. 25

Hierzu werden verschiedenste intuitive, arbeitswissenschaftliche und mathematische Verfahren eingesetzt, die in Kapitel 2.5.2 nach Oechsler (2006) und Berthel und Becker (2013) näher erläutert werden. Die strategische Bestandsplanung umfasst die Analyse des Ist-Bestandes unter Berücksichtigung der zu erwartenden Personalbewegungen unterschiedlicher Art (Zugänge, Abgänge, Wechsel).⁵⁵ Auch hier stehen unterschiedliche Ermittlungsverfahren zur Verfügung, auf die jedoch in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird.⁵⁶ Die strategische Personalveränderungsplanung hat zur Aufgabe, bestimmte Fehlentwicklungen bzw. Diskrepanzen zwischen Bestand und Bedarf zu korrigieren.⁵⁷ Je nachdem, ob die Diskrepanzen qualitativer und/oder quantitativer Natur sind, müssen (punktuelle) Entwicklungsmaßnahmen (Weiterbildung) und/oder Beschaffungs- und Freisetzungsmaßnahmen abgeleitet werden. Während sich letztere naturgemäß einfach quantifizieren lassen, ist die Quantifizierung von Entwicklungsmaßnahmen problematisch, wenngleich dies durch die verstärkte Wertschöpfungsorientierung in der nicht-finanziellen Unternehmensbewertung immer stärker gefordert wird.⁵⁸

Je nach Planungshorizont und Aufgabe des Personalmanagements ist die Vorgehensweise zur Bereitstellung entsprechender Kennzahlen unterschiedlich strukturiert (Tabelle 2). Aufgaben der strategischen Personalplanung sind im Bereich der semi-strukturierten Problemlösung einzuordnen, die eine Kombination aus standardisierten Lösungsprinzipien und Erfahrungswerten erfordert und im Sinne des strategischen Planens iterativ über die Zeit und unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Datenquellen präzisiert werden.⁵⁹

⁵⁵ Schwarz 2010, S. 27ff.

⁵⁶ Schwarz 2010, S. 29f.

⁵⁷ Schwarz 2010, S. 31

⁵⁸ Schwarz 2010, S. 32

⁵⁹ Dulebohn und Johnson 2013, S. 75f.

Entscheidungsebenen des Managements				
		<i>Operativ</i>	<i>Administrativ</i>	<i>Strategisch</i>
Grad der Problemstruktur	<i>Strukturiert</i>	Festlegung von Arbeitgeberleistungen	Effizienz der Personalbeschaffung	Analyse des Personalbestands
	<i>Semi-Strukturiert</i>	Auswahl von Bewerbern	Überwachen des Nachfolgeplans	Strategische Planung und Personalplanung
	<i>Unstrukturiert</i>	Bewältigung unerwarteter Abwesenheit	Einführung eines Informationssystems zur Personalplanung	Fusionen und Übernahmen

Tabelle 2: Rahmen zur Entscheidungsunterstützung im Personalmanagement (Dulebohn und Johnson (2013, S. 75))

Die Schnittstelle des Personalmanagements zum Wertschöpfungsmanagement liegt aus Sicht des Personalmanagements in der Humankapitalbewertung.⁶⁰ Wertschöpfungsorientierte Verfahren setzen dazu in unterschiedlicher Art und Weise die intangiblen personalbezogenen Output- und Inputgrößen in Beziehung zu den Größen des physischen Kapitals.⁶¹

Die Schnittstelle des Personalmanagements zum Innovationsmanagement wird schwerpunktmäßig aus ressourcenorientierter Sicht⁶² betrachtet und geht im Wesentlichen der Frage nach, welche personalbezogenen Maßnahmen getroffen werden müssen, um die Innovationsfähigkeit des Unternehmens bzw. der Mitarbeiter zu steigern⁶³, bzw. zielt auf die Wichtigkeit des strategischen Fit aller Bestandteile der Unternehmensstrategie ab.⁶⁴

⁶⁰ Schwarz 2010, S. 79

⁶¹ Schwarz 2010, S. 89

⁶² Barney 1991, Barney 2002

⁶³ Bspw. Jiménez-Jiménez und Sanz-Valle 2005; Chen und Huang 2009; Chou et al. 2008; Perdomo-Ortiz et al. 2009; Demirkaya et al. 2011; Stock et al. 2014; Maura Sheehan et al. 2013

⁶⁴ Bspw. Heijltjes und van Witteloostuijn 2003; Jorgensen et al. 2009; Buller und McEvoy 2012

2.2 Wertschöpfungsmanagement

Der Begriff „Wertschöpfung“ (engl. „value added“) wurde im Laufe der Zeit je nach Kontext der Verwendung äußerst vielschichtig definiert und interpretiert. Grundsätzlich lassen sich zwei verschiedene Auffassungen des Wertschöpfungsbegriffes unterscheiden: die traditionelle, aus der volkswirtschaftlichen Theorie und Statistik abgeleiteten Wertschöpfung sowie die Wertschöpfung als Gegenstand der strategischen und operativen Unternehmensführung.⁶⁵ So wird in diesem Kapitel zunächst der traditionelle, in der Volkswirtschaft (Mikroökonomik und Makroökonomik) begründete Wertschöpfungsbegriff definiert. Dieser findet weltweit in vielen Bereichen der Volkswirtschafts- und Betriebswirtschaftslehre weitgehend einheitlich Verwendung.⁶⁶ Darauf aufbauend wird der Wertschöpfungsbegriff im Kontext des betrieblichen Managements vertieft betrachtet.

2.2.1 Grundsätzliche Wertschöpfungsverständnisse

Der traditionelle Wertschöpfungsbegriff wird als quantitativer ökonomischer Begriff verwendet. Wertschöpfung stellt eine reale Wertgröße dar und ist unmittelbar mit dem Zweck des Wirtschaftens, der Deckung menschlicher Bedarfe in Bezug auf knappe Ressourcen, verknüpft.⁶⁷ Zur Deckung der Bedarfe ist in der Regel ein Leistungserstellungsprozess notwendig, der in mehreren Stufen und durch unterschiedliche Wirtschaftseinheiten einer arbeitsteiligen Volkswirtschaft durchgeführt wird. Im Zuge dieses Prozesses übernimmt jede Wirtschaftseinheit Produkte von der vorgelagerten Stufe, leistet einen Beitrag der Veredelung und gibt sie zu einem höheren Wert an die nächste Stufe weiter. Dieser Wertzuwachs wird als Wertschöpfung bezeichnet.⁶⁸ Er bezieht sich dabei auf den subjektiv empfundenen Mehrwert bzw. Nutzen im Sinne der Wertschätzung des Gutes, der jedoch häufig auf physischer Transformation beruht. Jost (2000, S. 40) unterscheidet bei der realisierten

⁶⁵ Haller 1997, S. 29

⁶⁶ Nach Schumann et al. (2011, S. 2f.) sind die Unterschiede zwischen betriebs- und volkswirtschaftlicher Sichtweise methodischer Art. So sind in der volkswirtschaftlichen Mikroökonomik „einzelwirtschaftliche Theorien des Haushalts und des Unternehmens nur die Vorstufe für das Vordringen zum Problem der marktwirtschaftlichen Koordination“ und daher verwendet sie nur vereinfachte Annahmen. Die volkswirtschaftliche Makroökonomik betrachtet die Haushalte und Unternehmen in aggregierter Form in Sektoren. In der betriebswirtschaftlichen Sicht „steht die analytische Durchdringung und erfolgreiche Führung eines Unternehmens im Vordergrund“. Das Unternehmen und sein direktes Umfeld werden dabei breiter aufgefächert, stellen aber nur einen vergleichsweise kleinen Ausschnitt der Volkswirtschaft dar.

⁶⁷ Haller 1997, S. 30

⁶⁸ Haller 1997, S. 30, Jost 2000, S. 38

Wertschöpfung in Konsumentenrente und Organisationsrente und stellt damit den Nutzen des Leistungsempfängers (Konsument) als Teil der Wertschöpfung dar. So ist die Konsumentenrente die Differenz aus Nutzen und Marktpreis eines Gutes, die Organisationsrente die Differenz aus Marktpreis und Gesamtkosten. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird die Wertschöpfung im Sinne der Organisationsrente untersucht.

Da die Schaffung von ökonomischen Werten auf Leistungen der Wirtschaftseinheiten beruht, lässt sich die Wertschöpfung einer Wirtschaftseinheit als Differenz zwischen abgegebenen Leistungen und übernommenen Vorleistungen definieren, also der „Eigenleistung“ der Wirtschaftseinheit. Diese Definition basiert auf der Betrachtung produzierender Wirtschaftssektoren, ist inzwischen jedoch auf den Dienstleistungsbereich ausgeweitet worden.⁶⁹ Die mikroökonomische Sicht der „Eigenleistung“ lässt sich durch Aggregation zu Wirtschaftsbereichen oder einer ganzen Nation auch in eine makroökonomische Sicht transformieren und bildet somit eine rationale Verbindung von betriebs- und volkswirtschaftlicher Theorie und Praxis.⁷⁰

Für die Ermittlung der Wertschöpfung werden - ausgehend vom volkswirtschaftlichen Kreislaufmodell, das besagt, dass das Saldo sämtlicher realer und monetärer Ströme die einer Wirtschaftseinheit zufließen und derer die abfließen Null ist - zwei grundsätzliche Aspekte unterschieden.⁷¹ Der Entstehungsseite der Wertschöpfung, die den realgüterwirtschaftlichen Wert aus dem Leistungserstellungsprozess betrachtet, und die Verwendungsseite, die den nominalgüterwirtschaftlichen Aspekt des Einkommens des Unternehmens betrachtet. Auf der Entstehungsseite entspricht die Berechnung der Wertschöpfung der oben angegebenen Subtraktionsmethode (indirekte Methode) „Gesamtleistung abzüglich Vorleistung“. Der Verwendungsaspekt berücksichtigt, dass die Eigenleistung des Unternehmens auf die Leistung von Einsatzfaktoren (Arbeit und Kapital) zurückzuführen ist, die an der Schaffung des Produktionswertes beteiligt sind. Der Produktionswert ist in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung als Bilanzsumme des Produktionskontos eines Unternehmens definiert und wird zu Herstellungspreisen bewertet.⁷² In der Kostenrechnung beschreibt der Produktionswert die Summe der Herstellkosten aller im Abrechnungszeitraum erzeugten Güter.⁷³ Wertschöpfung wird hier als Summe der

⁶⁹ Haller 1997, S. 32

⁷⁰ Haller 1997, S. 33

⁷¹ Frenkel und John 2003, S. 22f, Haller 1997, S. 34

⁷² Neubäumer und Hewel 2005, S. 181

⁷³ Piekenbrock 2011, S. 362

Einkommen aller an der Leistungserstellung Beteiligten verstanden. Die direkte Methode (oder Additionsmethode) zur Berechnung der Wertschöpfung nach dem Verteilungsaspekt berücksichtigt daher die Einkommen von Arbeitnehmer, Fremd- und Eigenkapitalgeber, des Staates (in Form von Steuern) und die unverteilter Wertschöpfung bzw. das Betriebsergebnis.⁷⁴ Abbildung 5 zeigt die Entstehungs- und Verwendungsrechnung der Wertschöpfung schematisch auf.

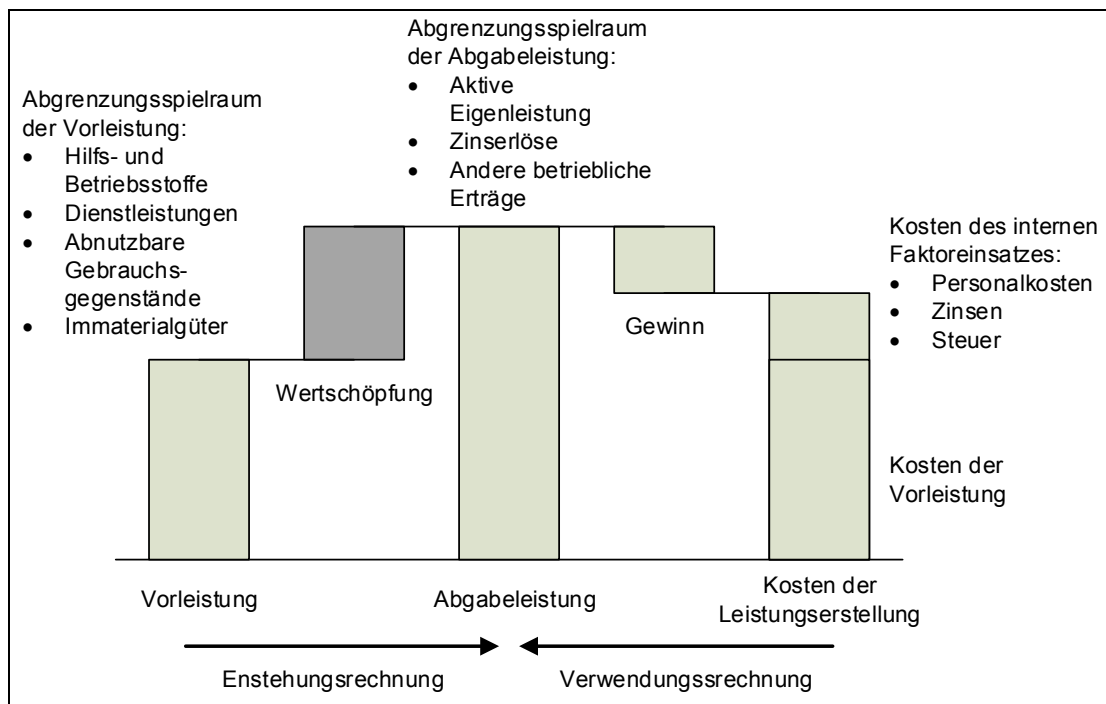


Abbildung 5: Entstehungs- und Verwendungsrechnung der Wertschöpfung (Kraus (2005, S. 8))

Betrachtet man die Wirtschaftseinheit in der betriebswirtschaftlichen Sicht, so ist die zentrale Aufgabe von Unternehmen das Erzeugen von Werten in Form von materiellen und immateriellen Produkten.⁷⁵ Dazu werden im sozio-technischen System des Unternehmens Ressourcen bzw. Produktionsfaktoren (Kapital, Material, Menschen, Maschinen) eingesetzt (Input), um durch Faktorkombinationen im Zuge eines Transformationsprozesses (Throughput) zu einer Leistung (Output) veredelt zu werden. Die Wertschöpfung als Grundfunktion des Unternehmens beginnt demnach mit der Beschaffung des Inputs und endet mit der Auslieferung der Produkte an

⁷⁴ Haller 1997, S. 44f.) diskutiert die Komponente der „unverteilten Wertschöpfung“ mit dem Hinweis, dass häufig von „Unternehmenseinkommen“ gesprochen wird. Da die Verwendung dieses Einkommens (Gewinn) erst bestimmt, wem dieses Einkommen zugesprochen wird (Investitionen, Rücklagen, Ausschüttungen an Kapitalgeber), spricht Haller von unverteilter Wertschöpfung. Die Verwendungsrechnung der Volkswirtschaftslehre wird in Frenkel und John 2003, S. 77ff. beschrieben.

⁷⁵ Westkämper 2006, S. 33, Bach et al. 2012, S. 2, Nebel 2002, S. 20, Schweitzer 1989, S. 191, Pfohl 2010, S. 21f., Dyckhoff 2006, S. 3ff.

Kunden. Unter Wertschöpfung wird die Wertsteigerung im Zuge des Transformationsprozesses verstanden. Demnach lässt sich Wertschöpfung „als Schaffen von Mehrwert durch Transformation (Produktion, Handel und/oder Dienstleistung) definieren und beschreibt die Eigenleistung des betrachteten Wirtschaftssubjekts“.⁷⁶ Da sowohl die eingesetzten Faktoren in Form von Aufwänden bzw. Kosten als auch die erzeugten Leistungen in Form von Erträgen monetär bewertet werden können, kann die Wertschöpfung ebenfalls als monetäre Größe gemäß untenstehender Funktion bestimmt werden.⁷⁷

$$\text{Wertschöpfung} = \text{Output} - \text{Input} = \text{Erträge} - \text{Kosten}$$

Abbildung 6 stellt die Wertschöpfung als Transformationsprozess schematisch dar.

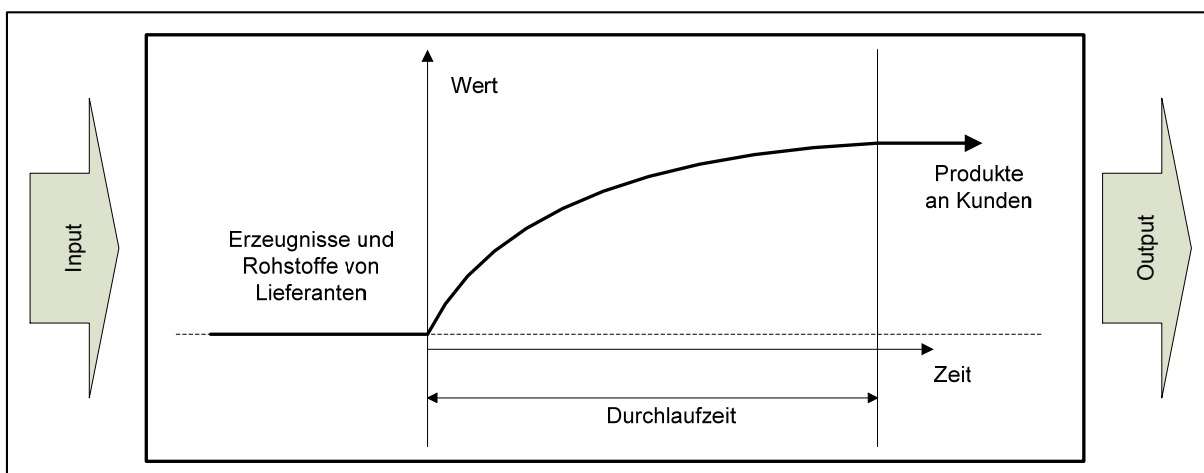


Abbildung 6: Wertschöpfung als Transformationsprozess (Westkämper (2006, S. 34))

Neben dem Sachziel der unternehmerischen Wertschöpfung zur Bedarfsdeckung durch Leistungen in Form von Produkten und Dienstleistungen, werden auch die Wirkungen der Wertschöpfung in Form des Sachzieles Entgelterzielung (Steuern, Löhne und Gehälter, Zinsen, Gewinne) und des Verhaltenszieles der Bedürfnisbefriedigung genannt.⁷⁸

Um die Wertschöpfung eines Unternehmens zu analysieren, bietet sich die Wertkettenanalyse nach Porter an. Die Wertkettenbetrachtung dient dazu, das Unternehmen in die wesentlichen strategischen Aktivitäten zu strukturieren, um das

⁷⁶ Bach et al. 2012, S. 2

⁷⁷ Westkämper 2006, S. 34, Dyckhoff und Spengler 2007, S. 83f.

⁷⁸ Pfohl 2010, S. 21f., Becker et al. 2011, S. 54. Die Sachziele der Wertschöpfung durch Bedarfsdeckung und Entgelterzielung korrespondieren mit den volkswirtschaftlichen Aspekten der Entstehung und Verteilung.

Kostenverhalten in einem Unternehmen zu verstehen und grundlegende wettbewerbsbezogene Potenziale aufzuzeigen.⁷⁹ Die generische Wertkette („value chain“) beinhaltet sämtliche grundsätzlichen primären und unterstützenden Aktivitäten eines Unternehmens, die notwendig sind, um eine Leistung an den Kunden ausliefern zu können (Abbildung 7). Sie stellt damit den Gesamtwert als Summe aller Werte der Aktivitäten eines Unternehmens dar. Dem gegenüber stehen die jeweiligen Kosten die bei der Durchführung der Aktivitäten anfallen, wie beispielsweise der Einkauf von Inputfaktoren, Humanressourcen (Arbeit und Management) oder Technologien. Die Gewinnmarge ergibt sich als Differenz des Gesamtwertes und der Summe aller anfallenden Kosten der Aktivitäten. Bezogen auf die primären bzw. unterstützenden Aktivitäten wird bei der Gesamtwertschöpfung die direkte bzw. indirekte Wertschöpfung unterschieden.⁸⁰ Je nach Branche bzw. Unternehmen kann diese Charakterisierung von Aktivitäten (direkt/indirekt) der Wertschöpfung unterschiedlich sein. So sind beispielsweise Beschaffungsprozesse bei Unternehmen mit geringerer Wertschöpfungstiefe (bspw. Automotive) eher als direkt wertschaffender Prozess zu verstehen, bei Unternehmen mit hoher Wertschöpfungstiefe (bspw. Versicherungen) eher als indirekte Wertschöpfung.

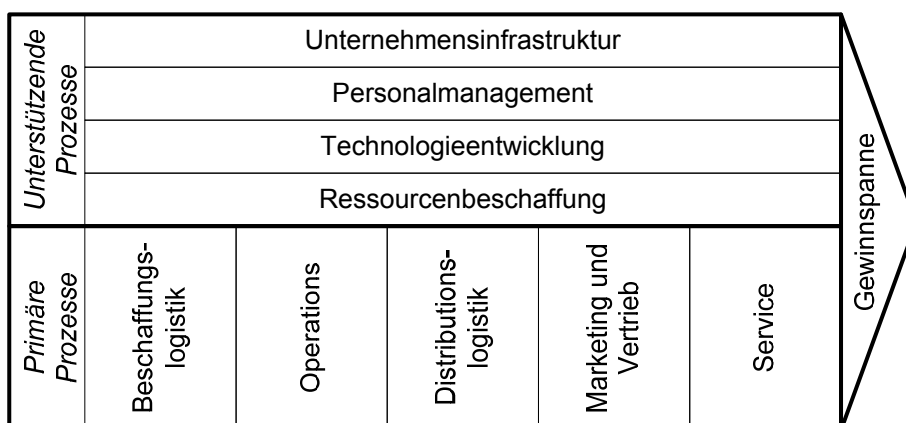


Abbildung 7: Die Wertkette nach Porter⁸¹

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das traditionelle Wertschöpfungsverständnis aus der mikro- und makroökonomischen Betrachtung heraus, Wertschöpfung als das Ergebnis des Leistungserstellungsprozesses bzw. Transformationsprozesses sieht.⁸² In der betriebswirtschaftlichen Sicht wird eher der dynamische Transformationsprozess betrachtet und hinsichtlich der Schaffung von

⁷⁹ Porter 2004, S. 33 ff.

⁸⁰ Bach et al. 2012, S. 140

⁸¹ Porter 2004, S. 37

⁸² Haller 1997, S. 32

Wettbewerbsvorteilen zur Erhöhung des Unternehmenswertes („economic value added“) bewertet.⁸³

Diese Arbeit bedient sich beider Verständnisse der Wertschöpfung. So wird der Wertschöpfungsbegriff im traditionellen Verständnis als Ergebnismaß einer Wirtschaftstätigkeit verwendet. Hinsichtlich der Entstehung dieser Wertschöpfung wird jedoch der Transformationsprozessgedanke herangezogen. Wichtig hierbei ist die durchgängige und symmetrische Abgrenzung der wertschöpfenden Aktivitäten des Unternehmens hinsichtlich Leistung und Vorleistung.⁸⁴

2.2.2 Wertschöpfung im Fokus des betrieblichen Managements

Wie im vorangegangenen Abschnitt aufgezeigt, ist Wertschöpfung das Kernziel von Wirtschaftseinheiten und zielt darauf ab, Bedürfnisse zu befriedigen. Unternehmen als von Unternehmern geführte Wirtschaftseinheiten⁸⁵, müssen sich demnach mit der Veränderung oder Neuentstehung von Bedürfnissen und damit mit Möglichkeiten der Erweiterung der bestehenden Wertschöpfung durch eine überlegene Nutzenstiftung⁸⁶, beispielsweise ermöglicht durch neue Technologien, und der Maximierung der bestehenden Wertschöpfung im Sinne der Effizienzsteigerung⁸⁷ zur Sicherung ihrer Wettbewerbsfähigkeit auseinandersetzen. Die alleinige Betrachtung der Input-Output-Verbindungen ist hierbei nicht ausreichend und muss systematisch um die Umweltperspektiven erweitert werden. So hat sich das betriebliche Wertschöpfungsmanagement aufgrund der kooperativen und kollaborativen, also unternehmensübergreifenden Ausrichtung von Unternehmen in internationalen Wertschöpfungsnetzwerken zum internationalen Wertschöpfungsmanagement weiterentwickelt.⁸⁸

Die im vorangegangenen Kapitel dargestellte Wertkette eines Unternehmens befindet sich demnach in einem Wertsystem, also der unternehmensübergreifenden Betrachtung (Kunden und Lieferanten) verschiedener (internationaler) Wertketten unterschiedlicher Ausprägung.⁸⁹ Erweitert man den Wertsystemgedanken um alle

⁸³ Porter 2004, S. 36

⁸⁴ Haller 1997, S. 56

⁸⁵ Macharzina und Wolf 2008, S. 13

⁸⁶ Jost 2000, S. 37, Rüegg-Stürm 2009, S. 69

⁸⁷ Jost 2000, S. 86

⁸⁸ Zentes et al. (2004) „Einführung“

⁸⁹ Porter 2004, S. 35, Zentes et al. 2004, S. 226 ff.

Güter-, Informations- und Finanzströme einzelner Unternehmen mit mehreren anderen, so spricht man von einem Wertschöpfungsnetz(werk).⁹⁰ Nach Porters Grundgedanke sind die Unterschiede zwischen Wertketten verschiedener Unternehmen und deren Einbindung in das Wertsystem bzw. Wertschöpfungsnetz historisch begründet, strategischer Natur oder basieren auf unterschiedlichem Erfolg bei der Implementierung der Wertkette.⁹¹ Ein weiterer wesentlicher Unterschied liegt in der Ausrichtung des Unternehmens im Wettbewerb, da hierin Potenziale für Wettbewerbsvorteile liegen. Je nach strategischer Ausrichtung (Fokussierung, Differenzierung, Kostenführerschaft) müssen die Aktivitäten hinsichtlich ihrer Nutzenstiftung beim Kunden bzw. der Kostenintensität bei der Ausführung gegenüber dem Wettbewerb bewertet und optimiert werden. Grundsätzlich steht die Verbesserung der internen Kosteneffizienz, also die Steigerung der Differenz zwischen möglichen Preisen und den Kosten der Erstellung einer Leistung, im Vordergrund der betrieblichen und überbetrieblichen Wertschöpfung.⁹² Neben der Effizienz wird auch die Schnelligkeit und Flexibilität bei Durchführung der kompletten Wertschöpfungskette als wesentlicher Erfolgsfaktor im Wettbewerb genannt.⁹³

Ein erfolgreiches Wertschöpfungsmanagement umfasst im Wesentlichen drei Aufgaben:⁹⁴

- Die Gestaltung und Führung der Wertschöpfungsprozesse innerhalb der Wertkette, also
 - die Konfiguration der Wertschöpfungskette zur bestmöglichen Verteilung der Wertschöpfungsaktivitäten auf unterschiedliche Regionen und
 - die Wahl der Transaktionsform zur Festlegung der eigenen Wertschöpfungsaktivitäten (Internalisierung), der durch den Markt erbrachten Wertschöpfungsaktivitäten (Externalisierung) bzw. die kooperative Auslegung der Wertschöpfungsaktivitäten.
- Die Führung des Wertschöpfungssystems, die sich Fragen der Organisation, des Controllings, des Human Resource Managements und des

⁹⁰ Zentes et al. 2004, S. 227, Bach et al. 2012, S. 105

⁹¹ Porter 2004, S. 34

⁹² Reichwald et al. 2009, S. 14

⁹³ Bach et al. 2012, S. 133

⁹⁴ Zentes et al. 2004, S. 8ff.

Informationsmanagements einzelner sowie aller unternehmerischen Wertschöpfungsaktivitäten widmet.

- Das dynamische Prozessmanagement, das die zeitliche Entwicklung der Internationalisierung umfasst.

Durch die steigende Dynamik im Umfeld produzierender Unternehmen setzt der Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und damit die Auslegung der Wertkette „eine permanente Innovations- und Wandlungsfähigkeit sowie leistungsfähige Konzepte und Strukturen der Produktion voraus“.⁹⁵ Die Führung des Wertschöpfungs-systems in Verbindung mit Innovationen hat einen besonderen Stellenwert, da Innovationen als Haupthebel zu Wertsteigerung gesehen werden.⁹⁶ Einerseits, weil durch Innovation in Produkten, Lösungen und Dienstleistung Kundennutzen entstehen kann (Wertschöpfung durch Effektivitätsvorteile gegenüber Wettbewerbern⁹⁷), andererseits, weil Innovation in Produkt und Prozess ein wesentlicher Hebel zur Kostensenkung ist (Wertschöpfung durch Effizienzvorteile gegenüber Wettbewerbern).

Der hohe Stellenwert der Innovation in der unternehmerischen Wertschöpfung wird von Freund (2013) in einem auf dem Innovationsmanagement basierenden Modell der unternehmerischen Wertschöpfung beschrieben. Ausgehend vom Innovationsprozess, in Zuge dessen Know-How in Kundennutzen und Markterfolg transformiert und damit Wertschöpfung generiert wird, muss sich ein Regelkreis der strategischen und organisatorischen Entwicklung anschließen („Change Management“). Im Vordergrund dieses Weiterentwicklungsprozesses sollte die Anpassung des Know-Hows und der Transformationsprozesse an die neuen Erfordernisse der Umwelt stehen (Abbildung 8).⁹⁸

⁹⁵ Bullinger et al. 2008, S. 26

⁹⁶ Krubasik 2002, S. 59

⁹⁷ Rüegg-Stürm 2009, S. 69

⁹⁸ Freund 2013, S. 17

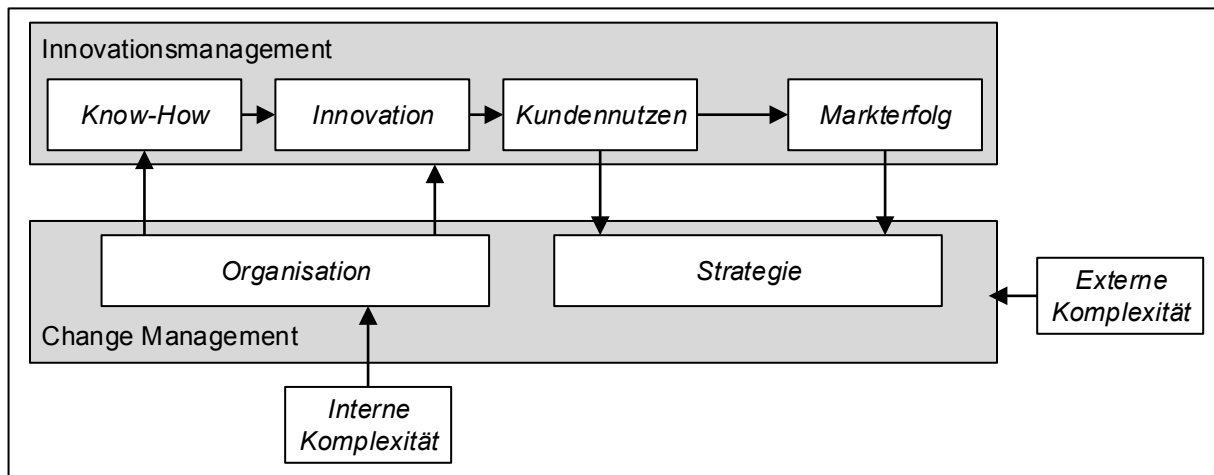


Abbildung 8: Innovation und Change Management als Kern der unternehmerischen Wertschöpfung (Freund (2013, S. 17))

2.3 Innovationen in produzierenden Unternehmen

Im diesem Kapitel wird zunächst der Begriff „Innovation“ grundsätzlich definiert. Auf Basis dieses Begriffsverständnisses werden die verschiedenen Dimensionen von Innovationen aufgezeigt und auszugweise hinsichtlich ihrer Ausprägungen beschrieben.

2.3.1 Begriffsdefinition „Innovation“

Etymologisch lässt sich der Begriff aus dem lateinischen „innovare“ ableiten. Die direkte Übersetzung „erneuern“ findet sich auch in der Vielzahl unterschiedlicher Definitionen von Innovation: „bei Innovationen geht es um etwas «Neuartiges»“.⁹⁹ Ausgehend von einer Übersicht über verschiedenste Definitionen von Innovation¹⁰⁰, beschreiben Hauschildt und Salomo (2011, S. 4) den Innovationsbegriff wie folgt: „Innovationen sind qualitativ neuartige Produkte oder Verfahren, die sich gegenüber einem Vergleichszustand »merklich« - wie auch immer das zu bestimmen ist - unterscheiden.“ Die Neuartigkeit muss, unabhängig von ihrer Dimension, wahrgenommen werden und sich auf dem Markt oder im innerbetrieblichen Einsatz bewähren: Hauschildt und Salomo (2011) sprechen von einer neuartigen Zweck-Mittel-

⁹⁹ Hauschildt und Salomo 2011, S. 3

¹⁰⁰ Hauschildt und Salomo 2011, S. 6f.

Kombination, also der erfolgreichen Verknüpfung neuer technologischer Mittel und neuer nachgefragter Zwecke.¹⁰¹

Gerpott (2005, S. 37ff.) unterscheidet die ergebnisorientierte und prozessorientierte Sicht der Innovation. Die ergebnisorientierte Sicht entspricht der oben genannten Definition und versteht Innovationen als qualitative Neuerungen für den Markt oder intern im Unternehmen als Ergebnis der innovationsbezogenen Unternehmensaktivitäten. Die prozessorientierte Betrachtung von Innovationen fokussiert auf eben diese Innovationsaktivitäten und Entscheidungen, die zur Vermarktung eines neuen Produktes bzw. der Nutzung eines neuen Prozesses durchlaufen werden müssen.¹⁰² Im engeren Sinn umfasst dies die Aktivitäten eines Unternehmens zur Einführung eines neuen Produktes am Markt bzw. eines intern verwendeten Prozesses ausgehend von der Verfügbarkeit eines solchen neuen Produktes/Prozesses. Der Innovationsprozess im erweiterten Sinn umfasst zusätzlich die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, die als Ergebnis eine Invention (Produkt/Prozess) hervorbringen sollen und beginnt mit der Informationsbeschaffung und Ideengenerierung als Anregung für neue Produkte und Prozesse.¹⁰³ Im weitesten Sinne umfasst der Innovationsprozess schließlich noch die Aktivitäten der Innovationsadoption (Prozesse) bzw. -diffusion (Produkte), sodass auch das Erzielen eines Markterfolges wesentlicher Bestandteil des Innovationsverständnisses ist.¹⁰⁴

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden Innovationen grundsätzlich als neuartige Zweck-Mittel-Kombination gesehen. In prozessualer Sicht wird der Schwerpunkt auf den Innovationsprozess im engeren Sinn gelegt und umfasst beispielsweise „die Entwicklung einer Marketing- und Vertriebskombination, die Beschaffung von Produktionsmitteln, die Auswahl von Zulieferern und ggf. die Nullserienfertigung bzw. die Produktion von Lagerbeständen vor dem Absatzstart“.¹⁰⁵ Der Innovationsprozess kann demnach den initialen primären Aktivitäten der generischen Wertkette nach Porter (2004) zugeordnet werden (siehe Kapitel 2.2.1), die Aufgaben des technologiebezogenen Innovationsmanagements (siehe Kapitel 2.1.2) können als unterstützende Aktivitäten der Wertkette verstanden werden.

¹⁰¹ Hauschildt und Salomo 2011, S. 5

¹⁰² Gerpott 2005, S. 48

¹⁰³ Gerpott 2005, S. 48

¹⁰⁴ Gerpott 2005, S. 50

¹⁰⁵ Gerpott 2005, S. 49

2.3.2 Dimensionen der Innovation

Die im vorangegangenen Abschnitt aufgezeigte Begriffsdefinition wird nun um die unterschiedlichen Dimensionen der Innovation erweitert, um den Innovationsbegriff und den Innovationsgehalt besser bestimmen zu können. Hauschildt und Salomo (2011) sehen folgende unterschiedlichen Dimensionen der Innovation:

- Inhaltliche Dimension: Was ist neu?
- Intensitätsdimension: Wie neu?
- Subjektive Dimension: Neu für wen?
- Prozessuale Dimension: Wo beginnt, wo endet die Neuerung?
- Normative Dimension: Ist neu gleich erfolgreich?

Für den weiteren Verlauf der Arbeit ist es ausreichend, die ersten drei Dimensionen näher zu beschreiben.¹⁰⁶

2.3.2.1 Die inhaltliche Dimension

Die inhaltliche Dimension bezieht sich die Unterscheidung zwischen Produkt- und Prozessinnovation, der Innovation von Systemeigenschaften, Innovationen jenseits der Technik und postindustrielle Systeminnovationen.¹⁰⁷ Prozessinnovationen zielen auf die Erhöhung der Effizienz ab und werden in der Regel nur innerbetrieblich durchgesetzt.¹⁰⁸ Produktinnovationen zielen auf die Effektivität ab, indem sie dem Nutzer erlauben, neue Zwecke zu erfüllen bzw. vorhandene Zwecke in einer neuartigen Weise zu erfüllen. Eine Produktinnovation kann demnach einer Prozessinnovation beim Kunden dienen, wie beispielsweise eine innovative Fertigungsanlage. Daher werden Produktinnovationen auch hinsichtlich ihrer Art in Innovationen in Konsumgütern, Investitionsgüter und Zwischenprodukte unterschieden.¹⁰⁹

¹⁰⁶ Die prozessuale Dimension wurde bereits im Kapitel 2.1.2 behandelt und geht der Frage nach, wie lange ein Innovationsprojekt in die Zuständigkeit des Innovationsmanagements fällt. Die normative Dimension geht der Frage nach dem Erfolg einer Innovation nach. Im betriebswirtschaftlichen Kontext äußert sich der Erfolg in Form von erzielten Gewinnen bzw. Kosteneinsparungen, die jedoch nur ex-post ermittelt werden können. Im zukunftsgerichteten Innovationsmanagement steht der erwartete Erfolg im Fokus, dient jedoch nicht der Abgrenzung des Innovationsbegriffes. (Siehe Hauschildt und Salomo 2011, S. 20ff.)

¹⁰⁷ Hauschildt und Salomo 2011, S. 5ff., Gerpott 2005, S. 38 spricht ebenfalls die drei erstgenannten Kategorien an, geht jedoch auf Innovationen jenseits der Technik („Sozialinnovationen“) nicht vertieft ein, da sie nicht zu den ursprünglichen Aufgaben des Innovationsmanagements gehören.

¹⁰⁸ Utterback und Abernathy 1975, S. 641

¹⁰⁹ Edquist et al. 2001, S. 17

Eine Systematisierung von Innovationsfeldern in produzierenden Unternehmen kann zusätzlich zur Unterscheidung von Produkt- und Prozessinnovationen auch dahingehend unterschieden werden, ob die Innovation materieller/technologischer/tangibler oder immaterieller/organisatorischer/intangibler Art ist.¹¹⁰ Als immaterielle Produktinnovationen werden Serviceinnovationen (bspw. produktbegleitende Instandhaltung, Beratung und Softwareentwicklung) verstanden, während immaterielle Prozessinnovationen als organisatorische Innovationen verstanden werden. Abbildung 9 zeigt diese Systematisierung schematisch.

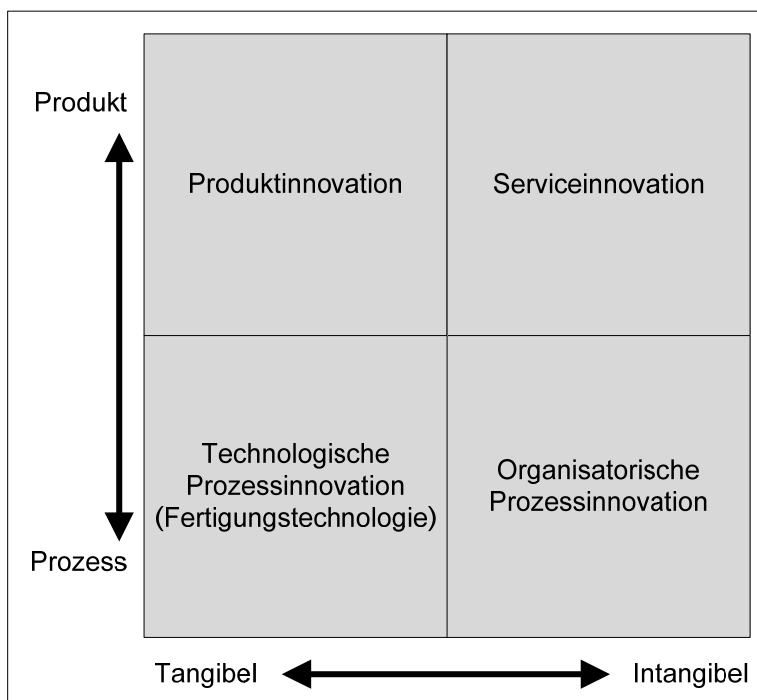


Abbildung 9: Innovationsfelder von produzierenden Unternehmen (Vgl. Kirner et al. (2009, S. 448))

Bei Betrachtung der Dynamik führt eine Produktinnovation in der Regel zu einer internen Prozessinnovation, entweder um die Herstellung des Produktes überhaupt zu ermöglichen oder um eine Effizienzsteigerung eines bestehenden Prozesses herbeizuführen.¹¹¹ Diese grundsätzliche Dynamik zwischen Produkt- und Prozessinnovation wird in Abbildung 10 dargestellt. So steht zu Beginn einer Produktinnovation die Bedürfnisbefriedigung des Marktes im Vordergrund (Effektivitätsgedanke). Erfolgreiche Innovationen fordern aufgrund steigender Absatzzahlen eine Erhöhung des Outputs und damit einhergehend Innovationen im Bereich der Prozesse, meist durch den Einsatz neuer Technologien, bzw. der

¹¹⁰ Kirner et al. 2009, S. 448; Hauschildt und Salomo 2011, S. 10; Edquist et al. 2001, S. 12ff.

¹¹¹ Utterback und Abernathy 1975, S. 641

Verbesserung eingesetzter Technologien. Gegen Ende des Innovationszyklus liegt der Fokus auf der Standardisierung des Prozesses zur Minimierung der Produktkosten (Effizienzgedanke).¹¹² Diese Dynamik, und damit einhergehend die Fähigkeit von Unternehmen zur Innovation, wird von Wördenweber und Wickord (2008) mit den Dimensionen Markt, Ressourcen und Timing beschrieben. Für die Analyse der Auswirkungen von Innovationen spielt diese Dynamik eine wichtige Rolle¹¹³ und wird in Kapitel 2.4 vertieft behandelt.

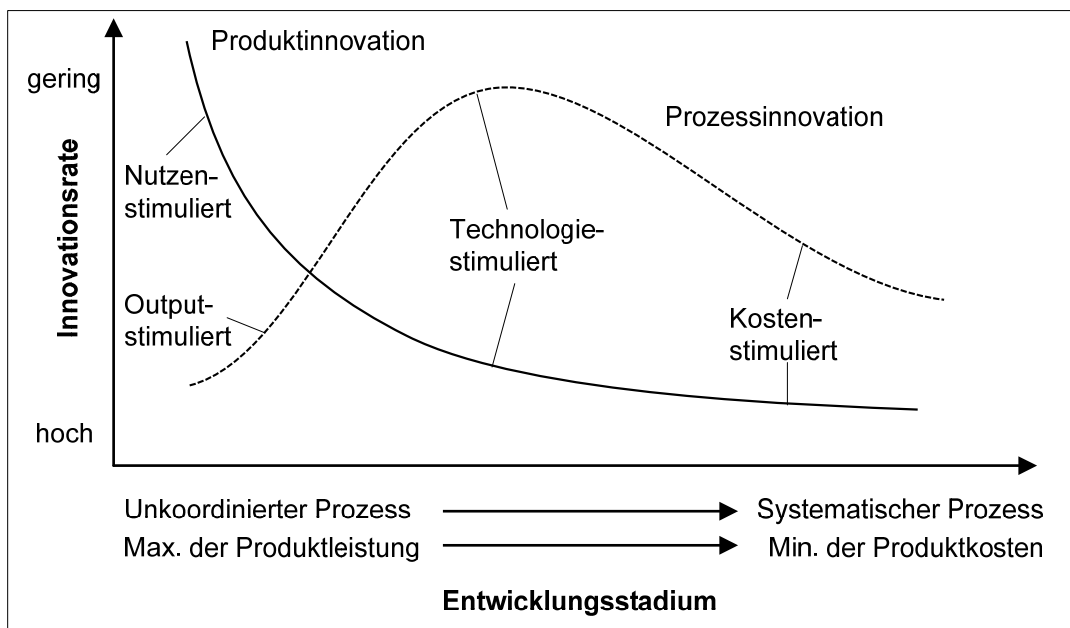


Abbildung 10: Dynamik zwischen Produkt- und Prozessinnovation entlang des Entwicklungszyklus (Vgl. Utterback und Abernathy (1975, S. 645))

In Bezug auf Systemeigenschaften kann eine Innovation ganze Systemverbünde neuartig gestalten, oder nur einzelne Systeme bzw. einzelne Systemkomponenten neu schaffen oder neu verknüpfen.¹¹⁴ Diese Unterscheidung ist in der Frage nach den Auswirkungen der Innovation auf die Organisation besonders relevant¹¹⁵ und wird vertieft in Kapitel 2.4 behandelt.

Unter postindustriellen Innovationen werden die Neuerungen verstanden, die in einem Netzwerk erfolgen und eine kritische Menge von Benutzern erfordern (bspw. Kreditkarten als Innovation des Zahlungsverkehrs).¹¹⁶ Obwohl diese Innovationen eine hohe gesellschaftliche Tragweite haben können, werden sie nicht als Kernaufgabe

¹¹² Utterback und Abernathy 1975, S. 645ff.

¹¹³ Edquist et al. 2001, S. 17

¹¹⁴ Hauschildt und Salomo 2011, S. 8f., Henderson und Clark 1990, S. 11ff.

¹¹⁵ Henderson und Clark 1990, S. 16ff.

¹¹⁶ Hauschildt und Salomo 2011, S. 10

produzierender Unternehmen gesehen und in der vorliegenden Arbeit nicht weiter behandelt.

Die im Oslo-Handbuch zur Sammlung und Interpretation von Innovationsdaten verwendeten Definitionen fassen die oben beschriebenen inhaltlichen Dimensionen entsprechend zusammen.¹¹⁷

2.3.2.2 Die Intensitätsdimension

Die Intensitätsdimension bewertet das Ausmaß der Neuartigkeit von Innovationen.¹¹⁸ Ob eine Erfindung innovativ ist, wird bei technischen Erfindungen in einem geordneten Prüfungsverfahren von Patentämtern beurteilt, die Einstufung erfolgt demnach über eine Expertenmeinung.¹¹⁹ Verschiedenen Ansätze, die die graduelle Bewertung der Neuigkeit einer Erfindung („Innovationsgrad“, „Innovationsgehalt“) untersuchen, erweitern die Betrachtung der „Neuartigkeit der Tatsache“ nach.

In Bezug auf diese graduellen Bewertungsansätze werden in der Regel Dichotomien wie „geringfügig oder fundamental“, „inkrementell oder radikal“, „evolutionär oder revolutionär“, „kontinuierlich oder diskontinuierlich“ verwendet.¹²⁰ Um genauer differenzieren zu können, werden auch Ordinalskalen verwendet.¹²¹ Hierzu ordnet Gerpott (2005) radikalen Innovationen (bzw. „Basis-, Durchbruch-, oder Pionierinnovationen“) einen hohen quantitativen Innovationsgrad („Anzahl der neu gestalteten Produkt-/Prozessbausteine“) und einen hohen qualitativen Innovationsgrad (Stärke einfließender neuer naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse) zu.¹²² Henderson und Clark (1990) bewerten technologische Innovationen dahingehend, ob sich das technische Kernkonzept verändert hat und wie stark sich die Beziehungen zwischen Kernkonzept und Komponenten der Technologie verändert haben. Neben inkrementellen/radikalen Innovationen, bei denen sich weder/sowohl das technologische Kernkonzept noch/als auch die Beziehungen zu Komponenten verändert hat, werden architektonische Innovationen, bei denen sich die Beziehungen von Komponenten bei bestehendem Kernkonzept ändern, und modulare

¹¹⁷ OECD 2005, S. 47ff.

¹¹⁸ Hauschildt und Salomo 2011, S. 11

¹¹⁹ Hauschildt und Salomo 2011, S. 12

¹²⁰ Gerpott 2005, S. 41, Hauschildt und Salomo 2011, S. 12

¹²¹ Hauschildt und Salomo 2011 zitiert Kleinknecht et al. 1993, S. 44f. und Kleinschmidt und Cooper 1991, S. 243f.

¹²² Gerpott 2005, S. 41

Innovationen, bei denen die Beziehungen von Komponenten zum veränderten Kernkonzept unverändert bleiben, unterschieden (Abbildung 11).¹²³

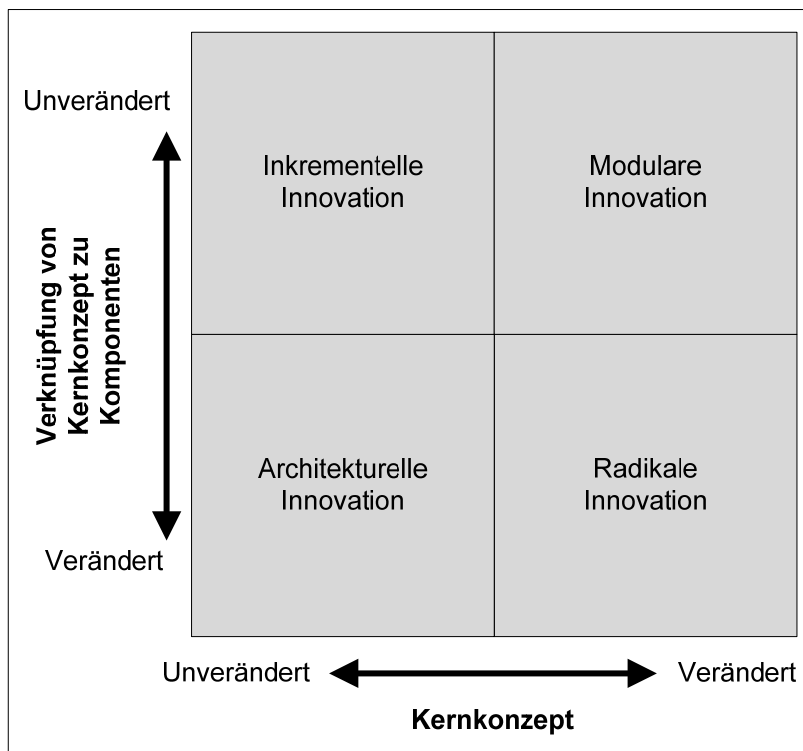


Abbildung 11: Arten technologischen Wandels (Henderson und Clark (1990, S. 12))

Weiterhin finden Scoring-Modelle und multidimensionale Ansätze Anwendung, um den Innovationsgrad intersubjektiv bestimmen zu können. Dazu werden unterschiedliche Sichtweisen und eine Vielzahl von Dimensionen und Messwerten verwendet.¹²⁴ Diese Bewertungsverfahren beziehen neben technischen Neuerungsaspekten auch das Ausmaß der durch die Innovation verursachten bzw. vorausgesetzten Veränderungen ein und beziehen sich auf Dimensionen entlang des Wertsystems in dem sich ein Unternehmen befindet bzw. auf das gesamte Systemumfeld.¹²⁵

2.3.2.3 Die subjektive Dimension

Die subjektive Dimension berücksichtigt, welche Personen bzw. Personenkreise die Neuerung als tatsächliche Innovation wahrnehmen. Hauschildt und Salomo (2011, S. 18) unterscheiden hierbei Experten, Führungskräfte, Branche, Nation, und Menschheit. Für die betriebswirtschaftliche bzw. industrieökonomische Sicht wird empfohlen, Innovationen als „diejenigen Produkte oder Verfahren, die innerhalb einer

¹²³ Henderson und Clark 1990, S. 11f.

¹²⁴ Hauschildt und Salomo 2011, S. 13ff., Gerpott 2005, S. 43ff.

¹²⁵ Hauschildt und Salomo 2011, S. 13ff.

Unternehmung erstmalig eingeführt werden“ bzw. „zugleich innerhalb einer Branche erstmalig eingeführt werden“ zu definieren.¹²⁶

Zusammenfassend werden Innovationen in dieser Arbeit inhaltlich in Produkt- und Prozessinnovationen unterschieden. Der Fokus wird hierbei auf technische Produkt- und Prozessinnovationen gelegt. Hierbei werden neuartige Gesamtsysteme und Systemkomponenten gleichermaßen berücksichtigt. Hinsichtlich des Innovationsgrades wird in Zusammenhang mit der subjektiven Dimension eine vertiefende Betrachtung in Kapitel 5 angestellt, um das Ausmaß der Veränderung einer Innovation für ein Unternehmen quantifizieren und qualitativ bewerten zu können. Grundsätzlich wird der Fokus hierbei auf „Veränderungen des Leistungs- und Kostenprofils von Produkten und Prozessen eines Unternehmens“ und „Veränderungen der [...] Mitarbeiterkompetenzen in einem Unternehmen“ gelegt.¹²⁷

¹²⁶ Hauschildt und Salomo 2011, S. 20

¹²⁷ Gerpott 2005, S. 43f.

