

Dissertation

zum Thema

Entwicklungsstart und Markteinführung von neuen Produkten unter schwankenden Werkstoffpreisen

zur Erlangung des akademischen Grades Dr. rer. pol.

an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Augsburg

vorgelegt von

Dipl. oec. Jan-Michael Roß

12. September 2011

Erstgutachter:

Prof. Dr. Jan Hendrik Fisch

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Erik. E. Lehmann

Vorsitzender der mündlichen Prüfung:

Prof. Dr. Heribert Gierl

Tag der mündlichen Prüfung:

21. November 2011

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1. Einführung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehen.....	5
2. Optimale Zeitpunkte von Entwicklungsstart und Markteinführung.....	8
2.1 Ausgestaltung von Zeitpunkten als Erfolgsfaktor	8
2.2 Zeitpunkt des Entwicklungsstarts	13
2.2.1 Empirische Erkenntnisse	14
2.2.2 Weiterer Forschungsbedarf.....	15
2.3 Zeitpunkt der Markteinführung	29
2.3.1 Empirische Erkenntnisse	30
2.3.2 Weiterer Forschungsbedarf.....	33
2.4 Zwischendiskussion.....	44
3. Realloptionen und die Verzögerung von Investitionen im Produktentwicklungsprozess unter Unsicherheit.....	46
3.1 Finanzoptionstheorie als Ausgangspunkt der Realoptionstheorie.....	46
3.2 Investitionsentscheidungen unter Unsicherheit als unternehmerische Herausforderung	51
3.2.1 Realloptionen für betriebswirtschaftliche Entscheidungen	51
3.2.2 F&E-Investitionen als Realloptionen	55
3.2.3 Realoptionslogik zur Erklärung von Investitionszeitpunkten	57
3.3 Forschungslücken im Kontext bisheriger empirischer Studien.....	59
3.3.1 Entscheidung über den Entwicklungsstart unter Unsicherheit	60
3.3.2 Entscheidung über den Zeitpunkt der Produktsubstitution	62
3.3.3 Materialsubstitutionen als Untersuchungsobjekt.....	64
3.4 Materialsubstitution als reale Wechseloption.....	64
3.4.1 Einsatz neuer Materialien bei volatilen Rohstoffpreisen.....	64
3.4.2 Aufbau und Ausübung von Optionen zur Materialsubstitution	66

3.5	Einflussfaktoren eines verzögerten Entwicklungsstarts	69
3.5.1	Modell.....	69
3.5.2	Hypothesen	72
3.6	Einflussfaktoren und Erfolgswirkung einer verzögerten Markteinführung	79
3.6.1	Modell.....	79
3.6.2	Hypothesen	82
4.	Methodik	91
4.1	Beschreibung der Stichprobe.....	91
4.2	Messung.....	95
4.2.1	Abhängige Variablen.....	95
4.2.2	Unabhängige Variablen	96
4.2.3	Kontrollvariablen.....	97
4.3	Auswertungsverfahren.....	103
5.	Einfluss von Materialpreisentwicklungen auf Investitionsentscheidungen zur Materialsubstitution	105
5.1	Deskriptive Statistik, Korrelationen und Mittelwertvergleich	105
5.2	Ergebnisse über den Aufbau einer Wechseloption.....	112
5.3	Ergebnisse über die Ausübung der Wechseloption	118
5.3.1	Verzögerung der Markteinführung.....	118
5.3.2	Verbesserung der Wettbewerbsposition	121
5.4	Diskussion der Ergebnisse.....	131
5.4.1	Entwicklungsstart	131
5.4.2	Markteinführung.....	137
6.	Einsatz der Reoptionslogik im Produktentwicklungsprozess	141
6.1	Zusammenfassung	141
6.2	Integrierte Betrachtung der Ergebnisse	144
6.3	Implikationen für die Praxis	148
6.4	Limitationen und zukünftige Forschungsmöglichkeiten	151
	Literatur	154