2.4 Effekte von Produkt- und Prozessinnovationen auf Wertschöpfung und Beschäftigung

Die Untersuchung von Innovationen hinsichtlich ihrer Effekte auf Wachstum (und in weiterer Folge Wertschöpfung) und Beschäftigung wurde längere Zeit nur untergeordnet untersucht, da Innovation meist als exogene Variable betrachtet wurde, die außerhalb ökonomischer Sphären begründet ist.¹²⁸ Die in den letzten Jahrzehnten entwickelten „System of Innovation“-Ansätze (SI-Ansätze)¹²⁹ entgegen diesem Defizit und zeichnen sich durch folgende ausgewählte Charakteristiken aus:¹³⁰

- Innovationen und Lernprozesse stehen im Vordergrund der Untersuchungen
- Es wird eine möglichst ganzheitliche und interdisziplinäre Perspektive eingenommen
- Sie wenden eine zeitliche Perspektive an, um Entwicklungsprozesse abbilden zu können
- Sie heben eher Systemunterschiede als optimale Lösungen hervor, sind demnach eher qualitativ als quantitativ
- Sie betonen Zwischenbeziehungen (Wertschöpfungsnetze, Regularien, Normen etc.) und Nichtlinearität
- Sie berücksichtigen die im vorangegangenen Kapitel beschriebene inhaltliche Dimension der Innovation und deren Subkategorien
- Sie heben die zentrale Rolle von Institutionen hervor, um bei Untersuchungen den sozial bedingten Pfaden von Innovationsaktivitäten gerecht zu werden

SI-Ansätze basieren in der Regel auf neoklassischen Produktionsfunktionen, die den Output einer Wirtschaftseinheit als Funktion der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital über die Zeit abbilden.¹³¹ Innovationen werden in diesen Modellen als technologische Veränderung über die Zeit verstanden, und damit als Veränderungsprozess von Wirtschaftseinheiten hinsichtlich der Produkte und der Art, diese Produkte zu produzieren¹³². Dieser Prozess wird von Markttreibern, wie Kosten, Nachfrage oder Knappheit und bestehenden technologischen Möglichkeiten gelenkt und als

¹²⁸ Edquist et al. 2001, S. 4

¹²⁹ Aufgrund der Vielzahl an Literatur, insbesondere der vielfältigen empirischen Untersuchungen in den vergangenen 15 Jahren, liegt der Fokus dieser Arbeit auf die am meisten referenzierten Werke.

¹³⁰ Edquist et al. 2001, S. 5f.

¹³¹ Stoneman 1983, S. 3ff., Vivarelli 1995, S. 10

¹³² Stoneman 1983, S. 3

kumulativer, irreversibler Prozess verstanden der einen bestimmten Entwicklungspfad vorgibt.¹³³ Die wesentlichen Entwicklungspfade ergeben sich aus der Betrachtung neutraler technologischer Veränderung, also technologischer Veränderung, welche die Produktionsfunktion bei unverändertem Verhältnis zwischen Arbeit und Kapital nach außen verschiebt.¹³⁴ Diese neutrale technologische Veränderung hängt jedoch von der Entwicklung der Wirtschaftseinheit über die Zeit ab, sodass im Wesentlichen drei unterschiedliche Arten der Neutralität der technologischen Veränderung unterschieden werden:¹³⁵

- Eine Wirtschaftseinheit ist Harrods-neutral, wenn sich der Output bei konstantem Verhältnis von Kapital und Output, also arbeitssteigernd, entwickelt.
- Eine Wirtschaftseinheit ist Solow-neutral, wenn sich der Output bei konstantem Verhältnis von Arbeit und Output, also kapitalsteigernd, entwickelt.
- Eine Wirtschaftseinheit ist Hicks-neutral, wenn sich der Output bei konstantem Verhältnis zwischen Arbeit und Kapital, also produktsteigernd, entwickelt.

Die Produktionsfunktion, die alle drei Entwicklungspfade beschreiben kann, ist die Cobb-Douglas-Produktionsfunktion¹³⁶. Sie wird daher sowohl zur Untersuchung der verschiedenen theoretischen Wirkbeziehungen zwischen Innovation, Wertschöpfung und Beschäftigung als auch zur Modellbeschreibung in diesbezüglichen empirischen Untersuchungen herangezogen.

Diese Wirkbeziehungen und Effekte werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

2.4.1 Theoretische Wirkbeziehungen zwischen Innovation, Wertschöpfung und Beschäftigung

Zur Untersuchung der Wirkbeziehung zwischen Innovationen wird zwischen den grundsätzlichen Innovationsarten Produkt- und Prozessinnovationen unterschieden. Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, dienen Produktinnovationen der Befriedigung einer Nachfrage, Prozessinnovationen der Steigerung der Produktivität. Bei der

¹³³ Stoneman 1983, S. 3, Vivarelli 1995, S. 10f.

¹³⁴ Stoneman 1983, S. 4

¹³⁵ Stoneman 1983, S. 5, Vivarelli 1995, S. 16ff.

¹³⁶ Vivarelli 1995, S. 6

Untersuchung der theoretischen Wirkbeziehungen zwischen Innovation, Wertschöpfung und Beschäftigung müssen demnach Produktivität und Produktivitätssteigerungen, Marktwachstum und Wirtschaftswachstum mit in die Analyse einbezogen werden, da insbesondere Produktivitätssteigerungen und Marktwachstum die dynamischen Verbindungen zwischen den Innovationsarten ihrer Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung darstellen.¹³⁷

Produktivität wird hierbei als Verhältnis von Wertschöpfung und Faktoreinsatz (Arbeit und Kapital) gemessen. Die Arbeitsproduktivität ist demnach als Wertschöpfung pro Beschäftigten bzw. pro gearbeitete Stunden definiert und gilt als gängigste Messgröße für Produktivität, während bei der Kapitalproduktivität entsprechend den Beitrag des Kapitaleinsatzes an der Wertschöpfung misst.¹³⁸ Um beide Inputgrößen in die Produktivitätsuntersuchung einzubinden wird das Konzept der totalen Faktorproduktivität angewandt. Während eine Steigerung der Arbeit oder des Kapitals entsprechend ihrer jeweiligen Produktivität zum Produktionswachstum beiträgt, ist davon auszugehen, dass sich die Produktion im Laufe der Zeit durch technologischen Fortschritt verbessert und das Gesamtwachstum der Produktion höher ist als die Wachstumsbeiträge gesteigerter Einsatzfaktoren. Dieses residuale Wachstum durch technologischen Fortschritt wird entsprechend mit dem Wachstum der totalen Faktorproduktivität (TFP) begründet.¹³⁹ Die TFP „erfasst daher alles, was die Beziehungen zwischen gemessenen Inputs und gemessenem Output ändert“.¹⁴⁰ In Bezug auf die Einflüsse von Innovationen bzw. technologischen Änderungen auf die Inputs und Outputs der Produktion, wird in Makrobetrachtungen häufig nicht zwischen Produkt- und Prozessinnovationen unterschieden. Auf weniger stark aggregierter Ebene ist diese Unterscheidung jedoch wichtig.¹⁴¹ Prozessinnovationen führen dementsprechend zu einer Verschiebung der Produktionsfunktion, während Produktinnovationen zu einer vollständig neuen Produktionsfunktion führen.¹⁴²

Die Beeinflussung der Arbeits- und Kapitalproduktivität im Sinne des Nettoproduktionswertes durch Produkt- und Prozessinnovation wird in Weber (1980, S. 53ff.) beschrieben. Produktinnovationen können hierbei der Verringerung des

¹³⁷ Edquist et al. 2001, S. 23

¹³⁸ Edquist et al. 2001, S. 23f.

¹³⁹ Mankiw 1993, S. 154f.

¹⁴⁰ Mankiw 1993, S. 156

¹⁴¹ Edquist et al. 2001, S. 24

¹⁴² Edquist et al. 2001, S. 24

Materialeinsatzes bei konstanten Materialpreisen zugeordnet werden, technologische und organisatorische Prozessinnovationen können beinahe jeglichen aufgelisteten Ursachen zugeordnet werden (Abbildung 12).

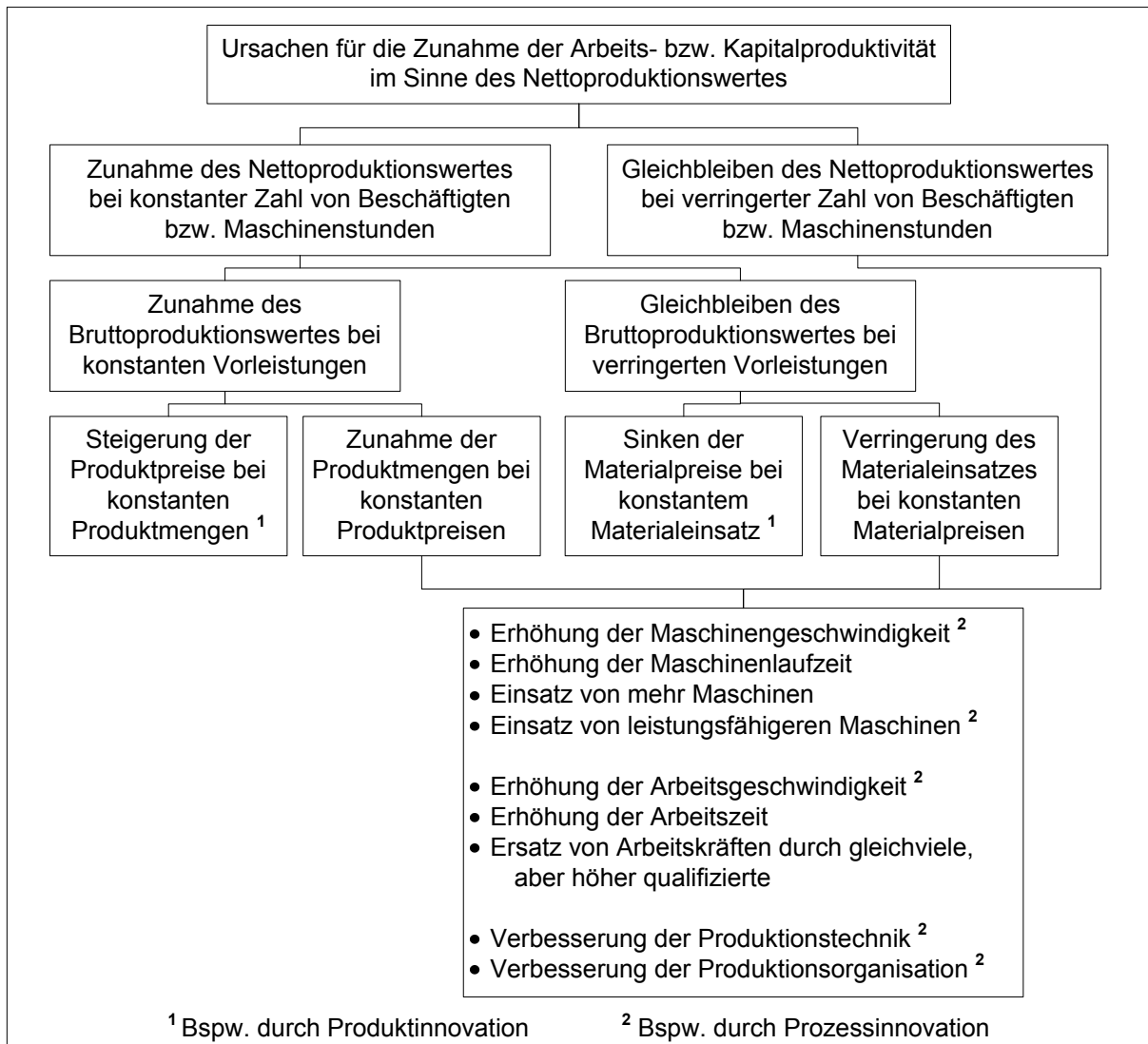


Abbildung 12: Mögliche Ursachen für Zunahme der Arbeits- bzw. Kapitalproduktivität im Sinne des Nettoproduktionswertes je Beschäftigten (in Anlehnung an Weber (1980, S. 56))

Die unterschiedlichen Effekte von Produkt- und Prozessinnovationen auf die Wertschöpfung und Beschäftigung gliedern sich in Nachfrageeffekte, Substitutionseffekte, Verdrängungseffekte, Kompensationseffekte und dynamische bzw. Sekundäreffekte (Abbildung 13).

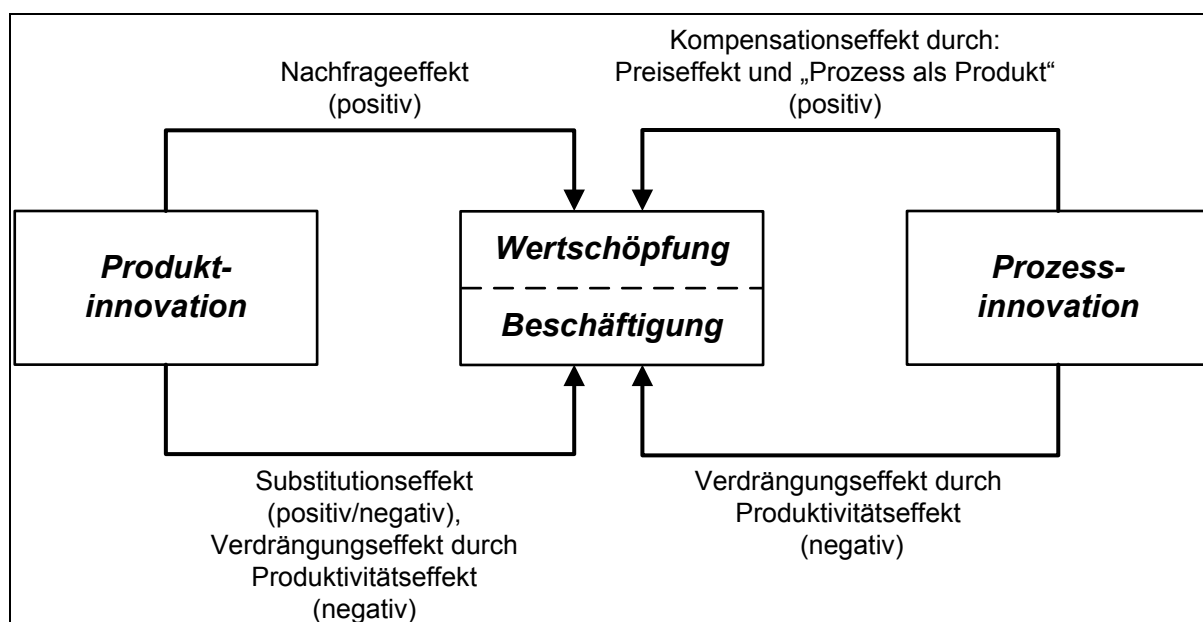


Abbildung 13: Theoretische Wirkbeziehungen zwischen Produkt- und Prozessinnovationen und Wertschöpfung und Beschäftigung (in Anlehnung an Peters et al. (2014, S. 20), Harrison et al. (2014, S. 30), Vivarelli (1995, S. 26ff.))

2.4.1.1 Effekte von Produktinnovationen

Produktinnovationen führen zu geänderten Produktionsfunktionen und damit zu einer Veränderung der Wertschöpfung und Beschäftigung (Nachfrageeffekt)¹⁴³. Wichtig bei der Analyse von Effekten von Produktinnovationen auf die Wertschöpfung und Beschäftigung ist jedoch, ob die Produktinnovation ein komplementäres Produkt ist oder ein Substitut¹⁴⁴. Während ein komplementäres Produkt grundsätzlich zu einer Steigerung der Wertschöpfung und Beschäftigung führt, verhält sich die Wertschöpfung und Beschäftigung bei Substitutionsprodukten neutral sofern die Einsatzfaktoren auf den neuen Produktbereich übertragen werden. Da Produktinnovationen aber auch zu einer Veränderung der Produktion führen können, die sich in einer neuen Produktionsfunktion äußert, sind geänderte Produktivitäten der Einsatzfaktoren möglich¹⁴⁵. Für den Fall der Steigerung der Arbeitsproduktivität, beispielsweise durch eine montageoptimierte Gestaltung des Produktes, kann ein Beschäftigungsrückgang erfolgen (Verdrängungseffekt durch Produktivitätseffekt). Eine geänderte Arbeitsproduktivität muss jedoch nicht zu einer geringeren Beschäftigung führen, sondern kann die Ursache in einer veränderten Wertschöpfung

¹⁴³ Edquist et al. 2001, S. 46ff.

¹⁴⁴ Edquist et al. 2001, S. 46

¹⁴⁵ Edquist et al. 2001, S. 58

haben. Diese Wertschöpfungsveränderung kann unterschiedlich begründet sein, beispielsweise durch gesteigerte Output-Qualität und entsprechend höherer monetärer Bewertung der Wertschöpfung, nicht beliebig flexiblen Einsatz von Produktionsfaktoren oder fehlende Skaleneffekte.

Im Bereich der Produktinnovationen werden die Effekte der Dynamik und der Sekundäreffekte durch den Neuigkeitsgrad der Produkte bestimmt¹⁴⁶. Produkte, die ein völlig neues Bedürfnis befriedigen oder eine neue Funktion erfüllen, führen zu positiven Nettoeffekten der Beschäftigung. Wird dieses Produkt in weiteren Ländern oder Unternehmen produziert, führt dies ebenfalls zu Beschäftigungswachstum. Je nach Wachstum der Märkte kann es zu einer Umverteilung der Arbeit und damit zu regionalen Defiziten oder zu einer insgesamt positiven Beschäftigungsentwicklung kommen¹⁴⁷. Bei Substitutionsprodukten hängt der Beschäftigungseffekt stark von der Nachfrageänderung durch die verbesserte Funktion des neuen Produktes ab, bzw. ob der Innovationsschwerpunkt überhaupt auf einer funktionalen Neuerung oder auf der kostengünstigeren Gestaltung des Produktes liegt, und mit welcher Prozesstechnologie dieses gefertigt wird, also wie arbeitseinsparend eine ggf. neue Produktion im Vergleich zur alten ist. Grundsätzlich geht man bei Produktinnovationen trotz Substitutionseffekt von einer positiven Beschäftigungsentwicklung aus.

2.4.1.2 Effekte von Prozessinnovationen

Technologische Prozessinnovationen wie beispielsweise neue Maschinen und Anlagen führen in der Regel zu einer Steigerung der Arbeitsproduktivität und damit zu einer Verdrängung des Faktors Arbeit hin zum Faktor Kapital. Der unmittelbare Effekt ist demnach ein Beschäftigungsrückgang (Verdrängungseffekt)¹⁴⁸.

Die Entwicklung technologischer Prozessinnovationen ist jedoch marktgetrieben und kann unterschiedliche Entwicklungspfade verfolgen¹⁴⁹: Aus neoklassischer Sicht werden neue Technologien eingeführt, um den Faktoreinsatz bewusst in Richtung des relativ günstigeren Faktors zu verschieben („induced bias“ Ansatz). Liesegang (2002, S. 257ff.) zeigt diese Zusammenhänge zwischen Prozessinnovation und Produktionsfunktion anhand unterschiedlicher Betriebsmittel in einem Einproduktunternehmen (Abbildung 14). Sind die variablen Kosten der Betriebsmittel

¹⁴⁶ Edquist et al. 2001, S. 97ff.

¹⁴⁷ Edquist et al. 2001, S. 97

¹⁴⁸ Edquist et al. 2001, S. 27

¹⁴⁹ Vivarelli 1995, S. 10f.

(Faktorinputkosten) bekannt, so lassen sich die kostengünstigsten Betriebsmittel zur Erzeugung einer gewissen Outputmenge (Isoquante) auswählen (Diagramme A und B). Bei einer Veränderung von Kostenstrukturen finden kurz- und mittelfristig Anpassungsprozesse in der Auswahl der notwendigen Betriebsmittel statt (Diagramm C). Langfristig können Prozessinnovationen zu Kosteneinsparungen bzw. zu einer veränderten Kostenstruktur führen oder Produktinnovationen ermöglichen, die sich in einer neuen Produktionsfunktion darstellen lässt (Diagramm D).

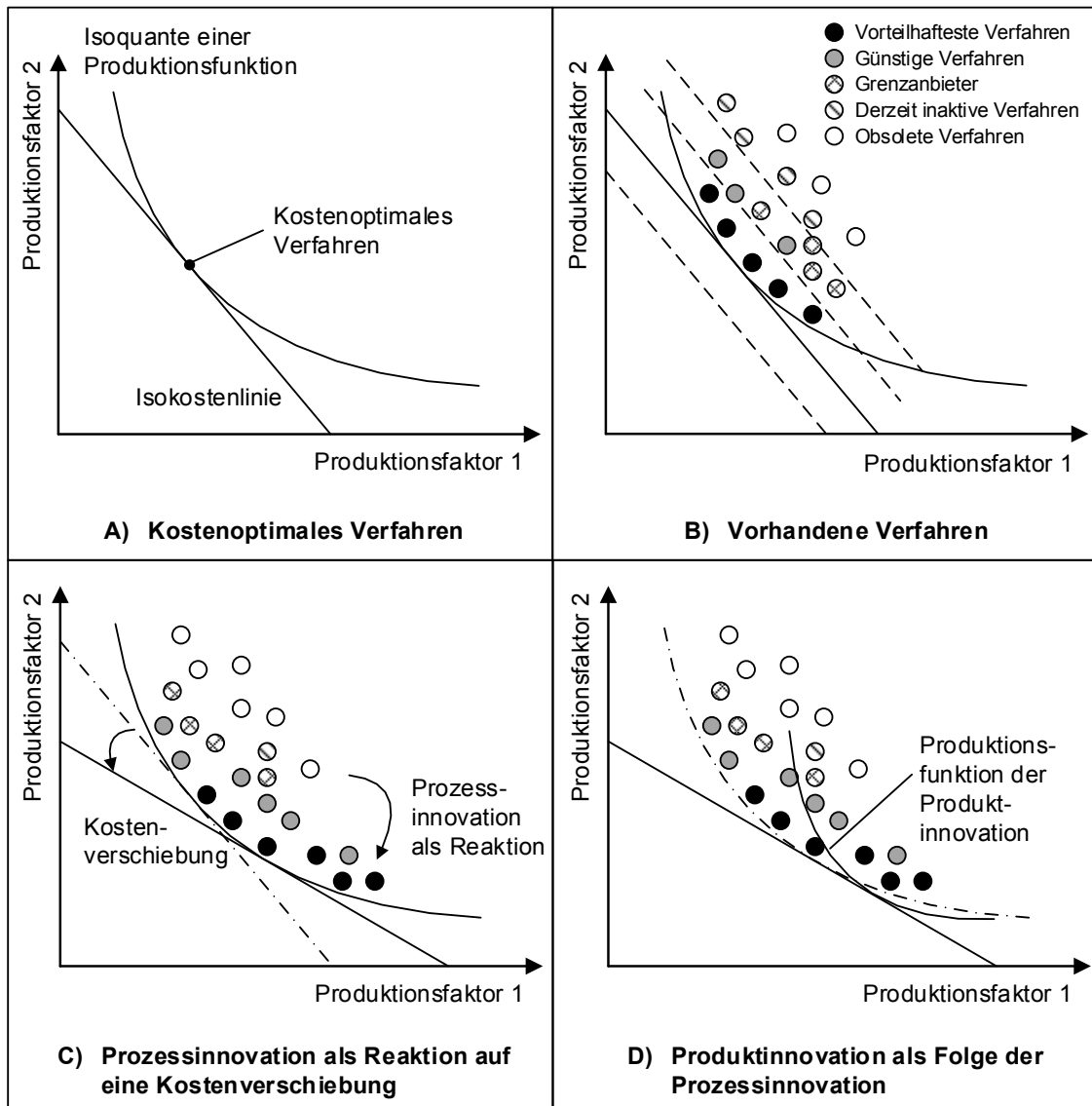


Abbildung 14: Produktionsfunktion, Kostenverschiebung und Innovation als Reaktion (in Anlehnung an Liesegang (2002, S. 259ff.))

Technologische Neuerungen in Prozessen werden jedoch auch durch eine konkrete Nachfrage stimuliert, also beispielsweise durch die Erfordernisse aufgrund einer Produktinnovation. Ein dritter Markttreiber ist die Knappheit von Arbeit, dem durch arbeitseinsparende Prozessinnovationen entgegengewirkt werden soll. Die Richtung

und Stärke von resultierenden Effekten hängen also von der Tendenz des technischen Fortschritts, den Elastizitäten des Angebotes und der Nachfrage nach Einsatzfaktoren und von Skaleneffekten bei Erhöhung des Outputs ab¹⁵⁰ und variieren stark über die verschiedenen Branchen des produzierenden Gewerbes¹⁵¹.

Im Fall von organisatorischen Prozessinnovationen ist zu unterscheiden, ob diese arbeitseinsparend oder kapitaleinsparend sind¹⁵². So bewirkt beispielsweise die Einführung von Prinzipien der Lean-Production eine Steigerung der Arbeitsproduktivität mit den Effekten einer technologischen Prozessinnovation. Andere organisatorische Prozessinnovationen wie die Einführung von Kanban-Regelkreisen oder einer Just-in-Time-Materialversorgung zielen darauf ab, Bestände zu reduzieren, wirken also kapitaleinsparend und steigern demnach die Kapitalproduktivität. Diese kapitaleinsparenden organisatorischen Prozessinnovationen haben keinen Einfluss auf die Beschäftigung.

Unter Kompensationseffekten durch Prozessinnovationen werden diejenigen Beschäftigungseffekte verstanden, die den ursprünglichen arbeitseinsparenden Effekten von Prozessinnovationen entgegenwirken¹⁵³. Der am häufigsten genannte Kompensationseffekt resultiert aus dem Mechanismus der sinkenden Preise¹⁵⁴. Aus neoklassischer Sicht führt eine Prozessinnovation zu einer Verringerung der Grenzkosten eines Produktes und veranlasst das Unternehmen, die Produktionsmenge so einzustellen, dass die marginalen Stückkosten den Grenzerlösen entsprechen. Bei gegebener Nachfragekurve führt dies zu einem geringeren Preis bei höherem Output und somit grundsätzlich zu einer steigenden Nachfrage nach Beschäftigung¹⁵⁵. Dieser Preismechanismus wird jedoch insofern kritisiert, als dass die ursprüngliche neoklassische Nachfrage nach einem Gut bereits bedient war und daher je nach Höhe der Preiselastizität der Nachfrage nach diesem Gut kein zusätzlicher Bedarf an diesem Gut besteht¹⁵⁶. Des Weiteren führt der ursprüngliche Beschäftigungsrückgang zu einer geringeren Kaufkraft und damit zu geringerer Nachfrage¹⁵⁷. Schließlich wird kritisiert, dass eine Stückkostenreduktion in

¹⁵⁰ Stoneman 1983, S. 167

¹⁵¹ Stoneman 1983, S. 166

¹⁵² Edquist et al. 2001, S. 34ff.

¹⁵³ Vivarelli 1995, S. 27ff.

¹⁵⁴ Vivarelli 1995, S. 29

¹⁵⁵ Stoneman 1983, S. 151ff.

¹⁵⁶ Vivarelli 1995, S. 29

¹⁵⁷ Vivarelli 1995, S. 29

der Regel nicht unmittelbar oder im Falle eines Monopoles überhaupt nicht an den Konsumenten weitergegeben wird sondern der Steigerung der Produzentenrente dient¹⁵⁸. Diese Kritikpunkte werden bei der Beschreibung der Dynamik und der Sekundäreffekte genauer betrachtet.

Ein weiterer Kompensationsmechanismus ist der Mechanismus über neue Maschinen¹⁵⁹. Sofern neue Maschinen und Anlagen die arbeitseinsparenden Effekte in einer Güterproduktion ermöglicht haben und diese ebenfalls hergestellt werden müssen, führt dies zu Kompensationseffekten in anderen Branchen („Kompensation durch Prozess als Produkt“). Die zur Herstellung der Maschinen und Anlagen erbrachte Wertschöpfung und Beschäftigung muss jedoch geringer sein als die der ursprünglichen manuellen Produktion, da die Herstellung der Maschine sonst nicht rentabel ist. Der Nettoeffekt dieses Kompensationsmechanismus muss also negativ sein.

Beim Kompensationsmechanismus durch Investitionen wird davon ausgegangen, dass die durch geringere Herstellkosten gestiegene Produzentenrente in neue Produktionen, beispielsweise für neue Produkte, investiert wird und neue Wertschöpfung und Beschäftigung entsteht.¹⁶⁰ Möglich ist jedoch auch eine Investition in weitere produktivitätssteigernde Maßnahmen.¹⁶¹

Bei der Betrachtung der Dynamik und der Sekundäreffekte unterscheiden Edquist et al. (2001, S. 84ff.) bei Prozessinnovationen zwischen mittelfristigen und langfristigen Effekten. Ausgangspunkt sind wirtschaftspolitisch stimulierte Nachfragesteigerungen, die Prozessinnovationen notwendig machen und zu Preiseffekten führen oder aus Preissenkungseffekten durch Prozessinnovationen resultierende Nachfragesteigerungen und damit Output- und Wertschöpfungssteigerungen in der Produktion. Die Nachfragesteigerung kann sich aus der gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit und/oder einer erhöhten globalen Nachfrage ergeben. Im Fall gesteigerter Wettbewerbsfähigkeit übernimmt die Wirtschaftseinheit (Unternehmen, Region, Land) Marktanteile von anderen Wirtschaftseinheiten. Ändert sich global gesehen die Gesamtnachfrage nicht, führen die arbeitseinsparenden Technologien global zu geringerer Beschäftigung und monetär bewerteter Wertschöpfung, der

¹⁵⁸ Vivarelli 1995, S. 29

¹⁵⁹ Vivarelli 1995, S. 27

¹⁶⁰ Vivarelli 1995, S. 31

¹⁶¹ Vivarelli 1995, S. 168

Kompensationseffekt kompensiert den Verdrängungseffekt demnach nicht, resultierend in einem negativen Nettoeffekt. Die Wirtschaftseinheit, die an Wettbewerbsfähigkeit gewonnen hat, kann jedoch aufgrund höherer Marktanteile ihre Wertschöpfung und Beschäftigung trotz arbeitseinsparender Maßnahmen steigern, der Nettoeffekt für diese Einheit ist demnach positiv. Dies zeigt die Wichtigkeit des Aggregationslevels bei der Analyse von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch Innovation.¹⁶²

Erhöht sich durch den Preiseffekt die globale Nachfrage, so kann dies zu einer vollständigen Kompensation oder gar Überkompensation der Verdrängungseffekte führen. Die Richtung und Stärke des Nettoeffektes hängt von der Preis- und Einkommenselastizität der Nachfrage ab. Eine arbeitseinsparende Prozessinnovation erhöht die Produktivität der Arbeit und führt neben den aufgezeigten Preiseffekten auch zu einer Erhöhung der Löhne der eingesetzten Arbeiter, deren Konsumverhalten sich dadurch ändert. In der Regel haben Konsumgüter eine geringe Preis- und Einkommenselastizität, sodass die globalen Nettoeffekte hier tendenziell negativ oder neutral ausfallen, während Luxusgüter eine hohe Preis- und Einkommenselastizität aufweisen mit dementsprechend tendenziell positiven Nettoeffekten.¹⁶³ Bei langlebigen Verbrauchsgütern spielt weiterhin der Neuigkeitsgrad eine Rolle: neue Produkte haben eher eine hohe Preiselastizität, während diese im Zuge der Marktdiffusion abnehmen kann.¹⁶⁴ Vivarelli (1995, S. 78ff.) unterscheidet daher die Phase bis zur Sättigung des Marktes, innerhalb der die arbeitseinsparenden Maßnahmen durch Nachfrageeffekte kompensiert werden, und die Phase konstanter Nachfrage, in der auftretende Verdrängungseffekte nicht kompensiert werden.

Langfristige Kompensationseffekte setzen an dem mittelfristigen Effekt der Einkommenseffekte an: langfristig führt das geänderte Konsumverhalten zu Nachfrage nach anderen Produkten und damit zu Beschäftigung in anderen Wirtschaftsbereichen.¹⁶⁵ Ein historisches Beispiel hierfür ist der Wechsel von Beschäftigung vom primären über den sekundären zum tertiären Sektor.

Entgegen dem beschäftigungsreduzierenden Entwicklungspfad durch konsequente Investitionen in Prozessinnovationen zur Reduktion der relativ hohen Arbeitskosten

¹⁶² Edquist et al. 2001, S. 84

¹⁶³ Edquist et al. 2001, S. 85f.

¹⁶⁴ Edquist et al. 2001, S. 86

¹⁶⁵ Edquist et al. 2001, S. 89ff.

steht das Argument, dass Unternehmer ein Interesse an der Reduktion der Gesamtkosten des Produktes haben und den Fokus daher nicht auf die Reduktion von relativ hohen Einsatzfaktoren legen.¹⁶⁶ Dies führt zu einem Verhalten, bei dem der Unternehmer aus einem Portfolio an Technologien auswählt, die es erlauben, die Gesamtkosten zu reduzieren. Da die Investitionen in Technologien mit Risiko und Entwicklungskosten verbunden sind und zusätzlich veränderte zukünftige Faktorpreise zu erwarten sind, werden diese mit in die Wahl der Gesamtkostenkostenoptimierung eingebunden.¹⁶⁷ Diese Gesamtkostenbetrachtung kann zu einem anderen Entwicklungspfad führen, bei dem Lernen, Wissen und der institutionelle Rahmen ein Unternehmen belohnen, wenn es einen bestimmten Weg der technologischen Weiterentwicklung einschlägt. Technologische Weiterentwicklung wird in diesem Kontext im Lernen als Produkt der Erfahrung im Umgang mit sich wiederholenden Problemen gesehen.¹⁶⁸ Die Einführung neuer Technologien zur Outputsteigerung führt zu solchen sich wiederholenden Problemen und stimuliert das Lernen, weshalb die kumulierten Investitionen in neue Technologien als Index des Lernens gelten¹⁶⁹. Dieses Lernen fließt wiederum in die Entscheidung über die Diffusion von Technologien im Unternehmen ein, da sie das Risiko der Investitionsentscheidung minimieren. Der Unternehmer entscheidet sich dann für eine Kombination aus alten und neuen Technologien, bei denen der Output am wahrscheinlichsten nutzenmaximierend ist. Das Lernen führt hierbei also zu einer Spezialisierung, die arbeitseinsparend, aber auch beschäftigungssteigernd sein kann.¹⁷⁰

Betrachtet man die beschriebenen Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung, so ist festzuhalten, dass auch die Frage nach der qualitativen Art der Effekte der Wertschöpfung und Beschäftigung zu stellen ist. Hier werden beispielsweise der Rückgang oder die Redundanz von Fähigkeiten, die Notwendigkeit nach neuen Fähigkeiten, eine rückläufige Zufriedenheit mit der Beschäftigung, die Notwendigkeit von Managementfähigkeiten und die Verlagerung von Spezialwissen nach außerhalb der Fabrik gesehen.¹⁷¹

¹⁶⁶ Edquist et al. 2001, S. 94, Stoneman 1983, S. 52ff.

¹⁶⁷ Stoneman 1983, S. 55

¹⁶⁸ Stoneman 1983, S. 59

¹⁶⁹ Stoneman 1983, S. 59

¹⁷⁰ Edquist et al. 2001, S. 94ff.

¹⁷¹ Stoneman 1983, S. 166 zitiert Rothwell und Zegveld 1979

2.4.2 Empirische Untersuchungen

Wie in diesem Abschnitt gezeigt wird, gibt es eine Vielzahl an empirischen Untersuchungen, welche die Effekte von verschiedenen Arten von Innovationen auf Wertschöpfung und vor allem auf Beschäftigung analysieren. So werden bspw. Daten zu Innovationsaktivitäten, Innovationsausgaben, Einflussfaktoren auf Innovationen, Auswirkungen von Innovationen und Verknüpfungen mit dem Innovationsprozess erhoben. Die Auswirkungen von Innovationen, als zentraler Gegenstand der vorliegenden Arbeit, werden im Fragebogen des Community Innovation Survey (CIS), der inzwischen häufig als Referenz für derartige Untersuchungen herangezogen wird, mit Bezug auf den Gesamtumsatz und die durchschnittliche Beschäftigung der Unternehmen abgefragt.¹⁷² Methodisch bauen die empirischen Untersuchungen auf Regressionsanalysen unter Verwendung von Cobb-Douglas-Produktionsfunktionen als zugrundeliegendem Modell auf. Dennoch unterscheiden sich die Analysen der unterschiedlichen Studien hinsichtlich der Untersuchungsgegenstände, der verfügbaren Daten und der angewendeten Schätzverfahren.¹⁷³ Es ist außerdem anzumerken, dass nicht alle aufgezeigten Studien die Effekte von Produkt- und Prozessinnovationen gleichermaßen untersuchen. Zwar wird, insbesondere bei jüngeren Studien, eine klare Trennung und Berücksichtigung der Innovationsarten vorgenommen, einige Studien sprechen jedoch Innovation im Allgemeinen oder fokussieren auf eine der Innovationsarten.

Die folgenden Abschnitte sollen einen Überblick über die Untersuchungsgegenstände und die Ergebnisse einer Reihe von empirischen Studien geben. Die umfangreichen empirischen Studien zu diesem Thema lassen sich grundsätzlich in mikroökonomische Analysen (auf Firmenebene), makroökonomische Analysen (auf sektoraler Ebene) und kombinierte Betrachtungen (unter Berücksichtigung der Interdependenzen zwischen sektoraler und unternehmensbezogener Entwicklung) unterteilen. Übersichten über die Vielzahl an Arbeiten finden sich beispielsweise in Petit (1995), Pianta (2005), Peters (2008) und Cohen (2010).

Der Fokus wird in dieser Arbeit aufgrund der Eingrenzung auf Effekte in produzierenden Unternehmen auf mikroökonomische und kombinierte

¹⁷² <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/203647/203701/Harmonised+survey+questionnaire+2012/164dfdfd-7f97-4b98-b7b5-80d4e32e73ee>

¹⁷³ Lachenmaier und Rottmann 2006, S. 3; Peters 2008, S. 127ff.

Untersuchungen des produzierenden Gewerbes der letzten zehn Jahre gelegt. Ziel dieser Sekundäranalyse ist es, im Sinne des in Abschnitt 1.3 dargestellten Bezugsrahmens der Informationssystemforschung, die in der empirischen ex-post Analyse verwendeten Untersuchungskriterien und grundsätzlichen Wirkungsrichtungen von Innovationen zu identifizieren und im weiteren Verlauf der Arbeit für den Aufbau einer Vorgehensweise zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten im Sinne eines Planungsinstrumentes für Unternehmen zu nutzen.

2.4.2.1 Empirische Untersuchungen auf Firmenebene

Huergo Orejas und Jaumandreu Balanzo (2004) untersuchen in ihrer Studie die Effekte von Prozessinnovationen auf das Produktivitätswachstum von 2.300 produzierenden spanischen Unternehmen unterschiedlicher Größenklassen. Dabei wird untersucht, ob Prozessinnovationen ein Produktivitätswachstum generieren, wie lange dieses Wachstum anhält und ob die Heterogenität in Produktivitätseffekten in der unterschiedlichen Frequenz der Innovationseinführung begründet ist. Unter der Annahme, dass radikale Prozessinnovationen mit besonders großem Effekt auf das Produktivitätswachstum bei Markteintritt eines Unternehmens eintreten, wird der Einfluss des Alters des Unternehmens auf das innovationsbedingte Produktivitätswachstum untersucht.¹⁷⁴ Die Ergebnisse zeigen, dass neu in den Markt eintretende Unternehmen zunächst überdurchschnittliche Produktivitätssteigerungsraten aufweisen, die im Laufe der Zeit zu branchenüblichen Wachstumsraten konvergieren.¹⁷⁵ Grundsätzlich führen Prozessinnovationen zu einem zusätzlichen Produktivitätswachstum entlang dieses Prozesses der Angleichung, welches über eine gewisse Zeit erhalten bleibt, sich jedoch eine Phase unterdurchschnittlichen Produktivitätswachstums anschließt, sofern keine weiteren Prozessinnovationen eingeführt werden.¹⁷⁶ Die Autoren dieser Studie argumentieren diese Ergebnisse folgendermaßen: Ein durchschnittliches Produktivitätswachstum basiert auf bereits eingeführter technologischer Veränderung, dem organisationalen Lernen und der Absorption von am Markt mehr oder weniger frei vorhandenen Ideen und Methoden der Produktivitätssteigerung. Für diejenigen Unternehmen, die diese Ideen und Methoden zu Beginn eingeführt haben, tragen sie zu einem überdurchschnittlichen

¹⁷⁴ Huergo Orejas und Jaumandreu Balanzo 2004, S. 542

¹⁷⁵ Huergo Orejas und Jaumandreu Balanzo 2004, S. 555f.

¹⁷⁶ Huergo Orejas und Jaumandreu Balanzo 2004, S. 556

Produktivitätswachstum bei. Diese Prozessinnovationen werden aber über gewisse Zeit durch Imitatoren absorbiert und zum Branchenstandard, selbst für wenig oder nicht innovierende Unternehmen.¹⁷⁷ Außerdem wird argumentiert, dass das hohe Produktivitätswachstum bei neu in den Markt eintretenden Unternehmen in innovativen Prozessen und einer Lernphase begründet sein kann, wobei das initiale Produktivitätslevel nicht untersucht wurde.¹⁷⁸ Das hohe Wachstum kann also die Folge der Einführung gänzlich innovativer Prozesse und damit überdurchschnittlicher Produktivität oder die Folge des notwendigen schnellen Lernens zur Erreichung eines durchschnittlichen Produktivitätsgrades sein. Aufgrund der hohen Ausfallrate neuer Unternehmen, wird davon ausgegangen, dass die Notwendigkeit des schnellen Lernens überwiegt.

Eine weitere Studie, die sich den Produktivitätseffekten von technologischen Innovationen widmet, untersucht die Effekte von Innovationen auf die Arbeitsproduktivität von produzierenden Unternehmen in verschiedenen lateinamerikanischen Ländern.¹⁷⁹ Es wird gezeigt, dass technologische Innovationen zu einer deutlichen Steigerung der Produktivität führen.¹⁸⁰ Ähnlich wie bei der vorangegangenen Studie wird jedoch auch hier darauf hingewiesen, dass Unternehmen in Entwicklungsländern einen deutlichen Abstand zur sogenannten „technologischen Grenze“ haben, die von Unternehmen entwickelter Länder gebildet wird¹⁸¹ und damit technologische Innovation eher im Sinne einer Adaption bereits entwickelter Technologien zu verstehen ist.¹⁸² Hier ist demnach die subjektive Dimension der Innovation bei der Interpretation zu berücksichtigen.

Die Effekte auf die Beschäftigung in lateinamerikanischen Ländern untersuchen Crespi und Tacsir (2013) aufbauend auf einer ähnlichen Datenbasis wie in Crespi und Zuniga (2012). Es werden die Effekte von Produkt- und Prozessinnovationen auf das Beschäftigungswachstum und die qualitative Veränderung der Beschäftigung gemessen. Die Messung der quantitativen Beschäftigungsveränderung erfolgt anhand des Umsatzwachstums für alte Produkte, des Umsatzwachstums für Produktinnovationen und einer Variable zur Messung der Effekte von

¹⁷⁷ Huergo Orejas und Jaumandreu Balanzo 2004, S. 556

¹⁷⁸ Huergo Orejas und Jaumandreu Balanzo 2004, S. 556

¹⁷⁹ Crespi und Zuniga 2012

¹⁸⁰ Crespi und Zuniga 2012, S. 282

¹⁸¹ Crespi und Zuniga 2012, S. 282

¹⁸² Crespi und Zuniga 2012, S. 277

Prozessinnovationen zur Produktion von alten Produkten.¹⁸³ Es werden demnach die von Produktinnovationen zu erwartenden Beschäftigungssteigerungen von den durch Prozessinnovationen zu erwartenden Verdrängungseffekten und Sekundäreffekten getrennt. Zur Messung der qualitativen Effekte auf die Beschäftigung erfolgt eine Trennung der Beschäftigungsveränderungen in Veränderungen für qualifizierte Beschäftigte (mit Berufsausbildung) und unqualifizierte Beschäftigte (Grundausbildung oder keine Ausbildung).¹⁸⁴ Die Studie zeigt, dass die Unternehmen in verschiedenen Ländern unterschiedliche Beschäftigungsveränderungen bei Produkt- und gleichzeitigen Prozessinnovationen aufweisen: teilweise sind keine Verdrängungseffekte nachzuweisen, teilweise werden diese durch Nachfrageeffekte (über-)kompensiert.¹⁸⁵ Bei Berücksichtigung von Unternehmensgröße und Innovationsaktivität des Sektors ergibt sich qualitativ dasselbe Ergebnis. Produktinnovationen führen immer zu positiven Beschäftigungseffekten, selbst bei Unternehmen, die insgesamt einen Beschäftigungsrückgang verzeichnen. Bei diesen Unternehmen ist der Beschäftigungsrückgang durch die rückläufige Produktion von alten Produkten zu begründen. Prozessinnovationen bei alten Produkten führen stets zu einem Beschäftigungsrückgang, der jedoch ebenfalls teilweise (über-)kompensiert wird.¹⁸⁶ Die Verteilung der Qualifikation bei Beschäftigungsveränderungen durch Produktinnovationen zeigt kein klares Muster, außer in High-Tech Sektoren, in denen die Anzahl der qualifizierten Beschäftigten stärker steigt. Bei alten Produkten ist ein größerer Beschäftigungsrückgang bei unqualifizierten Beschäftigten zu beobachten.

Piva und Vivarelli (2005) untersuchen die in Abschnitt 2.4.1 beschriebenen Effekte von Innovation auf die Beschäftigung auf Basis eines Panels bestehend aus 575 produzierenden italienischen Unternehmen über einen Zeitraum von sechs Jahren. Die Beschäftigungsänderung wird hierbei abhängig von der Beschäftigungsänderung des Vorjahres, Innovationen in Form von Investitionen in Innovationen im aktuellen und im vorangegangenen Jahr sowie unter der Berücksichtigung des Umsatzes und der Löhne als Kontrollvariablen modelliert.¹⁸⁷ Neben dem Ergebnis, dass Unternehmen, die regelmäßig oder gelegentlich innovieren, gegenüber Nicht-Innovatoren im Durchschnitt größer sind, einen höheren Output erzielen und für mehr

¹⁸³ Crespi und Tacsir 2013, S. 7

¹⁸⁴ Crespi und Tacsir 2013, S. 11

¹⁸⁵ Crespi und Tacsir 2013, S. 24, die Gründe für mögliche ausbleibende Verdrängungseffekte von Prozessinnovationen wird in Vicente-Lorente und Zúñiga-Vicente (2012) diskutiert.

¹⁸⁶ Crespi und Tacsir 2013, S. 27

¹⁸⁷ Piva und Vivarelli 2005, S. 70

Beschäftigungswachstum sorgen, erkennen Piva und Vivarelli (2005), dass Investitionen in Innovation einen geringen positiven Effekt auf die Beschäftigung in derselben Periode haben, während der verzögerte Effekt ein negativer zu sein scheint.¹⁸⁸ Umsätze und Löhne beeinflussen die Beschäftigung erwartungsgemäß positiv bzw. negativ.¹⁸⁹ Eine klare Trennung zwischen Investitionen in Produkt- und Prozessinnovation und damit eine Trennung der jeweiligen Effekte erfolgt jedoch nicht. Zudem ist fraglich, ob Investitionen in Innovation die geeignete Messgröße zur Ermittlung der Effekte ist, da sie kein Maßstab für ein erfolgreiches Innovieren darstellt.

Coad und Rao (2011) untersuchen die Effekte von Innovationen auf Beschäftigung und Umsatzwachstum in Unternehmen in Abhängigkeit von ihrer Unternehmensgröße anhand einer Paneldatenanalyse über 1.920 produzierende amerikanische Unternehmen unterschiedlicher Sektoren.¹⁹⁰ In dieser Studie werden Innovations-Inputs in Form von F&E-Ausgaben am Umsatz und Innovations-Outputs in Form von erteilten Patenten als Messgrößen der Innovationsaktivitäten zugrunde gelegt.¹⁹¹ Sie beobachten dabei drei Unternehmenskategorien: (1) Unternehmen, die wenig Beschäftigungswachstum aufweisen, und dieses Wachstum nur geringfügig mit Innovation zu erklären ist, (2) Unternehmen mit sehr schnellem Beschäftigungswachstum, das im Wesentlichen auf Innovationsaktivitäten zurückzuführen ist und (3) Unternehmen, die am meisten Beschäftigte abbauen und kein Beschäftigungswachstum durch gesteigerte Innovationsaktivitäten erfahren. Die Zuordnung von Unternehmen zu diesen Kategorien scheint jedoch nur vorübergehend zu sein, ein Unternehmen erfährt demnach verschiedene Phasen des Wachstums und Beschäftigungsrückgangs.¹⁹² Die Untersuchung der Abhängigkeit der innovationsbedingten Beschäftigungsentwicklung von der Unternehmensgröße zeigt, dass große Unternehmen eher mit einer positiven Beschäftigungsentwicklung in Verbindung gebracht werden können als kleine Unternehmen.¹⁹³ Ähnlich wie bei Piva und Vivarelli (2005) ist die fehlende Trennung von Effekten von Produkt- und Prozessinnovationen kritisch zu sehen. Die beschriebenen Unternehmenskategorien könnten sich aus der von Utterback und Abernathy (1975) beschriebenen Dynamik ergeben. Ansatzweise wird diese Annahme von Coad und Rao (2011, S. 273) insofern

¹⁸⁸ Piva und Vivarelli 2005, S. 75f.

¹⁸⁹ Piva und Vivarelli 2005 2005, S. 76

¹⁹⁰ Coad und Rao 2011, S. 263

¹⁹¹ Coad und Rao 2011, S. 260

¹⁹² Coad und Rao 2011, S. 278

¹⁹³ Coad und Rao 2011, S. 279

unterstützt, als dass die Ursachen für eine rückläufige Beschäftigung entweder durch den Fokus auf arbeitseinsparende Prozessinnovationen und/oder durch den Misserfolg bei Produktinnovationen beschrieben werden.

Die klare Trennung von Produkt- und Prozessinnovationen bei der Analyse von Beschäftigungseffekten erfolgt in der Studie von Lachenmaier und Rottmann (2006). Sie untersuchen die Veränderungsrate der Beschäftigung unter Berücksichtigung von Prozessinnovationen im Sinne der eingesetzten Produktionstechnologien und Produktinnovationen im Sinne einer Steigerung der Produktqualität. Verwendete Kontrollvariablen sind die Veränderung der Bruttowertschöpfung und der realen Stundenlöhne des betrachteten Sektors zur Abbildung sektoraler Einflüsse sowie das Beschäftigungsniveau des Unternehmens zu Beginn einer Periode zur Abbildung von Unterschieden im Beschäftigungswachstum hinsichtlich der Unternehmensgrößen. Um die verzögerten Effekte von Innovationen zu berücksichtigen, wurden die Veränderungen über Perioden von vier bis fünf Jahren betrachtet.¹⁹⁴ Als Datenbasis liegen der Studie bereinigte Daten von über 4.500 Unternehmen der „Ifo Innovation Survey“ zugrunde, die seit dem Jahr 1982 umfangreiche Firmendaten von über 7.000 deutschen produzierenden Unternehmen umfasst. Die Innovationsstärke der Unternehmen wird in der Umfrage dahingehend erfasst, ob Unternehmen in der betrachteten Periode Innovationen eingeführt haben und von welcher Wichtigkeit diese im Sinne von notwendiger F&E und Patentanmeldungen waren.¹⁹⁵ Auch hier zeigen die Kontrollvariablen die zu erwartenden Effekte auf die Beschäftigungsänderung: Größere Unternehmen wachsen langsamer als kleine Unternehmen, Einzelunternehmen profitieren von sektoralem Wertschöpfungswachstum und höhere Löhne bremsen das Beschäftigungswachstum. Die Effekte von Produkt- und Prozessinnovation auf die Beschäftigung sind beide positiv, der Effekt von Prozessinnovationen fällt stärker aus als der Effekt von Produktinnovationen.¹⁹⁶ Bei Betrachtung der Unterschiede zwischen großen und kleinen Unternehmen zeigt die Studie, dass sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen in kleinen Unternehmen einen deutlich positiven Effekt haben, während bei großen Unternehmen nur Prozessinnovationen einen positiven Effekt auf die Beschäftigung aufweisen, Produktinnovationen beeinflussen die Beschäftigung nicht signifikant. Die Analyse der

¹⁹⁴ Lachenmaier und Rottmann 2006, S. 6ff.