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Vergleich einer Call-Option auf eine Aktie mit einer Realloption auf ein Projekt	50
Tabelle 4.1:	Stichprobenzusammensetzung gestarteter und auf dem Markt eingeführter Materialsubstitutionen.....	94
Tabelle 4.2:	Operationalisierung der Variablen.....	102
Tabelle 5.1:	Deskriptive Statistik (Entwicklungsstart).....	107
Tabelle 5.2:	Korrelationstabelle (Entwicklungsstart).....	108
Tabelle 5.3:	Mittelwertvergleich (Entwicklungsstart).....	109
Tabelle 5.4:	Deskriptive Statistik (Markteinführung)	110
Tabelle 5.5:	Korrelationsmatrix (Markteinführung).....	111
Tabelle 5.6:	Mittelwertvergleich (Markteinführung)	112
Tabelle 5.7a:	Logit-Analyse (Verzögerung des Entwicklungsstarts).....	113
Tabelle 5.7b:	Logit-Analyse (Verzögerung des Entwicklungsstarts).....	114
Tabelle 5.8a:	Logit-Analyse (Verzögerung der Markteinführung)	120
Tabelle 5.8b:	Logit-Analyse (Verzögerung der Markteinführung)	121
Tabelle 5.9a:	OLS-Regression (Wettbewerbsposition).....	125
Tabelle 5.9b:	OLS-Regression (Wettbewerbsposition).....	126
Tabelle 5.10a:	„Ordered Logit“-Analyse (Wettbewerbsposition).....	127
Tabelle 5.10b:	„Ordered Logit“-Analyse (Wettbewerbsposition).....	128

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Zahlungsprofil einer Call-Option	48
Abbildung 3.2: Unsicherheit steigert den Wert von Realloptionen.....	52
Abbildung 3.3: Symmetrische und asymmetrische Verteilung von erwarteten Einnahmen	53
Abbildung 3.4: Struktur von Realloptionen.....	54
Abbildung 3.5: Darstellung der Hypothesen zur Erklärung der Neigung, den Start einer Produktentwicklung zu verzögern	78
Abbildung 3.6: Darstellung der Hypothesen zur Erklärung der Neigung, die Markteinführung des neuen Produkts zu verzögern	90
Abbildung 3.7: Darstellung der Hypothesen zur Erklärung des Zusammenhangs zwischen einer verzögerten Markteinführung und der Verbesserung des Wettbewerbsposition unter Einfluss moderierender Variablen	90
Abbildung 5.1: Analyse des Interaktionseffekts (Hypothese 2).....	117
Abbildung 5.2: Analyse des Interaktionseffekts (Hypothese 3).....	117
Abbildung 5.3: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 6b)	129
Abbildung 5.4: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 6b)	129
Abbildung 5.5: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 8b)	130
Abbildung 5.6: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 10b)	130
Abbildung 5.7: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 11b)	131

Abkürzungsverzeichnis

CEO	Chief executive officer
c.p.	ceteris paribus
CFK	kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff
et al.	und andere
F&E	Forschung & Entwicklung
Max	Maximum
Min	Minimum
NPV	Net Present Value
OLS	Ordinary least squares
Pr	Wahrscheinlichkeit
Std.-Abw.	Standardabweichung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VIF	Varianzinflationsfaktor
X	Ausübungspreis
S	Wert des Basisobjekts
Y	Wert einer Call-Option
Z	Ausübungszeitpunkt
C	Gegenwartswert der Cash-Flows
D	Warteoptionswert
G	Wachstumsoptionswert
PE	Portfolioeffekt
T	Dauer des Investitionsprojekts
V	Gesamtinvestitionswert
V_{SW}	Wert aus dem Wechsel von Werkstoffen
d	Verzögerung
h	Vorsprung
$\sigma(p_O)$	Preisvolatilität des alten Materials
$\sigma(p_N)$	Preisvolatilität des neuen Materials
$\mu(p_O)$	Materialpreistrend des alten Materials
$\mu(p_N)$	Materialpreistrend des neuen Materials
ρ_{NO}	Materialpreiskorrelation
O	Index Variable altes Produkt
N	Index Variable neues Produkt

1. Einführung

1.1 Problemstellung

Um Zugang zu wettbewerbsfähigen Ressourcen zu erlangen oder um diese aufzubauen, müssen Unternehmen strategische Investitionen oft unter erheblichen Unsicherheiten tätigen (Lippman und Rumelt, 1982; Barney, 1986; Bettis und Hitt, 1995). Unsicherheiten über z.B. Wechselkursentwicklungen, politische Entwicklungen oder Wettbewerbsentscheidungen können Verlustrisiken von Investitionen erhöhen. Manche Investitionsprojekte werden so zu strategischen Wetten (Courtney, Kirkland und Viguerie, 1997), bei denen sowohl ein hoher Gewinn als auch ein hoher Verlust als Ergebnis möglich sind. Hohe Unsicherheiten, wie sie nach der Weltfinanzkrise auch auf den Rohstoffmärkten entstanden sind, reduzieren in Folge der zunehmend schwankenden Rohstoffpreise die Planungssicherheiten für produzierende Unternehmen und beeinflussen wiederum Investitionsentscheidungen über die Entwicklung neuer Produkte und Technologien.

Auch ein schneller und in seinen Richtungen unvorhersehbarer technologischer Wandel kann weitere Ursachen für Unsicherheiten im Wettbewerb um Kunden erzeugen. Substitutionsprozesse zwischen alten und neuen Technologien sowie Wettbewerb alternativer Produktausgestaltungen sind daher unmittelbar mit Unsicherheiten verbunden (Clark, 1985; Tushman und Rosenkopf, 1992). Um dabei die Gefahren eines technologischen Ausschlusses zu verringern, sind Unternehmen gefordert, geeignete Investitionsentscheidungen unter Unsicherheit zu treffen. Wie und unter welchen Bedingungen Unsicherheit bei strategischen Entscheidungen im Technologiewettbewerb genutzt werden kann, wird daher zunehmend als bedeutende

Fragestellung an die Managementforschung adressiert (Wernerfelt und Karnani, 1987; Bettis und Hitt, 1995; Folta, 2007).

Finanzinstrumente unterstützen die Ermittlung von Wahrscheinlichkeiten und damit die Berechnung von Risiken. Knight (1921) unterscheidet zwischen Risiko und Unsicherheit. Er spricht von Risiko, wenn zwar der Ausgang einer Situation offen ist, aber die Wettchancen messbar und damit bekannt sind. Bei Unsicherheit liegen hingegen nicht alle Informationen vor, um diese Chancen zu berechnen. Zunehmende Komplexität und Dynamik erschweren die Erstellung von Geschäftsprognosen und die Berechnung von Wahrscheinlichkeiten. Die Wirtschaft ist daher zunehmend Knight'scher Unsicherheit ausgesetzt (z.B. Caballero, 2011). Statt den Versuch zu unternehmen, zunehmend unberechenbare Risiken zu berechnen, müssen Unternehmen daher die Fähigkeiten entwickeln, mit dieser Unsicherheit umzugehen und Maßnahmen entwickeln, mit denen sie im Wettbewerb Vorteile aus unsicheren Rahmenbedingungen erzielen.

Zur Reduktion von Gefahrenpotentialen für Unternehmen unterscheidet Miller (1992) zwei Handlungsfelder. Zum einen das Finanzrisikomanagement, welches gezielt Finanzinstrumente zur Risikoreduktion einsetzt und dabei keine Auswirkungen auf die Unternehmensstrategie hat. Zum anderen das strategische Risikomanagement, welches gezielt strategische Maßnahmen zur Reduktion von Gefährdungen einsetzt. Strategische Maßnahmen sind besonders dann ein bedeutender Bestandteil des Risikomanagements, wenn Gefährdungspotentiale (z.B. Technologiewettbewerb) nicht durch Finanzinstrumente wie Versicherungen oder Termingeschäfte abgedeckt werden können. Zu diesen strategischen Maßnahmen zählt Miller (1992) unter anderem die Vermeidung von Unsicherheiten durch Aufschieben einer Investition (z.B. eines Markteintritts), den

Aufbau von Flexibilität (z.B. die Möglichkeit, Inputfaktoren zu wechseln) oder das Imitieren von Wettbewerbern. Chod, Rudi und Van Mieghem (2010) betonen, dass bei der Entscheidungsflexibilität, eine Investition aufzuschieben, ein Finanzhedging nicht notwendig ist.