¹⁹⁵ Lachenmaier und Rottmann 2006, S. 11

¹⁹⁶ Lachenmaier und Rottmann 2006, S. 15

Wichtigkeit der Innovation zeigt, dass die Notwendigkeit von F&E keinen Einfluss auf eine zusätzliche Beschäftigung durch Produkt- und Prozessinnovationen hat, Patentanmeldungen jedoch einen zusätzlichen positiven Effekt, insbesondere bei Produktinnovationen aufweisen.¹⁹⁷

In einer späteren Studie erweitern Lachenmaier und Rottmann (2011) die Untersuchung um die zeitliche Dynamik und untersuchen die zeitverzögerten Effekte unterschiedlicher Länge.¹⁹⁸ Auch unter Berücksichtigung von Dynamik sind die Effekte von beiden Innovationsarten über die ersten beiden Perioden positiv, wobei der Effekt von Prozessinnovation höher zu sein scheint. Produktinnovationen in Verbindung mit Patentanmeldungen haben darüber hinaus einen positiven Effekt.¹⁹⁹ Diese Effekte stützen die Hypothese, dass Unternehmen die durch Prozessinnovation erzielten Kostenreduktionen an die Kunden weitergeben und so die Nachfrage stimulieren, ebenso wie die Hypothese, dass die hohen Kosten der Patentanmeldung nur investiert werden, wenn das Produkt besonders erfolgversprechend scheint.²⁰⁰

Triguero et al. (2014) untersuchen die Effekte von Produkt- und Prozessinnovation auf ähnliche Weise wie Lachenmaier und Rottmann (2011) auf Basis von 4.407 produzierenden spanischen Unternehmen, wobei hier zwischen kleinen und mittelständischen und großen Unternehmen unterschieden wird. Auch sie können durchweg positive Beschäftigungseffekte von Prozessinnovationen nachweisen, insbesondere die verzögerten Effekte. Produktinnovationen können sie jedoch keine Beschäftigungseffekte zuordnen.²⁰¹

Parisi et al. (2006) unterscheiden in ihrer Studie zu den Effekten von Innovation auf die totale Faktorproduktivität ebenfalls zwischen Produkt- und Prozessinnovationen. Die bereinigte Datenbasis dieser Studie sind Erhebungen aus den Jahren 1995 und 1998 und sie umfasst 465 produzierende italienische Unternehmen.²⁰² Die Innovationsaktivitäten werden hierbei mit der Frage erfasst, ob im Zeitraum der Erhebungen Produkt- und/oder Prozessinnovationen eingeführt wurden und beziehen sich demnach auf den Output von Innovationsaktivitäten. Je nach Untersuchungsverfahren werden in der Studie unterschiedlich signifikante Ergebnisse

¹⁹⁷ Lachenmaier und Rottmann 2006, S. 19

¹⁹⁸ Lachenmaier und Rottmann 2011, S. 216

¹⁹⁹ Lachenmaier und Rottmann 2011, S. 218

²⁰⁰ Lachenmaier und Rottmann 2011, S. 216f.

²⁰¹ Triguero et al. 2014, S. 797

²⁰² Parisi et al. 2006, S. 2040

erzielt, sodass nur Prozessinnovationen ein Produktivitätswachstum zugeordnet werden kann.²⁰³ Ein weiteres Ergebnis der Studie ist, dass Ausgaben für F&E, die in vielen Fällen als Messgröße für die Analyse von Innovationseffekten verwendet wird, nicht ausreichend Informationsgehalt aufweisen, da diese Ausgaben stark mit Produktinnovation in Verbindung stehen, nicht jedoch mit Prozessinnovationen. Prozessinnovationen stehen in starker Verbindung zu Erhöhungen des Anlagekapitals, also der Beschaffung von neuen Technologien in Form von Maschinen und Anlagen. Es kann jedoch nachgewiesen werden, dass die Fähigkeit der Einführung von neuen Technologien von außerhalb des Unternehmens mit steigenden F&E-Ausgaben steigt.²⁰⁴

Kirner et al. (2009) untersuchen die Einflüsse von Produkt- und Prozessinnovationen unter Berücksichtigung der Innovationsaktivität („low-, medium-, high-tech“) von 1.663 produzierenden deutschen Unternehmen unterschiedlicher Branchen. Die Zuordnung hinsichtlich Innovationsaktivität erfolgt in Abhängigkeit von den F&E-Ausgaben am Umsatz (kleiner 2,5%, 2,5% bis 7%, größer 7%).²⁰⁵ Sie verwenden zur Messung der Effekte von Produktinnovationen die Umsatzanteile von neuen Produkten und Services, die in den vergangenen drei Jahren eingeführt wurden und die Arbeitsproduktivität als Wertschöpfung pro Beschäftigten, Ausschuss- bzw. Nacharbeitsrate und Produktionsdurchlaufzeit für die Messung der Effekte von Prozessinnovationen. Trotz der starken Heterogenität der Innovationsaktivität innerhalb einer Branche, zeigt sich sowohl auf Branchen als auch auf Unternehmensebene, dass low-tech Unternehmen geringere Umsätze mit neuen Produkten und entsprechend auch mit neuen produktbegleitenden Services erzielen.²⁰⁶ Im Bereich der Prozessinnovationen zeigt sich, dass Unternehmen mit geringen F&E-Ausgaben vergleichbare Arbeitsproduktivitäten (unter Berücksichtigung unterschiedlicher Komplexitäten und Losgrößen der Produktion) und Durchlaufzeiten aufweisen wie Unternehmen mit mittleren und hohen F&E-Ausgaben, jedoch geringere Ausschuss- bzw. Nacharbeitsraten. Diese Unternehmen scheinen demnach einen hohen Stellenwert auf eine hohe Prozessstabilität bei geringen Produktionskosten zu legen.²⁰⁷

²⁰³ Parisi et al. 2006, S. 2049f.

²⁰⁴ Parisi et al. 2006, S. 2057f.

²⁰⁵ Kirner et al. 2009, S. 447

²⁰⁶ Kirner et al. 2009, S. 457

²⁰⁷ Kirner et al. 2009, S. 457

Gunday et al. (2011) untersuchen in einem umfangreichen Hypothesentest die Effekte verschiedener Innovationsarten (Produkt, Prozess, Marketing, Organisation) untereinander und auf die Innovationsstärke im Gesamten und daraufhin die Effekte einer hohen Innovationsstärke auf den Markterfolg eines Unternehmens und der Leistungsfähigkeit der Produktion sowie schließlich auf den finanziellen Erfolg des Unternehmens.²⁰⁸ Sie untersuchen die Effekte über einen Zeitraum von drei Jahren für 184 produzierende türkische Unternehmen unterschiedlicher Beschäftigungsgröße, unterschiedlichen Alters und Umsatzvolumens. Über eine Hauptkomponentenanalyse wird eine umfangreiche Anzahl an Indikatoren zu den Innovationsarten und deren Effekte hinsichtlich Leistungssteigerungen gegenüber dem Wettbewerb in den verschiedenen Innovationsarten entsprechend reduziert.²⁰⁹ Die Ergebnisse spiegeln die hohe Wichtigkeit der strategischen Ausrichtung des Innovationssystems wider, was sich daran zeigt, dass beinahe alle Hypothesen zu positiven Effekten bestätigt werden.²¹⁰ Alle Innovationsarten außer Prozessinnovationen haben unmittelbare positive Effekte auf die Innovationsstärke des Unternehmens, während Prozessinnovationen einen mittelbaren Effekt über die Produktinnovation aufweisen. Dies scheint jedoch mit den eher auf Produkte bezogenen Indikatoren des Faktors Innovationsstärke begründbar zu sein. Die Effekte der Innovationsstärke auf den Markterfolg und die Leistungsfähigkeit der Produktion sind ebenfalls positiv. Während der Markterfolg ebenfalls einen unmittelbaren Effekt auf den finanziellen Erfolg des Unternehmens hat, wirkt die Leistungsfähigkeit der Produktion nur mittelbar, über den Markterfolg, auf den finanziellen Erfolg.²¹¹ Dies könnte darin begründet sein, dass die Innovationsarten eher auf Flexibilität, Durchlaufzeit und Qualität als die Indikatoren für die Leistungsfähigkeit der Produktion wirken und den Markterfolg im Sinne von Umsatz, Marktanteil und Kundenzufriedenheit positiv beeinflussen, die Produktionskosten jedoch nicht wesentlich gesenkt werden können, um den finanziellen Erfolg im Sinne von Gewinnmargen positiv zu beeinflussen bzw. die Kosteneffekte an den Kunden weitergegeben werden.

Um die in Abschnitt 2.4.1 beschriebenen theoretischen Effekte von Prozessinnovationen hinsichtlich ihrer arbeitseinsparenden oder kapitaleinsparenden Funktion bei bestehenden Produktionen bzw. ihrer Effekte bei der Einführung einer

²⁰⁸ Gunday et al. 2011, S. 666

²⁰⁹ Gunday et al. 2011, S. 669

²¹⁰ Gunday et al. 2011, S. 671

²¹¹ Gunday et al. 2011, S. 672

komplementären Produktion zu überprüfen, untersuchen Vicente-Lorente und Zúñiga-Vicente (2012) die Wirkweisen anhand von Unternehmensdaten produzierender spanischer Unternehmen über einen Zeitraum von zwölf Jahren.²¹² Ebenso untersuchen sie Effekte von Produktinnovationen hinsichtlich ihrer Wirkungen bezogen auf ihre ergänzende oder substituierende Wirkung im Produktportfolio des Unternehmens. Sie zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit des Beschäftigungsabbaus stark von der Art der Prozessinnovation abhängt.²¹³ Verbesserungen des Produktionsprozesses durch die Beschaffung und Einführung neuer Betriebsmittel weisen auf eine geringere Wahrscheinlichkeit des Beschäftigungsabbaus hin, während Prozessinnovationen durch die Einführung neuer arbeitsorganisatorischer Methoden mit größerer Wahrscheinlichkeit zu Beschäftigungsabbau führen. Im Bereich der Produktinnovationen lässt sich nachweisen, dass Unternehmen, die eine größere Anzahl an Produktinnovationen hervorgebracht haben, mit geringerer Wahrscheinlichkeit Beschäftigung abbauen. Der Nettoeffekt der Beschäftigungsentwicklung ist also nur dann positiv, wenn komplementäre Prozessinnovationen eingeführt werden.²¹⁴ Produktinnovationen führen stets zu einem positiven Beschäftigungswachstum, da Produktverbesserungen und Produktneueinführungen mit hoher Wahrscheinlichkeit die Wettbewerbsfähigkeit und damit die Wachstumschancen des Unternehmens verbessern.

Goedhuys und Veugelers (2012) untersuchen die Effekte von technologischen Produkt- und Prozessinnovationen und ihrer Interdependenzen unter Berücksichtigung der strategischen Alternative der Eigenentwicklung und Fremdbeschaffung („technology make or buy“) auf das Unternehmenswachstum. Sie untersuchen dabei 1.563 produzierende brasilianische Unternehmen unterschiedlicher Größe über eine Befragung.²¹⁵ Sie zeigen, dass die Strategien „Make & Buy“ und „Buy Only“ eine höhere Wahrscheinlichkeit des Produkt- bzw. Prozessinnovationserfolges mit sich bringt als „Make Only“.²¹⁶ Hinsichtlich des Unternehmenswachstums zeigt sich, dass nur Unternehmen mit Produkt- und Prozessinnovationen ein deutliches Wachstum aufzeigen. Mit Bezug auf die Strategie verzeichnen auch diejenigen

²¹² Vicente-Lorente und Zúñiga-Vicente 2012, S. 385ff.

²¹³ Vicente-Lorente und Zúñiga-Vicente 2012, S. 396

²¹⁴ Eine technologiespezifische Analyse von Beschäftigungsauswirkungen durch Prozessinnovation am Beispiel von Umwelt-Technologien mit dem Ergebnis der Beschäftigungssteigerung durch Kosteneinsparungs- und entsprechenden Nachfrageeffekten findet sich in Horbach und Rennings 2013

²¹⁵ Goedhuys und Veugelers 2012, S. 520

²¹⁶ Goedhuys und Veugelers 2012, S. 524

Unternehmen das größere Wachstum, die die erfolgreichere Innovationsstrategie verfolgen.²¹⁷

Colombelli et al. (2013) untersuchen den Effekt von Produkt- und Prozessinnovationen auf das Umsatzwachstum von 1.047 produzierenden französischen Unternehmen über mehrere Perioden. Sie zeigen, dass sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen einen positiven Effekt auf das Umsatzwachstum haben, kleine Unternehmen schneller wachsen als große Unternehmen und der Wachstumseffekt durch Innovation in bereits wachsenden Unternehmen stärker ausfällt. Eine getrennte Betrachtung von Produkt- und Prozessinnovation lässt auf verschiedene Lebenszyklen von Unternehmen schließen: stark wachsende Unternehmen befinden sich eher am Beginn und fokussieren auf Produktinnovationen, während langsam wachsende Unternehmen auf Prozessinnovationen fokussieren.²¹⁸

Zimmermann (2014) geht in seiner Studie dem Einfluss der aktuellen Unternehmenssituation (wachsende oder schrumpfende durchschnittliche Beschäftigung) auf die Beschäftigungseffekte von Produkt- und Prozessinnovationen nach. Die Diskussion baut auf den in Kapitel 2.4.1 vorgestellten theoretischen Wirkbeziehungen und den in diesem Abschnitt aufgezeigten empirischen Studien auf, wonach die Stärke der einzelnen Effekte unterschiedlich ist und die Wirkrichtung des Nettoeffektes nicht eindeutig ist. Die Gründe für schnelles Unternehmenswachstum können unterschiedlich begründet sein: (1) diese Unternehmen befinden sich in einem neuen Markt, in dem Produktinnovationen entgegen gesättigter Märkte die Aufmerksamkeit eher auf das innovierende Unternehmen lenken, (2) expandierende Unternehmen bringen generell häufiger Innovationen hervor, die die Produktpalette erweitern, während schrumpfende Unternehmen mit Innovationen Produkte ablösen und eher eine Sortimentsbereinigung durchführen sowie (3) wachsende Unternehmen ein besseres Management vorweisen und Innovationen eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit haben, während die von schrumpfenden Unternehmen eingeführten Produkte weniger erfolgreich sind oder Prozessinnovationen nicht die gewünschte Produktivitätssteigerung mit sich bringen.²¹⁹ Zimmermann (2014) untersucht anhand einer Datenbasis von ca. 7.000 deutschen mittelständischen Unternehmen über mehrere Wirtschaftsbereiche, ob Innovationen hervorgebracht

²¹⁷ Goedhuys und Veugelers 2012, S. 527

²¹⁸ Colombelli et al. 2013, S. 24

²¹⁹ Zimmermann 2014, S. 135

wurden und ob es sich um Marktneuheiten oder Imitationen handelt.²²⁰ Es wird gezeigt, dass Prozessinnovationen über eine große Bandbreite von Unternehmen ein Beschäftigungswachstum aufweisen, das mit stärkerem Wachstum des Unternehmens und insgesamt gegenüber nicht innovierenden Unternehmen stärker ausfällt. Das Beschäftigungswachstum durch imitierende Produktinnovationen fällt ebenfalls über eine große Bandbreite an Unternehmen positiv aus, unabhängig von der Unternehmenssituation. Marktneuheiten führen nur dann statistisch signifikant zu Beschäftigungssteigerungen, wenn sich das Unternehmen in einer Wachstumsphase befindet.²²¹

Die Effekte von Colombelli et al. (2013) und Zimmermann (2014) spiegeln demnach die von Coad und Rao (2011) aufgezeigten Effekte auch bei einer Trennung von Produkt- und Prozessinnovation wider.

Die Effekte von Produktinnovationen auf den Umsatzerfolg von Unternehmen mit besonderem Fokus auf den Innovationsgrad des Produktes und ob dieses auf einem neuen Markt oder einem bestehenden Markt eingeführt wird, werden von Oh et al. (2015) anhand von 2.496 koreanischen produzierenden Unternehmen untersucht. Es wird dabei in vier unterschiedlichen Innovationsstärken der Branchen von low-tech bis high-tech unterschieden.²²² In high-tech Industrien führen neue und verbesserte Produkte auf neuen Märkten zu negativen Umsatzeffekten. In low-tech Industrien führen neue Produkte auf bestehenden Märkten ebenfalls zu negativen Umsatzeffekten. In medium-high-tech Industrien führen die neue Produkte auf bestehenden Märkten und verbesserte Produkte auf neuen Märkten zu Umsatzsteigerungen.²²³ Andere Strategiekombinationen weisen keine signifikanten Effekte aus.²²⁴ Die Ursachen für die beschriebenen Effekte werden ausführlich anhand verschiedener Charakteristika der koreanischen Industrie beschrieben.²²⁵

²²⁰ Zimmermann 2014, S. 138

²²¹ Zimmermann 2014, S. 140ff.

²²² Oh et al. 2015, S. 42ff.

²²³ Oh et al. 2015, S. 46

²²⁴ Oh et al. 2015, S. 49

²²⁵ Oh et al. 2015, S. 47ff.

2.4.2.2 Empirische Untersuchungen mittels kombinierter Ansätze

Kombinierte Ansätze untersuchen die Interdependenzen zwischen innovationsbedingten Effekten von Unternehmen und den Industriesektoren, mit denen sie in Wechselwirkung stehen.

Verschiedene umfangreiche kombinierte Analysen der Innovationsaktivitäten deutscher Unternehmen und Industrien und deren Effekte auf die Leistungsfähigkeit finden sich in Peters (2008). Sie basieren auf dem „Mannheim Innovation Panel“, welches relevante Daten über Industrie- und Dienstleistungssektoren der deutschen Wirtschaft enthält und sich stark an den Empfehlungen des Oslo Handbuchs²²⁶ orientiert.²²⁷

Die erste Analyse bezieht sich auf die Beschäftigungswirkung von Innovationen gemäß den in Abschnitt 2.4.1 erläuterten theoretischen Wirkbeziehungen. Neben der grundsätzlichen Frage nach den Wirkungsrichtungen verschiedener Produkt- und Prozessinnovationen auf Firmenebene, wird der Frage nach industrieüblichen Mustern dieser Entwicklungen nachgegangen und ein internationaler Vergleich durchgeführt.²²⁸ Die Beschäftigungswirkung von erfolgreichen Produktinnovationen ist durchweg positiv und die Beschäftigung wächst mit der Anzahl der Verkäufe. Substitutionsprodukte lösen die ersetzten Produkte ab und führen zu einem positiven Nettoeffekt. Auch der Innovationsgrad der Produkte führt zu keinen signifikanten Unterschieden im Beschäftigungswachstum. Der Effekt ist im produzierenden Sektor etwas höher als im Dienstleistungssektor, jedoch nicht signifikant.²²⁹ Bei Prozessinnovationen in produzierenden Unternehmen, die der Rationalisierung dienen, überwiegen die Verdrängungseffekte die Kompensationseffekte und führen zu einem Netto-Beschäftigungsrückgang. Prozessinnovationen, die der Verbesserung der Produktqualität dienen, führen zu positiven Beschäftigungseffekten.²³⁰ Bei dienstleistenden Unternehmen führen Prozessinnovationen zu einem Beschäftigungsrückgang, der sich jedoch nicht klar erklären lässt. Eine Begründung ist, dass im Dienstleistungsbereich die Art der Innovation nicht eindeutig unterschieden werden kann. Eine andere Begründung, dass der Dienstleistungsunternehmen tendenziell kleiner sind und Effizienzsteigerungen aufgrund der geringen Marktmacht

²²⁶ OECD 2005

²²⁷ Peters 2008, S. 12f.

²²⁸ Peters 2008, S. 39

²²⁹ Peters 2008, S. 99

²³⁰ Peters 2008, S. 99f.

an Kunden weitergeben müssen.²³¹ Im internationalen Vergleich (Deutschland, Spanien, Vereinigtes Königreich, Frankreich) zeigen sich durchweg positive Effekte durch Produktinnovation, die in Deutschland vorwiegend auf Neuprodukten basieren, in anderen Ländern auf Produktverbesserungen. Bei Prozessinnovationen zeigt der internationale Vergleich, dass Preiseffekte in anderen Ländern zu Kompensationseffekten führen und der Netto-Beschäftigungsrückgang deutlich geringer oder nicht nachweisbar ist (Spanien).²³²

Eine weitere Analyse von Peters (2008) bezieht sich auf die Produktivitätseffekte von Innovationen. Produktivität wird in dieser Analyse in Form von Umsatz pro Beschäftigtem gemessen. Prozessinnovationen führen zu einer Produktivitätssteigerung, während die Effekte von Prozessinnovationen produktivitätssteigernd und höher sind als bei Produktinnovationen, jedoch in wenigen Fällen signifikant.²³³

Die Betrachtung der Effekte auf Produktivität und Beschäftigung von Innovationen unter Berücksichtigung von Wirtschaftszyklen auf Firmenebene und sektoraler Ebene wird ebenfalls in Peters (2008, S. 151ff.) beschrieben. Im Folgenden wird jedoch eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse einer Folgestudie (Peters et al. 2014) aufgezeigt.²³⁴ Innovatoren weisen über alle Phasen des Wirtschaftszyklus ein höheres Beschäftigungswachstum auf, insbesondere in Abschwung- und Rezessionsphasen.²³⁵ Die Produktivität entwickelt sich pro-zyklisch und, mit Ausnahme produzierender Unternehmen in Boom-Phasen, ist die Produktivität von Innovatoren höher als die von Nicht-Innovatoren. Produktinnovatoren erfahren ein besonders hohes Beschäftigungswachstum, insbesondere in Boom-Phasen, da das Beschäftigungswachstum durch Neuprodukte die produktivitätsbedingten Verdrängungseffekte und produktbezogenen Substitutionseffekte überkompensieren, in rezessiven Phasen werden weniger Beschäftigte abgebaut. Die Effekte von technologischen und organisatorischen Prozessinnovationen in produzierenden Unternehmen wirken produktivitätssteigernd und damit beschäftigungseinsparend,

²³¹ Peters 2008, S. 100

²³² Peters 2008, S. 100; Harrison et al. 2014, S. 41

²³³ Peters 2008, S. 144f.

²³⁴ Peters et al. 2014, S. 160f.

²³⁵ Eine theoretische Modellierung von Wirtschaftszyklen in Verbindung mit Innovation findet sich in Giullioni 2011

sind jedoch geringer als die Effekte von Produktinnovationen. Wissensintensive und high-tech Sektoren erfahren stärkere Effekte.

Meriküll (2010) untersucht die Interdependenzen der Effekte auf Beschäftigung auf Firmenebene und sektoraler Ebene anhand von 2.738 estnischen Unternehmen und zeigt, dass Produkt- und Prozessinnovationen auf Firmenebene einen positiven Netto-Beschäftigungseffekt haben, Prozessinnovationen wirken dabei stärker.²³⁶ Unternehmen im high-tech Bereich erfahren einen, wenn auch nicht signifikanten, negativen Effekt, da sie die hohen F&E-Aufwendungen und einhergehenden Produktinnovationen nicht in entsprechende Nachfragesteigerungen umsetzen können. Medium- und low-tech Firmen hingegen erfahren signifikant positive Effekte. Auf Industriebene sind diese Effekte deutlich schwächer, sodass kein signifikanter Nettoeffekt nachgewiesen werden kann.²³⁷

Eine weitere kombinierte Analyse findet sich in Evangelista und Vezzani (2012) bzw. Evangelista und Vezzani (2010). Ausgehend von der Analyse von technologischen und nicht-technologischen Produkt- und Prozessinnovationen auf die Beschäftigung und die Leistungsfähigkeit von italienischen Unternehmen des produzierenden Sektors und des Dienstleistungssektors gehen sie vertieft auf die sektoralen Unterschiede ein.²³⁸ Die beiden Sektoren werden darüber hinaus weiter unterteilt in die Taxonomie von Industriebetrieben gemäß Pavitt (1984)²³⁹ bzw. in die Bereiche „Handel und Freizeit“, „Transport“, „Banken und Finanzwesen“ und „Unternehmensdienstleistungen“. Die deskriptive Statistik zeigt, dass produzierende Unternehmen etwas stärker in Produkten oder Prozessen innovieren, während Dienstleistungsunternehmen deutlich stärker organisatorische Innovationen hervorbringen. „Komplexe Innovatoren“, also Unternehmen, die alle drei Innovationsarten verfolgen, überwiegen im produzierenden Sektor.²⁴⁰

Die Effekte auf die Leistungsfähigkeit lassen sich wie folgt zusammenfassen:²⁴¹

²³⁶ Meriküll 2010, S. 33

²³⁷ Meriküll 2010, S. 35

²³⁸ Evangelista und Vezzani 2010, S. 1255

²³⁹ Pavitt (1984) unterscheidet Industriebetriebe hinsichtlich ihrer Innovationsaktivitäten in Betriebe, die Innovationen von außen beschaffen („supplier-dominated“), intern generieren und extern beschaffen („scale-intensive“), Unternehmen die spezielle Technologien (Maschinen, high-tech-Instrumente) herstellen und Unternehmen, die auf interne und externe F&E bauen und Kooperationen mit Forschungseinrichtungen eingehen („science based“).

²⁴⁰ Evangelista und Vezzani 2010, S. 1259

²⁴¹ Evangelista und Vezzani 2010, S. 1262

- Komplexe Innovationen haben den größten Effekt und finden sich bei Unternehmen beider Sektoren, kommen jedoch am häufigsten bei spezialisierten Technologieanbietern und im Transportbereich vor.
- Organisatorische Innovationen spielen in produzierenden Unternehmen eine größere Rolle, mit Ausnahme von „science based“ Unternehmen. In Dienstleistungsunternehmen zeigen sich keine deutlichen Effekte auf eine gesteigerte Leistungsfähigkeit gegenüber Nicht-Innovatoren.
- Innovatoren in Produkt und Prozess haben in der Regel einen größeren Effekt bei produzierenden Unternehmen und dort insbesondere bei „supplier-dominated“ und „scale-intensive“ Unternehmen. Im Dienstleistungssektor finden sich hier keine Effekte auf die Leistungsfähigkeit, zu begründen ist dies am wahrscheinlichsten durch statistische Effekte.²⁴²

Die Effekte auf die Beschäftigung lassen sich wie folgt zusammenfassen:²⁴³

- Es lässt sich kein signifikanter direkter Beschäftigungseffekt von Prozessinnovationen nachweisen. Ein arbeitseinsparender Effekt von Prozessinnovationen zeigt sich nur in produzierenden Unternehmen und in Kombination mit organisatorischen Innovationen.
- Sämtliche Beschäftigungseffekte lassen sich nur aus den oben genannten Effekten der Leistungssteigerung und damit der Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit ableiten: Wettbewerbsfähigere innovierende Unternehmen erzielen Marktanteile von Nicht-Innovatoren und steigern damit ihre Beschäftigung relativ zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit.

2.4.3 Ableiten wesentlicher Einflussgrößen auf die Effekte von Innovationen auf Wertschöpfung und Beschäftigung

Die aufgezeigten empirischen Studien wurden hinsichtlich der untersuchten Einflussfaktoren auf Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte in Form bewertet. Eine Übersicht über die Studien und die jeweils betrachteten Einflussfaktoren findet sich im Anhang. Die wesentlichen Einflussfaktoren, gegliedert hinsichtlich der

²⁴² Evangelista und Vezzani (2010, S. 1254) weisen bereits zu Beginn der Untersuchung, wie auch in Peters (2008) beschrieben, auf die Schwierigkeit der Trennung von Produkt- und Prozessinnovation im Dienstleistungsbereich hin

²⁴³ Evangelista und Vezzani 2012, S. 898

Definition von Innovation, der Dynamik, grundsätzlicher Wirtschaftsfaktoren und Unternehmensfaktoren, lauten wie folgt:

Unterschiede hinsichtlich der definitorischen Unterscheidung von Innovation:

- Technologische oder organisatorische Innovation
- Ausprägung der Innovation im Sinne des Innovationsgrades
- Kombination von Produkt- und Prozessinnovation bzw. Fokus auf Produkt- oder Prozessinnovation

Dynamik der Innovation:

- Zeitliche Verzögerung zwischen Produkt- und Prozessinnovation
- Zeitliche Verzögerung zwischen Innovation und Effekt auf Wertschöpfung und Beschäftigung

Grundsätzliche Wirtschaftsfaktoren

- Entwicklungsfortschritt des betrachteten Landes
- Aktuelle wirtschaftliche Situation (Wirtschaftszyklus)

Unternehmensfaktoren:

- Branche des Unternehmens (High-Tech/Low-Tech)
- Unternehmensgröße
- Produktportfolio des Unternehmens
- Innovationsstärke des Unternehmens
- Produktivitätsniveau vor Einführung der Innovation

2.5 Methodische Ansätze zur Bestimmung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch Innovationen

2.5.1 Volkswirtschaftliche Ansätze

Nathani (2003) untersucht den technischen und intrasektoralen Wandel am Beispiel der Kreislaufwirtschaft „Wertschöpfungskette Papier“ unter Verwendung eines gekoppelten Modellansatzes bestehend aus einem Stoffstrommodell und einem Input-Output-Modell (I-O-Modell). Input-Output-Modelle bauen auf Input-Output-Tabellen auf, welche die Güterströme innerhalb einer Volkswirtschaft und zwischen anderen Ländern quantitativ abbilden.²⁴⁴ So wird in der Tabelle dargestellt, welche Vorleistungen verschiedener Sektoren bestimmte Sektoren für Ihre Produktion benötigen (Verflechtungsmatrix) bzw. welche Endnachfrage für das Güteraufkommen (Verwendungsseite) sorgt und welche Wertschöpfung in den Sektoren erbracht wird (Entstehungsseite). Technischer und intrasektoraler Wandel wird in Input-Output-Tabellen über die Veränderung der für den betrachteten Sektor spezifischen Input-Koeffizienten analysiert. Ursachen für diese Veränderungen sind Veränderungen in den Produkten und Prozessen des Sektors, bzw. die daraus folgenden Veränderungen von Preisen, Kapazitätsauslastungen oder Produktivitäten.²⁴⁵ Für die Ermittlung von Veränderungen der Input-Koeffizienten werden formale Ansätze, welche die Veränderungen unter Berücksichtigung bestimmter Einflussfaktoren endogenisieren, oder pragmatische Ansätze, die die Veränderungen unter Nutzung von Expertenwissen oder „Best Practices“ in Szenarien abschätzen, verwendet.²⁴⁶ Um die Veränderungen der Input-Output-Verflechtungen für die Papierwirtschaft möglichst ganzheitlich abzubilden, koppelt Nathani (2003) das I-O-Modell mit einem Stoffstrommodell, das ermöglicht, die Veränderungen des Produkt- und Prozessmixes und die Auswirkungen der Materialeffizienz und Kreislaufwirtschaft auf Wertschöpfungsketten möglichst konsistent zu ermitteln.²⁴⁷ Die Kopplung mit dem I-

²⁴⁴ Nathani 2003, S. 23

²⁴⁵ Nathani 2003, S. 31ff.

²⁴⁶ Nathani 2003, S. 34ff.

²⁴⁷ Nathani 2003, S. 42

O-Modell erfolgt einerseits entstehungsseitig zur Bestimmung der I-O-Verflechtung, andererseits verwendungsseitig über die modellexogene Nachfrage.²⁴⁸

Karttunen (2015) untersucht die Effekte von Innovationen auf die Wertschöpfungskette von Forstbiomasse anhand von inkrementellen und radikalen technologischen Prozessinnovationen mit starkem Bezug zu den Logistikprozessen der betrachteten Supply-Chain sowie zu organisatorischen Innovationen innerhalb der Wertschöpfungskette.²⁴⁹ Die Wertschöpfungseffekte werden hinsichtlich der Effizienzsteigerungs- bzw. der Kosteneinsparungspotenziale der Innovationen bewertet und über verschiedene Simulationsmodelle errechnet, wobei die technologischen Innovationen in Form von alternativen Fördermitteln und Förderhilfsmitteln und ihrer jeweiligen variablen Kosten entlang der alternativen Wertschöpfungsprozesse in die Simulation eingebunden werden.²⁵⁰

Vorhersagemodelle für Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte durch Elektromobilität finden sich beispielsweise in Meade (1994), Wescott und Werling (2010), Geringer et al. (2011), Spath et al. (2011b) und Bauer et al. (2015).

Die Arbeiten von Meade (1994) und Wescott und Werling (2010) bauen auf dem INFORUM²⁵¹ LIFT („Long-term Interindustry Forecasting Tool“) Modell auf, ein makroökonomisches Modell bestehend aus I-O-Analyse und formalen Gleichungen zur quantitativen Abbildung der sektoralen Wertschöpfungsketten und ihrer Effekte.²⁵² Zur Analyse von verschiedensten Effekte auf eine Volkswirtschaft können eine Vielzahl an Regressionsanalysen zur Beschreibung von Verhaltensweisen von Entscheidungsträgern einer Wirtschaft (Kunden, Produzenten, Investoren, etc.) herangezogen werden, die in Verbindung mit den veränderbaren Input-Output-Beziehungen einer Volkswirtschaft ein konsistentes aggregiertes Kalkulationsmodell ergeben. Das LIFT-Modell umfasst dabei 110 produzierende Sektoren der US-amerikanischen Wirtschaft.²⁵³ In Meade (1994) werden anhand dieses Modells die Effekte der Produktion und des Betriebes von Elektrofahrzeugen analysiert. Ausgehend von Prognosegleichungen für die Marktentwicklung von Elektrofahrzeugen im Gesamtfahrzeugmarkt werden die Veränderungen der Input-Koeffizienten anhand

²⁴⁸ Nathani 2003, S. 80

²⁴⁹ Karttunen 2015, S. 23ff.

²⁵⁰ Karttunen 2015, S. 30ff.

²⁵¹ INterindustry Forecasting at the University of Maryland

²⁵² Almon 1991, S. 2ff.; <http://www.inforum.umd.edu/services/models/lift.html>

²⁵³ <http://www.inforum.umd.edu/services/models/lift.html>

der Kosten der Vorleistungen auf Fahrzeugkomponentenebene und ihrer Branchenzuordnung abgeleitet.²⁵⁴ Zudem werden die veränderte Nachfrage nach konventionellen Kraftstoffen, die Investitionen in Ladeinfrastruktur und die Wartungskosten von Elektrofahrzeugen pragmatisch analysiert und im Modell entsprechend durch veränderte Koeffizienten abgebildet.²⁵⁵ Aus den sektorspezifischen Gleichungen ergeben sich die Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung.

Zur Prognose und Simulation von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten in Deutschland findet das Modell INFORGE („INterindustry FORecasting Germany“) in vielen Anwendungen Einsatz und beruht auf dem Aufbau des INFORUM-Modells.²⁵⁶ Die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte werden in diesem Modell auf sektoraler Ebene bestimmt.²⁵⁷ Die Bruttowertschöpfung wird über die Produktionswerte der Sektoren abzüglich derer Vorleistungen berechnet, die als konstante Vorleistungsmatrix angenommen werden. Die Beschäftigung wird auf Ebene der Anzahl geleisteter Arbeitsstunden gemessen.²⁵⁸ Anwendungen des Modells bzw. in abgeänderter Form und mit Fokus auf Technologien und Innovationen finden sich beispielsweise in Lehr et al. (2008), Lutz et al. (2007), Wydra (2009). Ein ähnliches Modell und Anwendungsfelder für die österreichische Wirtschaft sind in Großmann et al. (2011) dokumentiert.

Die Ansätze von Geringer et al. (2011), Spath et al. (2011b) und Bauer et al. (2015) verwenden zur Analyse der Effekte von Technologien der Elektromobilität reine „bottom-up“ Ansätze. So werden die Komponenten von Elektrofahrzeugen hinsichtlich ihrer technologischen, kostenseitigen und globalen wertschöpfungsseitigen Veränderungen analysiert, mögliche regionale Effekte abgeleitet und Beschäftigungsauswirkungen anhand von Branchen Kennzahlen ausgewiesen. Während in Spath et al. (2011b) und Bauer et al. (2015) die Effekte gänzlich der Automobilbranche zugeordnet werden, erfolgt die Analyse bei Geringer et al. (2011) auf detaillierterer Ebene. Hier werden die Komponenten so weit in Subkomponenten zerlegt, bis die zugehörige Wertschöpfung eindeutig einer vierstelligen ÖNACE-Wirtschaftsklasse zugeordnet und branchentypische Wertschöpfungstiefen und

²⁵⁴ Meade 1994, S. 4ff., Wescott und Werling 2010, S. 12

²⁵⁵ Meade 1994, S. 10ff., Wescott und Werling 2010, S. 13

²⁵⁶ Zika und Schnur 2009, S. 17

²⁵⁷ Zika und Schnur 2009, S. 70

²⁵⁸ Zika und Schnur 2009, S. 71

Produktivitäten zur Berechnung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte verwendet werden können.²⁵⁹ Prozessinnovationen werden in Form von Kostendegressionseffekten bei Stückzahlsteigerungen implizit berücksichtigt.²⁶⁰

2.5.2 Betriebswirtschaftliche Ansätze

Aufbauend auf der in Abschnitt 2.1.3 aufgezeigten grundsätzlichen Bedeutung der Wertschöpfung in Unternehmen, gibt es eine Reihe von Ansätzen, die sich mit der unternehmerischen Wertschöpfung und/oder Beschäftigung in Verbindung mit Einflüssen von Produkt- und Prozessinnovationen auseinandersetzen, die im Folgenden vorgestellt werden.

Haller (1997, S. 295ff.) zeigt die hohe Prognosekraft der Wertschöpfungsrechnung als entscheidungsrelevante Rechnungslegungsgröße für Unternehmen zur Abschätzung der zukünftigen Unternehmensentwicklung auf, die jedoch nur unter Berücksichtigung von marktlichen und unternehmenstypischen Rahmenbedingungen beurteilt werden kann.²⁶¹ Besonders hervorgehoben wird die Prognosekraft bei Betrachtung der Produktivität, der Unternehmensgröße bzw. des -wachstums und der Charakterisierung der vertikalen Integration. Im Bereich der Produktivitätsmessung wird die Verwendung der Wertschöpfung als Output-Referenzgröße verschiedener (Teil-)Produktivitäten (Arbeit, Kapital, Material) entgegen dem Umsatz als vorteilhaft aufgezeigt, da hier die Eigenleistung des Unternehmens zum Ausdruck gebracht wird und Produktivitätsvergleiche mit Unternehmen unterschiedlicher Wertschöpfungstiefen und heterogenen Produktionen sich als sinnvoller erweisen.²⁶² Hinsichtlich der Charakterisierung der vertikalen Integration wird Wertschöpfung ohnehin als geeigneter Parameter bestimmt, wobei im Sinne der Prognose darauf geachtet werden muss, dass die Wahl der Wertschöpfungstiefe von einer Reihe von Faktoren abhängig ist und die Planung der zukünftigen Unternehmensentwicklung nicht darauf abzielen soll, die Wertschöpfungstiefe zu erhöhen.²⁶³

Multikriterielle Ansätze zur Bewertung und Auslegung von Wertschöpfungsnetzwerken finden sich beispielsweise in Schiele (2001), Kraus (2005) und Ude (2010).

²⁵⁹ Geringer et al. 2011, S. 19f.

²⁶⁰ Geringer et al. 2011, S. 46f.; Spath et al. 2011b, S. 42; Bauer et al. 2015, S. 53

²⁶¹ Haller 1997, S. 327

²⁶² Haller 1997, S. 302

²⁶³ Haller 1997, S. 319

Schiele (2001) stellt ein strategisches Instrumentarium zur Umweltanalyse von Wertschöpfungssystemen vor, das im Wesentlichen die Geeignetheit von Wertschöpfungssystemen hinsichtlich der Agglomeration (Clusterung) von Aktivitäten untersucht und entsprechende Handlungsmöglichkeiten zur strategischen Weiterentwicklung des Wertschöpfungssystems aufzeigt.²⁶⁴ Innovation bzw. die Innovationsintensität wird hierbei als Bedingung für das Bilden von Clustern in Industrien hervorgehoben, da Innovationen eine effiziente Zusammenarbeit komplementärer Akteure voraussetzen.²⁶⁵

Kraus (2005) stellt ein Instrument zur Verfügung, das Analyse- und Entscheidungsprozesse zur Gestaltung zukünftiger Wertschöpfung unterstützen soll. Im Kern umfasst dieses Instrument eine dreistufige Vorgehensweise, bestehend aus der Konstruktion von Zukunftsbildern, der Definition des Kerngeschäftes und der Bestimmung strategisch kritischer Wertschöpfungselemente.²⁶⁶ Während sich die ersten beiden Stufen mit der Schaffung von Zukunftsszenarien und der Bewertung der aktuellen Situation hinsichtlich des Kompetenzprofils eines Unternehmens befassen, werden in der dritten Stufe die Wertschöpfungselemente hinsichtlich ihres Wertbeitrages für das Unternehmen in Form von Scoring-Modellen bewertet. In Bezug auf technologische Neuerungen im Sinne von Innovationen wird die strategische Wertigkeit anhand der Taktgeschwindigkeit bzw. Entwicklungsgeschwindigkeit bewertet.²⁶⁷ Ist die Innovationsgeschwindigkeit relativ hoch, ist das Wertschöpfungselement als kritisch anzusehen, eine vollständige Fremdvergabe birgt demnach ein hohes Risiko. Auch hier findet eine Bewertungsskala Anwendung, um die strategische Relevanz in Relation zu anderen Wertschöpfungselementen einzuordnen.²⁶⁸

Die von Winkler und Kaluza (2008) vorgestellte „Wertschöpfungsrechnung zur Erfassung und Bewertung von Innovationen“ stellt einen rudimentären Ansatz zur Bestimmung von innovationsbedingten Wertschöpfungseffekten dar. Ausgehend von der aktuellen Struktur eines Wertschöpfungsnetzes wird auf Basis von Plandaten durch Anwendung der Wertschöpfungsentstehungs- und -verwendungsrechnung die

²⁶⁴ Schiele 2001, S. 141ff.

²⁶⁵ Schiele 2001, S. 144

²⁶⁶ Kraus 2005, S. 178ff.

²⁶⁷ Kraus 2005, S. 227ff.

²⁶⁸ Kraus 2005, S. 229

geplante Wertschöpfung für die jeweiligen Partner des Netzwerkes berechnet.²⁶⁹ Anschließend erfolgt die Berechnung der geplanten Wertschöpfung unter Berücksichtigung von Innovationen. Im Fall einer Produktinnovation ist zu bestimmen, welche Wertschöpfungsveränderungen (durch bspw. Veränderungen in Preisen, Mengen, Kosten) sich durch die veränderte Produktstruktur über das Wertschöpfungsnetzwerk hinweg ergeben. Im Falle einer Prozessinnovation können sich ebenfalls Veränderungen im Bereich der Wertschöpfung ergeben (bspw. Veränderungen der Preise, Kosten, Bestände), die zu erfassen sind, um die innovationsbedingte Gesamtveränderung der Wertschöpfung zu erfassen.²⁷⁰ Winkler und Kaluza (2008) sehen den Einsatzbereich dieses generischen Ansatzes in der gemeinsamen Wertschöpfungserfolgsrechnung der Partner, um bei entsprechenden Verschiebungen des Wertschöpfungserfolges einzelner Partner entsprechende Kompensationsmaßnahmen zur Aufrechterhaltung des Netzwerkes sicherzustellen.²⁷¹

Ude (2010) stellt eine Reihe bestehender Ansätze zur Konfiguration und Bewertung von Wertschöpfungsnetzwerken vor, die sich im Betrachtungsumfang hinsichtlich der Anzahl der betrachteten Produkte, der Prozessschritte und des Planungshorizontes unterscheiden, dabei unterschiedlich viele Dimensionen berücksichtigen und unterschiedlich mit der Risikobewertung umgehen.²⁷² Die im Zielsystem der Ansätze betrachteten Dimensionen sind in der Regel kosten-, qualitäts- und zeitbezogen. Ude (2010, S. 56ff.) baut auf Basis dieser Ansätze einen Entscheidungsunterstützungsansatz für die Konfiguration globaler Wertschöpfungsnetzwerke auf, welcher aus einem Simulationsmodell zur Abbildung von Netzwerkalternativen und einem multikriteriellen Entscheidungsverfahren besteht. Das Simulationsmodell umfasst die Bildung von Netzwerkmodulen, die je nach Detaillierungsgrad der Untersuchung aus einer Dekomposition der Gesamtwertschöpfungskette in Produkte, Produktionsstufen und Standorte gebildet werden. Diese werden anschließend hinsichtlich ihrer Prozesskosten charakterisiert, um schließlich kostenorientierte Netzwerkalternativen in einer Simulation ableiten und anschließend mittels des Entscheidungsverfahrens PROMETHEE²⁷³ bewerten zu können.

²⁶⁹ Winkler und Kaluza 2008, S. 17

²⁷⁰ Winkler und Kaluza 2008, S. 18

²⁷¹ Winkler und Kaluza 2008, S. 26

²⁷² Ude 2010, S. 48ff.

²⁷³ PROMETHEE ist ein Ranking-Verfahren, das Alternativen über nutzenorientierte Bewertungspräferenzen über paarweise Vergleiche ordnet. (Vgl. Ude 2010, S. 90ff.)

Die Effekte von Produktinnovationen unterschiedlicher Art (Marketingmaßnahmen, Verpackungen, Rezepturen, Marktpositionierung, Technologien) auf den Unternehmenswert im Sinne von innovationsbedingten Ertragsunterschieden wurde in der Dissertation von Spencer (2010) untersucht. Über eine Reihe von Innovationsdaten ausgewählter amerikanischer Hersteller von Verbrauchsgütern zeigt diese Arbeit, dass die Effekte von Produktinnovationen von der Ausgangssituation bezüglich der Diversifikation des Produktportfolios des Unternehmens insgesamt und des Produktportfolios einer Marke des Unternehmens abhängen.²⁷⁴ Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Unternehmen erfolgreicher sind, wenn sie ihren Diversifikationsgrad kontinuierlich erhöhen, also tendenziell fokussierte Unternehmen ihr Portfolio deutlich erweitern bzw. diversifizierte Unternehmen ihr Portfolio weiter verbreiten.²⁷⁵ Unternehmen, die ihre Diversifikation verringern und (re-)fokussieren, verzeichnen einen sinkenden Unternehmenswert. Grundsätzlich zeigt die Arbeit auf, dass bei der Bewertung von Effekten von Produktinnovationen nicht nur das bestehende Produkt- und Markenportfolio des Unternehmens eine Rolle spielt, sondern auch die Abhängigkeiten von Innovation und Wertschöpfung im Sinne von Wettbewerb im Markt und der Unsicherheit des Markterfolges einer Innovation.²⁷⁶

Im Bereich der internen strategischen Unternehmensrechnung finden unterschiedliche Arten der Kosten- und Leistungsrechnung Anwendung²⁷⁷, die gemäß der in Kapitel 2.2.1 aufgezeigten Wertschöpfungsverständnisse zur Ermittlung der Wertschöpfung herangezogen werden können. Im strategischen Kontext bildet die in Abschnitt 2.2 aufgezeigte Wertkette nach Porter (2004) einen möglichen Bezugsrahmen, da sie die wesentlichen Aktivitäten erfasst, die kosten- und erlösseitig zu bewerten sind. Im Wesentlichen wird kostenseitig zwischen strukturbezogenen Kostentreibern und ausführungsbezogenen Kostentreibern unterschieden.²⁷⁸ Strukturbezogene Kostentreiber umfassen die Investitionserfordernisse in Fertigung, F&E und Marketing und sind abhängig von der Höhe der vertikalen Integration, der Erfahrung mit dem Leistungserstellungsprozess, der verwendeten Technologien in den Aktivitäten und der Komplexität der Produktvarianten. Ausführungsbezogene Kostentreiber hängen von der Partizipation der Mitarbeiter, dem Qualitätsmanagement, der

²⁷⁴ Spencer 2010, S. 123ff.

²⁷⁵ Spencer 2010, S. 156

²⁷⁶ Spencer 2010, S. 163

²⁷⁷ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 269ff.

²⁷⁸ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 286

Kapazitätsauslastung, der Produktivität des Leistungserstellungsprozesses, der Effektivität des Produktdesigns und der Ausgestaltung der Supply-Chain ab. Erlösseitig können, sofern vorhanden, existierende Marktpreise oder Verrechnungspreise, also Wertansätze für innerbetrieblich erstellte Leistungen, herangezogen werden.²⁷⁹ In der Regel muss die interne Kosten- und Leistungsrechnung bei strategischen Entscheidungen um Branchenstrukturinformationen erweitert werden, da diese nicht alleine auf Basis unternehmensinterner Aktivitäten getroffen werden können.²⁸⁰ Die bekanntesten Verfahren, die in der strategischen Kosten- und Leistungsrechnung Anwendung finden, sind die Prozesskostenrechnung, das Zielkostenmanagement (Target Costing) und die Lebenszykluskostenrechnung.²⁸¹ Im Rahmen der Prozesskostenrechnung werden die unternehmerischen Aktivitäten hinsichtlich ihrer Kosten bewertet und Verknüpfungen innerhalb der Wertkette berücksichtigt. Fokus liegt hierbei darauf, die Gemeinkosten entsprechend ihrer Verwendung in den werterhöhenden Aktivitäten eines Produktionsprozesses anteilig zu verrechnen. Im strategischen Kontext erlaubt die Prozesskostenrechnung die Abschätzung volumenabhängiger und volumenunabhängiger Kosten auf Basis des langfristigen Produktionsprogrammes.²⁸² Die Zielkostenrechnung stellt ein marktorientiertes Verfahren dar, das in einem frühen Stadium der Produktplanung die zu erwartenden Kosten eines Produktes festlegt.²⁸³ Grundsätzlich werden die Zielkosten aus dem geplanten Absatzpreis und den geplanten Zielgewinnen ermittelt. Hierbei werden verschiedene pauschale und analytische Verfahren zur Kostenermittlung eingesetzt.²⁸⁴ Die Lebenszykluskostenrechnung erweitert die Kosten- und Erlösrechnungsverfahren um die Kosten und Erlöse des Vorlaufes (F&E, Investitionen, Forschungsförderungen etc.) und Nachlaufes (Garantien, Service, Wartung etc.) der Produktentstehung.²⁸⁵ Diese Kosten werden entweder als Periodengemeinkosten angesetzt oder im Sinne der Prozesskostenrechnung auf die produzierten Produkte zugerechnet.²⁸⁶

²⁷⁹ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 248,583

²⁸⁰ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 287

²⁸¹ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 294ff.

²⁸² Ewert und Wagenhofer 2000, S. 307

²⁸³ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 311

²⁸⁴ Bronner 2008,

²⁸⁵ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 321

²⁸⁶ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 323

Zur Personalbedarfsplanung finden verschiedene intuitive, arbeitswissenschaftliche und mathematische Verfahren Anwendung, wobei intuitive Verfahren vorwiegend zur Planung in einer dynamischen Umwelt eingesetzt werden.²⁸⁷ Intuitive Verfahren sind Schätzverfahren, Stellenplanmethoden, Funktionendiagramme und Netzplantechnik. Bei Schätzverfahren erfolgt die Planung auf Basis der Experteneinschätzung von Führungskräften und Planern und wird vor allem für strategische Planungen eingesetzt. Bei der Stellenplanmethode wird der Personalbedarf aus der Fortschreibung von Stellenplänen ermittelt. Bei der Verwendung von Funktionendiagrammen werden sämtlichen Stellen Zuständigkeiten zugeordnet und die Bedarfe aus analytischen Überprüfungen von Arbeitsbelastungen abgeleitet. Bei der Netzplantechnik werden Aufgaben in Tätigkeiten zerlegt und auf Basis von Schätzungen personelle Kapazitäten zugeordnet. Mathematische Verfahren bedienen sich in der Regel statistischer Größen und Methoden wie Kennzahlen, Interpolation, Trendverfahren, Korrelations- und Regressionsrechnungen zur Ermittlung des Personalbedarfs.

Die integrative Betrachtung von Veränderungen in der Erzeugnis- und Fertigungstechnologieentwicklung in der Personalentwicklung wird von Rottinger (2005) in Form eines Modells zur mehrphasigen Personalentwicklungsplanung beschrieben. Ausgehend vom Konzept des Technologiekalenders²⁸⁸, das die zukünftige technologische Entwicklung systematisch erfasst, wird in dieser Arbeit ein rechnergestütztes Personalentwicklungsplanungsmodell entwickelt. So werden die im Technologiekalender dargestellten Fertigungstechnologieentwicklungen hinsichtlich verschiedener produktionslogistischer sowie qualitativer und quantitativer personalbezogener Kriterien bewertet, entsprechende Entwicklungspfade modelliert und simuliert, um schließlich alternative Personalentwicklungspfade ableiten, bewerten und den zielführendsten Pfad auswählen zu können.²⁸⁹ Der grundsätzliche Ansatz zur Synchronisation von produkt- und prozessbezogenen Entwicklungen mit der Personalplanung kommt der in dieser Arbeit vorgestellten Vorgehensweise am nächsten, bezieht sich jedoch sehr stark auf operative bis taktische Veränderungen²⁹⁰ in den Fertigungstechnologien und weniger auf grundlegende Innovationen. Auf

²⁸⁷ Oechsler 2006, S. 165ff.; Berthel und Becker 2013, S. 213ff.