Wissenschaftliche Arbeiten aus der Strategieforschung nutzen die Optionstheorie, um strategische Entscheidungen, die gezielt zum Aufbau von Flexibilität getroffen werden, zu analysieren (Bowman und Hurry, 1993; Sanchez, 1993; Kogut und Kulatilaka, 1994). Dieses Denken in strategischer Flexibilität ist ein geeigneter Ansatz, um strategische Maßnahmen so auszuwählen, dass Unternehmensrisiken reduziert werden (Miller, 1998). Aabo und Simkins (2005) betonen, dass mit längerem Zeithorizont die Bedeutung von diesen aus der Realloptionstheorie abgeleiteten ‚real actions‘ im Vergleich zum Hedging mit Hilfe von Finanzinstrumenten zunimmt. Sie zeigen empirisch, dass Unternehmen, die Werkstoffe verarbeiten und volatilen Rohstoffpreisen ausgesetzt sind, eher dazu neigen, Realloptionen als Maßnahmen zum Hedging einzusetzen.

In der Realloptionsliteratur gibt es zahlreiche Fallbeispiele, die deutlich machen, wie unter Unsicherheit Handlungsflexibilität bei Investitionsentscheidungen zum Vorteil eines Unternehmens genutzt werden kann. So diskutiert z.B. Hurry (1994), wie VW in Nord- und Lateinamerika unterschiedliche Optionen bei der internationalen Produktion von Automobilen in Abhängigkeit von Nachfrageschwankungen (implizit oder explizit) genutzt hat. Brennan und Schwartz (1985) analysieren, wie der optimale Zeitpunkt des Erschließens einer Kupfermine von volatilen Kupferpreisen abhängt. Kulatilaka (1993) zeigt, ab wann sich in Abhängigkeit von Öl- und Gaspreisen die Investition in flexible Heizkessel, also Heizkessel, die mit zwei verschiedene Brennstoffen betrieben werden

können, statt in starre Heizkessel, also Heizkessel, die nur mit einem von beiden Brennstoffen betrieben werden können, lohnt. Child, Ott und Triantis (1998) diskutieren für die Entwicklung von Flugzeugen bei McDonnell Douglas, wann eine sequentielle oder parallele Entwicklungsstrategie von komplementären Projekten in Abhängigkeit von technischen Unsicherheiten den höchsten Wert generiert. Auch Lint und Pennings (1999) betrachten alternative Entwicklungsstrategien für Produkte. Sie zeigen am Beispiel von Videorekordern bei Philips, wie Unsicherheiten über die erwarteten Cash-Flows von sich gegenseitig ausschließenden Standards den Wert einer parallelen Entwicklungsstrategie beeinflussen.

Auch großartig empirische Untersuchungen belegen, dass Unternehmen intuitiv Realloptionen berücksichtigen, indem sie zeigen, wie Entscheidungsträger auf Faktoren, die den Wert der Flexibilität beeinflussen, reagieren (z.B. Folta und O'Brien, 2004; Vassolo, Anand und Folta, 2004). Im Bereich der Forschung und Entwicklung (F&E) konnten McGrath und Nerkar (2004) anhand von Pharmaunternehmen zeigen, dass Unternehmen dann in neue Technologiefelder investieren und Optionen aufbauen, wenn auch Wettbewerber bereits in diese Felder investiert haben. Miller's (1992) strategische Maßnahme ‚Imitation‘ von Technologieentscheidungen ist in dieser Studie erkennbar. Auch Kim und Kogut (1996) untersuchen empirisch Technologieentscheidungen. Sie zeigen anhand von Produktdiversifikationen, die aus Plattformtechnologien abgeleitet werden, dass der Zeitpunkt der Diversifikation und Eintritt in neue Märkte verzögert wird, wenn die Marktbedingungen nicht vorteilhaft sind. Auch diese Erkenntnisse lassen eine der strategischen Maßnahmen von Miller (1992) erkennen: Die Unternehmen nutzen, die Flexibilität zu warten. Allerdings hat noch keine empirische

Studie untersucht, ob Entscheidungsträger Unsicherheiten bei Investitionszeitpunkten in der Produktentwicklung berücksichtigen.