²⁸⁸ Auf das Konzept des Technologiekalenders und ähnliche Ansätze wird in Kapitel 5.2 vertieft eingegangen

²⁸⁹ Rottinger 2005, S. 15ff.

²⁹⁰ Die schematische Darstellung des Entwicklungsplanes geht von einem Planungshorizont von sieben Monaten und Planungsphasen im Wochenbereich aus. (Rottinger 2005, S. 25.)

Erzeugnisebene werden die Veränderungen über veränderte Arbeitsvorgänge in Verbindung mit Planmengen und Losgrößen beschrieben.²⁹¹ So werden in den Fallstudien beispielsweise konkrete Fertigungstechnologien und deren mögliche Entwicklung anhand präziser Abläufe und umfangreicher Parameter des Maschinen- und Personaleinsatzes modelliert und simuliert.²⁹² Für eine Synchronisation auf strategischer Betrachtungsebene ist dieser Detaillierungsgrad aufgrund der Unschärfe der Planung nicht zweckmäßig; gleichzeitig werden die verwendeten Parameter bei steigenden Innovationsgraden in Erzeugnissen und Fertigungstechnologien in der Regel nicht in dieser Form verfügbar sein.

2.5.3 Bewertung der methodischen Ansätze zur Bestimmung von innovationsbedingten Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten

Wie in den vorangegangenen Abschnitten aufgezeigt, existieren eine Reihe von Ansätzen, die sich mit Wertschöpfungs- und/oder Beschäftigungseffekten auseinandersetzen, teilweise unter Berücksichtigung von Innovationen. Zur Bewertung dieser durchaus sehr unterschiedlichen Ansätze werden diese hinsichtlich enthaltener verwendbarer Artefakte und vorliegender Defizite zur Bestimmung von innovationsbedingten Effekten in der strategischen Unternehmensplanung untersucht (Tabelle 3).

Es zeigt sich, dass die Erfassung und Operationalisierung von Innovationen bestmöglich über einen bottom-up Ansatz erfolgen kann, da so der Innovationsgrad am besten berücksichtigt werden kann. Der Einsatz von umfangreichen volkswirtschaftlicher I-O-Analysen stellt sich für die unternehmerische strategische Planung als wenig geeignet heraus, da ein sehr hoher Modellierungsaufwand erforderlich ist. Die Verwendung von sektoralen Kennzahlen, wie beispielsweise Wertschöpfungstiefen und Arbeitsproduktivitäten, in Verbindung mit einer sektoralen Zuordnung der bottom-up erfassten Innovationen, erlaubt es jedoch, die Effekte bestmöglich zu quantifizieren. Insgesamt zeigt sich, dass die meisten der aufgezeigten Ansätze entweder Innovationen nicht explizit berücksichtigen oder nur Produkt- oder Prozessinnovationen.

²⁹¹ Rottinger 2005, S. 52

²⁹² Rottinger 2005, S. 158ff.

Ansatz nach	Zweckmäßige Artefakte zur Bestimmung von innovationsbedingten Effekten	Defizite
Nathani (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • Bottom-up Erfassung des technologischen Wandels im Produkt- und Prozessmix (Stoffstrommodell) • Abbildung der Stückzahlentwicklungen über exogenes Nachfragemodell 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung eines I-O-Ansatzes ist aufgrund des hohen Aufwandes zur Modellierung von Effekten im unternehmerischen Planungskontext weniger geeignet
Karttunen (2015)	<ul style="list-style-type: none"> • Erfassung von Wertschöpfungseffekten durch Effizienzsteigerungs- und Kosteneinsparpotenziale 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Untersuchung von Produktinnovationen
INFORUM-Modell bzw. INFORGE-Modell bspw. in Meade (1994), Wescott und Werling (2010), Lehr et al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Bottom-up Erfassung des technologischen Wandels über Veränderung der Vorleistungskoeffizienten in der I-O-Tabelle • Verwendung von sektorspezifischen Kennzahlen zur Ermittlung von Wertschöpfung und Beschäftigung 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung eines I-O-Ansatzes ist aufgrund des hohen Aufwandes zur Modellierung von Effekten im unternehmerischen Planungskontext weniger geeignet
Geringer et al. (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • Operationalisierung von Produktinnovationen über Veränderungen in der Produktstruktur • Verwendung von sektorspezifischen Kennzahlen zur Ermittlung von Wertschöpfung und Beschäftigung 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine systematische Erfassung von Prozessinnovationen
Spath et al. (2011b), Bauer et al. (2015)	<ul style="list-style-type: none"> • Operationalisierung von Produktinnovationen über Veränderungen in der Produktstruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine sektorspezifische Ermittlung von Effekten • Keine systematische Erfassung von Prozessinnovationen
Haller (1997)	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebswirtschaftliche Wertschöpfungsrechnung als Prognoseinstrument 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine explizite Betrachtung von Innovationen
Schiele (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebswirtschaftliche Wertschöpfungsrechnung als Instrument zur strategischen Planung 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Betrachtung der quantitativen Effekte von Innovationen
Kraus (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebswirtschaftliche Wertschöpfungsrechnung als Instrument zur strategischen Planung 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Betrachtung der quantitativen Effekte von Innovationen sondern über Scoring-Modell
Winkler und Kaluza (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebswirtschaftliche Wertschöpfungsrechnung zur Erfassung und Bewertung von Innovationseffekten 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine explizite Vorgehensweise zur Quantifizierung der Effekte, da generische Modellbeschreibung • Keine Berücksichtigung von Beschäftigungseffekten
Ude (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Dekomposition der Produkte und Produktionsstufen zur multikriteriellen Bewertung von Wertschöpfungsnetzwerkalternativen 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine explizite Berücksichtigung von Innovationen
Spencer (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Betrachtung von Produktinnovationen 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Betrachtung von Prozessinnovationen • Wertschöpfung wird im Sinne der Entwicklung des Unternehmenswertes betrachtet, nicht als Output eines Transformationsprozesses • Keine Berücksichtigung von Beschäftigungseffekten
Rottinger (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • Erfassung von Innovationen im Technologiekalender 	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Modellierung durch Verwendung von operativen Parametern (Arbeitsvorgänge, Losgrößen etc.) nicht im strategischen Kontext geeignet

Tabelle 3: Bewertung bestehender Ansätze zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch Innovationen

Die Ansätze von Winkler und Kaluza (2008) sowie Rottinger (2005) eignen sich am ehesten, um Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von Produkt- und Prozessinnovationen zu Ermitteln. Aufgrund der konzeptionellen Natur des Ansatzes von Winkler und Kaluza (2008) ist eine Beschreibung der Vorgehensweise zur quantitativen und qualitativen Ermittlung der Effekte nicht gegeben. Die in dieser Arbeit entwickelte Vorgehensweise soll diesem Defizit durch eine schrittweise Anleitung zur Quantifizierung entgegen. Den Defiziten des Ansatzes von Rottinger (2005), die in dem hohen Aufwand zur Modellierung und der taktisch-operativen Ausrichtung liegen und damit für strategische Planungen weniger gut geeignet sind, soll in der vorliegenden Arbeit durch die Verwendung von branchenbezogenen Kennzahlen entgegnet werden. So kann die aufwendige Ermittlung von exakten unternehmensbezogenen Kennzahlen umgangen werden, ohne grundlegende Unterschiede in den jeweiligen Wertschöpfungsketten unberücksichtigt zu lassen.

3 Zusammenfassung

Innovationen dienen der Sicherstellung und Steigerung der Wertschöpfung und Beschäftigung in Unternehmen und stellen daher einen wesentlichen Teil des betrieblichen Managements dar. Das strategische Innovationsmanagement hat dabei die Aufgabe, die auf die Unternehmensstrategie ausgerichteten Innovationsaktivitäten langfristig zu planen, zu steuern und zu kontrollieren. Die zur Realisierung der geplanten Innovationsaktivitäten erforderliche Ausstattung der Personalressourcen im Sinne einer langfristigen Personalbedarfsplanung ist dem strategischen Personalmanagement zuzuordnen.

Je nach Dimension der Innovation sind unterschiedliche Effekte auf die Wertschöpfung und Beschäftigung zu erwarten (Abschnitt 2.4). Die wesentliche Unterscheidung ist hierbei hinsichtlich der Art der Innovation zu treffen: Komplementäre Produktinnovationen führen tendenziell zu einer Wertschöpfungs- und Beschäftigungssteigerung, bei substituiven Produktinnovationen ist die Wirkung von der Innovationshöhe der Innovation und den Wirkungen eventuell erforderlicher neuer Prozesstechnologien abhängig. Technologische Prozessinnovationen führen bei gleichbleibender Wertschöpfung in der Regel zu einer Beschäftigungsreduktion. Zusätzliche wertschöpfungs- und beschäftigungssteigernde Effekte wie Nachfragesteigerungen durch Herstellkostenreduktionen und/oder Effekte durch die Herstellung der neuen Prozesstechnologien kompensieren diese primären Effekte jedoch bzw. können sie überkompensieren.

Eine Vielzahl empirischer Studien untersucht diese Effekte und den resultierenden Nettoeffekt. Die Richtung und Höhe der Einzeleffekte entsprechen meistens diesen grundsätzlichen theoretischen Wirkbeziehungen, die Höhe der Effekte sind jedoch abhängig von einer Reihe unterschiedlicher Einflussfaktoren (siehe Abschnitt 2.4.3 bzw. Anhang 1), mit dem Ergebnis unterschiedliche hoher und unterschiedlich ausgerichteter Nettoeffekte. Jedoch wird kritisiert, dass die zugrundeliegenden Daten dieser empirischen Studien nicht ausreichend präzise sind, um die Effekte eindeutig nachzuweisen, insbesondere bei den Untersuchungen auf Firmenebene.²⁹³ Beispielsweise wird Innovation in Meriküll (2010) als binäre Variable untersucht und nicht berücksichtigt, wie viele Innovationen in einer Periode hervorgebracht wurden.

²⁹³ Meriküll 2010, S. 29

Auch die Problematik, dass die zugrundeliegenden Daten in Umfragen erhoben werden und demnach nicht klar hervorgeht, ob es sich tatsächlich um eine Innovation handelt, bzw. wie hoch der Innovationsgrad ist, muss bei empirischen Studien kritisch betrachtet werden.²⁹⁴ Andere Studien, die die Innovationsleistung über die F&E-Ausgaben als Input-Größe messen, sehen sich mit folgenden Problemen konfrontiert: Erstens kann keine Aussage über den Erfolg der durch F&E-Ausgaben finanzierten Innovationsaktivitäten getroffen werden.²⁹⁵ Diesbezüglich sollten die Modelle um Marktselektionsmechanismen und Technologiediffusion erweitert werden.²⁹⁶ Zweitens sind F&E-Ausgaben vor allem Aktivitäten in Produktinnovationen zuzuordnen, nicht jedoch in Prozessinnovationen. Einführungen von Prozessinnovationen stehen in der Regel in Verbindung mit Ausgaben in Investitionsgüter und werden nur mittelbar durch F&E-Ausgaben ausgelöst.²⁹⁷ Da aber auch die Verwendung von Output-Größen, wie die Anzahl an Patenten, Probleme mit sich bringt, da diese beispielsweise keine Aussagen über den Markterfolg einer Innovation zulassen und ebenso wie F&E-Ausgaben eher auf Produktinnovationen bezogen sind, wird versucht, die Daten über zusätzliche Befragungen entsprechend zu ergänzen.²⁹⁸

Letztlich weisen die verschiedenen Studien unterschiedliche Einzel- und Nettoeffekte aus. Aufgrund der Komplexität der Wirkbeziehungen zwischen Innovationsaktivitäten, Wertschöpfung und Beschäftigung eines Unternehmens und der Wirkbeziehungen mit der Umwelt sind die jeweiligen Ursachen nicht abschließend erklärbar.²⁹⁹ Neben Rückschlüssen auf den Erfolg von Innovationsaktivitäten sollten auch Überlagerungen von Effekten, beispielsweise aus möglichen Restrukturierungen der Produktpalette, genauer berücksichtigt werden.³⁰⁰ Insgesamt ist es notwendig, die Zusammenhänge von Innovationen und Wertschöpfung und Beschäftigung innerhalb des Unternehmens besser zu verstehen, um Aussagen über die resultierenden Effekte treffen zu können.³⁰¹

²⁹⁴ Meriküll 2010, S. 29

²⁹⁵ Parisi et al. 2006, S. 2057; Piva und Vivarelli 2005, S. 79

²⁹⁶ Piva und Vivarelli 2005, S. 79

²⁹⁷ Parisi et al. 2006, S. 2058; Coad und Rao 2011, S. 260

²⁹⁸ Lachenmaier und Rottmann 2006, S. 11; Coad und Rao 2011, S. 260

²⁹⁹ Zimmermann 2014, S. 143

³⁰⁰ Zimmermann 2014, S. 143

³⁰¹ Pianta 2005, S. 591; Wolter und Veloso 2008, S. 601; Antonelli und Scellato 2011, S. 406, Harrison et al. 2014, S. 41

Bestehende Modelle zur Vorhersage von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten untersuchen diese Effekte auf volkswirtschaftlicher Ebene. Die dabei häufig verwendeten I-O-Analysen in Verbindung mit anderen Modellen zur Bottom-Up-Analyse der Wertschöpfungskette, wie beispielsweise in Nathani (2003) oder Meade (1994), erlauben eine relativ genaue Abschätzung der durch technologischen Wandel induzierten mikroökonomischen Veränderungen und damit eine möglichst genaue Anpassung der Vorleistungsgleichungen zur Bestimmung der Effekte. Darüber hinaus kann die Intensitätsdimension der Innovation durch die Bottom-Up-Analyse berücksichtigt werden. Die Vielzahl an Verhaltensgleichungen der I-O-Analysen, welche die komplexen Wirkbeziehungen einer Volkswirtschaft mit seinem Umfeld abbilden, gekoppelt mit den zusätzlichen Modellen zur Abbildung veränderter Wertschöpfungsketten, resultieren jedoch in aufwendigen Modellen, die zur strategischen Planung in Unternehmen nur eingeschränkt geeignet sind.

Der eher pragmatische Ansatz von Karttunen (2015) untersucht die Effizienzsteigerungspotenziale von Innovationen anhand einer ausgewählten Wertschöpfungskette und leitet daraus Wertschöpfungspotenziale ab. Die untersuchten Veränderungen, wie beispielsweise die Wahl unterschiedlicher Transportmittel oder veränderter Lieferstrukturen, weisen jedoch geringen Innovationscharakter auf.

Die Ansätze von Geringer et al. (2011), Spath et al. (2011b) und Bauer et al. (2015) bedienen sich ebenfalls einer Bottom-Up-Analyse, um die technologischen Veränderungen möglichst präzise berücksichtigen zu können. Dazu werden branchenbezogene volkswirtschaftliche Kennzahlen zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten herangezogen. In Geringer et al. (2011) werden die in den empirischen Studien aufgezeigten Branchenunterschiede durch die Verwendung branchenspezifischer Kennzahlen, die den jeweiligen Technologien zugeordnet werden, besonders berücksichtigt. Die Untersuchung von Prozessinnovationen wird nur mittelbar durch Verwendung von Kostendegressionseffekten vorgenommen.

In den betriebswirtschaftlichen Ansätzen der Wertschöpfungsrechnung wird Wertschöpfung als wichtige entscheidungsrelevante Größe angesehen. Eine Reihe von Modellen zur Entscheidungsunterstützung bei der Auslegung und Optimierung von Wertschöpfungsnetzwerken zielen auf die effiziente Auslegung von

Wertschöpfungsnetzwerken ab, berücksichtigen Innovationen jedoch nur als qualitatives Kriterium, das in die Modelle einfließt. Die Effekte von Innovationen auf die Wertschöpfung bzw. die Faktorproduktivität werden beispielsweise in Weber (1980) qualitativ aufgezeigt, es wird jedoch keine konkrete Vorgehensweise zur Berücksichtigung von Produkt- und Prozessinnovationen in der Wertschöpfungsrechnung vorgeschlagen. Die Kostenrechnung im Allgemeinen ist zur Ermittlung von Wertschöpfungseffekten definitorisch erforderlich, mit Ausnahme der Zielkostenrechnung finden Innovationen in der Kostenrechnung jedoch keine explizite Berücksichtigung. Intuitive und mathematische Verfahren zur Personalplanung erlauben die Berücksichtigung von Innovationen und deren Effekte in Form von Experteneinschätzungen oder der Verwendung von Kennzahlen und Trendverfahren. Eine explizite Berücksichtigung von Innovationen im Sinne von Erzeugnis- und Technologieentwicklung findet in Rottinger (2005) statt. Diese Vorgehensweise zielt jedoch auf die taktisch-operative Personalplanung über mehrere Entwicklungsphasen eines Fertigungssystems ab. Für strategische Planungsfälle unter Berücksichtigung von Innovationen scheint diese Vorgehensweise einerseits aufgrund der Modellkomplexität, andererseits aufgrund fehlender operativer Planungsdaten in frühen Innovationsphasen nicht geeignet.

4 Anforderungen an die Vorgehensweise

Die formalen Anforderungen an das in Kapitel 5 beschriebene Vorgehensmodell lassen sich aus den Grundsätzen ordnungsmäßiger Modellierung ableiten, die inhaltlichen Anforderungen aus den in Kapitel 1.3 beschriebenen Grundorientierungen der systemorientierten Managementlehre sowie der in Kapitel 3 durchgeführten Defizitbewertung bestehender Ansätze.

4.1.1 Formale Anforderungen an die Vorgehensweise

„Die Notwendigkeit einer Planung unternehmerischer Tätigkeiten ergibt sich aus der Forderung nach der rechtzeitigen Einschätzung von Konsequenzen unternehmerischen Handelns“.³⁰² Die Planung läuft dabei in einer Vorgehensweise ab, die sich grundsätzlich in die Phasen Planungsbasis und Planungsergebnis unterteilt.³⁰³ Die Planungsbasis umfasst dabei die Schritte von der Problemerkennung und -beschreibung bis hin zur Erhebung problemrelevanter Daten und Informationen und resultiert in einem Erklärungsmodell. Das Planungsergebnis umfasst die Modellanalyse unter Einbeziehung relevanter Daten und Informationen und Modelllösung sowie das Beurteilen der Ergebnisse im Sinne eines Handlungs- bzw. Entscheidungsbedarfs.³⁰⁴

Die sechs Grundsätze der ordnungsgemäßen Modellierung lauten wie folgt:³⁰⁵

- *Grundsatz der Richtigkeit:* Das Modell muss konsistent und vollständig sein sowie die eine struktur- und verhaltenstreue Beschreibung der realen Sachverhalte aufweisen.
- *Grundsatz der Relevanz:* Das Modell muss alle relevanten Aspekte der Realwelt umfassen und die enthaltenen Informationen müssen für die verfolgte Zielsetzung erforderlich sein.
- *Grundsatz der Wirtschaftlichkeit:* Die Wahl des Abstraktionsgrades des Modells ist so zu wählen, dass ein ausgewogenes Kosten-Nutzen-Verhältnis vorliegt. Aufwandsreduzierend wirken bspw. die Verwendung von Referenzmodellen

³⁰² Hauke und Opitz 2003, S. 9

³⁰³ Hauke und Opitz 2003, S. 10

³⁰⁴ Hauke und Opitz 2003, S. 11

³⁰⁵ Maicher und Scheruhn 1998, S. 6ff.

und die Verwendung von Modellbausteinen. Dieser Grundsatz relativiert demnach die anderen fünf Grundsätze.

- *Grundsatz der Klarheit:* Das Modell muss für den Nutzer verständlich und für die subjektiven Zielsetzungen verwendbar sein.
- *Grundsatz der Vergleichbarkeit:* Getrennt voneinander entwickelte Modelle müssen vergleichbar und ggf. konsolidierbar sein.
- *Grundsatz des systematischen Aufbaus:* Das Modell ist integrationsfähig aufzubauen und muss in einem expliziten Metamodell positioniert werden können. Dieser Grundsatz ist durch die Einbettung der Arbeit in das in SGMM (Kapitel 1.3) erfüllt.

4.1.2 Inhaltliche Anforderungen an die Vorgehensweise

Die inhaltlichen Anforderungen resultieren zum einen aus den in Kapitel 1.3 beschriebenen Grundorientierungen der systemorientierten Managementlehre (Anwendungsorientierung, Systemorientierung, mehrdimensionale Denkweise, integrierende Denkweise, Wertorientierung). Zum anderen ergeben sich die inhaltlichen Anforderungen aus der in Kapitel 3 erfolgten Zusammenfassung und Defizitbewertung der Grundlagen und bestehender Ansätze zur Bestimmung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten:

- Berücksichtigung der aus den empirischen Studien abgeleiteten wesentlichen Einflussfaktoren auf die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von produzierenden Unternehmen (definitorische Unterschiede von Innovationen, Dynamik der Innovationen, Unternehmensfaktoren).
- Verwendung eines Bottom-Up-Ansatzes, um technologische Veränderungen möglichst präzise erfassen zu können.
- Berücksichtigung bzw. Erweiterung etablierter betriebswirtschaftlicher Ansätze um die explizite Berücksichtigung von Innovationseffekten.

5 Beschreibung der Vorgehensweise

5.1 Die Vorgehensweise im Überblick

Grundsätzlich orientiert sich die Vorgehensweise am Vorgehen der Erstellung und Bewertung von Szenarien (Szenario-Technik). Szenarien zeigen mögliche, aus unterschiedlichen Faktoren resultierende Entwicklungspfade für einen sozio-ökonomischen Bereich auf und beschreiben mögliche zukünftige Situationen dieses Betrachtungsbereiches.³⁰⁶ Szenarien werden systematisch und transparent erarbeitet und enthalten plausible und widerspruchsfreie qualitative und quantitative Aussagen, die der Orientierung hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen dienen und somit zur Entscheidungsfindung beitragen. Je weiter ein Szenario in die Zukunft reicht, desto unsicherer werden die zur Bildung des Szenarios herangezogenen Faktoren, wodurch sich der Bereich der Zukunftszustände trichterförmig erweitert.³⁰⁷ Der „Trichter zur Charakterisierung von Szenarien“ bildet sich entsprechend aus Extremszenarien und enthält sämtliche möglichen Entwicklungspfade, wovon jedoch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur die wesentlichen zu beschreiben sind.³⁰⁸ In Unternehmen wird die Szenario-Technik als weit verbreitetes Instrument für unterschiedliche operative, taktische und strategische Untersuchungsgegenstände angewendet und dient der Informationsgewinnung, Planung, Früherkennung und Erfüllung einer Lern- und Kommunikationsfunktion.³⁰⁹ Die Qualität einer Prognose wird bestimmt durch den Informationsgehalt der Prognose und dem Sicherheitsgrad der Prognose, die wiederum durch die Qualität ihrer Begründung bestimmt ist.

Die Szenario-Erstellung gliedert sich in folgende fünf Phasen:³¹⁰

- 1) *Definition und Analyse des Untersuchungsfeldes*: Formulierung des Themas sowie die Wahl des zu berücksichtigenden Unternehmensbereiches, der relevanten Umfeldbereiche sowie des zeitlichen und geographischen Umfangs.
- 2) *Identifikation, Analyse und Prognose von Umfeldfaktoren*: Identifikation von Einflussfaktoren und zugehörige Kennzahlen, ggf. Gruppierung zu

³⁰⁶ Götze 1991, S. 37ff.

³⁰⁷ Götze 1991, S. 39f.

³⁰⁸ Götze 1991, S. 39f.

³⁰⁹ Götze 1991, S. 46f.

³¹⁰ Götze 1991, S. 99ff.

- Einflussgruppen und die Analyse der Wirkbeziehungen der Faktoren zum Untersuchungsgegenstand und untereinander.
- 3) *Erarbeitung und Auswahl von Rohszenarien*: Erarbeitung von Rohszenarien in Form von Annahmenbündel, Zuordnung von Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten und die Auswahl relevanter Rohszenarien.
 - 4) *Ausarbeitung von Szenarien und Sensitivitätsanalyse*: Bestimmung von Entwicklungspfaden und Untersuchung von Effekten bei extremen Annahmen oder Störereignissen.
 - 5) *Auswertung von Szenarien*: Auswirkungsanalyse entsprechend der Zielsetzung der Szenario-Betrachtung.

Abbildung 15 zeigt die Vorgehensweise zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten in einer Übersicht.

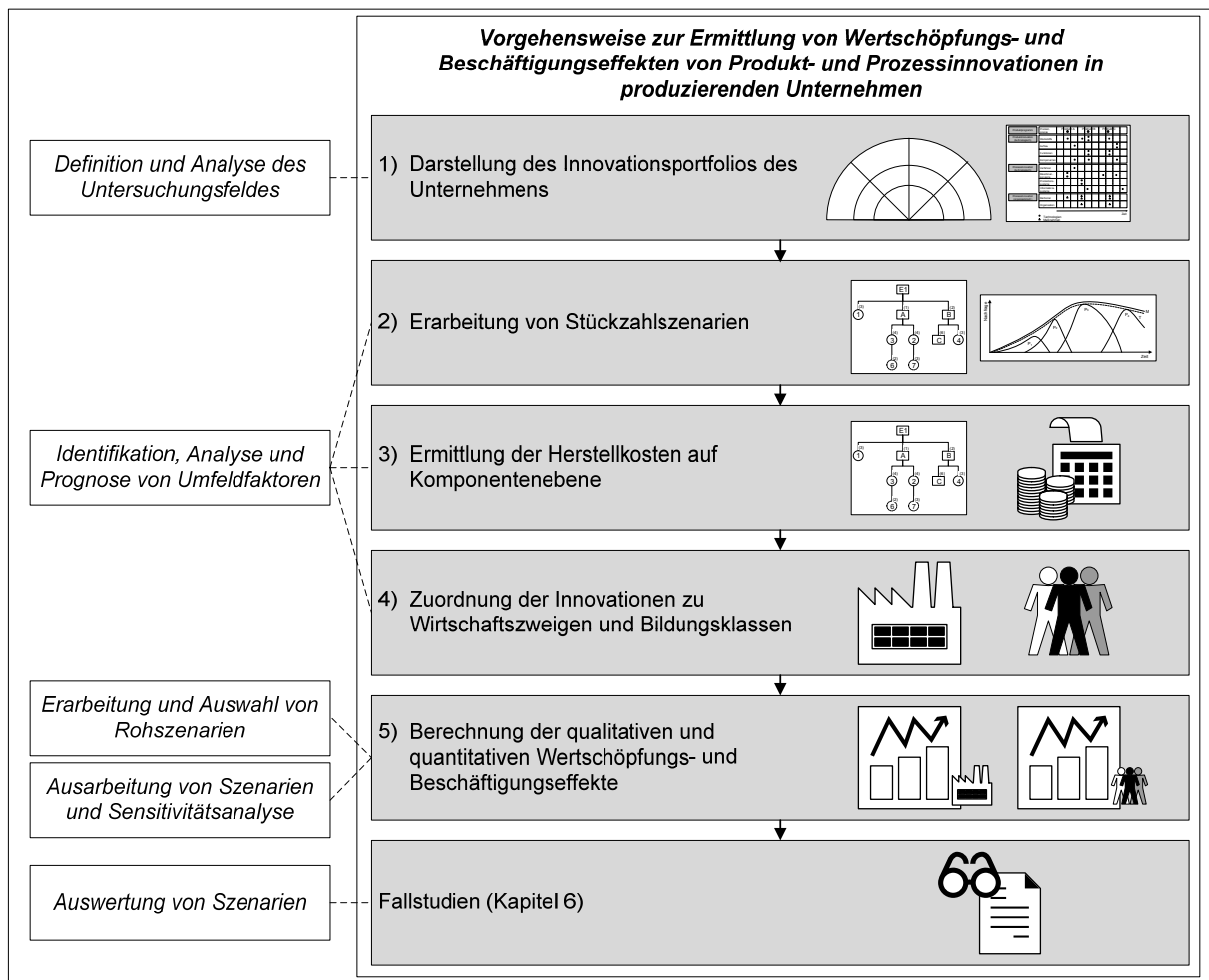


Abbildung 15: Übersicht über die Vorgehensweise zu Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten von Innovationen in Anlehnung an die Szenario-Technik nach Götze (1991)

Eine detaillierte Übersicht über die Vorgehensweise unter Berücksichtigung der Inputs, Outputs und möglicher Methoden ist in Abbildung 16 dargestellt.

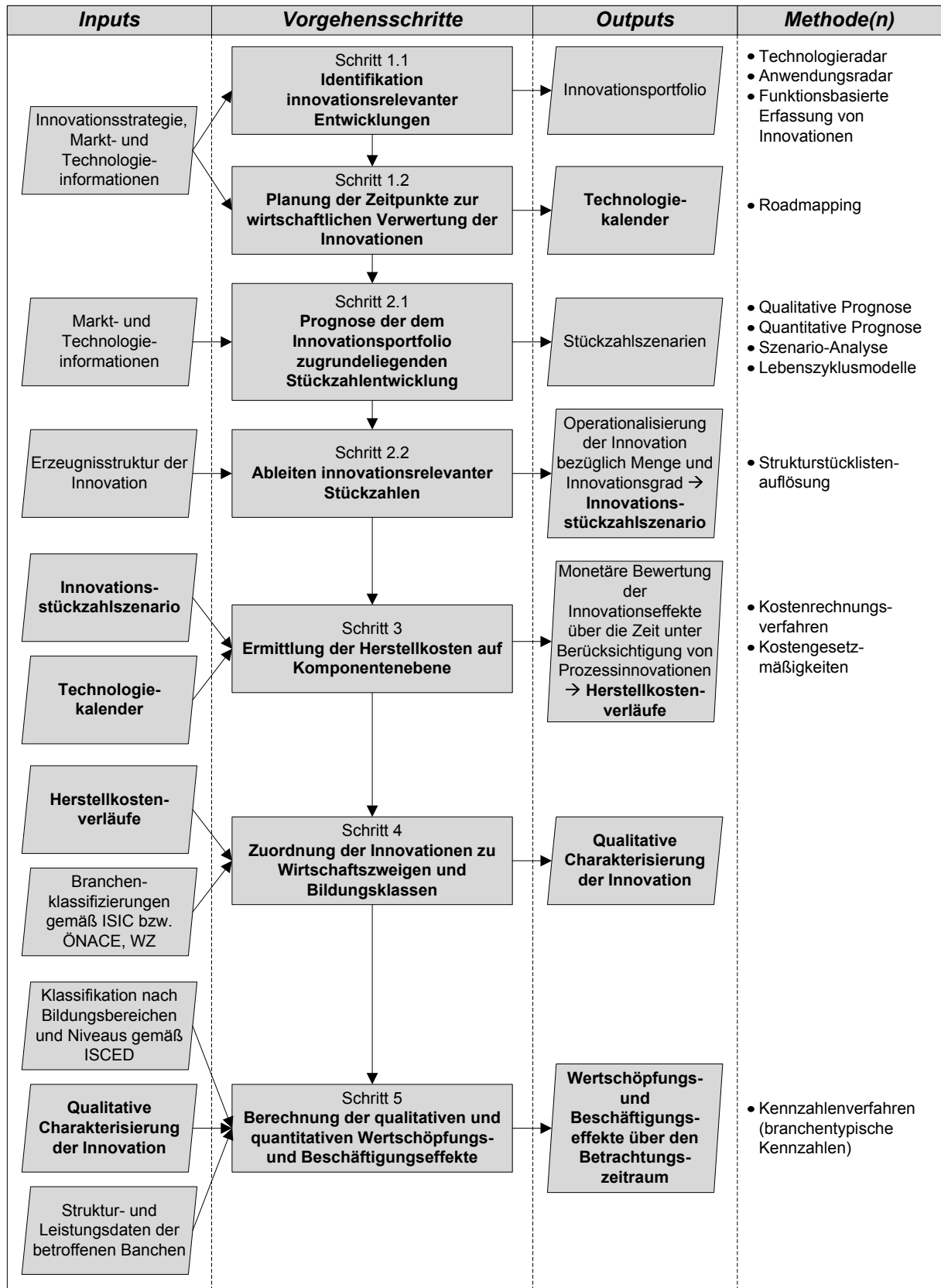


Abbildung 16: Die Vorgehensweise im Überblick (detailliert)

5.2 Schritt 1: Darstellung des Innovationsportfolios des Unternehmens

Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, lassen sich Produkt- und Prozessinnovationen eines Unternehmens durch neuartigen Einsatz von Technologien oder organisatorischen Komponenten generieren. Im Sinne der Modellierungs-Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und der Klarheit werden zur Darstellung des Innovationsportfolios bereits zur Verfügung stehende Methoden des Innovationsmanagements³¹¹ aufgezeigt und den in Kapitel 2.1.2 aufgezeigten Aufgabenfeldern des strategischen Innovationsmanagements zugeordnet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Nennung der Methoden keinen Anspruch auf Vollständigkeit hat und die Methoden nicht trennscharf bestimmten Aufgabenfeldern zugeordnet werden können.

5.2.1 Erfassung von innovationsrelevanten Entwicklungen und deren Bewertung

Die Erfassung von innovationsrelevanten Entwicklungen erfolgt im Rahmen der Technologiefrüherkennung.³¹² Die Technologiefrüherkennung stellt einen kreativen Such- und Lernprozess dar, dessen Ziel es ist, Informationen über (technologische) Trends bereitzustellen, zu berücksichtigen und zu bewerten.

Spath et al. (2011a) sehen das Anwendungsradar und das Technologieradar als zentrale Methoden der Früherkennung. So unterstützt das Anwendungsradar bei der Identifikation relevanter Anwendungsfelder für das aktuelle Technologieportfolio sowie bei der strategischen Ausrichtung für die Weiterentwicklung der Technologien. Grundsätzlich gliedert sich die Methode in die Phase der Analyse aktueller und potenzieller Technologien des Unternehmens und des Wettbewerbs, die Analyse neuer Anwendungsfelder in etablierten und neuen Märkten sowie die Phase der Potenzialermittlung, in der die Anwendungsfelder bewertet werden.³¹³ Ergebnis des Anwendungsradars ist es, vereinfacht beschrieben, die Funktionen von in einem Technologieportfolio erfassten internen und externen Technologien zu bestimmen, bestehenden und zukünftig relevanten Anwendungsfeldern zuzuordnen und auf Basis

³¹¹ Die Literatur beschreibt die Methoden des Innovationsmanagements in der Regel in Verbindung mit Technologien als Ausgangspunkt von Innovationen. Aufgrund ihrer systematischen Eigenschaften sind diese Methoden jedoch in vielen Fällen auch auf organisatorische Innovationsursachen zu übertragen.

³¹² Spath et al. 2011a, S. 38

³¹³ Spath et al. 2011a, S. 86

dessen Ideen für Innovationen abzuleiten.³¹⁴ Technologien in Zusammenhang mit den relevanten Anwendungsfeldern ergeben schließlich das Technologiebedarfsprofil des Unternehmens. Das Technologieradar unterstützt schließlich in der kontinuierlichen Identifikation und Bewertung neuer und für das Unternehmen relevanter Technologien auf Basis des Technologiebedarfsprofils.

Eine ähnliche Vorgehensweise wird als „modulare Vorgehensweise der technologiebasierten Produktionsoptimierung“ von Schröder und Wellensiek (2006) beschrieben. Ausgehend von einer Eingrenzung des Untersuchungsbereiches erfolgt eine Ist-Analyse der relevanten Technologien, Prozesse, Produkte und Kosten.³¹⁵ Die folgende Investitionsalternativen-Analyse, bestehend aus der Suche nach Technologiealternativen, sowie deren Bewertung und Ableitung von Teil- und Gesamtlösungen zur Produktionsoptimierung durch diese Technologien, hat zum Ziel, den im Betrachtungsumfang liegenden Produkten und Bauteilen des Unternehmens die entsprechenden optimalen Produktionskonzepte zuzuordnen.

Zur Analyse des aktuellen Technologieportfolios mit Fokus auf Fertigungstechnologien und deren Beeinflussungsmöglichkeiten hinsichtlich der späteren Produkteigenschaften empfiehlt sich die systematische Technologiekettenbildung nach Schuh und Knoche (2005) oder die Produkt-Technologie-Analyse nach Specht und Behrens (1999). Weitere ähnliche Ansätze zur Bildung und Bewertung von Technologieketten finden sich in Fallböhrer (2000), Trommer (2001), Reinhart und Schindler (2012), Friedrich (2014), Greitemann et al. (2015) und Schindler (2015), die in folgender Darstellung anhand des fokalen Untersuchungsgegenstandes (Produkt-/Prozessinnovation), des zu erwartenden Innovationgrades des Untersuchungsgegenstandes sowie der Wirkrichtung³¹⁶ (Inside-Out/Outside-In) qualitativ bewertet werden.

³¹⁴ Spath et al. 2011a, S. 92ff.

³¹⁵ Schröder und Wellensiek 2006, S. 192

³¹⁶ Von „Inside-Out“ spricht man, wenn eigene Technologien außerhalb des Unternehmens angewandt werden, von „Outside-In“ hingegen, wenn externe Technologien im eigenen Innovationsprozess verwendet werden. (Echterhoff 2014, S. 16)

Ansatz	Produktinnovation	Prozessinnovation	Innovationsgrad des resultierenden Produktes/Prozesses	Inside-Out	Outside-In	Grundsätzliche Vorgehensweise	Quelle
Produkt-Technologie-Analyse	●	○	eher hoch	○	●	Ausgehend von der Aufspaltung eines Produktes in seine Funktionen, werden zugehörige bestehende und alternative Technologien identifiziert und hinsichtlich ihrer Eignung und des Bedarfs für das zukünftige Produktszenario bewertet.	Specht und Behrens (1999)
Generieren alternativer Technologieketten in frühen Phasen der Produktentwicklung	●	○	mittel	○	●	EDV-unterstützte Methoden und Hilfsmittel für eine konstruktionsbegleitende Planung von Fertigungstechnologien zur Unterstützung der Produktentwicklung in frühen Innovationsphasen.	Fallböhrer (2000)
Anwendungsradar	●	●	mittel	●	○	Identifikation und Bewertung relevanter Anwendungsfelder für bestehende interne Technologien an neuen Märkten über Technologie-Funktionszuordnung.	Spath et al. (2011a)
Technologieradar	●	●	mittel	○	●	Früherkennung und Analyse von für das Unternehmen in bestehenden und neuen Märkten relevanten Technologien, ausgehend von einem Bedarfsprofil.	Spath et al. (2011a)
Systematische Technologiekettenbildung	◐	●	mittel	○	●	Identifikation möglicher Fertigungs-Technologieketten unter der Berücksichtigung der Abhängigkeiten innerhalb der Technologiekette und der Auswirkungen auf die Eigenschaften des Produktes.	Schuh und Knoche (2005)
Methodik zur konstruktionsbegleitenden Generierung und Bewertung alternativer Fertigungsfolgen	◐	●	mittel	○	●	Aus dem Grobentwurf des Produktes werden Fertigungsalternativen generiert und multikriteriell bewertet, mit dem Ergebnis einer Rangfolge von Fertigungstechnologien zur Herstellung technischer Produkte	Trommer (2001)
Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion	◐	●	mittel	○	●	Identifikation von Leistungsparametern der Technologiekette im Hinblick auf das zu fertigende Produkt und anschließende Bewertung des Technologiepotenzials einer Technologiekette in Bezug auf Flexibilität, Produktqualität und neue Produkteigenschaften.	Reinhart und Schindler (2012); Schindler (2015)
Technologiebasierte Produktionsoptimierung	○	●	mittel	○	●	Identifikation und Bewertung von Fertigungs-Technologiealternativen als Grundlage für Investitionsentscheidungen zur kurz- bis mittelfristigen Optimierung der Produktion und Montage.	Schröder und Wellensiek (2006)
Planung fertigungstechnologischer Innovationen im Produktionsnetzwerk	○	●	hoch	○	●	Ausgehend von einem Technologiepotenzialkalender, in dem operative und taktische/strategische Technologiepotenziale aufgezeigt werden, werden Effizienzsteigerungskonzepte abgeleitet und schließlich fertigungstechnologische Konzepte zur Erweiterung des Leistungsangebotes dargestellt und bewertet.	Friedrich (2014)
Strategic production technology planning using a dynamic technology chain calendar	○	●	mittel	○	●	Dynamisierung der Technologiekettenplanung nach Reinhart und Schindler unter Verwendung von Fuzzy Logic zu Wissensmodellierung (Produktionskosten, Entwicklungskosten der Technologiekette, Reife und Eignung der Technologiekette) und Entscheidungsunterstützung hinsichtlich der Adaption bzw. Neukonfiguration der betrachteten Technologiekette.	Greitemann et al. (2015)
● wird berücksichtigt ◐ Wechselwirkungen werden berücksichtigt ○ wird nicht berücksichtigt							

Tabelle 4: Ansätze zur Erfassung von innovationsrelevanten Entwicklungen

Sämtlichen oben beschriebenen Ansätzen liegt eine systematische Bottom-Up-Analyse auf Basis einer Funktions-Technologiezuordnung zugrunde, wie beispielsweise methodisch beschrieben durch das „House of Technology“³¹⁷ oder die Technologie-Relevanzanalyse³¹⁸. Das generische Ebenenmodell für die funktionsbasierte Erfassung von innovationsrelevanten Entwicklungen im Sinne möglicher Ziel-Mittel-Kombinationen ist in Abbildung 17 dargestellt.

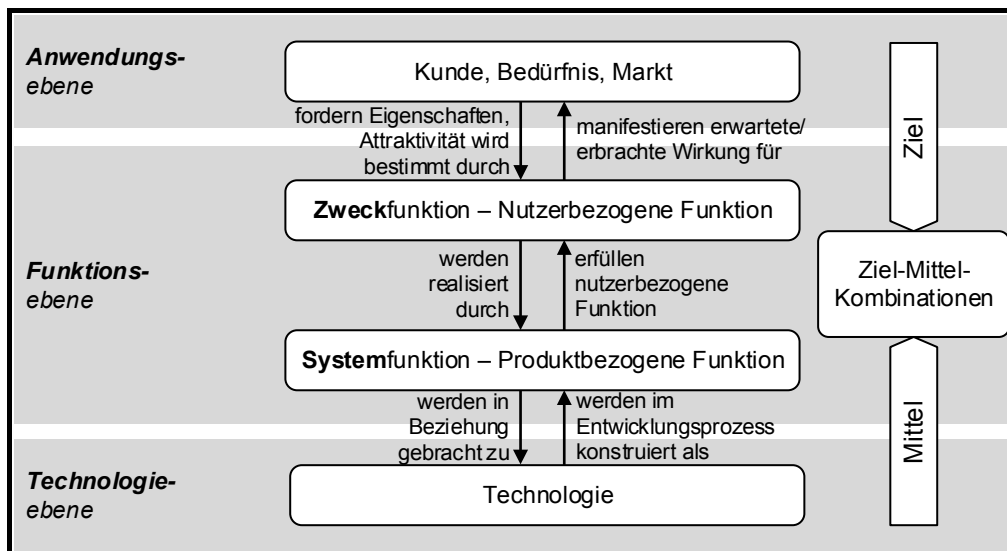


Abbildung 17: Ebenenmodell zur funktionsbasierten Erfassung von innovationsrelevanten Entwicklungen (in Anlehnung an Heubach (2009, S. 80))

³¹⁷ Lentes und Richter 2004

³¹⁸ Heubach 2009

5.2.2 Planung der Zeitpunkte zur wirtschaftlichen Verwertung von Innovationen

Die strategische Planung von Innovationen in produzierenden Unternehmen erfolgt unter Einsatz des Roadmappings³¹⁹. Roadmaps dienen der grafischen Repräsentation von strategischen Elementen eines Unternehmens und ihrer Verknüpfungen über die Zeit und sind hinsichtlich ihrer Auslegung an die Bezugsobjekte sowie die Ziele und Zwecke des Anwenders auszulegen.³²⁰

Die Grundstruktur des Roadmapping-Prozesses besteht aus der Festlegung der Architektur der Roadmap, also der Festlegung des zeitlichen und hierarchischen Betrachtungsumfangs, und dem eigentlichen iterativen Erstellungsprozess. Zur Ermittlung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von Produkt- und Prozessinnovationen ist die mittel- bis langfristige Betrachtung (drei bis zehn Jahre) zweckmäßig, da so der strategische Planungshorizont, mit etwaigen langfristigen Entwicklungen in der Technologie, mit den mittelfristigen Veränderungen der Anwendungsbereiche der Technologie in Produkten und Prozessen verknüpft werden können. Der hierarchische Aufbau orientiert sich an drei grundsätzlichen Ebenen: die oberste Ebene bezieht sich auf die übergeordneten Trends des Unternehmens und des Umfelds, wie beispielsweise technologische, ökonomische oder politische Entwicklungen. Die mittlere Ebene bezieht sich auf die tangiblen Systeme innerhalb des Unternehmens, die als Antwort auf die übergeordneten Trends entwickelt werden, wie beispielsweise Innovationen in Produkten und Prozessen. Die untere Ebene richtet sich an die Ressourcenausgestaltung des Unternehmens zur Erreichung der innovationrelevanten Entwicklungen.

³¹⁹ Nach Phaal und Muller (2009) wurde das Technologie-Roadmapping zunächst zur Unterstützung der integrierten Produkt-Technologie-Planung verwendet, jedoch über die Jahre auf andere Betrachtungsebenen ausgeweitet. In der Literatur finden sich bspw. die Begriffe Roadmapping, Technologie-Roadmapping oder Innovations-Roadmapping, die grundsätzliche methodische Vorgehensweise ist jedoch direkt übertragbar. Das Ergebnis „Roadmap“ wird auch als Technologiekalender bezeichnet (vgl. Möhrle und Isenmann 2009, S. 5 und Abele 2006, S. 76).

³²⁰ Möhrle und Isenmann 2009, S. 3ff.

Abbildung 18 zeigt eine schematische Darstellung des Roadmappings.

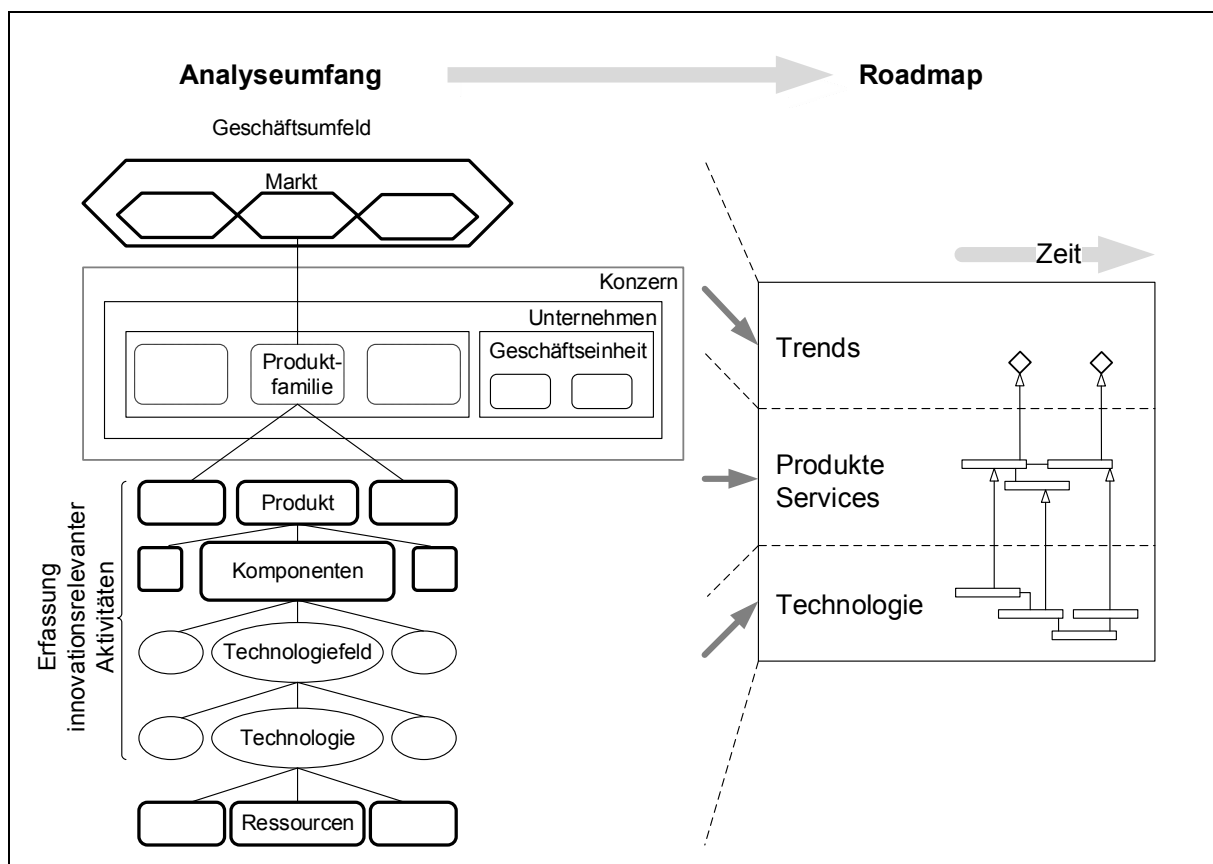


Abbildung 18: Schema des Roadmappings (in Anlehnung an Phaal und Muller (2009, S. 42))

Zur Bestimmung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von Produkt- und Prozessinnovationen in produzierenden Unternehmen empfiehlt sich eine Darstellung gemäß Abbildung 19. Ausgehend vom Produktprogramm werden Produktinnovationen und Prozessinnovationen (technologische und organisatorische) entsprechend visualisiert. Diese Darstellung berücksichtigt die inhaltlichen Anforderungen hinsichtlich einer Bottom-Up-Analyse sowie verschiedener Innovationsdefinitionen und zugehöriger Innovationsdimensionen. Beispielsweise können Produktinnovationen „radikaler bzw. architektureller Natur“ auf der Ebene ‚Funktionen‘ mit den wahrscheinlich zugehörigen Veränderungen auf den anderen produkt- und prozessbezogenen Ebenen dargestellt werden, während Produktinnovationen „inkrementeller Natur“ tendenziell nur wenige Ebenen, wie beispielsweise ‚Werkstoffe‘, betreffen.

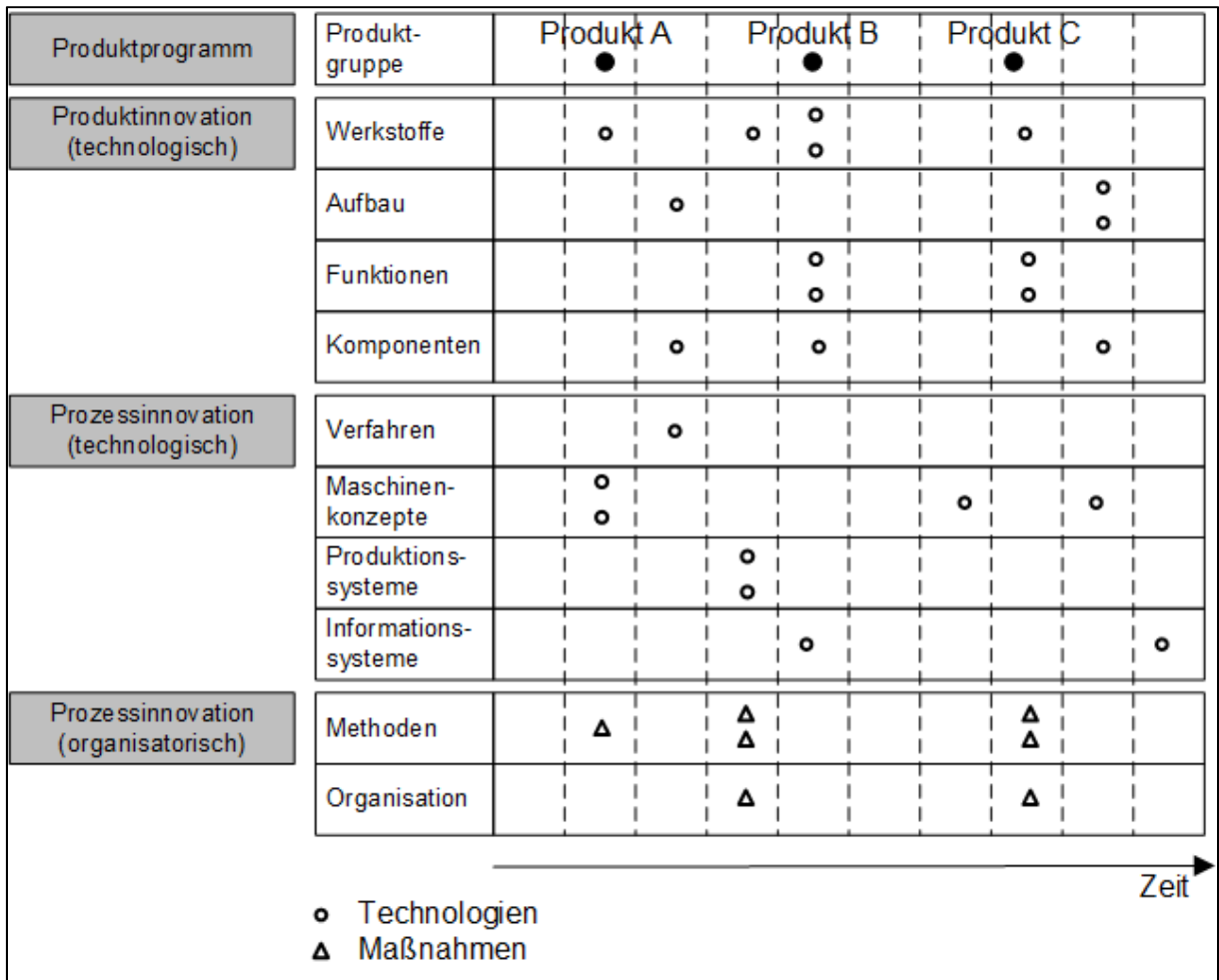


Abbildung 19: Darstellung von innovationsrelevanten Aktivitäten in einer Roadmap/einem Technologiekalender (in Anlehnung an Abele (2006, S. 80) zitiert Burgstahler (1997, S. 109))

5.3 Schritt 2: Erarbeitung von Stückzahlscenarien entlang des Produkt- und Prozesslebenszyklus

Ziel dieses Abschnitts ist die Erarbeitung von Stückzahlscenarien entlang des Produkt- bzw. des Prozesslebenszyklus und daraus folgend das Ableiten von Stückzahlscenarien entlang des Technologie- und Marktlebenszyklus.