Aus Sicht der Realoptionstheorie beeinflusst externe Unsicherheit Investitionsschwellenwerte und damit die optimale Entscheidung, jetzt oder später zu investieren (Dixit und Pindyck, 1994, S.422). Konzeptionelle Studien heben die Bedeutung von Unsicherheit für den Zeitpunkt von Investitionsentscheidungen für die Produktentwicklung und die Markteinführung hervor (Lint und Pennings, 1999, 2001; McGrath, 1997; Sanchez, 1993). Mit dem Start der Entwicklung eines neuen Produkts baut ein Unternehmen eine Wechseloption auf, ein bestehendes Produkt zu ersetzen. Sobald das Unternehmen ein neues Produkt entwickelt hat, hält es die Option, das Produkt sofort oder später in den Markt einzuführen. In Abhängigkeit von Unsicherheiten kann ein Unternehmen bei beiden Zeitpunktentscheidungen die strategische Maßnahme des Zögerns nutzen, um sich gegen Gefährdungspotentiale, die von Unsicherheiten ausgehen, abzusichern (vgl. Miller, 1992). Eine empirische Untersuchung, ob Unternehmen externe Unsicherheiten bei der Wahl des Investitionszeitpunkts vom Entwicklungsstart und von der Markteinführung berücksichtigen und wie Wettbewerbsvorteile durch optimale Zeitpunktentscheidungen erzielt werden, steht aus. Eine solche Studie könnte wertvolle Hinweise für Entscheidungsträger und Wissenschaftler in dem Gebiet geben.

1.2 Zielsetzung und Vorgehen

Diese Arbeit hat zum Ziel, bisherige Forschungsarbeiten über Investitionszeitpunkte in der Produktentwicklung zu ergänzen. Das Forschungsprojekt soll hierzu die Frage

beantworten, ob Entscheidungsträger Unsicherheiten bei den Zeitpunktentscheidungen zum Entwicklungsstart und zur Markteinführung eines neuen Produkts berücksichtigen. Die Arbeit hat das Ziel, mit Hilfe der Realoptionslogik empirisch testbare Modelle zu entwickeln, welche den Aufbau und die Ausübung von Realoptionen in der Produktentwicklung erklären. Zudem soll untersucht werden, wie sich eine verzögerte Markteinführung unter Unsicherheit auf die Wettbewerbsposition auswirkt. Um die Zeitpunktentscheidungen zu untersuchen, wird eine empirische Studie über Materialsubstitutionsprojekte von Unternehmen aus dem produzierenden Gewerbe durchgeführt.

Im Kapitel 2 werden Forschungsarbeiten über Zeitpunktentscheidungen im Produktentwicklungsprozess und deren Bedeutung diskutiert. Dabei werden bestehende Erkenntnisse, Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Arbeiten und weiterer Forschungsbedarf für den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts und der Markteinführung aufgezeigt. Dieser Literaturüberblick ist notwendig, da bisherige Arbeiten in zahlreichen Fachzeitschriften aus unterschiedlichen Bereichen (Finanzwirtschaft, Ingenieurwesen, Innovation, Marketing, Operations Research, Produktion, Strategie, Volkswirtschaftslehre, etc.) veröffentlicht wurden und gemeinsame Erkenntnisse beziehungsweise offene Fragestellungen bisher nicht integriert betrachtet wurden.

Der Überblick macht deutlich, dass empirische Studien über den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts im Vergleich zu Studien über den Markteinführungszeitpunkt relativ selten sind. Allerdings können für beide betriebswirtschaftliche Problemstellungen Ansätze für weitere empirische Forschung entwickelt werden. Insbesondere kann anhand bestehender empirischer und konzeptioneller Arbeiten gezeigt werden, dass der Faktor Unsicherheit in Studien über Zeitpunktentscheidungen im

Produktentwicklungsprozess vernachlässigt wurde. Es wird die Realloptionstheorie als geeignete Grundlage zur Erklärung der Zeitpunktentscheidungen und Erfolgswirkung des Markteinführungszeitpunkts aufgeführt.