5.3.1 Prognose der dem Innovationsportfolio zugrundeliegenden Stückzahlentwicklungen

Die Erarbeitung von Stückzahlscenarien ist ein Aspekt der Identifikation, Analyse und Prognose von Umfeldfaktoren. Die Identifikation von Einflussfaktoren auf das Untersuchungsfeld sollte vergangenheits-, gegenwarts- und zukunftsorientiert erfolgen.³²¹ Diese wiederum können zu Einflussbereichen gruppiert und hinsichtlich ihrer Beziehungen mit dem Untersuchungsfeld (Wirkungsanalyse) bzw. untereinander (Interdependenzen) untersucht werden.³²² In Bezug auf das vorliegende Planungsproblem für produzierende Unternehmen kommen aggregierte mehrperiodige Nachfrageprognosen der betrachteten Produktgruppen in Frage, die in der Regel in enger Abstimmung mit dem Marketing/Vertrieb durchgeführt werden.³²³ Für betriebswirtschaftliche Anwendungsfelder stehen hierbei eine Vielzahl von Prognosemodellen zur Verfügung.³²⁴ Folgende Übersicht zeigt die grundsätzliche Systematisierung von Prognosetechniken nach Vogel (2015).

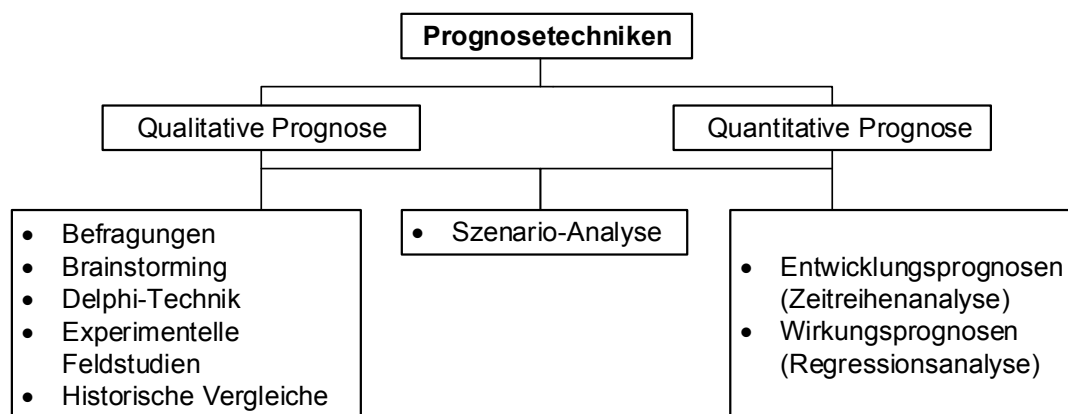


Abbildung 20: Systematisierung der Prognosetechniken (Vogel (2015, S. 11))

³²¹ Götze 1991, S. 106

³²² Götze 1991, S. 106f.

³²³ Günther und Tempelmeier 2003, S. 143

³²⁴ Mertens und Rässler 2012

Qualitative Prognosen bauen in erster Linie auf subjektiven Beurteilungen zukünftiger Entwicklungen auf.³²⁵ Das Sammeln von Expertenmeinungen (bspw. über Brainstorming, Delphi-Methode) zielt darauf ab, Expertenmeinungen möglichst zu einer quantifizierbaren Prognose zu verdichten. Feldversuche und historische Analogien zielen darauf ab, aus Erfahrungen kontrollierter Markttests bzw. aus der Vergangenheit Aussagen für die zukünftige Entwicklung von Stückzahlen abzuleiten. In der Szenario-Analyse werden qualitative Verfahren und quantitative Verfahren gekoppelt: Während die Analyse der Ausgangssituation und der Systemzusammenhänge mit Hilfe qualitativer Verfahren bestimmt werden, findet die Prognose zur Abbildung der absehbaren Entwicklung über eine Kombination von quantitativen und qualitativen Verfahren statt und wird schließlich im Zuge der Synthese, also der Erstellung und Bewertung von Zukunftsbildern, mit Hilfe von Simulationen verdichtet.³²⁶

Quantitative Prognosen sind einerseits Entwicklungsprognosen, andererseits Wirkungsprognosen. Entwicklungsprognosen führen zu Zeitreihen, die auf der mathematischen Modellierung von stochastischen Prozessen basieren.³²⁷ Die Modellbildung zielt darauf ab, diese stochastischen Prozesse als deterministische Funktion der Zeit zu beschreiben.³²⁸ Grundsätzlich werden hierbei konstante, lineare und exponentielle Modelle ohne Periodizität und mit Periodizität (bspw. saisonale Schwankungen) unterschieden.³²⁹ Je nach Modell stehen unterschiedliche Verfahren der Glättung und Regression zur Abschätzung der Modellparameter und ihrer Wirkungen (Wirkungsanalyse) zur Verfügung.

Technologielebenszyklus-Modelle³³⁰ zielen darauf ab, Zeitreihen unter Berücksichtigung verschiedener Parameter der Technologieentwicklung zu bilden.³³¹ Folgt man dem Modell nach Ansoff, gibt es einen engen Zusammenhang zwischen Markt-, Produkt- und Technologielebenszyklen.³³² Das von ihm entwickelte

³²⁵ Vogel 2015, S. 11f.

³²⁶ Vogel 2015, S. 14

³²⁷ Vogel 2015, S. 14, 19

³²⁸ Mertens und Rässler 2012, S. 16

³²⁹ Mertens und Rässler 2012, S. 17

³³⁰ Eine Übersicht über Technologielebenszyklusmodelle findet sich in Tiefel (2008). In der Bewertung der Modelle zeigt sich, dass die Modelle qualitativer Natur sind und sich nur bedingt zur Beschreibung bisheriger und zukünftiger Technologieentwicklungen eignen. Dennoch dienen sie der Sensibilisierung für unterschiedliche Entwicklungsmuster in der Technologieentwicklung. (Tiefel 2008, S. 47)

³³¹ Tiefel 2008, S. 25f.

³³² Tiefel 2008, S. 34 zitiert Ansoff 1984, S. 102

Lebenszyklusmodell eignet sich daher zur Herleitung innovationsrelevanter Entwicklungen und zur Ableitung von Stückzahlprognosen. Abbildung 21 zeigt die unterschiedlichen Ausprägungen dieser Zusammenhänge (stabil, fertil und turbulent).

333

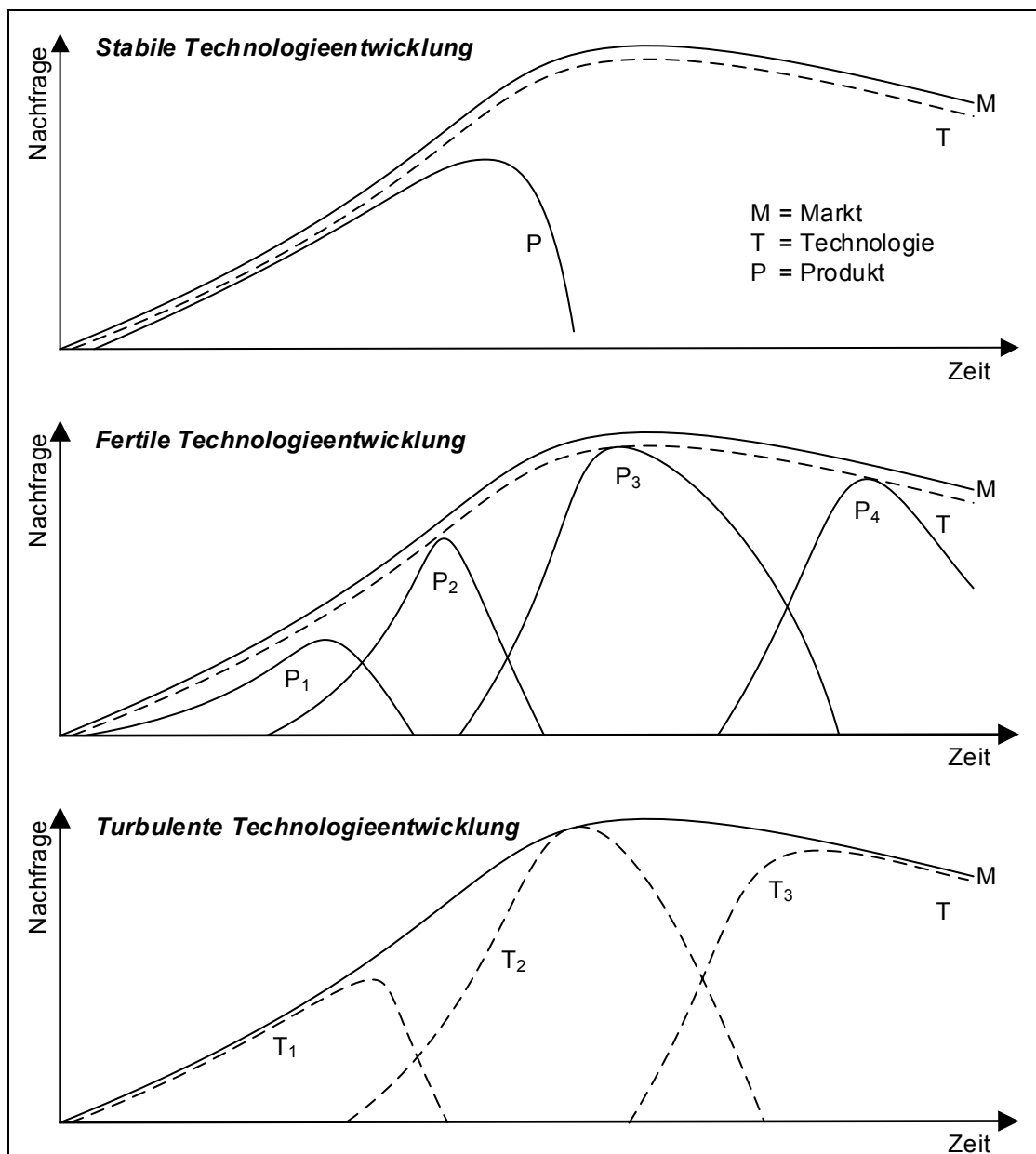


Abbildung 21: Markt-, Produkt- und Technologielebenszyklen nach Ansoff (Tiefel (2008, S. 34) zitiert Ansoff (1984, S. 103))

Bei stabilen Technologien treten über den Marktlebenszyklus keine bedeutsamen technologischen Veränderungen im Sinne von inkrementellen Produktinnovationen auf. Wettbewerbsvorteile ergeben sich über Kostenvorteile oder Nutzensvorteile (Qualität, Ausstattung, Design). Fertile Technologien unterscheiden sich von stabilen

³³³ Tiefel 2008, S. 34f.

dahingehend, dass sich die Leistungsfähigkeit der Technologie schneller weiterentwickelt, Produktlebenszyklen sich verkürzen und sich das Anwendungsspektrum der Technologie erweitert. Bei turbulenter Technologieentwicklung treten innerhalb eines Marktzyklus Technologiesprünge auf, sodass sich Technologien nur für kurze Zeit etablieren können. Insbesondere in diesem Fall ist ein frühzeitiges Bewerten der Diskontinuitäten auf die Wertschöpfung und Beschäftigung erforderlich. Tiefel (2008, S. 35) kritisiert, dass „keine Regeln zur Beschreibung und Abgrenzung der zu untersuchenden Technologien angegeben“ werden und eine „Skalierung und Dimensionsangabe für [...] die abhängige Variable ‚Nachfrage‘ fehlt“.

5.3.2 Ableiten innovationsrelevanter Stückzahlen

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 2.3 aufgezeigten technologiebasierten Innovationsarten und -dimensionen, wird im Folgenden das Lebenszyklus-Modell von Ansoff erweitert, um den oben genannten Kritikpunkten Rechnung zu tragen. In folgendem Beispiel wird davon ausgegangen, dass sich ein Marktlebenszyklus aus der Nachfrage nach einer bestimmten Produktfunktion ergibt, die sich über unterschiedliche Produkte gleichbleibender Funktion mit den jeweiligen Produktlebenszyklen befriedigen lässt. Zur schematischen Darstellung wird angenommen, dass sich ein Produkt E1 über unterschiedliche Innovationsarten (Derivate von E1 mit den jeweiligen Lebenszyklen) weiterentwickelt und schließlich in Form einer radikalen Produktinnovation von Produkt E2 abgelöst wird. Dazu werden ausgehend von der Produktstruktur die innovativen Elemente gemäß der Innovationsart identifiziert und zugeordnet (Abbildung 22).³³⁴ Darüber lassen sich einerseits die durch die Innovation erstmals oder in veränderter Stückzahl bzw. Anordnung implementierten Technologien (Gruppen und Bauteile bzw. Module, Einzelteile, Halbzeuge) in der Produktstruktur abgrenzen und dimensionieren. In der beispielhaften Darstellung sind unterschiedliche Innovationsarten unter Annahme einer gleichbleibenden Produktfunktion dargestellt. So kann eine inkrementelle Innovation beispielsweise ein verändertes Halbzeug sein, das bspw. eine Gewichtsersparnis ermöglicht. Bei der modularen Innovation wird das Erzeugnis B bei gleichbleibender Produktarchitektur verändert, wie beispielsweise durch den

³³⁴ In Anlehnung an Schindler 2015, S. 85 und DIN 199-1:2002-03, S. 14

Austausch einer mechanischen gegen eine elektrische Komponente. Die architekturelle Innovation zeigt sich in der Veränderung der Produktstruktur, beispielsweise durch eine Rekonfiguration der Module A und B, um eine bessere Montage zu ermöglichen. Die radikale Innovation äußert sich durch einen gänzlich neuen Aufbau der Produktstruktur unter Verwendung neuartiger Baugruppen, Bauteile und Halbzeuge bzw. Werkstoffe.

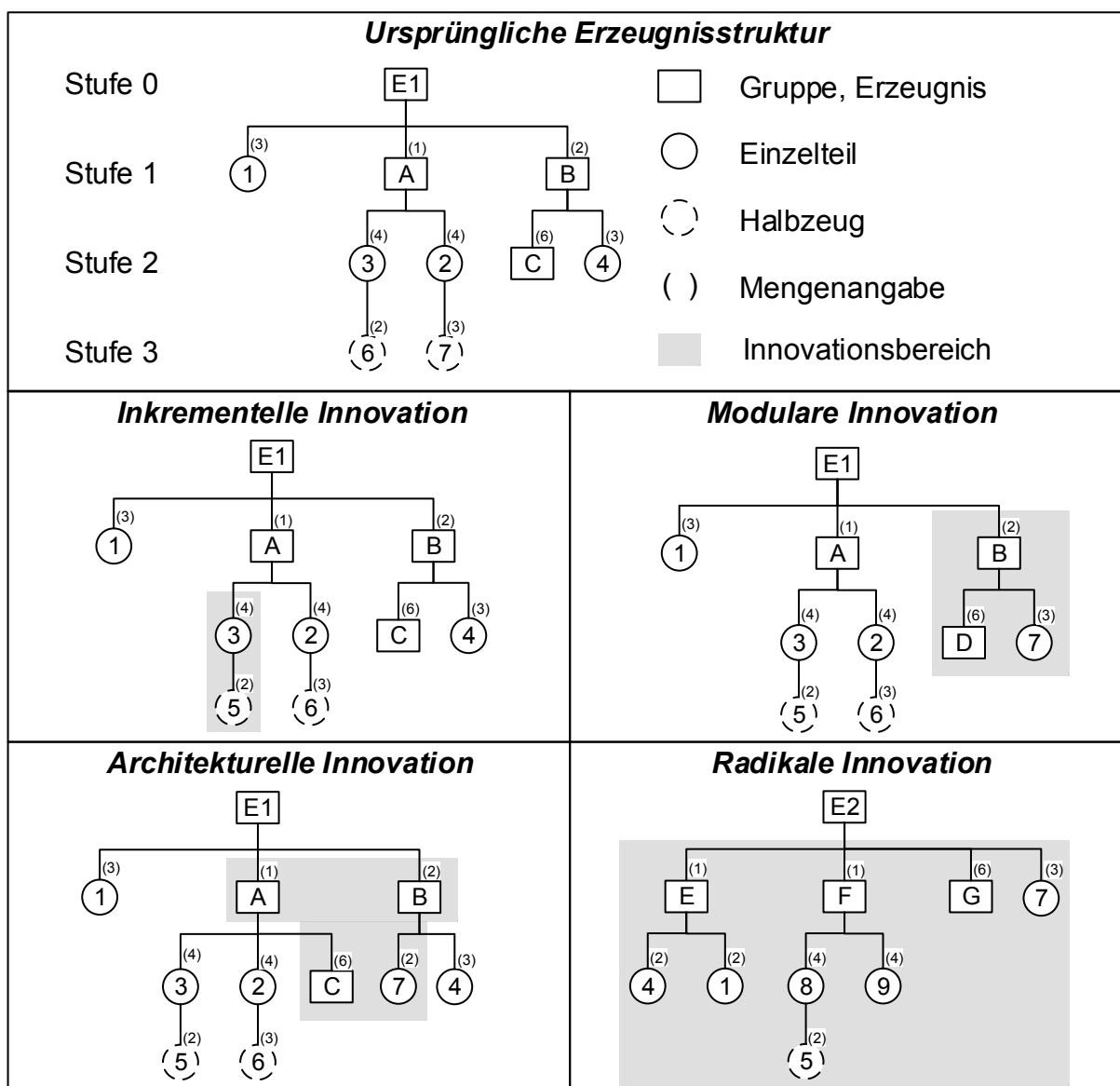


Abbildung 22: Innovationsarten unter Berücksichtigung der Produktstruktur (eigene Darstellung unter Berücksichtigung von DIN 199-1:2002-03, Schindler (2015) und Henderson und Clark (1990))

Ausgehend von der chronologischen Zuordnung der Produkte im Technologiekalender und den Nachfrageprognosen des Vertriebs/Marketings bezüglich der jeweiligen Produkte können so die Innovationsbereiche zugeordnet und innovationsbezogene Stückzahlenszenarien gebildet werden. Je nach Art der Innovation werden entsprechend

unterschiedliche Ebenen des Technologiekalenders angesprochen mit jeweils daraus resultierenden stückzahlbezogenen Effekten über den Zeitverlauf. Anhand des frei gewählten und stark vereinfachten Beispiels ist zu erkennen, dass sich je nach Innovationsart sowie deren Auswirkungen auf die Produktstruktur und des Produktlebenszyklus unterschiedliche Effekte ergeben und, entgegen der Darstellung in Abbildung 21, Technologielebenszyklen sich nicht zwingenderweise als Hüllkurve der Produktlebenszyklen ergeben (Abbildung 23).

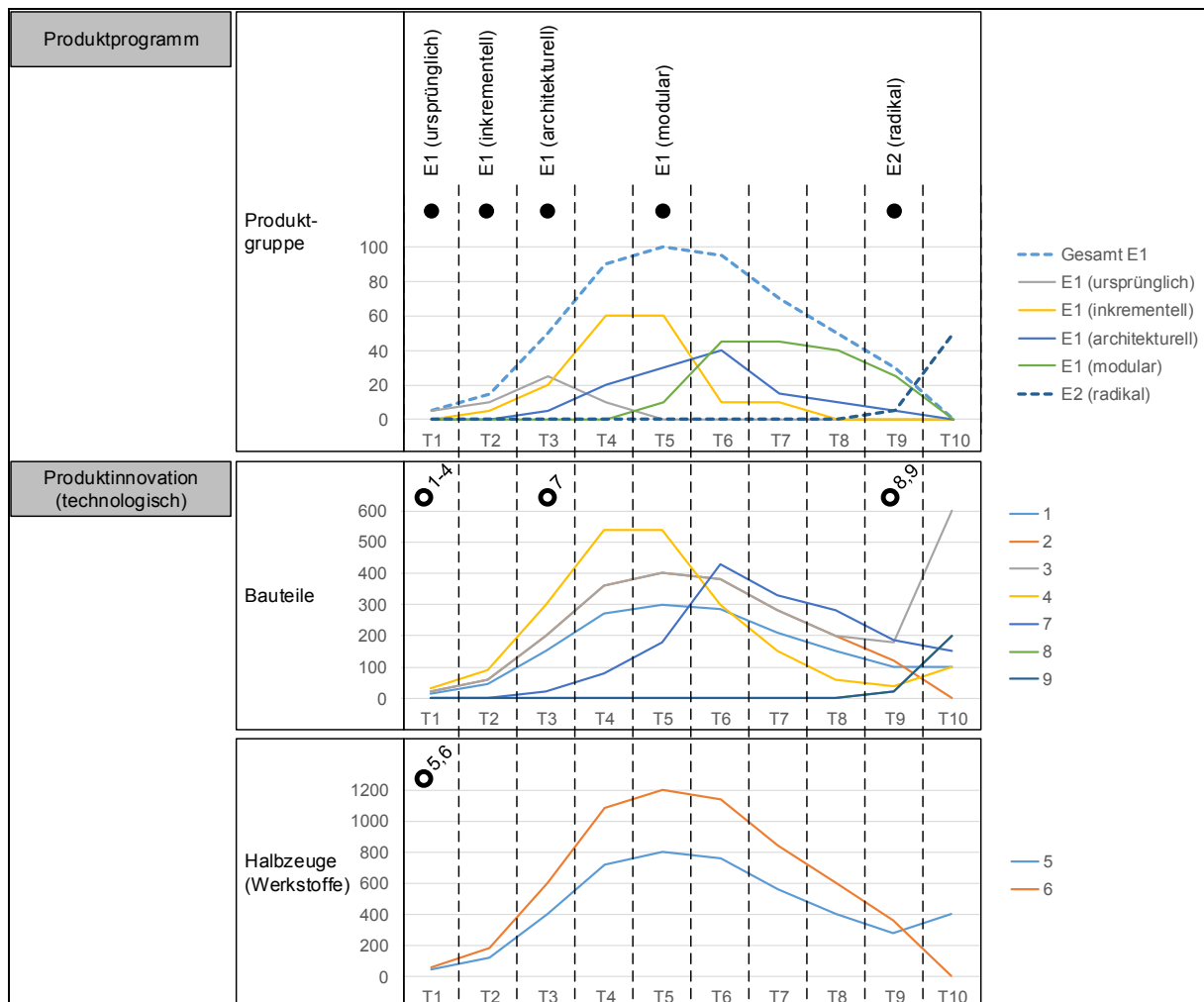


Abbildung 23: Stückzahlentwicklungen auf Technologieebene als Effekt unterschiedlicher Innovationsarten und deren Nachfrage über den Zeitverlauf (auszugsweise Darstellung im Technologiekalender)

Über die hier dargestellten Stückzahlenszenarien lassen sich auch Stückzahlen für technische Prozesstechnologien über deren Kapazitäten, den jeweiligen produktspezifischen Anforderungen hinsichtlich der Kapazitätsbedarfe und schließlich über die organisatorische Gestaltung des Produktionssystems ableiten.

5.4 Schritt 3: Ermittlung der Herstellkosten auf Komponentenebene

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, beinhaltet die Wertschöpfungsrechnung die Ermittlung von Abgabeleistungen und Vorleistungen (Verwendungsrechnung) bzw. von Abgabeleistung und Kosten der Leistungserstellung (Entstehungsrechnung). Weber (1980, S. 23) subsumiert, dass grundsätzlich alle monetären Rechnungen der Betriebswirtschaft für die Ermittlung der Wertschöpfung in Betracht kommen. Für den Zweck der Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten von Innovationen in produzierenden Unternehmen ist die Kosten- und Leistungsrechnung als Ausgangspunkt zweckmäßig. Die Kosten- und Leistungsrechnung³³⁵ hat zum Kernziel Informationen für die interne Planung und Kontrolle bereitzustellen³³⁶ und grenzt die unternehmensinternen produktionswirtschaftlichen Bereiche am besten ab³³⁷. Im Vergleich zur Aufwands- und Ertragsrechnung berücksichtigt sie keine betriebsfremden und außerordentlichen Aufwendungen und Erträge, bezieht sich also auf wertschöpfungsrelevante Größen. Ein weiterer Nachteil der Aufwands- und Ertragsrechnung ist, dass sich Wertschöpfungsgrößen aus der Gewinn- und Verlustrechnung (als Ergebnis der Aufwands- und Ertragsrechnung³³⁸) aufgrund der Bildung von Sammelposten weder mittelbar noch unmittelbar bestimmen lassen.³³⁹ Daher werden im Folgenden ausgewählte Verfahren der Kosten- und Leistungsrechnung mit besonderem Fokus auf strategische Fragestellungen beschrieben.

Grundsätzlich gliedern sich die Systeme der Kosten- und Leistungsrechnung nach dem Zeitbezug (Ist-, Normal- und Plankosten) und nach dem Verrechnungsumfang (Vollkosten und Teilkosten) und können beliebig kombiniert werden.³⁴⁰ Während sich Ist- und Normalkostenrechnung auf die Mengen und Preise der vergangenen bzw. mehrerer vergangener Perioden bezieht, orientiert sich die Plankostenrechnung an zukünftig erwarteten Größen. Damit ist die Plankostenrechnung für die „Planung,

³³⁵ In der Literatur wird auch von Kosten- und Erlösrechnung gesprochen. Häufig wird auch nur von Kostenrechnung gesprochen, da die Erlös- bzw. Leistungsrechnung weniger umfangreich bearbeitet wird. (Horsch 2015, S. 16)

³³⁶ Horsch 2015, S. 3

³³⁷ Weber 1980, S. 21f.

³³⁸ Horsch 2015, S. 3

³³⁹ Weber 1980, S. 22

³⁴⁰ Horsch 2015, S. 37

Steuerung und Kontrolle des Betriebsgeschehens bestens geeignet³⁴¹ und kommt daher für die Kostenbewertung im vorliegenden Anwendungsfall in Frage. Bei der Vollkostenrechnung werden sämtliche Einzelkosten (direkt dem Kostenträger zuordenbare Kosten) und Gemeinkosten (nur indirekt zuordenbare Kosten) betrachtet, während die Teilkostenrechnung nur die variablen, also von der Ausbringungsmenge abhängigen Kosten, berücksichtigt.³⁴²

Im strategischen Kontext werden aufgrund der Umfeldveränderungen, mit denen ein Unternehmen konfrontiert ist, veränderte Anforderungen an die Kostenrechnung gestellt.³⁴³ Insbesondere die in dieser Arbeit im Fokus stehenden Veränderungen durch Produkt- und Prozessinnovation müssen in der Kostenrechnung entsprechend berücksichtigt und ggf. durch eine „Entfeinerung der Kostenrechnung“ handhabbar gemacht werden.³⁴⁴

Für eine mittel- bis langfristige Kostenrechnung, auch Kostenmanagement genannt³⁴⁵, kommen grundsätzlich unterschiedliche Verfahren in Frage:³⁴⁶

- *Prozesskostenrechnung*: Bei diesem Verfahren werden die anfallenden Kosten möglichst verursachungsgerecht auf die Aktivitäten des Unternehmens aufgeteilt. Im Wesentlichen sollen damit Kosten der indirekten Leistungsbereiche des Unternehmens („Unterstützende Prozesse“) genauer und damit unter Berücksichtigung der Inanspruchnahme durch die direkten Leistungsbereiche verteilt werden.³⁴⁷ Die Prozesskostenrechnung ist vor allem in Verbindung mit repetitiven Prozessen bei geringem Entscheidungsspielraum des Mitarbeiters, wie beispielsweise bei der Verteilung von Materialgemeinkosten und Vertriebsgemeinkosten, anwendbar.³⁴⁸
- *Zielkostenmanagement bzw. „Target Costing“*: Hierbei handelt es sich um ein Instrument zur Festlegung der marktorientierten Zielkosten bei der Einführung von neuen Produkten oder Leistungen. Diese Zielkosten dienen im Stadium der Produktplanung und -entwicklung als Richtwert den es beim späteren Produkt

³⁴¹ Horsch 2015, S. 40

³⁴² Horsch 2015, S. 24ff, 41ff.; Coenenberg et al. 2009, S. 64

³⁴³ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 272ff.

³⁴⁴ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 275

³⁴⁵ Horsch 2015, S. 16; Ewert und Wagenhofer 2000, S. 276

³⁴⁶ Horsch 2015, S. 16f.; Ewert und Wagenhofer 2000, S. 272ff.

³⁴⁷ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 294ff.; Horsch 2015, S. 269ff.

³⁴⁸ Horsch 2015, S. 272

zu erreichen gilt und zeigen in der Regel Kostensenkungsbedarfe auf.³⁴⁹ In der Regel werden die Einzelkosten im Rahmen einer konstruktionsbegleitenden Kalkulation ermittelt, während die notwendigen Prozesse über eine Prozesskostenrechnung bewertet werden.³⁵⁰

- *Lebenszykluskostenrechnung*: Dieses Verfahren zielt darauf ab, sämtliche Kosten, die über den Lebenszyklus eines Produktes anfallen, diesem zuzuordnen. Es werden also sämtliche Vorlaufkosten, wie Forschungs- und Entwicklungskosten und Nachlaufkosten, wie Service- und Instandhaltungskosten, entsprechend berücksichtigt.³⁵¹

Die Bewertung von Innovationen in Produkten und Prozessen orientiert sich grundsätzlich an der Zielkostenrechnung bzw. der zugrundeliegenden konstruktionsbegleitenden Kalkulation. Die konstruktionsbegleitende Kalkulation baut auf Kostengesetzmäßigkeiten, Kostenkennzahlen, Vergleichen und Schätzungen sowie Erfahrungswerten auf.³⁵² Ausgehend davon können weitere Kostenrechnungsverfahren zur zweckmäßigen Kostenbewertung von innovationsbedingten Veränderungen entsprechend eingebunden werden.

Im Zuge der konstruktionsbegleitenden Kalkulation finden in den entsprechenden Entwicklungsphasen unterschiedliche Basiswerte Anwendung (Abbildung 24). Daraus wird ersichtlich, dass für neuartige Produkte in frühen Phasen nur Pauschalwerte, Schätzungen oder Vergleiche, ggf. unterstützt durch Kennzahlen und Gesetzmäßigkeiten herangezogen werden, die im Weiteren durch präzisere Verfahren bis hin zur klassischen Kostenrechnung verfeinert werden.³⁵³ Nach Bronner (2008) kommen die entlang der Entwicklungsphasen zunächst Gesetzmäßigkeiten und Tendenzen der Kosten in Frage, die über konzeptorientierte Verfahren, konstruktiv orientierte Verfahren bis hin zu technologisch orientierten Verfahren präzisiert werden.

³⁴⁹ Horsch 2015, S. 295ff.; Ewert und Wagenhofer 2000, S. 311ff.

³⁵⁰ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 314f.

³⁵¹ Ewert und Wagenhofer 2000, S. 321ff.;

³⁵² Bronner 2008, S. V

³⁵³ Bronner 2008, S. 24

Entwicklungsphasen	Basiswerte für die Kalkulation
	Gesetzmäßigkeiten von Kosten, Kennzahlen, Erfahrungswerte
Anfrage	Geforderte Funktionen, Einsatzbedingungen, Preislimit
Rohkonzept	Kosten, Gewichte etc. ähnlicher Produkte, Schätzwerte für Produkt
Pflichtenheft	Physikalisch technische Lösungswege, Wiederholteilekosten
Entwürfe und Berechnungen	Grob-Gestalt-Masse, Werkstoffart, Grob-Gewichte, Wiederholteilekosten
Konstruktion	Gestalt, Masse, Werkstoffe, Gewicht, Ähnlicheilekosten
Fertigungsplanung	Plankosten für Material, Planzeiten und Kostensätze
Fertigung	Teils Ist-Kosten, teils Planzeiten und Plankosten
Abrechnung	Istkosten für Material und Fertigung

Abbildung 24: Basiswerte für Kalkulationen zu verschiedenen Zeitpunkten der Entwicklung (in Anlehnung an Bronner (2008, S. 24))

Dabei ist es vorteilhaft, die Kalkulation möglichst nach der Kostengliederung gemäß DIN 32992 zu gliedern³⁵⁴, wobei im Zuge der vorgestellten Vorgehensweise insbesondere die Einzelkosten bis hin zu den Herstellkosten 2 (HK2) zu berücksichtigen sind (Abbildung 25). Dabei werden die direkt auf das Produkt angefallenen Kostenarten („Welche Kosten fallen an?“) der Kostenträgerrechnung entnommen („Wofür fallen Kosten an?“), während die Informationen zu den Gemeinkosten der Kostenstellenrechnung („Wo fallen Kosten an?“) entnommen werden.

³⁵⁴ Bronner 2008, S. 12, 24; Coenenberg et al. 2009, S. 57ff.

Kostenarten	Kalkulationsschema	Ursprung der Ausgangsdaten	
		Kostenträgerbezogen (Stückliste, Arbeitsplan usw.)	Kostenstellenbezogen (Betriebsabrechnungsbogen)
Materialeinzelkosten	MEK	●	
Materialgemeinkosten	MGK		●
Materialkosten	MK		
Fertigungseinzelkosten	FEK	●	
Fertigungsgemeinkosten	FGK		●
Fertigungskosten 1	FK1		
Sondereinzelkosten der Fertigung	SEF	●	
Fertigungskosten 2	FK2		
Herstellkosten 1	HK1		
Entwicklungs- und Konstruktionseinzelkosten	EKEK	●	
Entwicklungs- und Konstruktionsgemeinkosten	EKGK		●
Entwicklungs- und Konstruktionskosten	EKK		
Herstellkosten 2	HK2		
Verwaltungsgemeinkosten	VWVGK		●
Vertriebsgemeinkosten	VTGK		●
Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten	VVVGK		●
Vertriebseinzelkosten	VTEK	●	
Selbstkosten	SK		

Abbildung 25: Prinzipieller Ablauf einer differenzierenden Zuschlagskalkulation nach Kostenarten³⁵⁵ (in Anlehnung an Bronner (2008, S. 12) zitiert DIN 32992)

³⁵⁵ DIN 32992 verwendet die Bezeichnung Fertigungslohnkosten (FLK) anstelle von Fertigungseinzelkosten (FEK). Bronner (2008, S. 8f.) verwendet den Begriff FEK und ordnet diesen sämtliche Kostenanteile der Fertigung zu, die „auf jede Produktionseinheit etwa über den Zeitbedarf direkt erfasst werden“ können, und sich somit aus Fertigungslohn und Maschinenstundensatz ergeben.

Welches der nachfolgend beschriebenen konstruktionsbegleitenden Verfahren angewendet wird, muss in konkreten Anwendungsfall und im Hinblick auf die Innovationsart entschieden werden. Abbildung 26 zeigt eine qualitative Zuordnung der Verfahren zu den Innovationsarten, eine trennscharfe Abgrenzung ist jedoch nicht möglich.

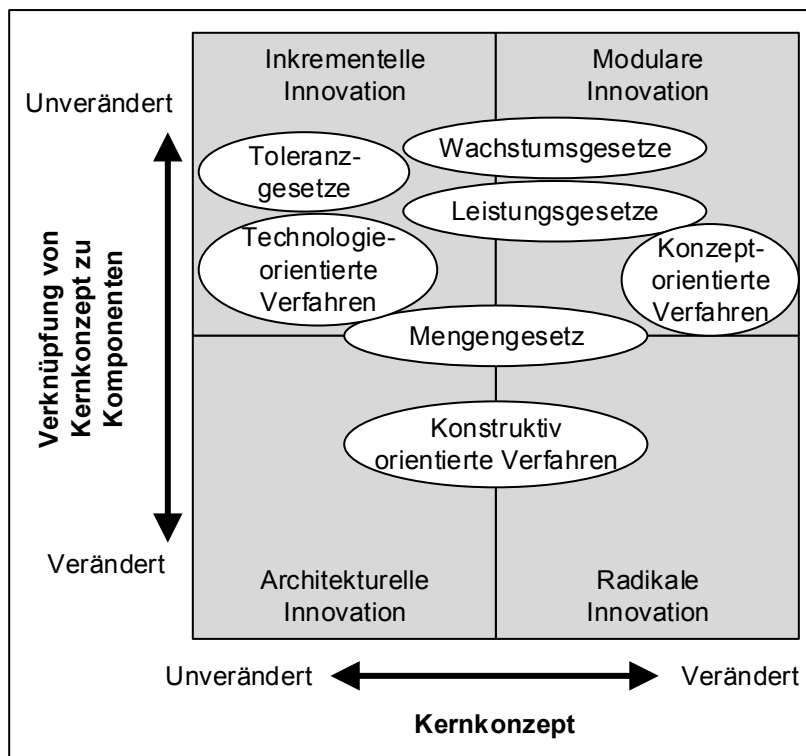


Abbildung 26: Zuordnung von Verfahren der konstruktionsbegleitenden Kalkulation zu Innovationsarten

5.4.1 Kostengesetzmäßigkeiten und Tendenzen

Kostengesetzmäßigkeiten und Tendenzen sind wirtschaftlich-technische Gesetze, die sich aus statistisch abgesicherten Beobachtungen ergeben. Über diese Kostengesetzmäßigkeiten lassen sich neuartige Produkte und Prozesse hinsichtlich ihrer Herstellkosten bzw. der Beeinflussung der Herstellkosten bewerten. Wie in Tabelle 5 ersichtlich, beziehen sich die Kostengesetzmäßigkeiten auf geometrische Veränderungen, Veränderungen von Losgrößen und Stückzahlen sowie Maschinenkapazitäten. Als Basiswerte für die Herstellkostenermittlung von Innovationen kommen ähnliche Produkte und Komponenten bzw. Referenzpreise von Prototypen in Frage.

Aufgrund der Wichtigkeit in der strategischen Planungsrechnung ist auf das Mengengesetz, auch als Erfahrungskurvenkonzept bekannt, vertieft einzugehen. Grundsätzlich beschreibt das Erfahrungskurvenkonzept „die Ursache-Wirkungszusammenhänge zwischen Preissenkung und Reduzierung der Stückkosten in Abhängigkeit von der kumulierten Produktionsmenge eines Produktes“.³⁵⁶ Dabei wird auf das Kostensenkungspotenzial hingewiesen, das durch strategische Entscheidungen identifiziert und genutzt werden muss.³⁵⁷ Dieses Kostensenkungspotenzial, das auf der Hypothese beruht, dass unterschiedliche Effekte entlang des Produktlebenszyklus dazu führen, dass die Herstellkosten mit der Verdopplung der kumulierten Produktionsmenge bzw. Absatzmenge um 20 bis 30 Prozent sinken. Die unterschiedlichen Effekte sind in Abbildung 27 dargestellt und werden im Folgenden nach Reim (2015, S. 575 f.) beschrieben.

Der Betriebsgrößeneffekt (Economies of Scale) zeigt die Wirkung von Kapazitätsveränderungen auf die Stückkosten. Kostenvorteile ergeben sich durch bessere Einkaufsbedingungen bei höheren Mengen, Synergieeffekten in Verwaltung und F&E, dem Einsatz von Universalmaschinen etc. Fixkostendegressionseffekte ergeben sich durch Verteilung der Fixkosten auf eine größere Ausbringungsmenge. Der Lernkurveneffekt entsteht durch organisatorisches Lernen und der Verbesserung der Qualität und Produktivität durch effektiver und effizienter ausgeführte Tätigkeiten der an der Wertschöpfung Beteiligten. Rationalisierungseffekte entstehen durch den optimierten Einsatz bekannter Techniken, verbesserter Vorgehensweisen und Eliminierung unzweckmäßiger Abläufe, können also tendenziell organisatorischen Prozessinnovationen zugeordnet werden. Technischer Fortschritt führt durch Automatisierung und Modernisierung der Fertigungstechnologie zu sinkenden Stückkosten und kann daher technologischen Prozessinnovationen zugeordnet werden. Über das Erfahrungskurvenkonzept wird demnach die Dynamik zwischen Produkt- und Prozessinnovation hinsichtlich des Kosteneinsparungspotenzials beschrieben, dass die zeitliche Perspektive in Form von Stückzahlentwicklungen berücksichtigt.

³⁵⁶ Reim 2015, S. 573

³⁵⁷ Reim 2015, S. 573

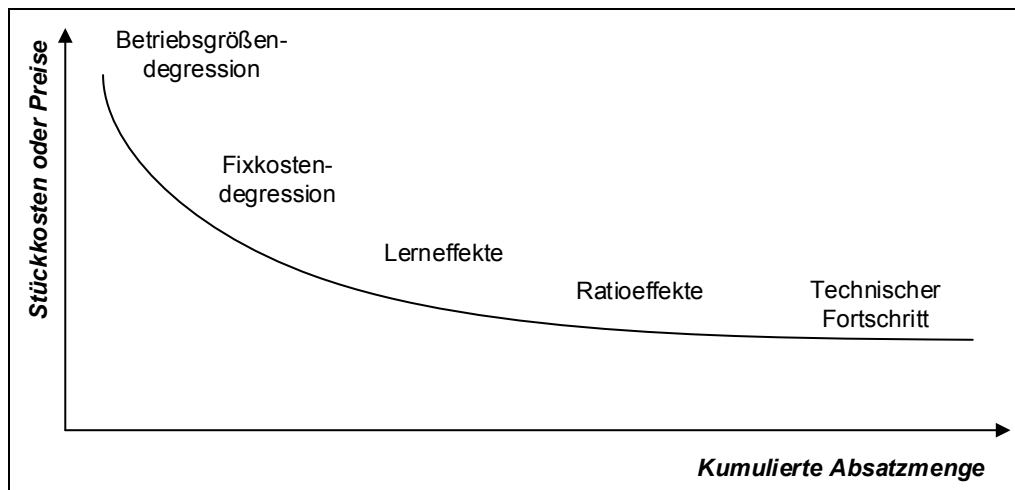


Abbildung 27: Teileffekte des Erfahrungskurvenkonzeptes (Reim (2015, S. 574))

Aufgrund des hypothetischen Charakters des Erfahrungskurvenkonzeptes, ist dieses unterschiedlichen Kritikpunkten unterworfen.³⁵⁸ In Bezug auf die Untersuchung von innovationsbezogenen Effekte sind insbesondere folgende Kritikpunkte zu nennen:

- Die Effekte des technischen Fortschritts werden in der Regel schubweise auftreten und somit zu Kostensprüngen führen.
- Die Verwendung einer statischen Produktdefinition ist unrealistisch, da sich die Produkte hinsichtlich Funktion und Qualität verbessern und damit Preis- bzw. Kostenveränderungen zu erwarten sind.
- Synergien durch die Mehrfachverwendung einzelner Komponenten bleiben unberücksichtigt.

Durch die möglichst vollständige Erfassung des Innovationsportfolios in Form eines Technologiekalenders sowie dem Ableiten innovationsrelevanter Stückzahlen durch Stücklistenauflösung, können diese Kritikpunkte jedoch abgeschwächt werden.

³⁵⁸ Reim 2015, S. 583f.

Gesetzmäßigkeit	Kostenart	Formel	Parameter
Wachstumsgesetze	Materialkosten	$k_{m2} = k_{m1} \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^\alpha$	$\alpha \approx 3$ k_{mi} = Materialkosten des Produktes i l_i = Länge des Produktes i
	Fertigungskosten	$k_{f2} = k_{f1} \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^\beta$	$1,8$ (Serie) $\leq \beta \leq 2,2$ (Kleinserie) k_{fi} = Fertigungskosten des Produktes i l_i = Länge des Produktes i
	Rüstkosten	$k_{r2} = \frac{n_1}{n_2} k_{r1} \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^\tau$	k_{fi} = Fertigungskosten des Produktes i l_i = Länge des Produktes i n_i = Losgröße des Produktes i $0,4$ (Serie) $\leq \tau \leq 0,6$ (Kleinserie)
Mengengesetz	Stückkosten	$k_i = k_0 x_i^{-b}$ $b = -\frac{\ln L}{\ln 2}$	$0 < L < 1$ (Lernrate) k_i = Stückkosten der i-ten Einheit k_0 = Stückkosten der Nullserie x_i = kumulierte Produktionsmenge
Leistungsgesetze	Kosten eines Aggregates	$I_2 = I_1 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^v$	$v \approx 2/3$ I_i = Kosten des Aggregates i M_i = Leistung der Aggregates i
	Fertigungskosten	$k_{f2} = k_{f1} \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^\mu$	$\mu = 0,322$ k_{fi} = Fertigungskosten des Produktes i M_i = Produktionsleistung der Anlage i $0,4$ (Serie) $\leq \tau \leq 0,6$ (Kleinserie)
	Fertigungskosten	$k_f = k_{var} + k_{fix,100} \times \frac{a_{100}}{a}$	k_f = Fertigungskosten des Produktes k_{var} = variable Fertigungskosten $k_{fix,100}$ = fixe Fertigungskosten bei Vollaustattung a = Auslastung in % a_{100} = 100% Auslastung
Toleranzgesetze	Fertigungskosten	$k_{f2} = k_{f1} \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^\tau$	$0 \leq \tau \leq 1$ k_{fi} = Fertigungskosten des Produktes i t_i = zulässige Maßabweichung bei Produkt i

Tabelle 5: Kostengesetzmäßigkeiten in der konstruktionsbegleitenden Kalkulation (eigene Darstellung nach Bronner (2008, S. 26ff.), Coenenberg et al. (2009, S. 410ff.))

5.4.2 Konzeptorientierte Verfahren

Konzeptorientierte Verfahren basieren auf Schätzungen und Vergleichen unter Berücksichtigung von Referenzprodukten bzw. -prozessen und marktbezogenen Daten, wie beispielsweise Material- oder Personalkostenveränderungen.³⁵⁹ Bei der pauschalen Schätzung werden die Kostenveränderungen der einzelnen Herstellkostenarten durch die jeweiligen Experten auf Basis ihrer Erfahrungen nachvollziehbar geschätzt.³⁶⁰ Bei der analytischen Schätzkalkulation wird das Erzeugnis in seine Erzeugnisstruktur gegliedert, um die bekannten Kosten von Übernahmeteilen und die zu schätzenden Kosten neuartiger Bauteile oder Baugruppen zu trennen. Die Herstellkosten ergeben sich dann aus der Summe der Kostenanteile für Wiederholteile, Varianten, Neuteile und Montage (Formel 1).³⁶¹

$$\begin{aligned}
 k_h &= \sum k_h \text{ Wiederholteile} \\
 &+ \sum k_h \text{ Varianten} \times \text{Änderungsfaktor} \\
 &+ \sum k_h \text{ Neuteile geschätzt} \\
 &+ \sum k_h \text{ Montage geschätzt}
 \end{aligned}$$

Formel 1: Herstellkosten bei analytischer Schätzkalkulation

Die Kosten von Varianten können dabei über die Differenzkalkulation bestimmt werden, bei der die Kostenunterschiede der Varianten zur Referenz geschätzt werden. Diese Unterschiede lassen sich auf Ebene der der Produktstruktur (Mehr- und Minderteile) oder auf Einzelteileebene (Mehr- und Minderarbeit bzw. -material) abschätzen (Formel 2).

$$\begin{aligned}
 k_h &= k_h \text{ Vergleichsobjekt} \\
 &+ k_h \text{ Mehrteile /-aufwand /-material} \\
 &- k_h \text{ Minderteile/-aufwand /-material}
 \end{aligned}$$

Formel 2: Variantenkostenermittlung durch Differenzkalkulation

³⁵⁹ Bronner 2008, S. 74ff.

³⁶⁰ Bronner 2008, S. 75

³⁶¹ Bronner 2008, S. 79

Die Funktionsgruppenkalkulation baut auf einer Zerlegung von Erzeugnissen in ihre Funktionsgruppen auf, denen Komponenten und Montagearbeiten ganz oder anteilig zugeordnet werden und entsprechend mit Kosten bewertet werden können.³⁶² In der Regel können Funktionsgruppen so gebildet werden, dass keine wesentlichen Unterschiede zu einer auf Baugruppen basierenden analytischen Schätz- und Differenzkalkulation bestehen.

5.4.3 Konstruktiv orientierte Verfahren

Konstruktiv orientierte Kalkulationen erlauben die Ermittlung von Kosten über die Zeichnungsdaten des betrachteten Erzeugnisses ohne dabei Fertigungstechnologien oder -zeiten zu berücksichtigen.³⁶³ Werden die Kosten des Erzeugnisses vorwiegend über die Materialkosten bestimmt, kommen Gewichts- und Volumenkostenmethoden zur Anwendung, die die Kosten über das veränderte Gewicht der Erzeugnisse überschlagen (Formel 3).

$$k_h = G \times \frac{\text{Kosten aller Teile}}{\text{Gewicht aller Teile}} \text{ bzw.}$$

$$k_h = \sum \left(G_{\text{Einzelteil}} \times \frac{\text{Kosten Einzelteil}}{\text{Gewicht Einzelteil}} \right)$$

Formel 3: Gewichtskostenverfahren

Ein weiteres konstruktiv orientiertes Verfahren ist die Relativkostenkalkulation. Hierbei wird bei vergleichbaren Konstruktionen und Produktionsleistungen eine konstante Relation der Kostenarten angenommen.³⁶⁴

$$k_{h2} = \frac{k_{m2}}{k_{m1}} \times k_{h1}$$

Formel 4: Relativkostenverfahren

Je nach Ähnlichkeit der Konstruktionen können veränderte Verhältnisse von Material- zu Fertigungskosten oder veränderte Gemeinkostensätze berücksichtigt werden, wobei dies wegen des zusätzlichen Aufwands bei gleichbleibender Ungenauigkeit nicht empfohlen wird.³⁶⁵

³⁶² Bronner 2008, S. 87f.

³⁶³ Bronner 2008, S. 89

³⁶⁴ Bronner 2008, S. 97ff.

³⁶⁵ Bronner 2008, S. 97

Weitere konstruktiv orientierte Verfahren³⁶⁶ bauen auf großen Datenmengen und Regressionsrechnungen auf, die aufgrund des hohen Aufwands zur Kostenermittlung für die vorliegende Problemstellung als nicht geeignet erachtet werden und daher nicht weiter beschrieben werden.

5.4.4 Technologieorientierte Verfahren

Technologisch orientierte Kalkulationen bauen auf vorhandenen Stücklisten, Arbeitsplänen mit hinterlegten Fertigungszeiten und realistischen Kostensätzen für Material und Fertigung auf.³⁶⁷ Auf Basis dieser Daten können verschiedene Formen der Voll- und Teilkostenrechnung (Zuschlagskalkulation, Maschinenstundensatzrechnung bzw. Platzkostenkalkulation, Deckungsbeitragsrechnung) angewendet werden, die jedoch aufgrund der notwendigen detaillierten Datengrundlage nicht für die Bewertung der Effekte von neuartigen Produkte und Prozesse im strategischen Kontext geeignet sind und daher nicht detailliert beschrieben werden. Die verschiedenen Verfahren zur technologisch orientierten Kalkulation finden sich beispielsweise in Coenenberg et al. (2009) oder Horsch (2015).

5.5 Schritt 4: Zuordnung der Innovationen zu Wirtschaftszweigen und Bildungsklassen

Inhalt dieses Abschnittes ist die Zuordnung der untersuchten Produkte und Prozesse zu Wirtschaftszweigen und Bildungsklassen, mit dem Ziel, die möglichen qualitativen Auswirkungen der mit Herstellkosten bewerteten Produkte bzw. Bauteile zu charakterisieren.

Die Zuordnung zu Wirtschaftszweigen erfolgt nach der „International Standard Industrial Classification of All Economic Activities“ (ISIC) der Vereinten Nationen³⁶⁸. Dieser Standard zur Klassifizierung von Produktionsaktivitäten bildet die Basis für die Wirtschaftsklassifikationen einer Vielzahl von Ländern, wie die „Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft“ („Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne“ – NACE),

³⁶⁶ Bronner 2008, S. 99ff.

³⁶⁷ Bronner 2008, S. 114

³⁶⁸ United Nations 2008

aus der sich die in Deutschland verwendete „Klassifikation der Wirtschaftszweige“³⁶⁹ (WZ) und die in Österreich verwendete ÖNACE³⁷⁰ ableiten. Diese Klassifikationen bilden die Grundlage für die Erstellung und Berechnung nationaler Statistiken, unter anderem für die Produktion von Gütern. Die wirtschaftlichen Aktivitäten werden im Falle der ISIC in 21 Hauptgruppen („sections“) unterteilt, die in 99 unterschiedliche Bereiche („divisions“) und eine Vielzahl von Gruppen und Klassen weiter verfeinert werden, sodass untersuchten Produkte gemäß ihrer Produktstruktur verschiedenen Wirtschaftsaktivitäten zugeordnet werden können. Tabelle 6 zeigt exemplarisch die Klassifikation eines Wirtschaftsbereiches nach ÖNACE.

Hauptgruppe	Bereich	Gruppe	Klasse	Bezeichnung
C				Herstellung von (H.v.) Waren
	C28			Maschinenbau
		C281		H.v. nicht spezifischen Maschinen
			C2811	H.v. Verbrennungsmotoren und Turbinen
			C2812	H.v. hydraulischen Komponenten
			C2813	H.v. Pumpen und Kompressoren anderweitig nicht genannt (a.n.g.)
			C2814	H.v. Armaturen a.n.g.
			C2815	H.v. Lagern, Getrieben und Zahnrädern
		C282		H.v. sonstigen nicht spezifischen Maschinen
			C2821	H.v. Öfen und Brennern
			C2822	H.v. Hebezeugen und Fördermitteln
			C2823	H.v. Büromaschinen
			C2824	H.v. Handwerkzeugen mit Motorantrieb
			C2825	H.v. kälte-/lufttechnische Erzeugnissen
			C2829	H.v. sonstigen Maschinen a.n.g.

Tabelle 6: Exemplarische Darstellung der Wirtschaftsklassifikation (Auszug aus Bereich C28)

Zur Charakterisierung der Innovationen hinsichtlich möglicher qualitativer Beschäftigung, die zur Entwicklung und Herstellung der Innovation benötigt wird, wird die International Standard Classification of Education (ISCED) verwendet.³⁷¹ Dieser Standard beschreibt und kategorisiert verschiedene Bildungsniveaus sowie unterschiedliche Bildungsbereiche³⁷² (bspw. Naturwissenschaft, Technik). Die Bildungsniveaus der ISCED sowie die entsprechenden Bildungsgänge in Deutschland bzw. Österreich sind in Tabelle 7 bzw. Tabelle 7 dargestellt. Über eine Kombination

³⁶⁹ Statistisches Bundesamt 2008

³⁷⁰ Zeller et al. 2008

³⁷¹ UNESCO 2014

³⁷² UNESCO 2014, S. 15

der Bildungsniveaus und Bildungsbereiche lassen sich Innovationen hinsichtlich des Beschäftigungsbedarfs standardisiert und systematisch charakterisieren.

ISCED 2011		Deutsche Bildungsgänge
0	early childhood education	Kindergarten, Vorklasse, Schulkindergarten
1	primary	Grundschule
2	lower secondary	Hauptschule, Realschule, Gymnasium, Integrierte Gesamtschule, Abendschule, Berufsaufbauschule
3	upper secondary	Allgemeinbildender Sekundarbereich II (z. B. gymnasiale Oberstufe, Fachoberschule, Fachgymnasium), beruflicher Sekundarbereich II (z. B. Berufsfachschulen, duales System), Beamtenausbildung (mittlerer Dienst)
4	post-secondary non tertiary	Fachoberschulen (Klasse 13), Berufs-/Technische Oberschule, Berufsfachschulen, die Berufsabschlüsse vermitteln (Zweitausbildung, kombiniert mit Studienberechtigung), duales System (Zweitausbildung kombiniert mit Studienberechtigung), Abendschulen (Sekundarbereich II), duales System (Zweitausbildung)
5	short-cycle tertiary	Universität, Kunst-/Musik-/Fachhochschule, Fachakademie, Verwaltungsfachhochschule, Fachschule, Schulen des Gesundheitswesens
6	Bachelor or equivalent	
7	Master or equivalent	
8	Doctoral or equivalent	Promotion, Habilitation

Tabelle 7: ISCED Bildungsniveaus und zugehörige deutsche Bildungsgänge (eigene Darstellung nach Bohlinger (2012, S. 18))

ISCED 2011		Österreichische Bildungsgänge
0	early childhood education	Kindergarten, Vorklasse, Schulkindergarten
1	primary	Volksschule
2	lower secondary	Neue Mittelschule, Unterstufe der allgemeinbildenden höheren Schule (AHS)
3	upper secondary	Integrative Berufsausbildung, Polytechnische Schulen, Berufsschulen und Lehren, berufsbildende mittlere Schulen, berufsbildende höhere Schulen bis zum 3. Jahr, die Oberstufe von allgemeinbildenden höheren Schulen, Ausbildungen für Gesundheitsberufe
4	post-secondary non tertiary	Gesundheits- und Krankenpflegesschulen, manche Lehrgänge an Universitäten oder Fachhochschulen
5	short-cycle tertiary	Berufsbildenden höheren Schulen ab dem 4. Jahrgang, Aufbaulehrgänge, Schulen für Berufstätige, Werkmeister-Bauhandwerker- und Meisterschulen, Kollegs
6	Bachelor or equivalent	Bachelor-Studiengänge an Universitäten, Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen, gleichwertige Bildungsprogramme in anderen Bereichen
7	Master or equivalent	Master-Studiengänge an Universitäten, Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen, gleichwertige Bildungsprogramme in anderen Bereichen
8	Doctoral or equivalent	Promotion, Habilitation

Tabelle 8: ISCED Bildungsniveaus und zugehörige österreichische Bildungsgänge³⁷³

³⁷³ Eigene Darstellung nach <http://www.bildungssystem.at/footer-boxen/isced-klassifikation/internationale-standardklassifikation-im-bildungswesen/>, abgerufen am 05.05.2016

Folgendes exemplarisches Beispiel zeigt die prinzipielle Charakterisierung innovativer Produktbestandteile (Tabelle 9).

Produktstruktur Herstellkostenart	Branchenklasse und -bezeichnung (ÖNACE 2008)		ISCED Niveau	ISCED Bereich
	MEK	FEK		
A	MEK	C2711 - H.v. elektronischen Bauteilen	-	-
	FEK	C2611 - H.v. Batterien und Elektromotoren	4	072 - Manufacturing and processing
	EKEK	J6201 - Programmierungstätigkeiten	7	061 - Information and Communication Technologies
2	MEK	C2410 - H.v. Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen	-	-
	FEK	C2550 - H.v. Schmiede-, Press-, Zieh- und Stanzteilen	2	072 - Manufacturing and processing
	EKEK	M72 - Forschung und Entwicklung	7	053 - Physical sciences
7	MEK	C2410 - H.v. Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen	-	-
	FEK	C2410 - H.v. Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen	2	072 - Manufacturing and processing
	EKEK	M72 - Forschung und Entwicklung	7	053 - Physical sciences
3	MEK	C2612 - H.v. von bestückten Leiterplatten	-	-
	FEK	C2611 - H.v. elektronischen Bauelementen	2	072 - Manufacturing and processing
	EKEK	J6201 - Programmierungstätigkeiten	4	061 - Information and Communication Technologies
6	MEK	C2229 - H.v. technischen Kunststoffwaren	-	-
	FEK	C2561 - Oberflächenveredelung & Wärmebehandlung	2	072 - Manufacturing and processing
	EKEK	M72 - Forschung und Entwicklung	7	053 - Physical sciences

Tabelle 9: Prinzipdarstellung zur qualitativen Charakterisierung eines innovativen Produktbestandteils

5.6 Schritt 5: Berechnung der qualitativen und quantitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte

Inhalt dieses Abschnittes ist die Ermittlung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte unter Verwendung von Branchenkennzahlen aus volkswirtschaftlichen Statistiken. Hierbei liegt die Annahme zugrunde, dass Unternehmen insbesondere bei der Betrachtung von Produkten oder Produktbestandteilen mit hohem Innovationsgrad nicht über entsprechende Kennzahlen zur Wertschöpfungs- und Beschäftigungsermittlung verfügen. Diesem Informationsdefizit kann durch die Verwendung von Branchenkennzahlen, exemplarisch in Tabelle 10 für unterschiedliche ÖNACE-Bereiche dargestellt, entgegnet werden. Neben der Anzahl an Unternehmen in den jeweiligen Beschäftigtengrößenklassen der Branchenbereiche, wird die Anzahl der Beschäftigten im Jahresdurchschnitt, der Produktionswert und die Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten ausgewiesen, aus denen sich die Kennzahlen zur Wertschöpfungsquote und zur Arbeitsintensität im Sinne des Produktionswertes pro Beschäftigten ermitteln lassen. Der Produktionswert ist dabei definiert als preis- bzw. kostenbewertete

Produktionsmenge (Bruttoproduktionswert), ggf. bereinigt um die Vorleistungen für Roh- und Hilfsstoffe und fremdbezogenen Teile (Nettoproduktionswert).³⁷⁴

Für Mehrproduktunternehmen mit sich ändernden Reifegraden der Produkte und einer Verschiebung des Produktionsanteiles zwischen den Produkten muss der Nettoproduktionswert herangezogen werden, um reine Produkt- bzw. Faktorpreisänderungen entsprechend aus der Beschäftigungsrechnung auszuklammern.³⁷⁵

ÖNACE 2008 (Stufe 2)	Kurzbezeichnung	Beschäftigten- größeklasse	Anzahl Unter- nehmen	Beschäftigte im Jahres- durchschnitt insgesamt	Produktions- wert in 1000 EUR	Bruttowert- schöpfung zu Faktorkosten in 1000 EUR	Wert- schöpfung am Produktions- wert	Wertschöpfung pro Beschäftigten in 1000 EUR
C25	H.v. Metallerzeugnissen	insgesamt	3 796	73 905	13 614 386	5 212 641	38,29%	70,53
C25	H.v. Metallerzeugnissen	0-49	3 530	27 416	3 405 740	1 481 213	43,49%	54,03
C25	H.v. Metallerzeugnissen	50-249	222	22 564	4 093 616	1 595 814	38,98%	70,72
C25	H.v. Metallerzeugnissen	250 und mehr	44	23 925	6 115 030	2 135 614	34,92%	89,26
C28	Maschinenbau	insgesamt	1 327	78 970	20 398 518	6 778 432	33,23%	85,84
C28	Maschinenbau	0-49	1 048	10 853	1 920 767	786 407	40,94%	72,46
C28	Maschinenbau	50-249	201	22 377	5 105 371	1 751 392	34,30%	78,27
C28	Maschinenbau	250 und mehr	78	45 740	13 372 380	4 240 633	31,71%	92,71
C29	H.v. Kraftw agen und -teilen	insgesamt	301	30 303	13 077 612	2 751 882	21,04%	90,81
C29	H.v. Kraftw agen und -teilen	0-49	236	1 787	337 034	94 076	27,91%	52,64
C29	H.v. Kraftw agen und -teilen	50-249	42	5 873	1 869 641	447 832	23,95%	76,25
C29	H.v. Kraftw agen und -teilen	250 und mehr	23	22 643	10 870 937	2 209 974	20,33%	97,60
M72	Forschung und Entwicklung	insgesamt	1 045	10 531	1 411 451	1 001 231	70,94%	95,07
M72	Forschung und Entwicklung	0-49	1 004	3 712	329 749	195 531	59,30%	52,68
M72	Forschung und Entwicklung	50-249	35	3 595	301 900	195 916	64,89%	54,50
M72	Forschung und Entwicklung	250 und mehr	6	3 224	779 802	609 784	78,20%	189,14

Tabelle 10: Hauptergebnisse der Leistungs- und Strukturstatistik 2013 der ÖNACE 2008 und nach Beschäftigtengrößenklassen (eigene Darstellung und Berechnungen nach Statistik Austria³⁷⁶)

Durch die Berücksichtigung der den innovativen Bestandteilen zugordneten unterschiedlichen Branchen und den entsprechenden Kennzahlen, können die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte berechnet werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein produzierendes Unternehmen eine Innovation, die einem Wirtschaftszweig und damit einer bestimmten Wertkette zugordnet ist, mit der branchenüblichen Wertschöpfungstiefe und Arbeitsintensität produzieren kann. Wie in Kapitel 2.4.2 aufgezeigt, muss neben der Branchen auch die Unternehmensgröße bei der Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch Innovationen

³⁷⁴ Weber 1980, S. 41f.

³⁷⁵ Weber 1980, S. 43f.

³⁷⁶

berücksichtigt werden, was durch die Betrachtung der Branchen in verschiedenen Beschäftigungsgrößenklassen ermöglicht wird.

Wie in Tabelle 10 zu erkennen ist, unterscheiden sich die Kennzahlen „Wertschöpfungsquote am Produktionswert“ und „Produktionswert pro Beschäftigten“ über die Wirtschaftsbereiche und Unternehmensgrößenklassen zum Teil deutlich. Hier gilt es, die korrespondierenden Kennzahlen zu verwenden, um ein möglichst genaues Ergebnis erzielen zu können.

Die Wertschöpfungseffekte über die Zeit ($WS(t)$) aus Produktinnovationen ergeben sich demnach aus der Summe der Materialkosten (MEK_k), Fertigungskosten (FEK_k) sowie Entwicklungs- und Konstruktionskosten ($EKEK_k$) der betrachteten innovativen Komponenten k , gewichtet mit den jeweiligen Stückzahlen der Komponenten x_k zum Zeitpunkt t und der der jeweiligen Herstellkostenart zugeordneten Kennzahl „Wertschöpfung am Produktionswert“ (ws_k) der Komponente. Die Effekte von Prozessinnovationen sind durch die Beeinflussung der Fertigungskostenentwicklung entsprechend abgebildet.

$$\begin{aligned}
 WS(t) &= \sum_k [MEK_k(t) \times x_k(t) \times ws_{MEK,k}] \\
 &+ \sum_k [FEK_k(t) \times x_k(t) \times ws_{FEK,k}] \\
 &+ \sum_k [EKEK_k(t) \times x_k(t) \times ws_{EKEK,k}]
 \end{aligned}$$

mit MEK_k = Materialeinzelkosten der Komponente k zum Zeitpunkt t

FEK_k = Fertigungseinzelkosten der Komponente k zum Zeitpunkt t

$EKEK_k$ = Entwicklungs- und Konstruktionseinzelkosten der Komponente k zum Zeitpunkt t

$x_k(t)$ = Stückzahl der Komponente k zum Zeitpunkt t

$ws_{MEK,k}$ = Wertschöpfungsquote am jeweiligen Produktionswert der Komponente k

Formel 5: Wertschöpfungseffekte durch Produkt- und Prozessinnovation

Die Beschäftigungseffekte ergeben sich analog unter Verwendung der der jeweiligen Herstellkostenart zugeordneten Kennzahl „Produktionswert pro Beschäftigten“ (b_k).

$$\begin{aligned}
 B(t) &= \sum_k \left[MEK_k \times x_k(t) \times \frac{1}{b_{MEK,k}} \right] \\
 &+ \sum_k \left[FEK_k \times x_k(t) \times \frac{1}{b_{FEK,k}} \right] \\
 &+ \sum_k \left[EKEK_k \times x_k(t) \times \frac{1}{b_{EKEK,k}} \right]
 \end{aligned}$$

mit MEK_k = Materialeinzelkosten der Komponente k zum Zeitpunkt t

FEK_k = Fertigungseinzelkosten der Komponente k zum Zeitpunkt t

$EKEK_k$ = Entwicklungs- und Konstruktionseinzelkosten der
Komponente k zum Zeitpunkt t

$x_k(t)$ = Stückzahl der Komponente k zum Zeitpunkt t

$b_{FEK,k}$ = Produktionswert pro Beschäftigten der Komponente k

Formel 6: Beschäftigungseffekte durch Produkt- und Prozessinnovation

Die Effekte von Prozessinnovationen werden demnach bei der Ermittlung der Herstellkosten mit den in Abschnitt 5.4 beschriebenen Schätzverfahren bzw. Gesetzmäßigkeiten berücksichtigt. Über die Zuordnung der Beschäftigten zu den ISCED-Bereichen und -Niveaus können die quantitativen Beschäftigungseffekte entsprechend in qualitativen Beschäftigungsbereichen zugeordnet werden.

5.7 Zusammenfassung der Vorgehensweise

Ausgehend von der Darstellung des Innovationsportfolios eines produzierenden Unternehmens werden im Zuge der Vorgehensweise die innovationsrelevanten Entwicklungen auf Komponentenebene erfasst und über Stückzahlenszenarien und Herstellkostenentwicklungen quantitativ bewertet. Prozessinnovationen werden dabei über Lernkurveneffekte mittelbar oder über andere konstruktionsbegleitende Kostenrechnungsverfahren unmittelbar erfasst.

Die Zuordnung der Innovationen zu international standardisierten Wirtschafts- und Bildungsklassen erlaubt in Verbindung mit der monetären Bewertung der Innovationen über die Zeit die quantitative Ermittlung der Wertschöpfungseffekte. Darüber hinaus können die Effekte im Sinne von Wertschöpfungsklassen und Bildungsklassen qualitativ beschrieben werden.

Im Hinblick auf die formalen und inhaltlichen Anforderungen zeigt die folgende Übersicht, dass die Anforderungen weitestgehend erfüllt sind (Tabelle 11). Hierbei gilt zu berücksichtigen, dass gewisse formale Anforderungen einen Zielkonflikt aufweisen. In Bezug auf die inhaltlichen Anforderungen zur Ermittlung von Innovationseffekten, die aus der Metaanalyse empirischer Studien im Hinblick auf relevante Einflussfaktoren auf die Richtung und Höhe der Innovationseffekte abgeleitet wurden, können diese nicht innerhalb der Vorgehensweise berücksichtigt werden.

Anforderungen		Erfüllungsgrad	Begründung	
Formale Anforderungen	Grundsatz der Richtigkeit	hoch	Baut auf bestehenden Modellen auf. Die Wertschöpfungsrechnung erlaubt die Verknüpfung von betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Kennzahlen sofern die Kostenabgrenzung gleichermaßen erfolgt	
	Grundsatz der Relevanz	mittel	Im Vergleich zu umfangreichen volkswirtschaftlichen Anaysen werden im Sinne der Wirtschaftlichkeit weitaus weniger Verhaltensgleichungen berücksichtigt	
	Grundsatz der Wirtschaftlichkeit	hoch	Baut auf bestehenden Modellen auf. Der Abstraktionsgrad wurde für die Analyse langfristiger Effekte eher hoch gewählt	
	Grundsatz der Klarheit	hoch	Schrittweise Vorgehensweise unter Nennung von (alternativen) Methoden und Ansätzen	
	Grundsatz der Vergleichbarkeit	mittel	Je nach Anwendungsfall können unterschiedliche Methoden eingesetzt werden und zu unterschiedlicher Genauigkeit der Ergebnisse führen. Diese sind jedoch grundsätzlich konsolidierbar.	
	Grundsatz des systematischen Aufbaus	hoch	Einordnung der Vorgehensweise in das SGMM sowie systematische Beschreibung der Vorgehensweise	
Unterschiede hinsichtlich der definitorischen Unterscheidung von Innovation				
Inhaltliche Anforderungen	Technologische oder organisatorische Innovation	mittel	Berücksichtigung der Innovationsarten im Technologiekalender, organisatorische Prozessinnovationen werden weniger explizit über Lernkurve abgebildet	
	Ausprägung der Innovation im Sinne des Innovationsgrades	hoch	Operationalisierung des Innovationgrades über die Produktstruktur	
	Kombination von Produkt- und Prozessinnovation bzw. Fokus auf Produkt- oder Prozessinnovation	mittel	Detaillierte Beschreibung von Produktinnovation, Prozessinnovationen werden mittelbar über Lernkurve abgebildet	
	Dynamik der Innovation			
	Zeitliche Verzögerung zwischen Produkt- und Prozessinnovation	hoch	Zeitlicher Verlauf durch Darstellung im Technologiekalender abgebildet	
	Zeitliche Verzögerung zwischen Innovation und Effekt auf Wertschöpfung und Beschäftigung	hoch	Über innovationsrelevante Stückzahlentwicklungen über die Zeit abgebildet	
	Grundsätzliche Wirtschaftsfaktoren			
	Entwicklungsfortschritt des betrachteten Landes	hoch	Verwendung international standardisierter Kennzahlen erlaubt die Berücksichtigung unterschiedlicher Entwicklungsstände	
	Aktuelle wirtschaftliche Situation (Wirtschaftszyklus)	-	Die Bewertung der aktuellen wirtschaftliche Situation erfolgt außerhalb des Rahmens dieser Vorgehensweise in der übergeordneten strategischen Planung	
	Unternehmensfaktoren			
	Branche des Unternehmens (High-Tech/Low-Tech)	hoch	Berücksichtigung von innovationsspezifischen Branchen Kennzahlen	
	Unternehmensgröße	mittel	Berücksichtigung von Unternehmensgrößenklassen bei der Verwendung von Branchen Kennzahlen	
Produktportfolio des Unternehmens	hoch	Berücksichtigung von Innovationen über das gesamte Portfolio im Technologiekalender		
Innovationsstärke des Unternehmens	-	Innovationsstärke zeigt sich in der Umsetzung der in Form eines Technologiekalender geplanten Innovationsaktivitäten		
Produktivitätsniveau vor Einführung der Innovation	mittel	Prozessinnovationen werden mittelbar über die Lernkurve erfasst, das aktuelle Produktivitätsniveau bildet den Startpunkt der Lernkurve und wird bei der Abschätzung der Lernrate berücksichtigt		

Tabelle 11: Bewertung des Erfüllungsgrades der Anforderungen an die Vorgehensweise

6 Evaluierung der Vorgehensweise

Die Evaluierung der Vorgehensweise erfolgt anhand zweier Fallstudien, die im Rahmen von Forschungsprojekten durchgeführt wurden. Die erste Fallstudie behandelt die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von Elektromobilität für den Standort Österreich, die im Rahmen einer Studie³⁷⁷ für das Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ) ermittelt wurden. Die Studienergebnisse wurden im Rahmen einer Folgestudie³⁷⁸ aktualisiert und um die Betrachtung von Produktionstechnologien und -prozessen erweitert. Eine weitere Fallstudie zur Evaluierung erfolgte im Rahmen einer techno-ökonomischen Begleitstudie im Zuge der Entwicklung eines Hochtemperatur-Elektrolysesystems auf Basis der Feststoffoxid-Elektrolysezelle (Solid Oxide Electrolyser Cell – SOEC)³⁷⁹. Bei beiden Fallstudien wird im Folgenden nur eines von vielen möglichen Stückzahlenszenarien behandelt, um die grundsätzliche Vorgehensweise zu evaluieren. Im Zuge der Forschungsprojekte wurden im Sinne der Szenario-Technik sowohl mehrere Szenarien (insbesondere Stückzahlenszenarien) untersucht als auch Sensitivitätsanalysen durch Variation einzelner Eingangsgrößen durchgeführt. Zur Evaluierung der Vorgehensweise wird jeweils nur ein Szenario dargestellt.

6.1 Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Elektromobilität auf den Wirtschaftsstandort Österreich

Ziel dieser Fallstudie war es, die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Elektromobilität für den Wirtschaftsstandort Österreich aufzuzeigen. Hierzu wurde eine Vielzahl neuartiger Komponenten untersucht, die im Zuge der Elektrifizierung des Antriebsstranges von Personenkraftwagen relevant sind bzw. sein werden. Aufbauend darauf wurden notwendige Produktionstechnologien zur Herstellung ausgewählter Komponenten untersucht und hinsichtlich ihrer Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte analysiert. Die Vorgehensweise gliedert sich entsprechend der im Kapitel 5 beschriebenen Vorgehensweise. Aufgrund des Umfangs der Studie wird in der folgenden Darstellung nur auf die wesentlichen Inhalte zur Validierung der

³⁷⁷ Geringer et al. 2011

³⁷⁸ Gommel et al. 2016a

³⁷⁹ Forschungsprojekt „Hydrogen Production by Solid Oxide Electrolyser Cells“ (HydroCell) des Programmes e!MISSION.at des Klima- und Energiefonds; Gommel et al. 2016b

Vorgehensweise eingegangen, sodass auf die der Studie zugrundeliegende globale Wertschöpfungsentwicklung fokussiert wird und die Gesamteffekte für Österreich abschließend aufgezeigt werden.

6.1.1 Schritt 1: Darstellung des Innovationsportfolios

Die Darstellung des Innovationsportfolios erfolgt im Rahmen dieser Studie anhand von Sekundäranalysen, was im Wesentlichen der Vorgehensweise entspricht, die dem Technologie- und Anwendungsradar zugrunde liegt. Die neu im Fahrzeug Anwendung findenden Technologien des elektrischen Antriebsstranges (Lithium-Ionen-Batterie, Elektromotor, Steuerungs- und Leistungselektronik) sind grundsätzlich als in anderen Branchen (bspw. Computerindustrie, Maschinen- und Anlagenbau) ausgereifte Technologien zu betrachten, die durch ihren Einsatz im Automobil eine modulare Innovation für die Automobilindustrie darstellen. Die Untersuchung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte erfolgt daher aus Sicht eines Automobilherstellers, der damit konfrontiert ist, diese durch den Technologiewechsel bedingten Innovationen im Produktportfolio hinsichtlich der Veränderungen in Wertschöpfung- und Beschäftigung zu bewerten.

6.1.1.1 Erfassung innovationsrelevanter Entwicklungen

Die Erfassung innovationsrelevanter Entwicklungen im Bereich des Antriebsstranges erfolgt auf Basis konventionell, teilelektrisch und elektrisch angetriebener Referenzfahrkonzepte. Die Unterscheidung hinsichtlich des Antriebskonzeptes erfolgt nach konventionellen Fahrzeugen (rein verbrennungskraftgetriebenen – Konv.), Hybridfahrzeugen (verbrennungskraftgetriebenes Fahrzeug mit unterstützendem elektrischen Antrieb, ohne externe Lademöglichkeit – HEV), Plug-In-Hybridfahrzeugen (verbrennungskraftgetriebenes Fahrzeug mit zusätzlichem elektrischen Antrieb und der Möglichkeit der Aufladung der Batterie an Ladeinfrastruktur – PHEV), reinen batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) sowie Brennstoffzellenfahrzeugen (FCEV). Weiterhin werden unterschiedliche Leistungsklassen (S, M, L), abgeleitet aus den von der EU-Kommission³⁸⁰ definierten Fahrzeugsegmenten, unterschieden.

³⁸⁰ http://ec.europa.eu/competition/mergers/cases/decisions/m1406_en.pdf, abgerufen am 18.03.2016

Das untersuchte Fahrzeugportfolio mit den entsprechenden technologischen Ausstattungen ist im Sinne der Erfassung innovationsrelevanter Entwicklungen³⁸¹ der Antriebssysteme von konventionellen Fahrzeugen hin zu Elektrofahrzeugen in Tabelle 12 dargestellt. Je nach Antriebskonzept und Fahrzeugsegment sind unterschiedliche Antriebskonstellationen und Leistungsklassen gemäß aktueller und zu erwartender Referenzfahrzeuge definiert.

		Komponente	Antriebskonzept					
			Konv.	HEV	PHEV	BEV	FCEV	
Fahrzeugsegment	S	Elektromotor	60 kW	45 kW	X	35 kW	X	
		VBKM		55 kW				
		Brennstoffzelle						
		Kraftstofftank	40 l	36 l				
		Li-Ion Batterie		1,1 kWh		16 kWh		
	M	Elektromotor	122 kW	60 kW	75 kW	80 kW	100 kW	
		VBKM		73 kW	110 kW			
		Brennstoffzelle						
		Kraftstofftank		60 l	45 l			40 l
	Li-Ion Batterie		1,3 kWh	8,8 kWh	24 kWh	24 kWh		
L	Elektromotor	320 kW	67 kW	94 kW	315 kW	190 kW		
	VBKM		300 kW	190 kW				
	Brennstoffzelle							
	Kraftstofftank		60 l	85 l			75 l	
	Li-Ion Batterie		2,4 kWh	20 kWh	90 kWh	26 kWh		

Tabelle 12: Antriebskonzepte und Fahrzeugsegmente sowie deren technologische Ausstattung zur grundsätzlichen Erfassung innovationsrelevanter Entwicklungen von Elektrofahrzeugen

6.1.1.2 Festlegung der Zeitpunkte zur wirtschaftlichen Verwertung der Innovationen

Die Festlegung der Zeitpunkte zur wirtschaftlichen Verwertung der Innovationen im Bereich der Elektrifizierung des Antriebsstranges erfolgte über eine umfassende Metaanalyse in Bezug auf die Entwicklungen der Produktionszahlen der globalen Automobilindustrie über die Jahre 2010 bis 2030.³⁸² Eine zusammenfassende Betrachtung in Form eines Technologiekalenders ist bei einer derartigen Vielzahl von Produkt- und Prozesstechnologien nicht in übersichtlicher Form möglich, weshalb hier die Zeitpunkte der wirtschaftlichen Verwertung in Form von Stückzahlentwicklungen

³⁸¹ Exemplarisch werden hier die Technologien Verbrennungskraftmaschine (VBKM), permanenterregte Synchronmaschine (Elektromotor), Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle (Brennstoffzelle), Lithium-Ionen-Batterie (Li-Ion Batterie) und Wasserstoff-Druckbehälter (Wasserstofftank) unterschieden.

³⁸² Gommel et al. 2016a, S. 34f.

auf Fahrzeugsegmentebene dargestellt werden (Tabelle 13). Neben diesen produktbezogenen Stückzahlentwicklungen wurden im Zuge der Studie grundsätzliche produktionstechnologische und produktionsorganisatorische Veränderungen im Sinne von Prozessinnovationen aufgezeigt.³⁸³

Antriebskonzept	Fahrzeugsegment	2010	2015	2020	2025	2030
Konv.	S	12 377 178	19 125 699	20 844 141	20 970 818	18 470 810
	M	27 340 632	41 991 031	43 194 063	39 989 818	31 772 882
	L	15 702 390	24 116 470	24 807 401	22 967 125	18 247 939
BEV	S	0	69 097	803 642	1 965 611	4 251 549
	M	0	151 704	1 665 339	3 748 277	7 313 376
	L	0	87 127	956 445	2 152 727	4 200 250
HEV	S	125 022	592 537	1 291 159	1 775 326	2 613 400
	M	276 168	1 300 933	2 675 592	3 385 417	4 495 484
	L	158 610	747 157	1 536 658	1 944 328	2 581 866
PHEV	M	0	251 596	2 712 031	6 057 972	9 861 761
	L	0	144 498	1 557 586	3 479 240	5 663 849
FCEV	M	0	14 070	424 071	1 405 678	2 522 053
	L	0	8 080	243 555	807 315	1 448 476
Summe		55 980 000	88 600 000	102 711 683	110 649 653	113 443 695

Tabelle 13: Stückzahlentwicklungen (Jahresproduktion) der verschiedenen Antriebskonzepte und Fahrzeugsegmente in Stück pro Jahr

6.1.2 Schritt 2: Erarbeiten von Stückzahlenszenarien

Das Erarbeiten von Stückzahlenszenarien erfolgte im Rahmen der Studie auf Basis der Stückzahlentwicklungen der Fahrzeugkonzepte multipliziert mit den jeweiligen Leistungsklassen der Komponenten innerhalb der jeweiligen Fahrzeugsegmente. Die Stückzahlentwicklung (Jahresproduktion) auf Komponentenebene für die im weiteren Verlauf ausgewählten Komponenten ergibt sich daher wie in Tabelle 14 dargestellt.

Komponente [Stückzahlrelevante Einheit]	2010	2015	2020	2025	2030
Elektromotor [kW]	32 822 940	232 174 304	1 222 726 245	2 535 406 238	4 416 719 705
Brennstoffzelle [kW]	0	2 942 242	88 682 501	293 957 662	527 415 807
Li-Ion Batterie [kWh]	877 207	22 375 862	219 020 644	503 795 528	934 733 761

Tabelle 14: Stückzahlenszenarien (Jahresproduktion) bezogen auf ausgewählte Produktkomponenten der Elektromobilität

³⁸³ Gommel et al. 2016a, S. 50ff.

6.1.3 Schritt 3: Ermittlung der Herstellkosten auf Komponentenebene

Zur Ermittlung der Herstellkosten auf Komponentenebene wurden die aktuellen Herstellkosten (Jahr 2010) und zu erwartenden Lernraten eines Referenzproduktes im Zuge von Expertenbefragungen abgeschätzt (Tabelle 15). Aufgrund der Vielzahl an untersuchten Komponenten konnte im Rahmen der Studien keine detaillierte Betrachtung der verschiedenen Herstellkostenarten, wie in Kapitel 5.4 vorgesehen, erfolgen.

Über die kumulierten Stückzahlen, ausgehend von den in Tabelle 13 und Tabelle 14 dargestellten Jahresproduktionen, können Erfahrungskurveneffekte gemäß folgender Formel über die Zeit bestimmt werden.

$$k_i = k_0 x_i^{-b}$$

$$b = -\frac{\ln L}{\ln 2}$$

mit $0 < L < 1$

k_i = Stückkosten der i-ten Einheit

k_0 = Stückkosten der Nullserie

x_i = kumulierte Produktionsmenge

Formel 7: Herstellkostenabschätzung unter Berücksichtigung von Erfahrungskurveneffekte

Brennstoffzelle		Lernrate	2010	2015	2020	2025	2030
Herstellkosten in €/kW bei einer Referenzleistung von 90kW.	Zellen	0,93	235,00	44,04	30,73	26,46	24,42
	Peripherie	0,95	205,00	90,13	69,88	62,87	59,41
	Zusammenbau	0,95	60,00	26,38	20,45	18,40	17,39
	Summe		500	160,56	121,06	107,73	101,23
Elektromotor		Lernrate	2010	2015	2020	2025	2030
Herstellkosten in €/kW bei einer Referenzleistung von 90kW.	Stator	1,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	Rotor	1,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	Gehäuse	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Klemmenkasten	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Lagegeber	1,00	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
	Zusammenbau	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Summe		17,02	17,02	17,02	17,02	17,02	
Li-Ion-Batterie		Lernrate	2010	2015	2020	2025	2030
Herstellkosten in €/kWh bei einer Referenzleistung von 35kWh	Zelle	0,94	400,00	79,78	64,74	58,70	55,20
	Peripherie	0,98	450,00	279,97	268,16	261,55	257,25
	Zusammenbau	0,98	50,00	31,11	29,80	29,06	28,58
	Summe		900,00	390,86	362,69	349,31	341,03

Tabelle 15: Herstellkostenentwicklung auf Komponentenebene

Da die Herstellkosten auf Basis eines Referenzproduktes einer bestimmten Leistungsklasse ermittelt wurden, müssen diese Kosten gemäß dem folgenden Leistungsgesetz im Hinblick auf die jeweiligen Fahrzeugvarianten (Tabelle 12) skaliert werden. Somit wird Rechnung getragen, dass die Herstellung der Komponenten bei einer Verdopplung der Leistung gemäß der Kostengesetzmäßigkeit nur zu ca. 60% höheren Kosten führt. Die Kosten für die Zellen der Li-Ion-Batterie und der Brennstoffzelle werden bei der Skalierung jedoch ausgenommen, da die Leistung direkt mit der Anzahl der Zellen als leistungsbestimmende Subkomponente bestimmt wird. Die resultierenden Gewichtungsfaktoren sind in Tabelle 16 dargestellt.

$$I_2 = I_1 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^v$$

mit $v \approx 2/3$

I_i = Kosten des Aggregates i

M_i = Leistung des Aggregates i

Formel 8: Herstellkostenabschätzung über Leistungsgesetz

		Komponente	Antriebskonzept				Referenzleistung bei der Kostenermittlung
			HEV	PHEV	BEV	FCEV	
Fahrzeugsegment	S	Elektromotor	63%		53%		90 kW
		Brennstoffzelle					90 kW
		Li-Ion Batterie	10%		59%		35 kWh
	M	Elektromotor	76%	89%	92%	107%	90 kW
		Brennstoffzelle				107%	90 kW
		Li-Ion Batterie	11%	40%	78%	78%	35 kWh
	L	Elektromotor	82%	103%	231%	165%	90 kW
		Brennstoffzelle				165%	90 kW
		Li-Ion Batterie	17%	69%	188%	82%	35 kWh

Tabelle 16: Gewichtungsfaktoren zur Abschätzung von Herstellkosten bei unterschiedlichen Leistungsklassen der Aggregate

Die Gesamtherstellkosten für die jeweiligen Subkomponenten ergeben sich schließlich aus den jeweiligen Stückzahlen der Fahrzeugkonzepte und den Herstellkosten der Komponenten über die jeweiligen Jahre (Tabelle 17). Diese Vorgehensweise gewährleistet die Berücksichtigung von Kosteneffekten durch Nutzung der Produktinnovation in mehreren Produkten bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Kostendegressionseffekten durch Erfahrungseffekte im Sinne von Prozessinnovationen.

Brennstoffzelle		2010	2015	2020	2025	2030
Herstellkostenentwicklung Gesamt (in Mio. €)	Zellen	-	130	2 725	7 777	12 881
	Peripherie	-	230	5 382	16 050	27 214
	Zusammenbau	-	67	1 575	4 698	7 965
	Summe	-	427	9 682	28 524	48 060
Elektromotor		2010	2015	2020	2025	2030
Herstellkostenentwicklung Gesamt (in Mio. €)	Stator	227	1 489	7 101	14 341	24 602
	Rotor	264	1 737	8 285	16 731	28 702
	Gehäuse	38	248	1 184	2 390	4 100
	Klemmenkasten	38	248	1 184	2 390	4 100
	Lagegeber	20	129	6 15	1 243	2 132
	Zusammenbau	57	372	1 775	3 585	6 151
	Summe	643	4 224	20 144	40 680	69 788
Li-Ion-Batterie		2010	2015	2020	2025	2030
Herstellkostenentwicklung Gesamt (in Mio. €)	Zelle	351	1 785	14 179	29 573	51 600
	Peripherie	1 099	8 513	65 074	142 488	254 487
	Zusammenbau	122	946	7 230	15 832	28 276
	Summe	1 572	11 244	86 484	187 894	334 363

Tabelle 17: Herstellkostenentwicklung der Komponenten Gesamt (in Mio. €)

6.1.4 Schritt 4: Zuordnung der Innovationen zu Wirtschaftszweigen und Bildungsklassen

Die Zuordnung der jeweiligen Komponenten zu Wirtschaftszweigen erfolgte unter Berücksichtigung der Systematik der Wirtschaftstätigkeiten gemäß ÖNACE 2008.³⁸⁴ Tabelle 18 zeigt die Zuordnung der Komponenten zu Wirtschaftszweigen für die untersuchten Komponenten. Die zugehörigen Kennzahlen „Wertschöpfung am Produktionswert“ und „Wertschöpfung pro Beschäftigten“ wurden der Leistungs- und Strukturstatistik für das Jahr 2013³⁸⁵ entnommen.³⁸⁶

			<i>Wert- schöpfung am Produktions- wert</i>	<i>Wert- schöpfung pro Beschäftigten [in 1000 €]</i>
Brennstoff- zelle	NACE	Beschreibung		
Statistische Kennzahlen	Zellen	25.9. H.v. sonst. Metallwaren	0,37	67,04
	Peripherie	26.1. H.v. elektron. Bauelementen	0,45	118,02
	Zusammen- bau	28.1. H.v. nicht spezifischen Maschinen	0,41	91,74
			<i>Wert- schöpfung am Produktions- wert</i>	<i>Wert- schöpfung pro Beschäftigten [in 1000 €]</i>
Elektromotor	NACE	Beschreibung		
Statistische Kennzahlen	Stator	24.4. Erzeugung v. NE-Metallen	0,18	98,03
	Rotor	24.4. Erzeugung v. NE-Metallen	0,18	98,03
	Gehäuse	25.5. H.v. Schmiede- und Stanzteilen	0,29	63,45
	Klemmen- kasten	27.3. H.v. Kabeln und elektronischem Installationsmaterial	0,28	79,83
	Lagegeber	26.5. H.v. Mess-/Kontrollinstrumenten, Uhren	0,50	90,71
	Zusammen- bau	27.1. H.v. Elektromotoren und Generatoren	0,37	89,73
			<i>Wert- schöpfung am Produktions- wert</i>	<i>Wert- schöpfung pro Beschäftigten [in 1000 €]</i>
Li-Ion- Batterie	NACE	Beschreibung		
Statistische Kennzahlen	Zelle	20.5. H.v. sonst. chemischen Erzeugnissen	0,23	102,62
	Peripherie	26.1. H.v. elektronischen Bauelementen	0,45	118,02
	Zusammen- bau	27.2. H.v. Batterien und Akkumulatoren	0,20	70,52

Tabelle 18: Zuordnung der Komponenten zu Wirtschaftsklassen und wesentlichen Kennzahlen

³⁸⁴ Zeller et al. 2008

³⁸⁵

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/produktion_und_bauwesen/leistungs_und_struktur_daten/index.html, abgerufen am 05.05.2016

³⁸⁶ Da die Untersuchung nicht unternehmensspezifisch erfolgte, wurde keine Unterscheidung in Beschäftigtengrößeklassen vorgenommen.

6.1.5 Schritt 5: Berechnung der qualitativen und quantitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte

Die Berechnung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte (in Euro bzw. Vollzeitäquivalenten (VZÄ)) erfolgt gemäß Abschnitt 5.6. Demnach werden die kumulierten und Wirtschafts- bzw. Beschäftigungsgruppen zugeordneten Herstellkosten, also der unternehmerische Produktionswert, mit den jeweiligen aus den volkswirtschaftlichen Statistiken entnommenen Kennzahlen zu „Wertschöpfung am Produktionswert“ und „Wertschöpfung pro Beschäftigten“ multipliziert bzw. dividiert, um schließlich die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte zu ermitteln.

Die bottom-up-Vorgehensweise erlaubt eine Darstellung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte hinsichtlich unterschiedlicher qualitativer Perspektiven:

- Effekte der einzelnen Komponenten, Subkomponenten, wie exemplarisch für die Brennstoffzelle in Abbildung 28 dargestellt
- Effekte des gesamten Innovationsportfolios nach Produkten gegliedert, wie in Abbildung 29 dargestellt
- Effekte des gesamten Innovationsportfolios nach Wirtschaftszweigen gegliedert, wie in Abbildung 30 dargestellt

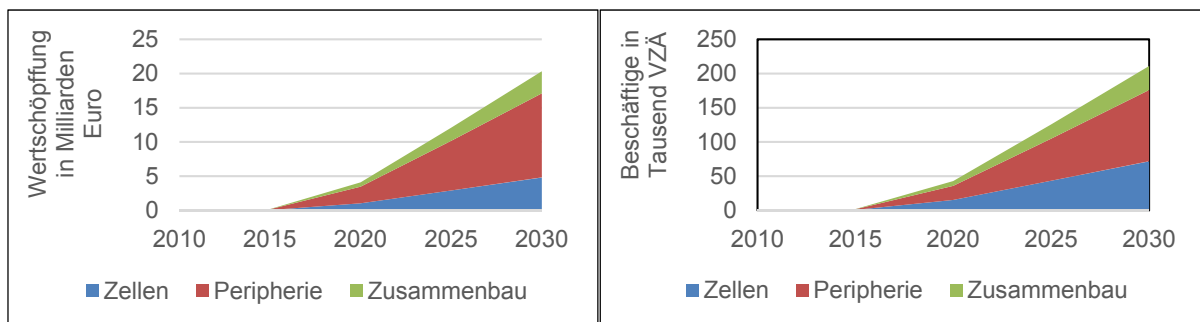


Abbildung 28: Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Brennstoffzellenproduktion nach Komponenten

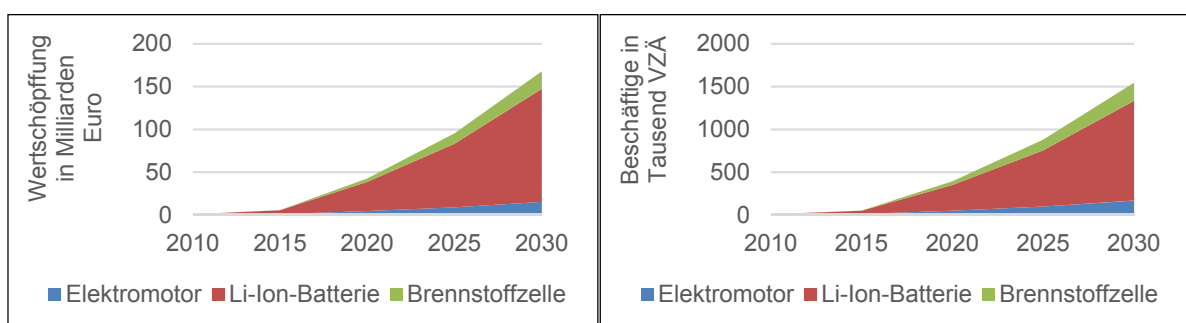


Abbildung 29: Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Brennstoffzellenproduktion des untersuchten Innovationsportfolios nach Produkten

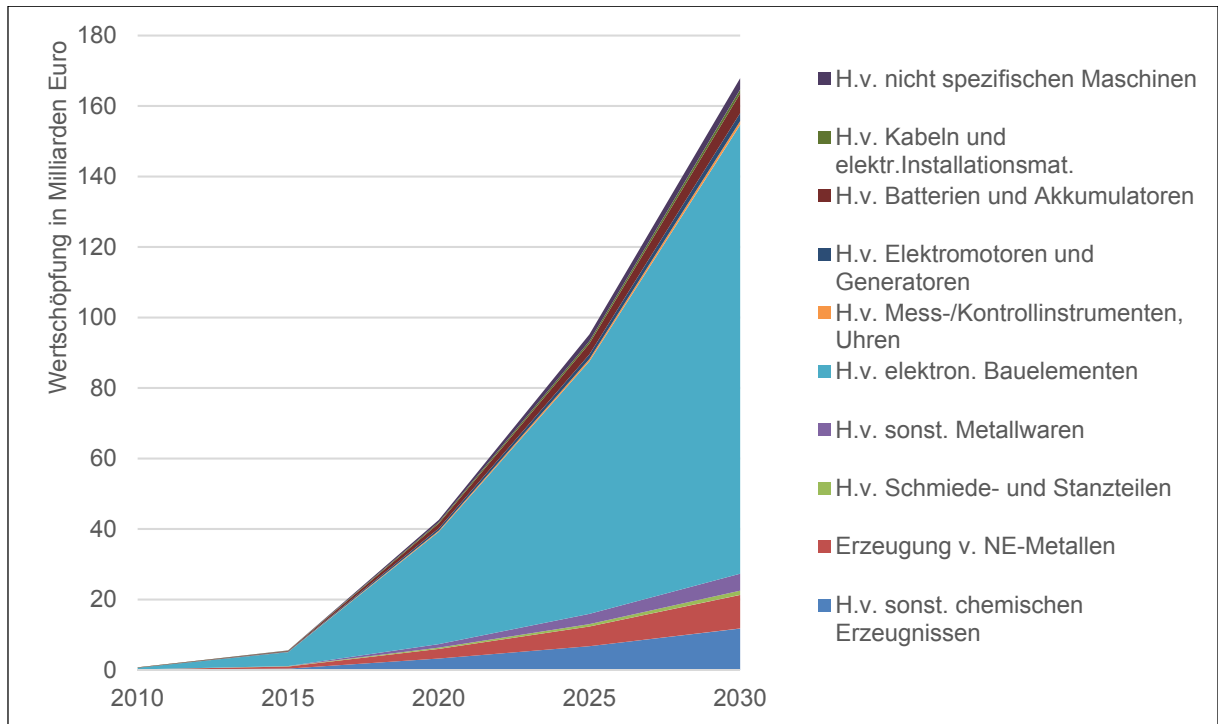


Abbildung 30: Wertschöpfungseffekte des untersuchten Innovationsportfolios nach Wirtschaftszweigen

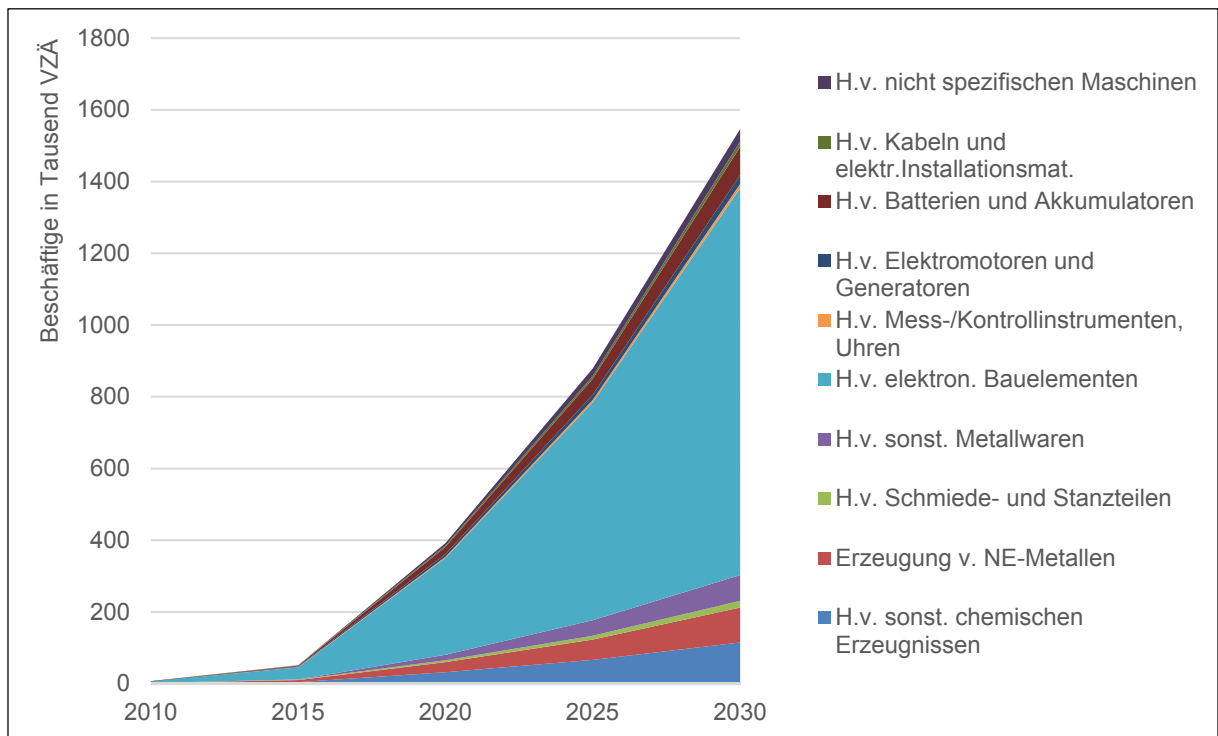


Abbildung 31: Beschäftigungseffekte des untersuchten Innovationsportfolios nach Wirtschaftszweigen

Im Zuge der Studie wurden weitere Produkttechnologien hinsichtlich ihrer Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte untersucht. Darunter auch reife Technologien, die im Zuge der zu erwartenden Marktentwicklung der Elektromobilität obsolet oder in geringeren Leistungsklassen im Fahrzeug Anwendung finden. Durch diese umfangreiche Betrachtung konnten neben den positiven komplementären Effekten durch elektromobilitätsbedingte Innovationen auch Substitutionseffekte aufgezeigt werden, wie in Abbildung 32 dargestellt.