Das Kapitel 3 stellt zunächst die Realloptionstheorie vor und zeigt unterschiedliche Ströme von Forschungsarbeiten über Realoptionen im Bereich der F&E. Die Realloptionslogik wird als ein Ansatz identifiziert, mit dem empirisch untersucht werden kann, ob Entscheidungsträger Unsicherheiten intuitiv bei der Wahl von Investitionszeitpunkten berücksichtigen und auf Faktoren, die die Flexibilitätswerte beeinflussen, reagieren. Die Forschungslücke wird eingegrenzt und Materialsubstitutionsprojekte als Untersuchungsobjekt festgelegt. Materialsubstitutionsprojekte in der Produktentwicklung bieten den Vorteil, dass sie die Grundstruktur von Wechseloptionen aufzeigen und ein exogenes Unsicherheitsmaß durch beobachtbare Materialpreisentwicklungen bieten. Es werden empirisch testbare Modelle zur Erklärung der Investitionszeitpunkte von Entwicklungsstart und Markteinführung eines neuen Produkts, welches auf einem neuen Material basiert, entwickelt. Hypothesen über die Verzögerungen der Investition und der Erfolgswirkung einer verzögerten Markteinführung bei schwankenden Materialpreisen werden aus dem Modell abgeleitet.

Um die Hypothesen zu testen, wird ein Primärdatensatz über Materialsubstitutionsprojekte von Unternehmen aus dem produzierenden Gewerbe genutzt. In Kapitel 4 wird die Erhebung der Stichprobe beschrieben und die Messung der Modellvariablen dargestellt. Abschließend wird die Wahl der Auswertungsverfahren begründet. Das Kapitel 5 zeigt die deskriptive Statistik der Stichprobe und Korrelationen zwischen den Variablen. Die Ergebnisse der Analysen werden für den

Aufbau und die Ausübung von Wechseloptionen dargestellt und anschließend jeweils diskutiert. Nach einer Zusammenfassung der Ergebnisse der Analysen folgt in Kapitel 6 eine integrierte Betrachtung der einzelnen Untersuchungsergebnisse. Es werden Implikationen für die Praxis entwickelt und die Limitationen sowie weiterer Forschungsbedarf diskutiert.

2. Optimale Zeitpunkte von Entwicklungsstart und Markteinführung

2.1 Ausgestaltung von Zeitpunkten als Erfolgsfaktor

Bereits frühzeitig wurde der Faktor Zeit als Quelle für Wettbewerbsvorteile im Zeitwettbewerb hervorgehoben (Stalk, 1988, 1991; Blackburn, 1991). Ein Auslöser hierfür waren insbesondere die vergleichenden Produktivitätsstudien zwischen produzierenden Unternehmen aus den USA und Japan in den späten 80ern (Clark, Chew und Fujimoto, 1987; Mansfield, 1988; Womack, Jones und Roos, 1990). Aufgezeigte Ineffizienzen durch lange Durchlaufzeiten veranlasste Unternehmen, die Prozesse zu beschleunigen. Der Faktor Zeit wurde zu einem strategischen Faktor im Wettbewerb (Gupta und Wilemon, 1990). Zahlreiche Studien haben Maßnahmen analysiert, mit denen die F&E beschleunigt werden kann (z.B. Gold 1987; Eisenhardt und Tabrizi, 1995; Griffin, 1997; Kessler und Chakrabarti, 1999).

Allerdings gibt es auch negative Effekte des Faktors Zeit (Stalk und Webber, 1993). Für Unternehmen können leicht versteckte Kosten bei einer Beschleunigung von F&E-Prozessen entstehen (Crawford, 1992) und zu Trade-offs zwischen Zeit und Kosten

(Graves, 1989) oder auch zwischen Zeit und Erfolg (Gupta, Brockhoff und Weisenfeld, 1992; Bayus, 1997) führen. Es ist daher nicht in jedem Fall besser, schnell zu sein (von Braun, 1990, 1991; Cohen, Eliashberg und Ho, 1996; Lambert und Slater, 1999). Zudem erhöht die Fokussierung auf Durchlaufzeiten und starre Entwicklungsprozesse das Risiko, auf Wettbewerb und Veränderungen im Markt ungenügend einzugehen (Crawford, 1992). Die Trade-offs stellen Entwicklungsteams vor Herausforderungen und sind häufig schädlich für den Erfolg neuer Produkte (Langerak, Griffin und Hultink, 2010).