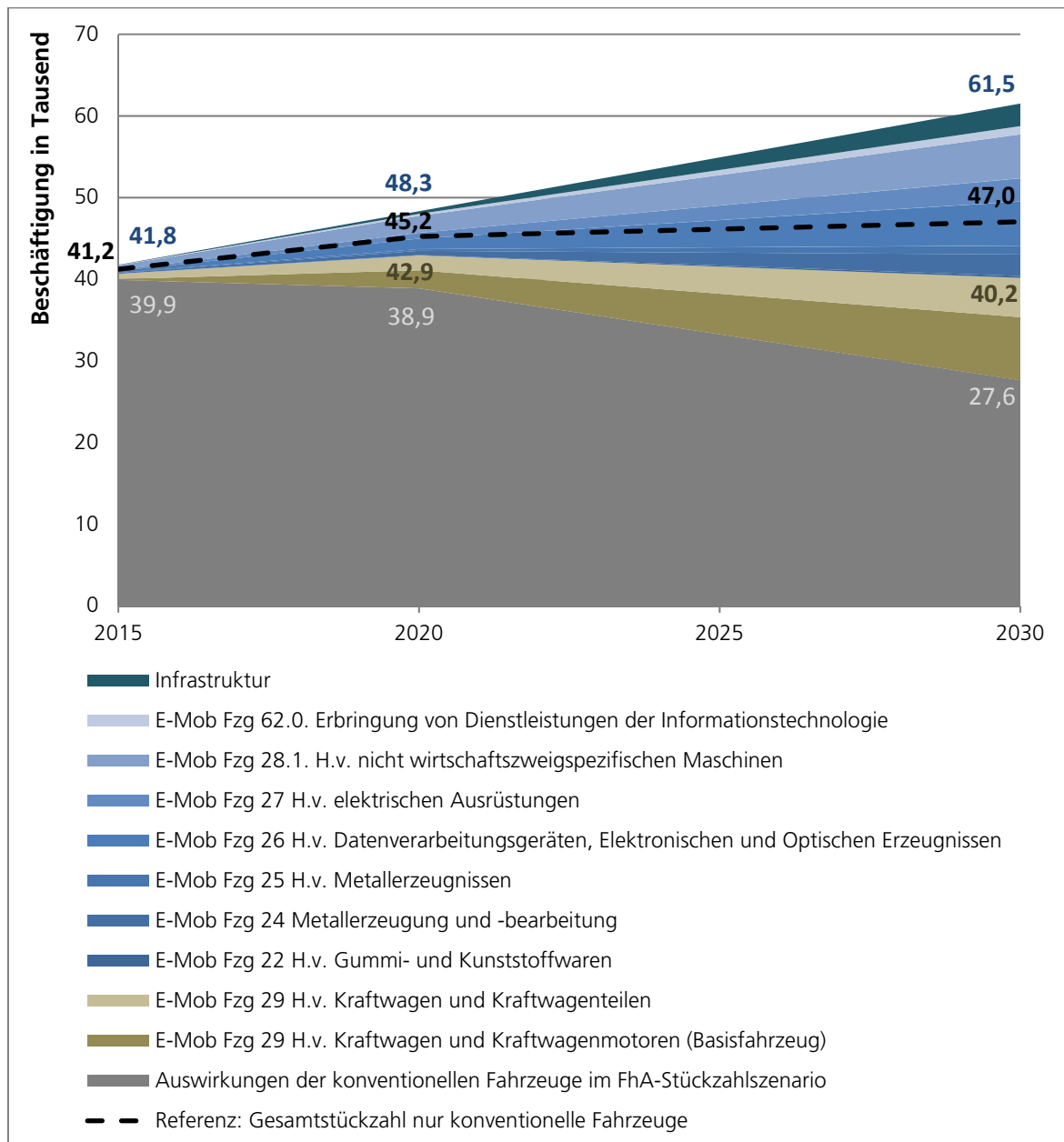


Abbildung 32: Beschäftigungseffekte der Elektromobilität für Österreich (Gommel et al. (2016a, S. 7))

Ausgehend vom Referenzszenario, das die Beschäftigungseffekte von konventionellen Fahrzeugen gemäß dem gewählten Stückzahlenszenario abbildet (gestrichelte Linie), werden Substitutions- und Komplementäreffekte aufgezeigt. Entscheidet sich ein Unternehmen dafür, seine Wertschöpfung weiterhin auf den konventionellen Bereich zu fokussieren (grauer Bereich und braune Bereiche), so besteht die Gefahr, langfristig an Wertschöpfung und damit Beschäftigung einzubüßen. Diese Substitutionseffekte lassen sich jedoch über die Erweiterung der unternehmerischen Wertschöpfung auf innovationsbedingte Komponenten (blaue Bereiche) überkompensieren. Im Abgleich mit der bestehenden qualitativen und quantitativen Beschäftigung im Unternehmen lassen sich grundlegende Anforderungen an die zukünftige strategische Personalbedarfsplanung ableiten.

6.2 Techno-ökonomische Analyse als Begleitstudie bei der Entwicklung eines Hochtemperatur-Elektrolysesystems

Die Zielsetzung der techno-ökonomischen Analyse eines Hochtemperatur-Elektrolysesystems, war es, ein spezifisches, neuartiges Elektrolysesystem hinsichtlich möglicher Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte zu untersuchen. Das untersuchte Feststoffoxid-Elektrolysesystem befindet sich in einer frühen Entwicklungsphase, sodass die Vorgehensweise zusammen mit führenden Technologieentwicklern angewandt und evaluiert werden konnte.

6.2.1 Schritt 1: Darstellung des Innovationsportfolios

Im Rahmen dieser Studie wurde gezielt eine Produktinnovation untersucht, sodass die Darstellung eines Innovationsportfolios im Sinne von alternativen Produkten oder Prozessen nicht durchgeführt wurde. Die Innovation des betrachteten Systems liegt vorwiegend in der Materialkonfiguration und dem Design der Zellkomponenten (Zelle, Interkonnektor), was die Fertigungsqualität bei grundsätzlicher Beherrschung des Fertigungsverfahrens stark beeinflusst. Ein Technologiekalender wurde daher aufgrund der abweichenden Zielsetzung nicht angelegt.

6.2.2 Schritt 2: Erarbeiten von Stückzahlenszenarien

Zur Erarbeitung von innovationsrelevanten Stückzahlen wurden unterschiedliche Einsatzszenarien der Hochtemperaturelektrolyse analysiert. Generell stellt die Elektrolyse eine mögliche Schlüsseltechnologie für die zukünftige Energieversorgung auf Basis stochastisch stromproduzierender, regenerativer Kraftwerke (Wind, PV, Wasser) dar. Ausgehend von der Elektrolyse kann der produzierte Wasserstoff als solcher gespeichert oder in synthetische Kraftstoffe (Bio-Methan und weiters „Gas-to-Liquid-Fuels“) umgewandelt und gespeichert oder ins Gasnetz eingespeist werden. Hinsichtlich der Markt- und Anforderungsanalyse wurden zunächst mögliche Nutzergruppen von Elektrolysesystemen identifiziert und hinsichtlich der Anwendungsfelder der Wasserstoffelektrolyse in den jeweiligen Nutzergruppen analysiert. Das relativ breite Spektrum theoretisch möglicher Nutzergruppen (bspw. private Haushalte, Industrie, Energieversorger) und das damit einhergehende breite technische Anforderungsspektrum an SOE-Systeme wurde daraufhin auf diejenigen Nutzergruppen eingeschränkt, für die die Hochtemperaturelektrolyse aufgrund

möglicher realisierbarer Geschäftsmodelle (Speicherung elektrischer Energie in Form von Wasserstoff, Erzeugung und Vertrieb von Wasserstoff als Industriegas) am ehesten in Frage kommt. Aufgrund der raschen Anlauf- und Abschaltzeiten (bei einem Halten auf Betriebstemperatur) und der guten Eigenschaften der SOE-Systeme bei Laständerungen eignen sich diese Systeme besonders gut für die Speicherung von periodischen erneuerbaren Energiequellen (z.B. Windkraft, Photovoltaik, etc.)³⁸⁷, wegen der hohen Betriebstemperaturen günstigerweise in Kombination mit Kraftwerks- oder Prozessabwärme.³⁸⁸

Zur Erarbeitung von Energieszenarien wurden, aufbauend auf Studien zu den Auswirkungen der Energiewende hinsichtlich der zu erwartenden und zu speichernden bzw. umzuwandelnden Energiemengen aus volatilen, erneuerbaren Energiequellen (EE), unterschiedliche Szenarien herangezogen. Schwerpunktmäßig wird hierbei Deutschland betrachtet, da dieser Strommarkt als besonders betroffen von der Energiewende gilt. Diesem „Angebotsszenario“ wurde ein „Nachfrageszenario“ gegenübergestellt, dass die in energieintensiven industriellen Prozessen (Stahlerzeugung, Papiererzeugung etc.) vorhandenen ungenutzten Prozessabwärmern aufzeigt. Hierbei zeigt sich, dass ausreichend Prozessabwärme vorliegt, um die Überschussenergie volatiler Quellen mittels Hochtemperaturelektrolyse entsprechend umzuwandeln. Unter den im Projekt getroffenen Annahmen kann im Jahr 2030 eine durch SOE-Systeme benötigte Umwandlungsleistung von 2500 MW EE-Leistung erwartet werden.

Zur Berechnung der Anzahl produzierter SOE-Anlagen wird eine prozentuale Verteilung des Anteils der Größenklassen an der Gesamtumwandlungsleistung vorgenommen:

- 200 kW-Anlage: 55 Prozent der der Umwandlungsleistung
- 600 kW-Anlage: 30 Prozent der Umwandlungsleistung
- 2 MW-Anlage: 15 Prozent der Umwandlungsleistung

Durch diese Annahmen kann das jährliche Produktionsvolumen auf Komponentenbasis definiert und die zeitliche Kostenentwicklung unter Berücksichtigung von Kostengesetzmäßigkeiten abgebildet werden.

³⁸⁷ Schefold et al. 2011

³⁸⁸ Kim-Lohsoontorn und Bae 2011, Kato et al. 2011, Kim et al. 2011, Jin et al. 2011

Dabei werden, ausgehend vom im Zuge des Projektes entwickelten Prototypen, die verschiedenen Anlagentypen gemäß folgender Strukturstückliste definiert (Tabelle.

Strukturstücklisten unterschiedlicher Anlagengrößen				
	2,5 kW	200 kW	600 kW	2 MW
Balance of Plant	1	1	1	1
Modul	1	3	8	27
Stack	2	54	60	60
Anzahl Zellen	30	30	30	30
Gesamt Module/Anlage	1	3	8	27
Gesamt Stacks/Anlage	2	162	480	1 620
Gesamt Zellen/Anlage	60	4 860	14 400	48 600

Tabelle 19: Strukturstücklisten unterschiedlicher SOE-Anlagengrößen

Die daraus resultierende Stückzahlentwicklung zur Erreichung der kumulierten installierten Anlagenleistung ergibt sich unter der Annahme einer jährlichen Verdopplung der Ausbringungsmenge bezogen auf die Zellanzahl wie in Abbildung 33 dargestellt.

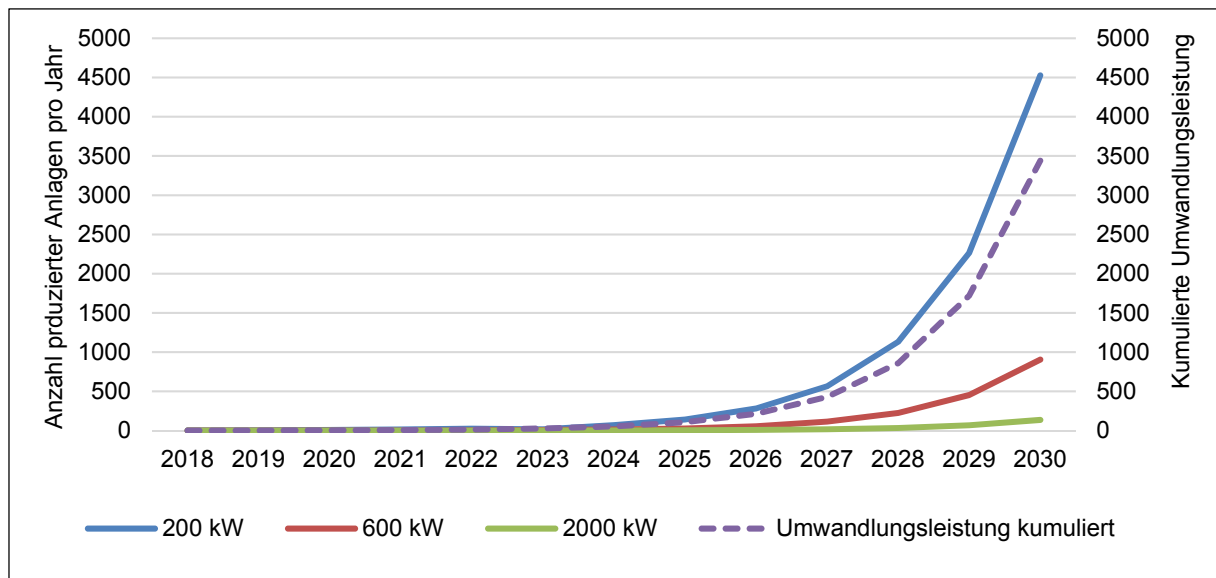


Abbildung 33: Stückzahlentwicklung Jahresproduktion der betrachteten Anlagentypen und kumulierte Umwandlungsleistung

6.2.3 Schritt 3: Ermittlung der Herstellkosten auf Komponentenebene

Die Ermittlung der Herstellkosten auf Komponentenebene erfolgte gemäß der nachfolgenden Struktur, der ermittelten Herstellkosten des Prototyps³⁸⁹ und abgeschätzter Lernraten im Sinne von Kosteneinsparungspotenzialen (Tabelle 20).

Komponente	Kostenart	Lernrate	Euro
Zellen	MEK	0,81	55
	FEK	0,81	15
	EKEK	0,81	3
Stack	MEK (ohne Zellen)	0,81	4 050
	FEK	0,81	650
	EKEK	0,81	80
Modul	MEK (ohne Stack)	0,78	27 500
	FEK	0,78	5 000
	EKEK	0,78	700
Balance of Plant	MEK (ohne Modul)	0,9	40 000
	FEK	0,9	3 000
	EKEK	0,9	1 000

Tabelle 20: Daten zur Ermittlung der Herstellkostenverläufe ausgehend von der Prototypenanlage (2,5 kW)

Über die Anzahl der jeweiligen Komponenten pro Anlage, der Leistungsunterschiede in den Bereichen Modul und Zelle für die verschiedenen Anlagengrößen (beides Tabelle 19) sowie der Stückzahlentwicklung (Abbildung 33), lassen sich die Erfahrungskurven- und Leistungseffekte auf die Referenzstückkosten anwenden.

³⁸⁹ Die Herstellkosten wurden aus Datenschutzgründen in dieser Arbeit leicht abgeändert

Die Erfahrungskurveneffekte ergeben sich über die nachfolgende Formel:

$$k_i = k_0 x_i^{-b}$$

$$b = -\frac{\ln L}{\ln 2}$$

mit $0 < L < 1$

k_i = Stückkosten der i-ten Einheit

k_0 = Stückkosten der Nullserie

x_i = kumulierte Produktionsmenge

L = Lernrate

Formel 9: Herstellkostenabschätzung unter Berücksichtigung von Erfahrungskurveneffekte

Die Leistungseffekte für die Komponenten Modul und Balance of Plant ergeben sich über folgende Gesetzmäßigkeit:

$$I_2 = I_1 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^v$$

mit $v \approx 2/3$

I_i = Kosten des Aggregates i

M_i = Leistung des Aggregates i

Formel 10: Herstellkostenabschätzung über Leistungsgesetz

Für die Komponenten Zelle und Stack werden keine Leistungsgesetze angewandt, da sie unabhängig von der Anlagengröße standardisiert verbaut werden. Die Gesamtherstellkosten für die Herstellung von SOE-Systemen sind in Tabelle 21 für ausgewählte Jahre dargestellt.

Komponente	Kostenart	2018	2020	2025	2030
Zellen	MEK	534 600	2 071 152	25 872 286	291 817 698
	FEK	145 800	564 860	7 056 078	79 586 645
	EKEK	29 160	112 972	1 411 216	15 917 329
Stack	MEK (ohne Zellen)	1 312 200	5 083 737	63 504 701	716 279 804
	FEK	210 600	815 908	10 192 113	114 958 487
	EKEK	25 920	100 419	1 254 414	14 148 737
Modul	MEK (ohne Stack)	1 472 752	5 132 147	52 800 251	492 710 774
	FEK	267 773	933 118	9 600 046	89 583 777
	EKEK	37 488	130 636	1 344 006	12 541 729
Balance of Plant	MEK (ohne Modul)	1 485 308	7 734 944	147 534 946	2 817 827 557
	FEK	111 398	580 121	11 065 121	211 337 067
	EKEK	37 133	193 374	3 688 374	70 445 689

Tabelle 21: Herstellkostenentwicklung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Kostenarten der betrachteten Komponenten

6.2.4 Schritt 4: Zuordnung der Innovationen zu Wirtschaftszweigen und Bildungsklassen

Die Zuordnung der Innovationen zu Wirtschaftszweigen und Bildungsklassen erfolgt gemäß Tabelle 22. Die Zuordnung erfolgte hierbei nach der herstellkostenintensivsten Komponente, eine Zuordnung auf Subkomponentenebene erlaubt eine präzisere Zuordnung, wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit in dieser Darstellung nicht angeführt.

<i>Komp.</i>	<i>Kostenart</i>	<i>NACE</i>	<i>NACE Beschreibung</i>	<i>ISCED-Niveau</i>	<i>ISCED-Bereich</i>
Zellen	MEK	C244	Erzeugung v. NE-Metallen	3-5	0724 - Mining and extraction
	FEK	C261	H.v. elektron. Bauelementen	3-5	0711 - Chemical engineering and processes
	EKEK	M721	F&E - Naturwissenschaften und Medizin	6/7	0531 - Chemistry
Stack	MEK (ohne Zellen)	C25	H.v. Metallerzeugnissen	3-5	0715 - Mechanics and metal trades
	FEK	C279	H.v. elektr. Ausrüstungen a.n.g.	3-5	0714 - Electronics and automation
	EKEK	M721	F&E - Naturwissenschaften und Medizin	6/7	0533 Physics
Modul	MEK (ohne Stack)	C279	H.v. elektr. Ausrüstungen a.n.g.	3-5	0715 - Mechanics and metal trades
	FEK	C279	H.v. elektr. Ausrüstungen a.n.g.	3-5	0714 - Electronics and automation
	EKEK	M721	F&E - Naturwissenschaften und Medizin	6/7	0533 - Physics
Balance of Plant	MEK (ohne Modul)	C279	H.v. elektr. Ausrüstungen a.n.g.	3-5	0715 - Mechanics and metal trades
	FEK	C279	H.v. elektr. Ausrüstungen a.n.g.	3-5	0714 - Electronics and automation
	EKEK	M721	F&E - Naturwissenschaften und Medizin	6/7	0714 - Electronics and automation

Tabelle 22: Zuordnung der Herstellkosten zu Wirtschaftsklassen nach ÖNACE 2008 und Bildungsklassen nach ISCED 2011

6.2.5 Schritt 5: Berechnung der quantitativen und qualitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte

Die Berechnung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte erfolgt gemäß Abschnitt 5.6. Demnach werden die kumulierten und Wirtschafts- bzw. Beschäftigungsgruppen zugeordneten Herstellkosten, also der unternehmerische Produktionswert, mit den jeweiligen aus den volkswirtschaftlichen Statistiken entnommenen Kennzahlen zu „Wertschöpfung am Produktionswert“ und „Wertschöpfung pro Beschäftigten“ multipliziert bzw. dividiert, um schließlich die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte zu ermitteln.

Die bottom-up-Vorgehensweise erlaubt eine Darstellung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte hinsichtlich unterschiedlicher qualitativer Perspektiven:

- Effekte der einzelnen Komponenten, wie in Abbildung 34 bzw. Abbildung 35 dargestellt
- Effekte der Produktinnovation nach Wirtschaftszweigen gegliedert, wie in Abbildung 36 bzw. Abbildung 37 dargestellt
- Effekte der Produktinnovation nach Bildungsklassen und Niveaus, wie in Abbildung 38 bzw. Abbildung 39 dargestellt.

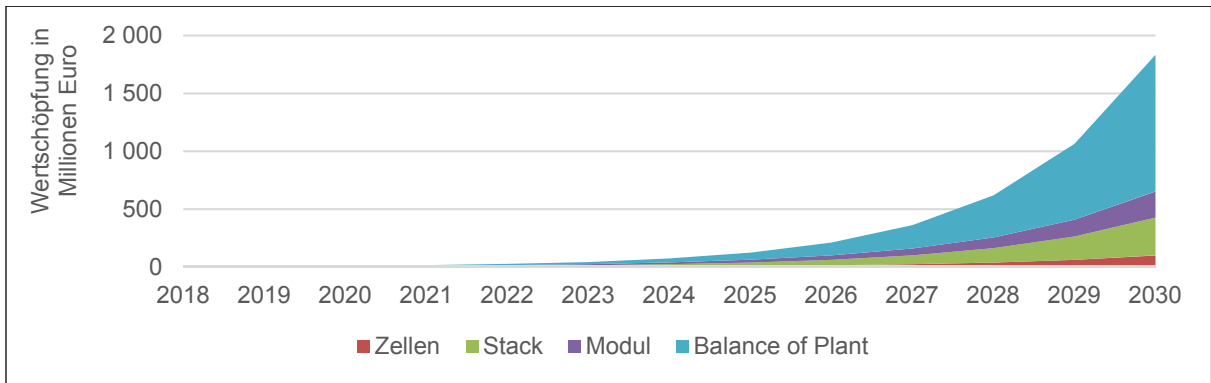


Abbildung 34: Wertschöpfungseffekte der SOE-Systeme nach Systemkomponenten

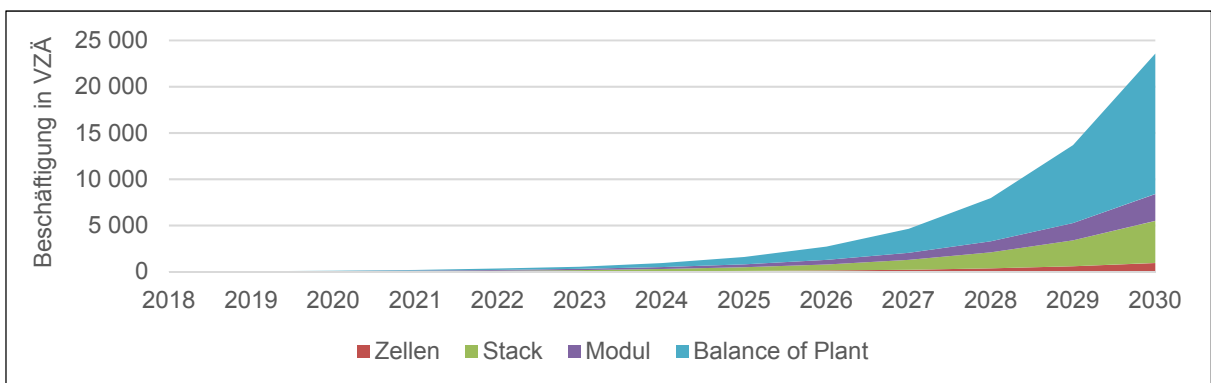


Abbildung 35: Beschäftigungseffekte der SOE-Systeme nach Systemkomponenten

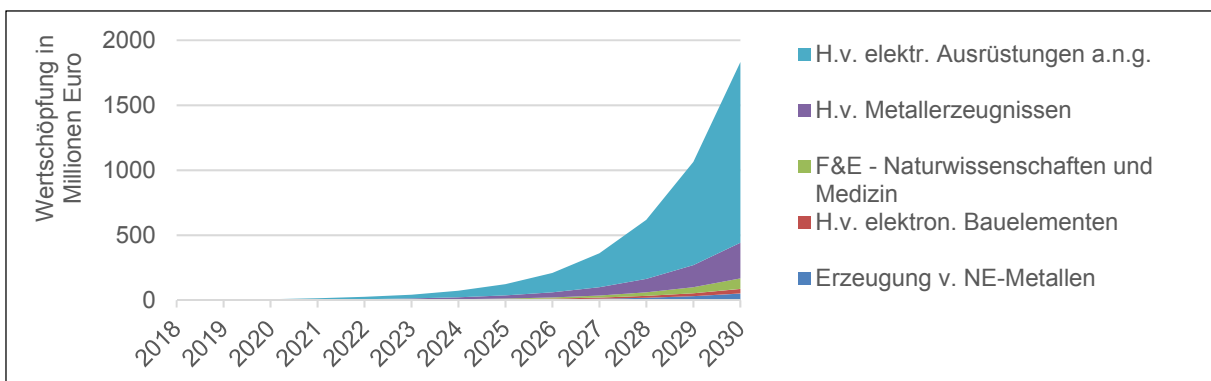


Abbildung 36: Wertschöpfungseffekte der SOE-Systeme nach Wirtschaftsklassen

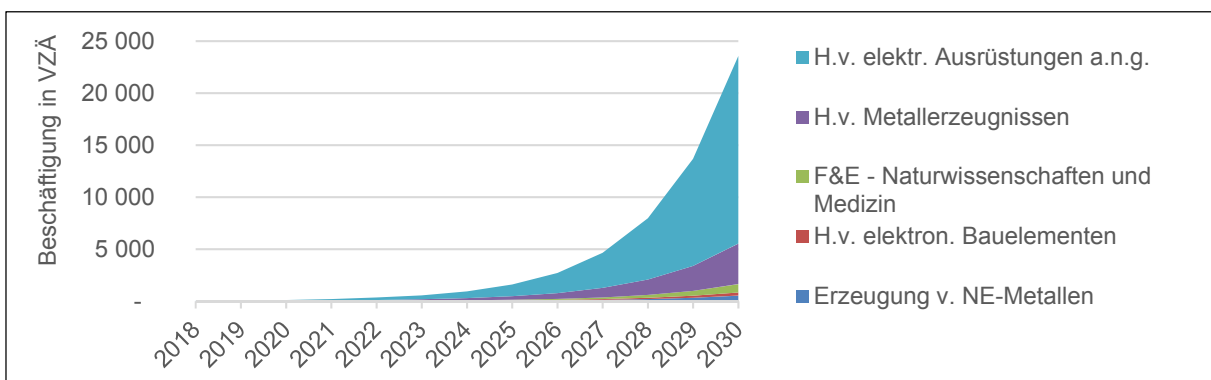


Abbildung 37: Beschäftigungseffekte der SOE-Systeme nach Wirtschaftsklassen

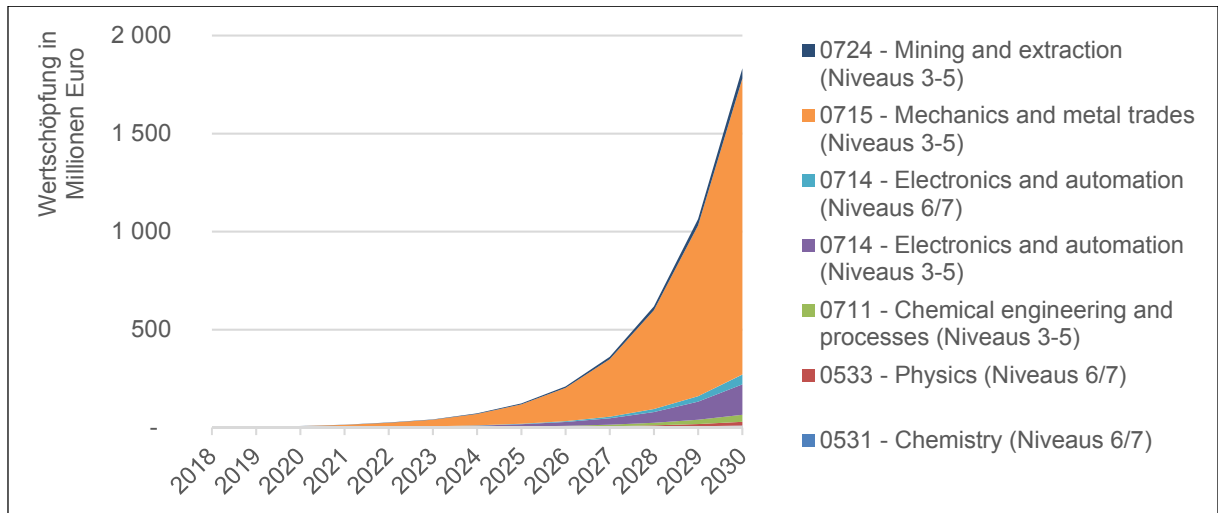


Abbildung 38: Wertschöpfungseffekte der SOE-Systeme nach Bildungsklassen und Niveaus

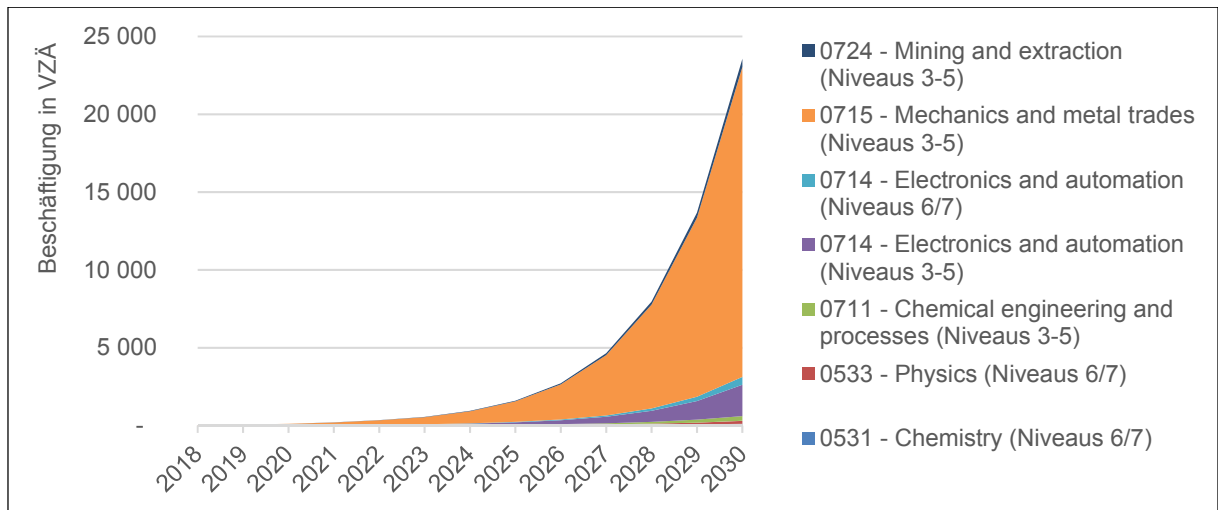


Abbildung 39: Beschäftigungseffekte der SOE-Systeme nach Bildungsklassen und Niveaus

6.3 Evaluierung

Die durchgeführten Fallstudien zeigen anhand der exemplarisch gewählten Produktinnovationen, welche qualitativen und quantitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte bei den gewählten Stückzahlenszenarien, aktuellen Herstellkosten und abgeschätzten Herstellkostenentwicklungen zu erwarten sind. Der bottom-up Aufbau erlaubt eine diversifizierte Bewertung des Innovationsportfolios. Die Effekte auf die Wertschöpfung und Beschäftigung, die sich aus der Berücksichtigung von Prozessinnovationen über die Verwendung von Erfahrungskurveneffekten sowie wertkettentypischen Arbeitsproduktivitäten durch das Heranziehen der branchenbezogenen Kennzahlen ergeben, können im Sinne des strategischen Managements zur langfristigen Planung und Steuerung der Wertschöpfungsaktivitäten herangezogen werden. Ergänzend zur Studie über die Elektromobilität konnten bei der Begleitstudie zu Elektrolysesystemen die jeweiligen Komponenten bestimmten ISCED-Bildungsklassen und -Niveaus zugordnet werden, um die qualitativen Effekte diversifizierter zu bewerten.

Die Ergebnisse sind jedoch hinsichtlich folgender Punkte kritisch zu bewerten:

- Die zugrundeliegenden Stückzahlenszenarien beeinflussen das Ergebnis signifikant. Einerseits, da diese die Herstellkostenentwicklung unter Verwendung von Erfahrungskurveneffekten stark beeinflussen - zumindest bei relativ hohen Lernraten und zu Beginn des Betrachtungszeitraumes - andererseits, weil sie den Produktionswert des Innovationsportfolios direkt beeinflussen. Hierbei empfiehlt sich die Betrachtung weiterer Szenarien und das Durchführen von Sensitivitätsanalysen, um die Effekte bei unterschiedlichen Stückzahlenszenarien entsprechend darzustellen und zu vergleichen. Die gewählte Vorgehensweise erlaubt dies jedoch in effizienter Weise.
- Die Erfassung der Effekte von Prozessinnovationen für ein breites Technologiespektrum wie das der Elektromobilität, aber auch bei einem stärker eingegrenzten Untersuchungsgebiet wie das der Elektrolysesysteme, erweist sich als Herausforderung. Die hier gewählte Erfassung über Lernkurveneffekte erlaubt die grundlegende Erfassung der Effekte von Prozessinnovationen in einer pragmatischen Form. Im Hinblick auf die Zuordnung der Prozessinnovationen im Technologiekalender erfolgt jedoch keine direkte

Ursache-Wirkung-Beziehung zwischen der Einführung einer bestimmten Prozessinnovation und daraus resultierender Verdrängungs- und Kompensationseffekte. Kompensationseffekte werden in dieser Fallstudie über die Herstellkostendegression pro Stück bei gleichbleibender Arbeitsproduktivität abgebildet, während Preiseffekte über die zugrundeliegenden Stückzahl Szenarien als endogene Größe in die Berechnung eingehen. Eine Kopplung mit einem Nachfragemodell könnte die Kompensationseffekte besser begründbar machen, würde aber aufgrund der ansteigenden Modellkomplexität die formale Anforderung der Wirtschaftlichkeit, die in den frühen Phasen des Innovationsmanagement als besonders wichtig angesehen wird, nur eingeschränkt erfüllen.

- Die Effekte der Produktinnovation und möglicher Weiterentwicklungen im Sinne von Qualitätssteigerungen oder Materialeinsparungen werden ebenfalls über die Herstellkosten abgebildet. Die in Kapitel 5 beschriebene Vorgehensweise sieht zwar vor, dass die bottom-up-Betrachtung diese Effekte über die Kostenartenunterscheidung und die Strukturstücklistenauflösung erfasst, konnte aber aufgrund der nicht vorhandenen tiefgehenden technologiebezogenen Informationen nicht in der Form abgebildet werden. Insbesondere im Bereich der Komponente „Zelle“ für Li-Ion-Batterien, Brennstoffzellen und Elektrolysesystemen ist die Materialforschung darauf ausgerichtet, die Leistungsdichten der Aggregate zu erhöhen. Bei vorhandener diesbezüglicher Information sieht die Vorgehensweise die Erfassung dieser Entwicklungen vor.
- Die qualitative Zuordnung zu Bildungs-Bereichen und -Niveaus zeigt sich als unpräzise. Dies ist einmal damit zu begründen, dass nur 81 Bildungsbereiche definiert sind, davon nur 33 in produktionsnahen Themenbereichen. Dem stehen 217 ÖNACE-Wirtschaftsklassen allein in den Bereichen Bergbau und Produktion entgegen. Desweiteren kann die Zuordnung zu Bildungsniveaus nicht eindeutig durchgeführt werden. Hierzu müsste eine detailliertere Analyse des Produktionsprozesses durchgeführt werden, um die Wertschöpfungsbeiträge den an der Wertschöpfung beteiligten Stellen und entsprechenden Qualifikationsniveaus (bspw. Planer, Maschinenbediener, minderqualifizierte Hilfskräfte) zuordnen zu können.

Unter Berücksichtigung dieser Kritikpunkte erlaubt die Vorgehensweise jedoch grundsätzliche Einschätzungen zu folgenden strategischen Fragestellungen, die im Zuge des Wertschöpfungsmanagements vertieft werden müssen:

- In welchen Innovationbereichen ist die größte Wertschöpfung und Beschäftigung zu erwarten?
- Welche Substitutions- und Komplementäreffekte sind über das aktuelle Produkt- und Innovationsportfolio zu erwarten?
- Welche Art der Wertschöpfung und Beschäftigung ist zu erwarten?
- Welche grundsätzlichen Entwicklungen im Bereich des strategischen Wertschöpfungs- und Personalmanagements sind einzuleiten, um keine negativen Nettoeffekte zu erfahren?

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

Zielsetzung dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Vorgehensweise zur Ermittlung von qualitativen und quantitativen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten von Produkt- und Prozessinnovationen in produzierenden Unternehmen. Dabei werden folgende Teilziele verfolgt:

- 1) Die Vorgehensweise soll Unternehmen bei der strategischen Planung unterstützen, die Interdependenzen zwischen Innovationen, Wertschöpfung und Beschäftigung systematisch zu analysieren und zu bewerten. Somit soll die Planung der Wertschöpfungsveränderungen und der Beschäftigungsentwicklung bereits in die frühen Phasen des Innovationsmanagements eingebunden werden, um der Anforderung nach einer integrierten Unternehmensstrategie gerecht zu werden.
- 2) Die Vorgehensweise soll einen praxisorientierten Analyse- und Bewertungsansatz darstellen, der unterschiedliche und ggf. alternative praxisorientierte und erprobte Methoden entlang der entwickelten Vorgehensweise aufzeigt und erweitert.
- 3) Das Verfahren soll an vor- und nachgelagerte Aufgaben des strategischen Managements anschließen und damit eine effektive und effiziente Durchführung der strategischen Innovations-, Wertschöpfungs- und Personalplanung unterstützen.

Zur Erreichung der Zielsetzung dieser Arbeit werden die unterschiedlichen Perspektiven verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen aufgezeigt, die sich mit der Verknüpfung von Innovationstheorie und Wertschöpfungs- bzw. Personalmanagement beschäftigen.

Das Wertschöpfungsmanagement, das die Auslegung des Wertschöpfungssystems und die Gestaltung und Führung der Wertschöpfungsprozesse zur Kernaufgabe hat, ist insbesondere in Hochlohnländern darauf angewiesen, die Wettbewerbsfähigkeit durch das kontinuierliche Einführen von Produkt- und Prozessinnovationen zu sichern. Um relevante technologische und/oder organisatorische Innovationen zu identifizieren

oder zu entwickeln, setzt sich das Innovationsmanagement mit der Führung, Planung und Organisation innovationsrelevanter Prozesse auseinander. Je nach Neuigkeitsgrad und Umfang der geplanten Innovationen, ist mit einer quantitativen und qualitativen Veränderung der Wertschöpfung zu rechnen, die sich auch in der Ausstattung der personellen Ressourcen widerspiegelt. Der vorherrschende Mangel an Fachkräften steigert die Notwendigkeit, das Wertschöpfungs-, Innovations- und Personalmanagement bereits in frühen Phasen des Innovationsmanagements integriert betrachtet werden, um die zu erwartenden innovationsinduzierten Veränderungen im Unternehmen zu identifizieren und zu bewerten, um weitere Maßnahmen der Unternehmensentwicklung ableiten zu können.

Insbesondere die Mikroökonomie beschäftigt sich mit der ex-post Analyse der Effekte von Innovationen auf die Wertschöpfung und Beschäftigung. Ein breites Spektrum an mikroökonomischen Studien zu Unternehmensentwicklungen, teilweise auch unter Berücksichtigung der Branchen, in denen sich die untersuchten Unternehmen befinden, zeigt die Schwierigkeit, die unterschiedlichen Verständnisse über Innovationen und deren Ausprägungen in qualitative und quantitative Effekte im Sinne einer Ursache-Wirkungs-Beziehung zu übersetzen. Zwar zeigen diese Studien grundlegende theoretische Wirkbeziehungen von Produkt- und Prozessinnovationen auf Wertschöpfung und Beschäftigung, der resultierende Nettoeffekt ist jedoch von einer Vielzahl unternehmens- und umfeldbezogener Einflussfaktoren abhängig, die in der Vorgehensweise zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch Innovationen bestmöglich berücksichtigt werden müssen.

Volkswirtschaftliche Modelle, in der Regel aufbauend auf Input-Output-Modellen zur Abbildung der volkswirtschaftlichen Vorleistungsverflechtungen, untersuchen die Effekten von Innovationen unter möglichst präziser Abbildung der diversen Einflussfaktoren, resultierend in umfangreichen und komplexen mathematischen Modellen. Diese werden im unternehmerischen Planungskontext im Sinne der Wirtschaftlichkeit als nicht geeignet empfunden. Betriebswirtschaftliche Ansätze beschäftigen sich mit der Ausrichtung des Wertschöpfungsnetzwerkes und stellen multikriterielle Verfahren zu Planung und Entscheidungsunterstützung bei der Verteilung der unternehmerischen Wertschöpfung zur Verfügung. Innovationen werden, wenn überhaupt, als qualitatives Kriterium bei der Standortwahl berücksichtigt. Ansätze des strategischen Personalmanagements in Verbindung mit

innovationsrelevanten Entwicklungen basieren in der Regel auf Experteneinschätzungen und der Verwendung von Kennzahlen, eine klare Vorgehensweise zur Ermittlung dieser Kennzahlen im Kontext von Innovationen wird jedoch nicht empfohlen.

Die in dieser Arbeit vorgestellte Vorgehensweise zielt darauf ab, die bestehende Lücke im Sinne eines pragmatischen Ansatzes zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten von Produkt- und Prozessinnovationen in produzierenden Unternehmen zu schließen. Besonders in frühen Phasen des Innovationsmanagements, die von hoher Unsicherheit über die Erfolgswahrscheinlichkeit der Innovationsaktivitäten geprägt sind, ist der Anforderung an die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens besonders Rechnung zu tragen. Dies ist insbesondere dadurch zu gewährleisten, dass die Vorgehensweise auf in der Regel bereits in Unternehmen angewendeten methodischen Ansätzen basiert und diese erweitert.

Um Innovationen und deren Neuartigkeitsgrad richtig erfassen und deren Auswirkungen wirtschaftlich bewerten zu können, gliedert sich die Vorgehensweise in fünf Schritte, die den wesentlichen formalen und inhaltlichen Anforderungen gerecht werden:

- Über die Darstellung des Innovationsportfolios werden die innovationsrelevanten Entwicklungen in Produkt und Prozess systematisch und gemäß den strategischen unternehmerischen Zielsetzungen erfasst und in einem Technologiekalender chronologisch und sachlogisch zusammenhängend abgebildet. Zur Erfassung der innovationsrelevanten Entwicklungen stehen eine Reihe bewährter methodischer Ansätze in frühen Innovationsphasen zur Verfügung, die je nach Fokus auf Produkt oder Prozess und Innovationsgrad entsprechend angewendet werden.
- Das Erarbeiten von Stückzahlenszenarien und daraus abgeleiteten innovationsrelevanten Stückzahlverläufen bildet die Basis für die Ermittlung qualitativer und quantitativer Effekte. Durch die Betrachtung der von Innovation betroffenen Produktstrukturelementen können einerseits die Innovationsgrade besser operationalisiert werden, andererseits können etwaiger Synergieeffekte durch die Verwendung in anderen Produkten berücksichtigt werden. Damit

- können Substitutions- und Komplementäreffekte von Produktinnovationen über deren erwarteten Lebenszyklus berücksichtigt werden.
- Die Ermittlung von Herstellkosten zur monetären Bewertung des unternehmerischen Outputs ist Ausgangspunkt der Wertschöpfungsrechnung. In frühen Innovationsphasen lassen sich die Herstellkosten über Kostengesetzmäßigkeiten und Vergleichskalkulationen ermitteln und deren Entwicklung über die Zeit im Sinne von Kosteneinsparpotenzialen abschätzen. Das Erfahrungskurvenkonzept bietet hier die Möglichkeit, die kosteneinsparenden Effekte von Prozessinnovationen zu berücksichtigen, wenngleich dies auch mit einer Unschärfe behaftet ist. Durch die Vorarbeiten entlang der Vorgehensweise (Technologiekalender, innovationsrelevante Stückzahlen) wird jedoch wesentlichen Defiziten des Erfahrungskurvenkonzeptes entgegengewirkt, sodass einerseits die Effekte von Prozessinnovationen und deren Einsparpotenzial besser über die Zeit zugordnet werden können, andererseits die kumulierten innovationsrelevanten Stückzahlen als Grundlage des Erfahrungskurvenkonzeptes über das gesamte Produktportfolio berücksichtigt werden.
 - Die Zuordnung der Innovationen zu Wirtschafts- und Bildungsklassen zur Charakterisierung der Effekte, ist ein Schlüsselement der Vorgehensweise. Durch diese Zuordnung können die Herstellkosten einerseits denjenigen Wirtschaftszweigen zugeordnet werden, deren Wertkette am ehesten der Produktion dieser Produkte bzw. Bestandteile zugeordnet werden, andererseits den zur Entwicklung und Produktion erforderlichen Bildungsklassen und Bildungsniveaus. Durch die Verwendung international standardisierter Klassifizierungen ermöglicht die Klassifizierung eine gezielte Weiterverwendung der Ergebnisse dieser Vorgehensweise in nachfolgenden planerischen Tätigkeiten, beispielsweise bei der Planung des Wertschöpfungsnetzwerkes im Unternehmen.
 - Die Berechnung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte erfolgt schließlich über die Verwendung der wirtschaftsklassenspezifischen Wertschöpfungsquoten und Arbeitsproduktivitäten, die vorhandenen Struktur- und Leistungsstatistiken entnommen werden können. So können sowohl die zu berücksichtigenden Branchenunterschiede als auch die zu berücksichtigenden

Unternehmensgrößen in die Berechnung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte eingebunden werden. Durch die internationale Standardisierung der Wirtschaftsklassifizierung können zudem Unterschiede im Entwicklungsfortschritt etwaiger Wertschöpfungsstandorte, insbesondere was die Arbeitsproduktivität angeht, in nachfolgenden Planungen berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung von Bildungsklassen und die Zuordnung zur quantitativen Beschäftigung erlaubt darüber hinaus einen Abgleich zwischen der potenziellen Nachfrage und dem Angebot von Fachkräften in den jeweiligen Ländern, da auch hierzu nationale Statistiken verfügbar sind.

Die Vorgehensweise wird demnach den formalen und inhaltlichen Anforderungen weitestgehend gerecht. Die größte Unsicherheit und damit ein wesentlicher Einfluss auf die Güte der Prognoseergebnisse liegt in der Prognose möglicher Stückzahlen. Dies ist jedoch ein grundsätzliches Problem der Szenario-Technik, dem über die Berücksichtigung mehrerer Szenarien und gegebenenfalls über Sensitivitätsanalysen entgegengewirkt werden kann.

Im Zuge der Fallstudien wurde die Vorgehensweise in Zusammenarbeit mit Unternehmen evaluiert. Als größte Herausforderung stellte sich die Herstellkostenbetrachtung heraus: Eine Abschätzung der Herstellkostenentwicklung, bezogen auf die direkten Kostenarten in frühen Innovationsphasen erweist sich als schwierig. Dennoch bestand der Nutzen der Unternehmen darin, sich frühzeitig mit Kosteneinsparungspotenzialen inhaltlich auseinanderzusetzen und potenzielle Wertschöpfungseffekte zu bestimmen. Vor allem innerhalb des im Vergleich zur zweiten Studie besser planbaren Innovationsumfelds der Elektromobilität, flossen die Ergebnisse nicht nur in die Ausrichtung nationaler politischer Planungsaktivitäten ein, sondern auch in die weiterführende strategische Planung der beteiligten Unternehmen.

7.2 Ausblick

Die Einschränkung der vorliegenden Arbeit lag auf der Ermittlung qualitativer und quantitativer Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte von Produkt- und Prozessinnovationen produzierender Unternehmen. Hierbei wurde weiters auf technologische Innovationen fokussiert. Vor allem in Hochlohnländern stehen

produzierende Unternehmen vor der Herausforderung, das Portfolio an physischen Produkten um ertragreiche Geschäftsmodelle zu erweitern. Wie in Abschnitt 2.4 aufgezeigt, sind bei der Bewertung von Effekten von Serviceinnovationen teilweise unterschiedliche Wirkmechanismen zu erwarten. Weitergehende Untersuchungen könnten auf die Erweiterung der Vorgehensweise um die Erfassung von Serviceinnovationen abzielen.

Zudem wurde die Vorgehensweise auf die grundsätzliche Ermittlung der Effekte ausgelegt. Allokationsaspekte, wie in vielen Ansätzen zur Auslegung von Wertschöpfungsnetzwerken verfolgt, wurden nicht explizit berücksichtigt. Die Vorgehensweise legt zwar ein Fundament für weitergehende Entscheidungen zur Wahl der Wertschöpfungstiefe und -verteilung des Netzwerkes, beinhaltet jedoch keine entscheidungsunterstützenden Aspekte. Eine Erweiterung der Vorgehensweise um den Aspekt der Entscheidungsunterstützung würde den integrativen Charakter der Vorgehensweise vertiefen und den Nutzen für Unternehmen erhöhen.

Ein aktuell in Wissenschaft und Wirtschaft breit diskutiertes Thema ist die Informationstechnisierung des Produktionsumfeldes, häufig unter den Begriffen „Industrie 4.0“ oder „Smart-Production“ subsummiert. Es wird antizipiert, dass diese Entwicklung weitreichende Effekte auf die Wertschöpfung und Beschäftigung haben wird. Insbesondere besteht die berechtigte Sorge, dass einfache Tätigkeiten in der Produktion durch Automatisierung verdrängt werden und zu einem Beschäftigungsrückgang führen. Chancen bestehen andererseits in der Schaffung von Wettbewerbsvorteilen durch Erhöhung der Produktivität und der Schaffung neuer, andersartiger Beschäftigung, beispielsweise im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik bzw. über dadurch ermöglichte innovative Geschäftsmodelle. In diesem Themenbereich könnte die Vorgehensweise dahingehend verfeinert und erweitert werden, dass auch eine vertiefende Berücksichtigung von resultierenden organisatorischen Prozessinnovationen, wie beispielsweise der echtzeitfähigen Produktionsplanung und -steuerung, hinsichtlich ihrer Wertschöpfungs- und Beschäftigungswirkungen analysiert werden können.

8 Anhang

8.1 Anhang 1: Übersicht und Bewertung empirischer Studien

Betrachtungsebene	Innovationsdefinition				Zeitliche Perspektive		Wirtschaftsfaktoren		Unternehmensfaktoren							Quelle		
	Innovation allgemein	Produkt	Prozess	Organisation	Technologisch	Verzögerung zwischen Produkt- und Prozessinnovation	Verzögerung zwischen Innovation und Effekt	Entwicklungsfortschritt des Landes	Wirtschaftszyklus	Branche	Unternehmensgröße	Innovationsstrategie	Produktportfolio	Know-How-Intensität (High, Low Tech)	Innovationshöhe		Innovationsstärke	Produktivitätsniveau
Mikro		•	•	•						•			•					Peters, Bettina (2008)
Makro		•	•	•				•		•								Menikoff, Jaanika (2010)
Mikro		•	•	•	•					•								Evangelista, Rinaldo; Vezzani, Antonio (2010)
Makro		•	•	•					•									Peters, Bettina; Dachs, Bernhard; Düster, Martina; Hud, Martin; Köhler, Christian; Rammer, Christian (2014)
Mikro		•	•	•						•								Harrison, Rupert; Jaumandreu Balanzo, Jordi; Mairesse, Jacques; Peters, Bettina (2014)
Makro		•	•	•														Huergo Orejas, Elena; Jaumandreu Balanzo, Jordi (2004)
Mikro		•	•	•						•								Piva, Mariacristina; Vivarelli, Marco (2005)
Makro		•	•	•						•								Lachenmayer, Stefan; Rottmann, Horst (2006)
Mikro		•	•	•														Parisi, Maria Laura; Schiantarelli, Fabio; Sembenelli, Alessandro (2006)
Makro		•	•	•														Kirner, Eva; Kinkel, Steffen; Jaeger, Angela (2009)
Mikro		•	•	•														Spencer, Fredrika Justesen (2010)
Makro		•	•	•						•								Coad, Alex; Rao, Rekha (2011)
Mikro		•	•	•														Lachenmayer, Stefan; Rottmann, Horst (2011)
Makro		•	•	•														Gunday, Gurhan; Ulusoy, Gunduz; Kilic, Kemal; Alptan, Lutfihak (2011)
Mikro		•	•	•						•								Crespi, Gustavo; Zuniga, Pluvia (2012)
Makro		•	•	•														Vicente-Lorente, José David; Zufiiga-Vicente, José Ángel (2012)
Mikro		•	•	•														Crespi, Gustavo; Tacsir, Ezequiel (2013)
Makro		•	•	•														Goedhuys, Micheline; Veugelers, Reinhilde (2012)
Mikro		•	•	•														Colombelli, Alessandra; Haneč, Naciba, Le Bas, Christian (2013)
Makro		•	•	•														Zimmermann, Volker (2014)
Mikro		•	•	•														Triguero, Angela; Córdobes, David; Cuervo, María C. (2014)
Makro		•	•	•														Sanchez-Sellero, P.; Sanchez-Sellero, M. C.; Sanchez-Sellero, F. J.; Cruz-Gonzalez, M. M. (2015)
Mikro		•	•	•														Oh, Choonho; Cho, Yongrae; Kim, Wonjoon (2015)

8.2 Anhang 2: Kennzahlen der Struktur- und Leistungsstatistik nach ÖNACE 2008 (Auszug)

ÖNACE 2008	Kurzbezeichnung	NACE-Stufe	Beschäftigten-großenklasse	Unter-nehmen	Beschäftigte im Jahres-durchschnitt insgesamt	damunter unsebst.	Personal-aufwand in 1000 EUR	Erlöse und Erträge in 1000 EUR	Umsatz-erlöse in 1000 EUR*	Produktions-wert in 1000 EUR*	Waren- und Dienstleistungs-käufe ¹⁾ insgesamt in 1000 EUR*	dar. zum Wiederverkauf in 1000 EUR*	Bruttowert-schöpfung zu Faktorkosten in 1000 EUR	Brutto-betriebs-überschuss in 1000 EUR	Brutto-investitionen in 1000 EUR*	Wertschöpfung am Produktionswert	Wertschöpfung pro Beschäftigten in 1000 EUR
C10	H.v. Nahrungs- und Futtermittel	2	insgesamt	3 454	7 164,5	68 711	2 518 179	16 728 112	16 398 672	14 788 889	12 952 646	189 357,6	3 721 437	1 203 258	626 941	25,16%	5 194,3
C10	H.v. Nahrungs- und Futtermittel	2	0-9	2 131	8 596	6 916	45 552	784 884	776 388	72 574	5 686	7 1966	266 853	42 101	21 962	37,45%	3 104,4
C10	H.v. Nahrungs- und Futtermittel	2	10-19	654	8 885	8 333	208 332	791 952	761 572	7 6 093	504 436	74 079	275 724	67 392	33 531	38,56%	3 103,3
C10	H.v. Nahrungs- und Futtermittel	2	20-49	432	13 139	12 877	370 332	2 942 811	2 070 083	1 850 869	1 513 780	89 451	534 233	163 901	92 230	28,86%	40 860
C10	H.v. Nahrungs- und Futtermittel	2	50-249	187	19 998	19 963	774 602	5 489 837	5 44 627	5 036 399	4 367 195	468 694	1 131 868	252 266	166 828	22,47%	56 599
C10	H.v. Nahrungs- und Futtermittel	2	250 und mehr	50	2 102,7	2 102,2	10 19 351	7 619 848	7 4 002,2	6 73 954	6 051 549	108 538,6	15 12 759	493 398	292 990	23,37%	7 194,4
C11	Getränkeherstellung	2	insgesamt	3 684	8 891	8 809	4 80 091	5 465 796	5 2 645,45	5 65 735	3 859 493	23 195,1	1 330 486	850 395	193 738	25,91%	149 644
C11	Getränkeherstellung	2	0-9	261	6 11	367	8 936	96 510	96 033	90 109	60 970	7 163	33 966	25 030	3 662	37,69%	55 691
C11	Getränkeherstellung	2	10-19	34	467	446	15 467	93 522	91 517	83 391	58 160	10 444	34 051	18 584	5 435	40,83%	72 914
C11	Getränkeherstellung	2	20-49	39	1 120	1 108	52 662	384 406	369 328	342 768	268 953	39 541	87 961	35 299	26 275	25,66%	78 537
C11	Getränkeherstellung	2	50-249	26	2 707	2 702	157 163	3 568 360	3 374 936	3 385 411	2 742 354	88 209	695 207	538 074	94 301	20,54%	256 818
C11	Getränkeherstellung	2	250 und mehr	4	3 986	3 986	245 883	1 322 998	1 294 831	1 234 056	729 056	86 594	479 301	233 408	64 065	38,84%	120 246
C13	H.v. Textilien	2	insgesamt	610	8 898	8 433	359 222	1 445 241	1 408 333	1 368 180	977 012	78 728	473 591	114 369	54 451	34,62%	53 224
C13	H.v. Textilien	2	0-9	480	1 296	854	20 283	103 367	112 260	107 961	80 974	5 762	33 529	12 386	1 133	3,106%	25 877
C13	H.v. Textilien	2	10-19	45	632	612	19 165	80 107	79 988	77 031	53 565	4 105	27 823	8 658	2 229	36,12%	44 024
C13	H.v. Textilien	2	20-49	47	1 458	1 455	57 598	228 768	225 097	218 873	161 729	12 087	81 202	23 604	10 921	37,10%	55 694
C13	H.v. Textilien	2	50-249	33	3 290	3 290	147 166	607 078	593 446	559 163	425 634	49 422	181 109	33 953	14 836	32,39%	55 048
C13	H.v. Textilien	2	250 und mehr	5	2 222	2 222	115 010	4 159 211	398 344	405 142	265 110	7 352	149 928	34 918	25 332	37,01%	67 474
C14	H.v. Bekleidung	2	insgesamt	724	7 221	6 556	223 200	890 385	841 974	772 038	605 893	113 994	277 202	54 002	16 294	35,91%	38 388
C14	H.v. Bekleidung	2	0-9	649	1 496	860	19 951	69 321	69 033	60 718	47 541	9 232	22 850	8 899	576	37,63%	15 274
C14	H.v. Bekleidung	2	10-19	29	411	392	10 420	32 625	32 444	28 895	21 521	4 637	11 364	944	1 022	40,31%	27 850
C14	H.v. Bekleidung	2	20-49	27	860	854	27 855	122 904	121 082	116 766	81 882	9 016	42 574	14 718	2 454	36,78%	49 505
C14	H.v. Bekleidung	2	50-249	17	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	-	-
C14	H.v. Bekleidung	2	250 und mehr	2	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	-	-
C15	H.v. Leder-waren und Schuhen	2	insgesamt	176	4 203	4 064	142 919	879 937	863 679	834 338	657 808	55 865	239 664	96 745	12 353	28,73%	57 022
C15	H.v. Leder-waren und Schuhen	2	0-9	168	332	203	4 829	28 176	28 034	26 067	16 221	1 694	11 791	6 962	598	45,23%	35 515
C15	H.v. Leder-waren und Schuhen	2	10-19	13	1 818	1 818	3 507	12 943	12 867	12 579	7 828	702	5 399	1 892	325	42,92%	32 137
C15	H.v. Leder-waren und Schuhen	2	20-49	13	399	399	14 174	70 481	70 245	66 068	47 900	4 268	19 599	5 425	1 818	30,12%	49 120
C15	H.v. Leder-waren und Schuhen	2	50-249	9	902	902	41 647	403 107	391 753	346 886	289 322	48 901	105 509	64 862	3 370	30,71%	18 008
C15	H.v. Leder-waren und Schuhen	2	250 und mehr	3	2 402	2 401	78 762	365 230	360 780	383 758	286 537	0	96 366	17 604	6 250	25,11%	40 119
C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	2	insgesamt	2 750	33 546	31 216	1 325 850	7 939 920	7 696 166	7 442 801	5 941 943	44 3 25	19 599 665	634 016	243 779	26,33%	58 423
C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	2	0-9	2 227	5 773	5 827	94 161	578 772	575 516	546 376	402 743	32 057	174 534	80 373	20 351	31,94%	30 233
C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	2	10-19	243	3 293	3 169	104 721	507 379	500 779	481 638	349 163	26 124	161 124	56 403	26 698	33,45%	48 929
C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	2	20-49	176	5 277	5 240	85 967	1 055 446	1 037 964	952 962	779 634	106 245	289 111	93 144	46 223	30,34%	54 787
C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	2	50-249	84	8 807	8 796	387 348	2 836 730	2 775 234	2 627 844	2 248 574	174 375	563 336	165 988	72 829	21,06%	62 829
C16	H.v. Holzwaren; Korbwaren	2	250 und mehr	20	10 996	10 991	543 653	2 961 693	2 806 693	2 633 961	2 161 839	14 316	781 760	238 107	77 678	27,89%	75 891

8.3 Anhang 3: ISCED-Bildungsbereiche (Auszug)

<i>Broad field</i>	<i>Narrow field</i>	<i>Detailed field</i>	
04 Business, administration and law	041 Business and administration	0411 Accounting and taxation	
		0412 Finance, banking and insurance	
		0413 Management and administration	
		0414 Marketing and advertising	
		0415 Secretarial and office work	
		0416 Wholesale and retail sales	
		0417 Work skills	
	042 Law	0421 Law	
05 Natural sciences, mathematics and statistics	051 Biological and related sciences	0511 Biology	
		0512 Biochemistry	
	052 Environment	0521 Environmental sciences	
		0522 Natural environments and wildlife	
	053 Physical sciences	0531 Chemistry	
		0532 Earth sciences	
		0533 Physics	
	054 Mathematics and statistics	0541 Mathematics	
		0542 Statistics	
	06 Information and Communication Technologies (ICTs)	061 Information and Communication Technologies (ICTs)	0611 Computer use
			0612 Database and network design and administration
			0613 Software and applications development and analysis
07 Engineering, manufacturing and construction	071 Engineering and engineering trades	0711 Chemical engineering and processes	
		0712 Environmental protection technology	
		0713 Electricity and energy	
		0714 Electronics and automation	
		0715 Mechanics and metal trades	
		0716 Motor vehicles, ships and aircraft	
	072 Manufacturing and processing	0721 Food processing	
		0722 Materials (glass, paper, plastic and wood)	
		0723 Textiles (clothes, footwear and leather)	
		0724 Mining and extraction	
	073 Architecture and construction	0731 Architecture and town planning	
		0732 Building and civil engineering	

9 Literaturverzeichnis

Abele, Thomas (2006): Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements. Univ., Diss--Stuttgart, 2006. Heimsheim: Jost-Jetter.

Almon, Clopper (1991): The Inforum Approach to Interindustry Modeling. In: *Economic Systems Research* 3 (1), S. 1–8.

Ansoff, H. Igor (1965): Corporate strategy;. An analytic approach to business policy for growth and expansion. New York: McGraw-Hill.

Ansoff, H. Igor (1984): Implanting strategic management. Englewood Cliffs, NJ: Prentice/Hall Internat.

Antonelli, Cristiano; Scellato, Giuseppe (2011): Out-of-equilibrium profit and innovation. In: *Economics of Innovation and New Technology* 20 (5), S. 405–421.

Bach, Norbert; Brehm, Carsten; Buchholz, Wolfgang; Petry, Thorsten (2012): Wertschöpfungsorientierte Organisation. Architekturen - Prozesse - Strukturen. Wiesbaden: Gabler Verlag.

Barney, Jay B. (1991): Firm resources and sustained competitive advantage. In: *Journal of Management* 17 (1).

Barney, Jay B. (2002): Gaining and sustaining competitive advantage. 2. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Bauer, Wilhelm; Rothfuss, Florian; Dungs, Jennifer; Herrmann, Florian; Cacilo, Andrej; Schmidt, Sarah et al. (2015): Strukturstudie BWe mobil 2015. Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität. Hg. v. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie und Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). Online verfügbar unter <http://www.e-mobilbw.de/de/service/publikationen.html>, zuletzt geprüft am 12.11.2015.

Becker, Wolfgang; Baltzer, Björn; Ulrich, Patrick (2011): Wertschöpfungsorientiertes Controlling. Konzeption und Umsetzung. Stuttgart: Kohlhammer.

Berthel, Jürgen; Becker, Fred G. (2013): Personal-Management. Grundzüge für Konzeptionen betrieblicher Personalarbeit. 10., überarb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Blecker, Thorsten (2001): Wettbewerbskonzepte durch moderne Produktionskonzepte? In: Thorsten Blecker und Bernd Kaluza (Hg.): Innovatives Produktions- und Technologiemanagement. Festschrift für Bernd Kaluza. Berlin u.a.: Springer.

Bohlinger, Sandra (2012): Internationale Standardklassifikation im Bildungswesen. In: *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* 4/2012, S. 16–19. Online verfügbar unter <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/download/id/6915>, zuletzt geprüft am 09.04.2016.

Bronner, Albert (2008): Angebots- und Projektkalkulation. Leitfaden für Praktiker. 3., aktualisierte Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Bröring, Stefanie (2007): Die frühe Innovationsphase im Kontext von Konvergenz. In: Cornelius Herstatt und Birgit Verworn (Hg.): Management der frühen Innovationsphasen. Grundlagen, Methoden, neue Ansätze. 2., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Springer, S. 318–338.

Buller, Paul F.; McEvoy, Glenn M. (2012): Strategy, human resource management and performance. Sharpening line of sight. In: *Human Resource Management Review* 22 (1), S. 43–56.

Bullinger, Hans J.; Spath, Dieter; Warnecke, Hans J.; Westkämper, Engelbert (2008): Handbuch Unternehmensorganisation. Strategien, Planung, Umsetzung. 3., neu bearb. Aufl. Berlin: Springer Berlin.

Burgstahler, Bernd (1997): Synchronisation von Produkt- und Produktionsentwicklung mit Hilfe eines Technologiekalenders. Essen: Vulkan-Verlag.

Chandler, Alfred D. (1962): Strategy and structure: chapters in the history of the industrial enterprise. Cambridge: M.I.T. Press.

Chen, Chung-Jen; Huang, Jing-Wen (2009): Strategic human resource practices and innovation performance — The mediating role of knowledge management capacity. In: *Journal of Business Research* 62 (1), S. 104–114.

- Chou, Ying-Chyi; Hsu, Ying-Ying; Yen, Hsin-Yi (2008): Human resources for science and technology. Analyzing competitiveness using the analytic hierarchy process. In: *Technology in Society* 30 (2), S. 141–153.
- Coad, Alex; Rao, Rekha (2011): The firm-level employment effects of innovations in high-tech US manufacturing industries. In: *Journal of Evolutionary Economics* 21 (2), S. 255–283.
- Coenenberg, Adolf Gerhard; Fischer, Thomas M.; Günther, Thomas (2009): *Kostenrechnung und Kostenanalyse*. 7., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Cohen, Wesley M. (2010): Fifty Years of Empirical Studies of Innovative Activity and Performance. In: Bronwyn H. Hall und Nathan Rosenberg (Hg.): *Handbook of the economics of innovation*. Amsterdam: Elsevier, S. 129–213.
- Colombelli, Alessandra; Haned, Naciba; Le Bas, Christian (2013): On firm growth and innovation. Some new empirical perspectives using French CIS (1992–2004). In: *Structural Change and Economic Dynamics* 26, S. 14–26.
- Crespi, Gustavo; Tacsir, Ezequiel (2013): Effects of innovation on employment in Latin America. Maastricht: UNU-MERIT.
- Crespi, Gustavo; Zuniga, Pluvia (2012): Innovation and Productivity. Evidence from Six Latin American Countries. In: *World Development* 40 (2), S. 273–290.
- Demirkaya, Harun; Özcüre, Gürol; Eryiğit, Nimet (2011): An application on the impacts of human resource management in technology management of the companies. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 24, S. 474–486.
- Dulebohn, James H.; Johnson, Richard D. (2013): Human resource metrics and decision support: A classification framework. In: *Human Resource Management Review* 23 (1), S. 71–83.
- Dyckhoff, Harald (2006): *Produktionstheorie. Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft*. 5., überarbeitete Aufl. Berlin, New York: Springer.
- Dyckhoff, Harald; Spengler, Thomas Stefan (2007): *Produktionswirtschaft. Eine Einführung für Wirtschaftsingenieure*. 2., verb. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

- Echterhoff, Niklas (2014): Systematik zur Planung von Cross-Industry-Innovationen. Diss. Paderborn: Universitätsbibliothek.
- Edquist, Charles; Hommen, Leif; McKelvey, Maureen D. (2001): Innovation and employment. Process versus product innovation. Cheltenham, U.K, Northampton, Mass: Edward Elgar.
- Evangelista, Rinaldo; Vezzani, Antonio (2010): The economic impact of technological and organizational innovations. A firm-level analysis. In: *Research Policy* 39 (10), S. 1253–1263.
- Evangelista, Rinaldo; Vezzani, Antonio (2012): The impact of technological and organizational innovations on employment in European firms. In: *Industrial and Corporate Change* 21 (4), S. 871–899.
- Ewert, Ralf; Wagenhofer, Alfred (2000): Interne Unternehmensrechnung. Vierte, überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Fallböhrmer, Markus (2000): Generieren alternativer Technologieketten in frühen Phasen der Produktentwicklung. Techn. Hochsch., Diss.--Aachen, 2000. Aachen: Shaker.
- Frenkel, Michael; John, Klaus Dieter (2003): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. 5., völlig neu bearb. Aufl. München: Vahlen.
- Freund, Dirk (2013): Wertschöpfende und innovationsorientierte Unternehmensführung. Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Gabler.
- Friedrich, Tilman (2014): Planung fertigungstechnologischer Innovation im Produktionsnetzwerk. 1. Aufl. Aachen: Apprimus-Verlag.
- Gausemeier, Jürgen; Wiendahl, Hans-Peter (2011): Deutschland braucht Wertschöpfung - Einführung. In: Jürgen Gausemeier und Hans-Peter Wiendahl (Hg.): Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Geringer, Bernhard; Sihm, Wilfried, Bauer, Christian; Gommel, Henrik; Palm, Daniel; Tober, Werner (2011): Elektromobilität - Chance für die österreichische Wirtschaft. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Industriellenvereinigung und Wirtschaftskammer Österreich. Wien. Online verfügbar unter

http://www.bmwf.w.gv.at/Wirtschaftspolitik/wettbewerbspolitik/Documents/Elektromobilitaet_Chancef%C3%BCrdieoesterreichischeWirtschaft.pdf, zuletzt geprüft am 12.11.2015.

Gerpott, Torsten J. (2005): Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement. 2., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Giulioni, Gianfranco (2011): The product innovation process and GDP dynamics. In: *Journal of Evolutionary Economics* 21 (4), S. 595–618.

Goedhuys, Micheline; Veugelers, Reinhilde (2012): Innovation strategies, process and product innovations and growth. Firm-level evidence from Brazil. In: *Structural Change and Economic Dynamics* 23 (4), S. 516–529.

Gommel, Henrik; Lemmerer, Christina; Leidl, Clemens; Bacher, Christian; Aichmaier, Heimo; Ludwig, Bertram (2016a): "E-MAPP - E-Mobility and the Austrian Production Potential".

Gommel, Henrik; Steinwender, Arko; Biegler, Christoph (2016b): Techno-ökonomische Analyse der Hochtemperaturelektrolyse. 14. Symposium Energieinnovation. Technische Universität Graz. Graz, 10.02.2016. Online verfügbar unter http://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Events/Eninnov2016/files/lf/Session_B6/LF_Gommel.pdf, zuletzt geprüft am 17.04.2016.

Götze, Uwe (1991): Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

Greitemann, Josef; Stahl, Benjamin; Schönmann, Alexander; Lohmann, Boris; Reinhart, Gunther (2015): Strategic production technology planning using a dynamic technology chain calendar. In: *Production Engineering - Research and Development* 9 (3), S. 417–424.

Großmann, Anett; Wolter, Marc Ingo; Stocker, Andrea (2011): KonsumentInnen und Energiesparmaßnahmen: Modellierung von Auswirkungen energiepolitischer Maßnahmen auf KonsumentInnen. Wien. Online verfügbar unter http://www.energiemodell.at/wp-content/uploads/2010/05/KONSENS_WP2_Modelldokumentation_e3.at_.pdf, zuletzt geprüft am 16.11.2015.

- Gunday, Gurhan; Ulusoy, Gunduz; Kilic, Kemal; Alpan, Lutfihak (2011): Effects of innovation types on firm performance. In: *International journal of production economics* 133 (2), S. 662–676.
- Günther, Hans-Otto; Tempelmeier, Horst (2003): Produktion und Logistik. 5., verb. Aufl. Berlin: Springer.
- Haller, Axel (1997): Wertschöpfungsrechnung. Ein Instrument zur Steigerung der Aussagefähigkeit von Unternehmensabschlüssen im internationalen Kontext. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Hansen, Hans Robert; Neumann, Gustaf (2009): Wirtschaftsinformatik. 10., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- Harrison, Rupert; Jaumandreu Balanzo, Jordi; Mairesse, Jacques; Peters, Bettina (2014): Does innovation stimulate employment? A firm-level analysis using comparable micro-data from four European countries. In: *International journal of industrial organization* 35 (2014), S. 29–43.
- Haubrock, Alexander; Öhlschlegel-Haubrock, Sonja (2009): Personalmanagement. 2., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer.
- Hauke, Wolfgang; Opitz, Otto (2003): Mathematische Unternehmensplanung. Eine Einführung. 2., durchges. und erw. Aufl. Norderstett: Books on Demand.
- Hauschildt, Jürgen; Salomo, Sören (2011): Innovationsmanagement. 5., überarb., erg. und aktualisierte Aufl. München: Vahlen.
- Heijltjes, Mariëlle; van Witteloostuijn, Arjen (2003): Configurations of market environments, competitive strategies, manufacturing technologies and human resource management policies. A two-industry and two-country analysis of fit. In: *Scandinavian Journal of Management* 19, S. 31–62.
- Henderson, Rebecca M.; Clark, Kim B. (1990): Architectural Innovation: The Reconfiguration of Product Technologies and the Failure of Established Firms. In: *Administrative Science Quarterly* 95 (9), S. 9–30.
- Herstatt, Cornelius (2007): Management der frühen Phasen von Breakthrough-Innovationen. In: Cornelius Herstatt und Birgit Verworn (Hg.): Management der frühen Innovationsphasen. Grundlagen, Methoden, neue Ansätze. 2., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden, S. 296–314.

- Heubach, Daniel (2009): Eine funktionsbasierte Analyse der Technologierelevanz von Nanotechnologie in der Produktplanung. Univ., Diss.--Stuttgart. Heimsheim: Jost-Jetter.
- Hevner, Alan R.; March, Salvatore T.; Park, Jinsoo; Ram, Sudha (2004): Design science in information systems research. In: *MIS Quarterly* 28 (1), S. 75–105.
- Horbach, Jens; Rennings, Klaus (2013): Environmental innovation and employment dynamics in different technology fields. An analysis based on the German community innovation survey 2009. In: *Journal of Cleaner Production* (57), S. 158–165.
- Horsch, Jürgen (2015): Kostenrechnung. Klassische und neue Methoden in der Unternehmenspraxis. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Huergo Orejas, Elena; Jaumandreu Balanzo, Jordi (2004): Firms' age, process innovation and productivity growth. In: *International journal of industrial organization* 22 (4), S. 541–559.
- Hungenberg, Harald (2008): Strategisches Management in Unternehmen. Ziele - Prozesse - Verfahren. 5., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler.
- Hungenberg, Harald; Wulf, Torsten (2007): Grundlagen der Unternehmensführung. 3., aktualisierte und erw. Aufl. Berlin u.a: Springer.
- Jiménez-Jiménez, Daniel; Sanz-Valle, Raquel (2005): Innovation and human resource management fit. An empirical study. In: *International Journal of Manpower* 26 (4), S. 364–381.
- Jin, Chao; Yang, Chenghao; Chen, Fanglin (2011): Novel Micro-Tubular High Temperature Solid Oxide Electrolysis Cells. In: The Electrochemical Society (Hg.): 219th ECS Meeting. Montreal, QC, Canada, May 1 - May 6, 2011: ECS, S. 2987–2995.
- Jorgensen, France; Becker, Karin; Matthews, Judy (2009): Human Resource Management and Innovation: What are Knowledge-Intensive Firms Doing? In: Continuous Innovation Network (Hg.): Proceedings of the 10th International CInet Conference. Enhancing the innovation environment. Brisbane, Australia, 6-8 September, 2009, S. 451–463.
- Jost, Peter-Jürgen (2000): Ökonomische Organisationstheorie. Eine Einführung in die Grundlagen. Wiesbaden: Gabler.

Karttunen, Kalle (2015): Added-value innovation of forest biomass supply chains: University of Helsinki.

Kato, Tohru; Sato, Katsutoshi; Honda, Takeo; Negishi, Akira; Tanaka, Yohei; Momma, Akihiko et al. (2011): Development of Tubular Solid Oxide Electrolysis Stacks for Hydrogen Production. In: 219th ECS Meeting. Montreal, QC, Canada, 1.-6. Mai, 2011: ECS, S. 2979–2985.

Kim, Sundong; Yu, Jihaeng; Seo, Doowon; Han, Insub; Woo, Sangkuk (2011): Hydrogen Production by High Temperature Electrolysis Using Solid Oxide Electrolyzer Cells. In: 219th ECS Meeting. Montreal, QC, Canada, May 1 - May 6, 2011: ECS (ECS Transactions), S. 2957–2960.

Kim-Lohsoontorn, Pattaraporn; Bae, Joongmyeon (2011): Electrochemical performance of solid oxide electrolysis cell electrodes under high-temperature coelectrolysis of steam and carbon dioxide. In: *Journal of Power Sources* 196 (17), S. 7161–7168.

Kirner, Eva; Kinkel, Steffen; Jaeger, Angela (2009): Innovation paths and the innovation performance of low-technology firms. An empirical analysis of German industry. In: *Research Policy* 38 (3), S. 447–458.

Kleinknecht, Alfred; Reijnen, Jeroen O. N; Smits, Wendy (1993): Kleinknecht, Reijnen, Jeroen O. N et al. (Hg.) – Collecting literature-based innovation output indicators. In: Alfred Kleinknecht und Donald Bain (Hg.): New concepts in innovation output measurement. Houndmills, New York: Macmillan Press; St. Martin's Press, S. 42–84.

Kleinschmidt, E. J.; Cooper, R. G. (1991): The Impact of Product Innovativeness on Performance. In: *Journal of Product Innovation Management* 8 (4), S. 240–251.

Koppel, Oliver (2008): Ingenieurlücke in Deutschland - Ausmaß, Wertschöpfungsverluste und Strategien. Institut der deutschen Wirtschaft; Verein deutscher Ingenieure. Online verfügbar unter <https://www.thinking.de/index.php?media=2774>.

DIN 32992, Dezember 1989: Kosteninformationen; Berechnungsgrundlagen; Kalkulationsarten und -verfahren.

- Kraus, Roland (2005): Strategisches Wertschöpfungsdesign. Ein konzeptioneller Ansatz zur innovativen Gestaltung der Wertschöpfung. 1. Aufl. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl.
- Krubasik, Edward (2002): Wertsteigerung von Unternehmen. In: Horst Albach, Bernd Kaluza und Wolfgang Kersten (Hg.): Wertschöpfungsmanagement als Kernkompetenz. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler, S. 54–64.
- Lachenmaier, Stefan; Rottmann, Horst (2006): Employment effects of innovation at the firm level. In: *Ifo working papers* 27. Online verfügbar unter <http://hdl.handle.net/10419/73769>.
- Lachenmaier, Stefan; Rottmann, Horst (2011): Effects of innovation on employment. A dynamic panel analysis. In: *International journal of industrial organization* 29 (2), S. 210–220.
- Learned, Edmund Philip (1965): Business policy: text and cases. Homewood, Ill: R.D. Irwin.
- Lehr, Ulrike; Nitsch, Joachim; Kratzat, Marlene; Lutz, Christian; Edler, Dietmar (2008): Renewable energy and employment in Germany. In: *Energy Policy* 36 (1), S. 108–117.
- Lentes, Hans-Peter; Richter, Michael (2004): Systematische Technologiebewertung zur Absicherung der Produktentwicklung. In: Dieter Spath (Hg.): Forschungs- und Technologiemanagement. Potenziale nutzen - Zukunft gestalten. München: Hanser, S. 219–226.
- Liesegang, Dietfried Günter (2002): Produktionsfunktionen als Modelle für produktionswirtschaftliche Mikro- und Makrostrukturen. In: Horst Albach, Bernd Kaluza und Wolfgang Kersten (Hg.): Wertschöpfungsmanagement als Kernkompetenz. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler, S. 253–262.
- Lutz, Christian; Meyer, Bernd; Nathani, Carsten; Schleich, Joachim (2007): Endogenous Innovation, the Economy and the Environment: Impacts of a Technology-Based Modelling Approach for Energy-Intensive Industries in Germany. L. In: *Energy Studies Review* 15 (1), S. 2–18.
- Macharzina, Klaus; Wolf, Joachim (2008): Unternehmensführung. Das internationale Managementwissen ; Konzepte - Methoden - Praxis. 6., vollst. überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler.

- Maicher, Michael; Scheruhn, Hans-Jürgen (Hg.) (1998): Informationsmodellierung. Referenzmodelle und Werkzeuge. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Mankiw, N. Gregory (1993): Makroökonomik. Wiesbaden: Gabler.
- Matz, Stefanie (2007): Erfolgsfaktoren im Innovationsmanagement von Industriebetrieben. 1. Aufl. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl.
- Maura Sheehan; Sheehan, Maura; N. Garavan, Thomas; Carbery, Ronan (2013): Innovation and human resource development (HRD). In: *European Journal of Training and Development* 38 (1/2), S. 2–14.
- Meade, Douglas S. (1994): The Impact of the Electric Car on the U.S. Economy: 1998 to 2005. Hg. v. University of Maryland. Interindustry Forecasting Project at the University of Maryland. Online verfügbar unter <http://www.inforum.umd.edu/papers/wp/wp/1994/wp94007.pdf>, zuletzt geprüft am 12.11.2015.
- Meriküll, Jaanika (2010): The Impact of Innovation on Employment. Firm- and Industry-Level Evidence from a Catching-Up Economy. In: *Eastern European Economics* 48 (2), S. 25–38.
- Mertens, Peter; Rässler, Susanne (Hg.) (2012): Prognoserechnung. 7. Auflage. Heidelberg: Springer.
- Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf (2009): Grundlagen des Technologie-Roadmapping. In: Martin G. Möhrle und Isenmann Ralf (Hg.): Technologie-Roadmapping. [S.l.]: Filiquarian Publishing.
- Nathani, Carsten (2003): Modellierung des Strukturwandels beim Übergang zu einer materialeffizienten Kreislaufwirtschaft. Kopplung eines Input-Output-Modells mit einem Stoffstrommodell am Beispiel der Wertschöpfungskette "Papier". Heidelberg: Physica-Verlag.
- Nebf, Theodor (2002): Produktionswirtschaft. München: Oldenbourg.
- Neubäumer, Renate; Hewel, Brigitte (2005): Volkswirtschaftslehre. Grundlagen der Volkswirtschaftstheorie und Volkswirtschaftspolitik. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden, s.l.: Gabler Verlag.
- OECD (2005): Oslo manual. Guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3. ed. Paris: OECD.

- Oechsler, Walter Anton (2006): Personal und Arbeit. Grundlagen des Human Resource Management und der Arbeitgeber-Arbeitnehmer-Beziehungen. 8., grundlegend überarb. Aufl. München: Oldenbourg.
- Oh, Choonho; Cho, Yongrae; Kim, Wonjoon (2015): The effect of a firm's strategic innovation decisions on its market performance. In: *Technology Analysis & Strategic Management* 27 (1), S. 39–53.
- Parisi, Maria Laura; Schiantarelli, Fabio; Sembenelli, Alessandro (2006): Productivity, innovation and R&D. Micro evidence for Italy. In: *European Economic Review* 50 (8), S. 2037–2061.
- Pavitt, Keith (1984): Sectoral patterns of technical change. Towards a taxonomy and a theory. In: *Research Policy* 13 (6), S. 343–373.
- Perdomo-Ortiz, Jesús; González-Benito, Javier; Galende, Jesús (2009): An analysis of the relationship between total quality management-based human resource management practices and innovation. In: *The International Journal of Human Resource Management* 20 (5), S. 1191–1218.
- Peters, Bettina (2008): Innovation and Firm Performance. An Empirical Investigation for German Firms. Heidelberg: Physica-Verlag Heidelberg New York.
- Peters, Bettina; Dachs, Bernhard; Dünser, Martina; Hud, Martin; Köhler, Christian; Rammer, Christian (2014): Firm growth, innovation and the business cycle. Background report for the 2014 competitiveness report. Mannheim: ZEW.
- Petit, Pascal (1995): Employment and Technological Chang. In: Paul Stoneman (Hg.): Handbook of the economics of innovation and technological change. 1 edition. Oxford: Blackwell, S. 366–408.
- Pfohl, Hans-Christian (2010): Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 8., neu bearb. u. aktual. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Phaal, Robert; Muller, Gerrit (2009): An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy. In: *Technological Forecasting and Social Change* 76 (1), S. 39–49.
- Pianta, Mario (2005): Innovation and employment. In: *The Oxford handbook of innovation*, S. 568–598.

- Piekenbrock, Dirk (2011): Gabler Kompakt-Lexikon Volkswirtschaftslehre. Wiesbaden: Springer.
- Piva, Mariacristina; Vivarelli, Marco (2005): Innovation and employment. Evidence from Italian microdata. In: *Journal of economics* 86 (1), S. 65–83.
- Porter, Michael E. (2004): Competitive advantage. New York, London: Free.
- Reichwald, Ralf; Piller, Frank; Ihl, Christoph (2009): Interaktive Wertschöpfung. Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler.
- Reim, Jürgen (2015): Erfolgsrechnung - Wertsteigerung durch Wertschöpfung. Grundlagen, Konzeption, Instrumente. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Reinhart, Günther; Schindler, Sebastian (2012): Strategic Evaluation of Technology Chains for Producing Companies. In: Hoda A. El Maraghy (Hg.): Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability. Proceedings of the 4th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual production. Montreal, Canada, 2.-5. Oktober 2011: Springer, S. 391–396.
- Rothwell, Roy; Zegveld, Walter (1979): Technical change and employment. London: Pinter.
- Rottinger, Sven (2005): Mehrphasige Personalentwicklungsplanung für Fertigungssysteme auf Basis des Technologiekalender-Konzeptes. Karlsruhe: Univ.-Verl.
- Rüegg-Stürm, Johannes (2009): Das neue St. Galler Management-Modell. In: Rolf Dubs, Dieter Euler, Johannes Rüegg-Stürm und Wyss, Christina, E. (Hg.): Einführung in die Managementlehre. Band 1. 2. Aufl. Bern: Haupt, S. 65–142.
- Rüegg-Stürm, Johannes; Grand, Simon (2014): Das St. Galler Management-Modell. 4. Generation : Einführung. Bern: Haupt.
- Schefold, Josef; Brisse, Annabelle; Zahid, Mohsine; Ouweltjes, Jan Peter; Nielsen, Jens Ulrik (2011): Long Term Testing of Short Stacks with Solid Oxide Cells for Water Electrolysis. In: The Electrochemical Society (Hg.): 219th ECS Meeting. Montreal, QC, Canada, May 1 - May 6, 2011: ECS (ECS Transactions), S. 2915–2927.

Schendel, Dan; Hofer, Charles W. (1979): Introduction. In: Dan Schendel und Charles W. Hofer (Hg.): *Strategic management. A new view of business policy and planning*. Boston: Little, Brown.

Schiele, Holger (2001): *Strategisches Management in Wertschöpfungssystemen. Clusterbezogene Umweltanalyse - Gestaltungsempfehlungen - Anwendungsfall*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

Schindler, Sebastian (2015): *Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion*. München: Utz.

Schröder, Jens; Wellensiek, Markus (2006): Technologiebasierte Produktionsoptimierung. In: *Werkstattstechnik online* 96 (4), S. 190–194.

Schuh, Günther; Bender, Dennis (2012a): *Grundlagen des Innovationsmanagements*. In: Günther Schuh (Hg.): *Innovationsmanagement*. 2. Aufl. Berlin: Springer.

Schuh, Günther; Bender, Dennis (2012b): *Strategisches Innovationsmanagement*. In: Günther Schuh (Hg.): *Innovationsmanagement*. 2. Aufl. Berlin: Springer.

Schuh, Günther; Knoche, Katarina (2005): Systematisch zur besseren Technologiekette - Auswahl und Kombination von Fertigungstechnologien für definierte Produktionsaufgaben. In: *Werkstattstechnik online* 95 (4), S. 259–263.

Schumann, Jochen; Meyer, Ulrich; Ströbele, Wolfgang (2011): *Grundzüge der mikroökonomischen Theorie*. 9., aktual. Aufl. Berlin: Springer.

Schwarz, Doreen (2010): *Strategische Personalplanung und Humankapitalbewertung. Simulationen anhand der Cottbuser Formel*. Wiesbaden: Gabler Verlag.

Schweitzer, Marcell (1989): *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. 4., durchges. Aufl. Stuttgart: Fischer.

Spath, Dieter; Ardilio, Antonino; Warschat, Joachim (2011a): *Technologiemanagement. Radar für Erfolg*. 1. Aufl. Ludwigsburg, Württ: LOG X.

Spath, Dieter; Rothfuss, Florian; Herrmann, Florian; Voigt, Simon; Brand, Marius; Fischer, Susanne et al. (2011b): *Strukturstudie BWe mobil 2011. Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität*. Hg. v. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH – Landesagentur für

Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie und Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). Online verfügbar unter <http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/studien/strukturstudie-bwe-mobil-2011.pdf>, zuletzt geprüft am 12.11.2015.

Specht, Dieter; Behrens, Stephan (1999): Systematisch Erfolg vorbereiten Die Produkt-Technologie-Analyse ermöglicht eine anwendungsorientierte Technologieanalyse und -bewertung. In: *Wissenschaftsmanagement* (6), S. 32–35.

Spencer, Fredrika Justesen (2010): Product Portfolio and Brand Extension Effects of Innovation: A Diversification Perspective on Innovation's Ability to Achieve New Value.

Statistisches Bundesamt (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008 mit Erläuterungen. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Stock, Ruth Maria; Totzauer, Florian; Zacharias, Nicolas A. (2014): A Closer Look at Cross-functional R&D Cooperation for Innovativeness. Innovation-oriented Leadership and Human Resource Practices as Driving Forces. In: *Journal of Product Innovation Management* 31 (5), S. 924–938.

Stock-Homburg, Ruth (2013): Strategisches Personalmanagement. Ein ganzes Bündel von Herausforderungen für Unternehmer und Manager. In: Ruth Stock-Homburg (Hg.): *Handbuch Strategisches Personalmanagement*. 2., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 3–8.

Stoneman, Paul (1983): *The economic analysis of technological change*. Oxford, New York: Oxford University Press.

DIN 199-1:2002-03, 2002: Technische Produktdokumentation - CAD-Modelle, Zeichnungen und Stücklisten.

The World Economic Forum; The Boston Consulting Group (2010): *Stimulating Economies through Fostering Talent Mobility*.

Tiefel, Thomas (2008): *Technologielebenszyklus-Modelle - Eine kritische Analyse*. In: Thomas Tiefel (Hg.): *Gewerbliche Schutzrechte im Innovationsprozess*. 1. Aufl. s.l.: Gabler Verlag (Interdisziplinäres Patentmanagement), S. 25–49.

- Triguero, Angela; Córcoles, David; Cuerva, Maria C. (2014): Persistence of innovation and firm's growth. Evidence from a panel of SME and large Spanish manufacturing firms. In: *Small Bus Econ* 43 (4), S. 787–804.
- Trommer, Gunnar (2001): Methodik zur konstruktionsbegleitenden Generierung und Bewertung alternativer Fertigungsfolgen. Aachen: Shaker.
- Ude, Jörg (2010): Entscheidungsunterstützung für die Konfiguration globaler Wertschöpfungsnetzwerke. Ein Bewertungsansatz unter Berücksichtigung multikriterieller Zielsysteme, Dynamik und Unsicherheit. Aachen: Shaker.
- Ulrich, Hans (1984): Management. Bern u.a.: Haupt.
- Ulrich, Hans; Krieg, Walter (1974): St. Galler Management-Modell. 3., verb. Aufl. Bern: Paul Haupt.
- UNESCO (2014): International Standard Classification of Education. Montreal, Quebec.
- United Nations (2008): International Standard industrial classification of all economic activities (ISIC). Rev. 4. New York: United Nations.
- Utterback, James M.; Abernathy, William J. (1975): A dynamic model of process and product innovation. In: *The International Journal of Management Science* 3 (6), S. 639–656.
- Van de Ven, Andrew H. (1986): Central problems in the management of innovation. In: *Management Science* 32 (5), S. 590–607.
- Vicente-Lorente, José David; Zúñiga-Vicente, José Ángel (2012): Effects of process and product-oriented innovations on employee downsizing. In: *International Journal of Manpower* 33 (4), S. 383–403.
- Vivarelli, Marco (1995): The economics of technology and employment. Theory and empirical evidence. Aldershot, Hants, England, Brookfield, Vt., USA: E. Elgar Pub.
- Vogel, Jürgen (2015): Prognose von Zeitreihen. Eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer.
- Weber, Helmut Kurt (1980): Wertschöpfungsrechnung. Stuttgart: Poeschel.
- Welge, Martin K.; Al-Laham, Andreas (2003): Strategisches Management. Grundlagen - Prozess - Implementierung. 4., aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Gabler.

- Wescott, Robert F.; Werling, Jeffrey F. (2010): Economic Impact of the Electrification Roadmap. Hg. v. Electrification Coalition. Washington, DC. Online verfügbar unter <http://www.electrificationcoalition.org/policy?page=1&type=3>, zuletzt geprüft am 12.11.2015.
- Westkämper, Engelbert (2006): Einführung in die Organisation der Produktion. 1. Aufl. Berlin: Springer.
- Winkler, Herwig; Kaluza, Bernd (2008): Einsatz einer Wertschöpfungsrechnung zur Erfassung und Bewertung von Produkt- und Prozessinnovationen in Wertschöpfungsnetzwerken. In: Dieter Specht (Hg.): Produkt- und Prozessinnovationen in Wertschöpfungsketten. Tagungsband der Herbsttagung 2007 der Wissenschaftlichen Kommission Produktionswirtschaft im VHB. 1. Aufl. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden (Gabler Edition Wissenschaft), S. 1–31.
- Wolter, Claudio; Veloso, Francisco M. (2008): The effects of innovation on vertical structure. Perspectives on transaction costs and competence. In: *The Academy of Management review* : AMR 33 (3), S. 586–605.
- Wördenweber, Burkard; Wickord, Wiro (2008): Technologie- und Innovationsmanagement im Unternehmen. Lean Innovation. 3., neu bearb. und erw. Aufl. Berlin u.a: Springer.
- Wydra, Sven (2009): Production and employment impacts of new technologies. Analysis for biotechnology. Stuttgart: Univ. Hohenheim Forschungszentrum Innovation und Dienstleistung.
- Zeller, Margaretha; Karner, Thomas; Pock, Monika (Hg.) (2008): Systematik der Wirtschaftstätigkeiten, ÖNACE 2008. Statistik Austria. Wien: Verl. Österreich.
- Zentes, Joachim; Swoboda, Bernhard; Morschett, Dirk (2004): Internationales Wertschöpfungsmanagement. München: Vahlen.
- Zika, Gerd; Schnur, Peter (Hg.) (2009): Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. 1. Aufl. s.l.: Bertelsmann W. Verlag.
- Zimmermann, Volker (2014): Innovation und Beschäftigung. Die Beschäftigungswirkung verschiedener Arten von Innovationen in expandierenden und schrumpfenden mittelständischen Unternehmen. In: Petra Moog und Peter Witt

(Hg.): Mittelständische Unternehmen. Wiesbaden: Springer Gabler (ZfB Special Issue, 4/2013), S. 131–149.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Bezugssystem der Informationssystemforschung.....	11
Abbildung 2: Das neue St. Galler Management Modell im Überblick	12
Abbildung 3: Übersicht über den Aufbau der Arbeit.....	16
Abbildung 4: Methodik zur Darstellung der Grundlagen und des Stands der Forschung	17
Abbildung 5: Entstehungs- und Verwendungsrechnung der Wertschöpfung	29
Abbildung 6: Wertschöpfung als Transformationsprozess	30
Abbildung 7: Die Wertkette nach Porter.....	31
Abbildung 8: Innovation und Change Management als Kern der unternehmerischen Wertschöpfung	35
Abbildung 9: Innovationsfelder von produzierenden Unternehmen	38
Abbildung 10: Dynamik zwischen Produkt- und Prozessinnovation entlang des Entwicklungszyklus	39
Abbildung 11: Arten technologischen Wandels	41
Abbildung 12: Mögliche Ursachen für Zunahme der Arbeits- bzw. Kapitalproduktivität im Sinne des Nettoproduktionswertes je Beschäftigten	46
Abbildung 13: Theoretische Wirkbeziehungen zwischen Produkt- und Prozessinnovationen und Wertschöpfung und Beschäftigung	47
Abbildung 14: Produktionsfunktion, Kostenverschiebung und Innovation als Reaktion	49
Abbildung 15: Übersicht über die Vorgehensweise zu Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten von Innovationen in Anlehnung an die Szenario-Technik	90
Abbildung 16: Die Vorgehensweise im Überblick.....	91
Abbildung 17: Ebenenmodell zur funktionsbasierten Erfassung von innovationsrelevanten Entwicklungen	95
Abbildung 18: Schema des Roadmappings	97
Abbildung 19: Darstellung von innovationsrelevanten Aktivitäten in einer Roadmap/einem Technologiekalender.....	98
Abbildung 20: Systematisierung der Prognosetechniken.....	99
Abbildung 21: Markt-, Produkt- und Technologielebenszyklen nach Ansoff	101

Abbildung 22: Innovationsarten unter Berücksichtigung der Produktstruktur	103
Abbildung 23: Stückzahlentwicklungen auf Technologieebene als Effekt unterschiedlicher Innovationsarten und deren Nachfrage über den Zeitverlauf	104
Abbildung 24: Basiswerte für Kalkulationen zu verschiedenen Zeitpunkten der Entwicklung	108
Abbildung 25: Prinzipieller Ablauf einer differenzierenden Zuschlagskalkulation nach Kostenarten	109
Abbildung 26: Zuordnung von Verfahren der konstruktionsbegleitenden Kalkulation zu Innovationsarten	110
Abbildung 27: Teileffekte des Erfahrungskurvenkonzeptes	112
Abbildung 28: Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Brennstoffzellenproduktion nach Komponenten	133
Abbildung 29: Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Brennstoffzellenproduktion des untersuchten Innovationsportfolios nach Produkten	133
Abbildung 30: Wertschöpfungseffekte des untersuchten Innovationsportfolios nach Wirtschaftszweigen	134
Abbildung 31: Beschäftigungseffekte des untersuchten Innovationsportfolios nach Wirtschaftszweigen	134
Abbildung 32: Beschäftigungseffekte der Elektromobilität für Österreich	135
Abbildung 33: Stückzahlentwicklung Jahresproduktion der betrachteten Anlagentypen und kumulierte Umwandlungsleistung	139
Abbildung 34: Wertschöpfungseffekte der SOE-Systeme nach Systemkomponenten	144
Abbildung 35: Beschäftigungseffekte der SOE-Systeme nach Systemkomponenten	144
Abbildung 36: Wertschöpfungseffekte der SOE-Systeme nach Wirtschaftsklassen	144
Abbildung 37: Beschäftigungseffekte der SOE-Systeme nach Wirtschaftsklassen.	144
Abbildung 38: Wertschöpfungseffekte der SOE-Systeme nach Bildungsklassen und Niveaus	145
Abbildung 39: Beschäftigungseffekte der SOE-Systeme nach Bildungsklassen und Niveaus	145

11 Formelverzeichnis

Formel 1: Herstellkosten bei analytischer Schätzkalkulation	114
Formel 2: Variantenkostenermittlung durch Differenzkalkulation.....	114
Formel 3: Gewichtskostenverfahren	115
Formel 4: Relativkostenverfahren.....	115
Formel 5: Wertschöpfungseffekte durch Produkt- und Prozessinnovation	121
Formel 6: Beschäftigungseffekte durch Produkt- und Prozessinnovation.....	122
Formel 7: Herstellkostenabschätzung unter Berücksichtigung von Erfahrungskurveneffekte	129
Formel 8: Herstellkostenabschätzung über Leistungsgesetz	130
Formel 9: Herstellkostenabschätzung unter Berücksichtigung von Erfahrungskurveneffekte	141
Formel 10: Herstellkostenabschätzung über Leistungsgesetz	141

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unternehmensstrategien und Ableitungen für das Personalmanagement	24
Tabelle 2: Rahmen zur Entscheidungsunterstützung im Personalmanagement	26
Tabelle 3: Bewertung bestehender Ansätze zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch Innovationen	81
Tabelle 4: Ansätze zur Erfassung von innovationsrelevanten Entwicklungen	94
Tabelle 5: Kostengesetzmäßigkeiten in der konstruktionsbegleitenden Kalkulation	113
Tabelle 6: Exemplarische Darstellung der Wirtschaftsklassifikation	117
Tabelle 7: ISCED Bildungsniveaus und zugehörige deutsche Bildungsgänge	118
Tabelle 8: ISCED Bildungsniveaus und zugehörige österreichische Bildungsgänge	118
Tabelle 9: Prinzipdarstellung zur qualitativen Charakterisierung eines innovativen Produktbestandteils	119
Tabelle 10: Hauptergebnisse der Leistungs- und Strukturstatistik 2013 der ÖNACE 2008 und nach Beschäftigtengrößenklassen	120
Tabelle 11: Bewertung des Erfüllungsgrades der Anforderungen an die Vorgehensweise	124
Tabelle 12: Antriebskonzepte und Fahrzeugsegmente sowie deren technologische Ausstattung zur grundsätzlichen Erfassung innovationsrelevanter Entwicklungen von Elektrofahrzeugen	127
Tabelle 13: Stückzahlentwicklungen (Jahresproduktion) der verschiedenen Antriebskonzepte und Fahrzeugsegmente in Stück pro Jahr	128
Tabelle 14: Stückzahlenszenarien (Jahresproduktion) bezogen auf ausgewählte Produktkomponenten der Elektromobilität	128
Tabelle 15: Herstellkostenentwicklung auf Komponentenebene	130
Tabelle 16: Gewichtungsfaktoren zur Abschätzung von Herstellkosten bei unterschiedlichen Leistungsklassen der Aggregate	131
Tabelle 17: Herstellkostenentwicklung der Komponenten Gesamt (in Mio. €)	131
Tabelle 18: Zuordnung der Komponenten zu Wirtschaftsklassen und wesentlichen Kennzahlen	132
Tabelle 19: Strukturstücklisten unterschiedlicher SOE-Anlagengrößen	139

Tabelle 20: Daten zur Ermittlung der Herstellkostenverläufe ausgehend von der Prototypenanlage (2,5 kW).....	140
Tabelle 21: Herstellkostenentwicklung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Kostenarten der betrachteten Komponenten.....	142
Tabelle 22: Zuordnung der Herstellkosten zu Wirtschaftsklassen nach ÖNACE 2008 und Bildungsklassen nach ISCED 2011	143

13 Abkürzungsverzeichnis

BEV	Battery Electric Vehicle
bzw.	beziehungsweise
EKEK	Entwicklungs- und Konstruktionseinzelkosten
EKGK	Entwicklungs- und Konstruktionsgemeinkosten
EKK	Entwicklungs- und Konstruktionskosten
etc.	et cetera
FEK	Fertigungseinzelkosten
FGK	Fertigungsgemeinkosten
FK1	Fertigungskosten 1
FK2	Fertigungskosten 2
FLK	Fertigungslohnkosten
F&E	Forschung- und Entwicklung
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
HK1	Herstellkosten 1
HK2	Herstellkosten 2
H.v.	Herstellung von
HEV	Hybrid Electric Vehicle
I-O	Input-Output
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
Konv.	Konventionell angetriebenes Fahrzeug
L	Large
l	Liter
MEK	Materialeinzelkosten
MGK	Materialgemeinkosten
MK	Materialkosten
M	Medium

PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
SK	Selbstkosten
S	Small
SOE	Solid-Oxide-Elektrolyser
SOEC	Solid-Oxide-Elektrolyser Cell
SEF	Sondereinzelkosten der Fertigung
sonst.	sonstige
SGMM	St. Galler Management-Modell
SI	System of Innovation
TFP	Totale Faktorproduktivität
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
VTEK	Vertriebseinzelkosten
VTGK	Vertriebsgemeinkosten
VVGK	Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten
VWGK	Verwaltungsgemeinkosten
VZÄ	Vollzeitäquivalente
v.	von
z.B.	zum Beispiel

14 Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name, Vorname	Gommel, Henrik
Staatsangehörigkeit	deutsch
Geburtsdatum und -ort	22. Dezember 1983 in Ulm, Deutschland

Berufserfahrung

seit 09/2009	Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Fraunhofer Austria Research GmbH
12/2010 - 01/2014	Wissenschaftlicher Mitarbeiter (Univ.-Ass.) am Institut für Managementwissenschaften - Bereich Betriebstechnik und Systemplanung der Technischen Universität Wien

Akademische Laufbahn

seit 10/2012	Doktoratsstudium der technischen Wissenschaften an der Technischen Universität Wien, Maschinenbau mit Schwerpunkt Innovationsmanagement
09/2013 - 03/2016	Lehrbeauftragter an der Fachhochschule Technikum Wien, Vorlesung „Produktionsstrukturen und -design“
10/2003 - 08/2009	Hochschulübergreifender Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Hamburg-Harburg, der Universität Hamburg und der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg, Fachrichtungen: Produktionstechnik, Produktionswirtschaft, Technische Logistik, Marketing und Volkswirtschaftslehre Abschluss: Dipl.-Ing. oec.