Empirische Studien, die den Zusammenhang von Geschwindigkeit und Erfolg untersuchen, variieren stark in ihren Ergebnissen. Es gibt negative Effekte (Meyer und Utterback, 1995), positive Effekte (Kessler und Bierly, 2002; Calantone, Garcia und Dröge, 2003) und auch insignifikante Ergebnisse über den Einfluss von Geschwindigkeit auf den Produkterfolg (Ittner und Larcker, 1997; Griffin, 2002; Droge, Jayaram und Vickery, 2004). Kessler und Bierly (2002) finden heraus, dass Geschwindigkeit einen positiven Einfluss auf den Erfolg hat, wenn die Rahmenbedingungen vorhersagbar sind, also wenn Technologien bekannt und Märkte stabil sind. Die Untersuchungen von Meyer und Utterback (1995) zeigen ähnliche Ergebnisse. Diese legen dar, dass eine schnelle Produktentwicklung zu Misserfolg führt, wenn die technologische Unsicherheit und die Marktunsicherheit hoch sind. Geschwindigkeit in der Produktentwicklung scheint demnach nur unter prognostizierbaren Bedingungen ein Erfolgsfaktor zu sein.

Technologischer Fortschritt, Umweltentwicklungen, Wettbewerbsverhalten und die Marktakzeptanz von neuen Produkten sind jedoch zumeist schwer prognostizierbar. Es ist daher eine typische Aufgabe von F&E-Bereichen, mit unterschiedlichen Formen von

Unsicherheiten umzugehen (z.B. McGrath, 1997; Huchzermeier und Loch, 2001). Diese Fähigkeit ist ein wichtiger Faktor im Zeitwettbewerb und bedeutsam für den Unternehmenserfolg. So erhöht Unsicherheit die Opportunitätskosten einer unmittelbaren Investition und erzeugt wertvolle Anreize zum Abwarten (z.B. Dixit und Pindyck, 1994, S.8f.). Ein alleiniger Fokus auf Durchlaufzeitenverkürzung im Angesicht von Marktentwicklungen und interne Situationen birgt die Gefahr, dass strategische Gelegenheiten ausgelassen werden, die durch die Ausführung von Aktivitäten zu geeigneten Zeitpunkten hätten gewonnen werden können. Jüngere empirische Forschungsarbeiten belegen, dass Unternehmen unter Unsicherheit mit der Durchführung von F&E-Aktivitäten nur dann Unternehmenswert erzeugen, wenn die Investitionen in F&E zu richtigen Zeitpunkten durchgeführt werden (Reuer und Tong, 2007a; Oriani und Sobrero, 2008; Levitas und Chi, 2010). Die optimalen Zeitpunkte werden dabei maßgeblich durch die Unsicherheiten beeinflusst. Jedoch fehlen bisher empirische Befunde, wie sich Unsicherheit auf die optimale Zeitpunktgestaltung von Kernaktivitäten neuer Produkte im Entwicklungsprozess auswirkt.

Meyer (2001) hebt hervor, dass sich der Zeitwettbewerb geändert hat und stellt strategische Aspekte mehr in den Vordergrund. Unternehmen müssen in der Lage sein, Entscheidungen schnell zu treffen, flexibel zu agieren und den optimalen Zeitpunkt herauszufinden, *wann* der Markteintritt geschehen sollte. Ein Eintritt in neue Märkte bietet Möglichkeiten des Wachstums und Diversifikation (Ansoff, 1965). Umfangreiche empirische Studien zeigen, dass der Zeitpunkt der Einführung neuer Produkte ein kritischer Faktor für den Innovationserfolg ist (z.B. Lambkin, 1988; Tellis und Golder, 1996; Robinson und Min, 2002). Unternehmen können dabei unterschiedliche Anreize zur Verschiebung oder Beschleunigung der Markteinführung haben. So ist die

Möglichkeit der Kannibalisierung bestehender Produkte ein Grund, abzuwarten. Jedoch könnte Abwarten die Risiken beinhalten, dass Wettbewerber im Markt zuvorkommen. Tritt ein Unternehmen wiederum zu früh in den Markt und verfolgt frühzeitig eine bestimmte Technologie, könnte das Unternehmen eigene Handlungsspielräume einengen und hinsichtlich der Technologieentscheidung einen ‚lockout‘ erfahren. Eine Verzögerung könnte stattdessen wertvolle Lerneffekte liefern. Grundsätzlich stellt es eine Managementherausforderung dar, den optimalen Zeitpunkt zu wählen und möglichst dann zu investieren, wenn ein strategisches Fenster geöffnet ist (Abell, 1978). Ein Überblick über bisherige Erkenntnisse zum optimalen Zeitpunkt einer Markteinführung könnte wertvolle Hinweise für diese Managemententscheidung bieten.

Eine weitere bedeutende Entscheidung im Produktentwicklungsprozess ist die zeitoptimale Ausgestaltung des Produktentwicklungsbeginns (Buchholz, 1998). Die Studie von Song und Montoya-Weiss (1998) stellt fest, dass unter den Aktivitäten zur Entwicklung eines neuen Produkts Unternehmen der technischen Produktentwicklung (d.h. Design, Konstruktion, Prototypenbau) die höchste Beachtung geben. Mit der Freigabe des Entwicklungsprojekts ist die ‚front-end‘-Phase beendet und die Phase der Produktentwicklung beginnt (Smith und Reinertsen, 1991; Khurana und Rosenthal, 1998). Ein Unternehmen muss nun entscheiden, ob es weitere Ressourcen in die Realisierung der Produktidee investiert (Moenaert et al., 1995; Kim und Wilemon, 2002). Mit der Freigabe von notwendigen Entwicklungsressourcen erhält das Projekt einen offiziellen Projektstatus (Datar et al., 1997; Boeddrich, 2004; Cooper, 2008), welcher eine entsprechende Organisationsstruktur zur Realisierung erfordert. Zugleich steigen die Kosten mit dem Eintritt in die Entwicklungsphase exponentiell (Buggie, 2002) und es wird kostspielig, ein begonnenes Projekt abubrechen (Kim und Wilemon,

2002). Entscheidungsträger müssen diese Entscheidung gut überlegt treffen, da mit dem Einstieg in die Phase der Produktentwicklung Entwicklungskosten anfallen, die zumindest teilweise eine irreversible Investition darstellen. Sofern technologische Kriterien und Marktkriterien nicht erfüllt werden, könnte eine Freigabe solange verschoben werden, bis die Bedingungen optimal sind. Das Unternehmen hält während des Wartens die strategische Flexibilität, jetzt oder später das Produkt zu entwickeln (Sanchez, 1993). Damit wird die ‚go/kill‘-Entscheidung bei der Freigabe eines Entwicklungsprojekts (vgl. Cooper und Kleinschmidt, 1991) um die strategische Frage vervollständigt, *wann* ein Projekt starten sollte. Auch hinsichtlich des Zeitpunkts über den Entwicklungsstart bietet sich ein Literaturüberblick an, um bisherige Erkenntnisse der Forschung zusammenzufassen und offene Fragestellungen herauszuarbeiten.

Entscheidungen über geeignete Zeitpunkte von Entwicklungsstart und Markteinführung sind Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten und wurden in einer großen Bandbreite von Fachzeitschriften veröffentlicht. Trotz umfangreicher Artikel, die einen Überblick über vergangene Arbeiten und Erkenntnisse aus dem Gebiet der Produktentwicklung verschaffen (Millson, Raj und Wilemon, 1992; Ali, 1994; Montoya-Weiss und Calantone, 1994; Brown und Eisenhardt, 1995; Griffin und Hauser, 1996; Heidenberger und Stummer, 1999; Ernst, 2002; Garcia und Calantone, 2002; Hauser, Tellis und Griffin, 2006; Su und Rao, 2010), gibt es kaum Übersichtsartikel über die Wahl optimaler Zeitpunkte im Produktentwicklungsprozess. Reinganum (1989) betrachtet die Entscheidungen aus industrieökonomischer Perspektive und diskutiert zahlreiche ökonomische Modelle über den Zeitpunkt von Innovationen. Andere Übersichtsartikel berücksichtigen nur teilweise Zeitpunktentscheidungen. So präsentieren Mahajan, Muller und Bass (1990) den Zeitpunkt der Einführung neuer Produkte als strategische

Variable und bieten einen Überblick über Diffusionsmodelle. Krishnan und Ulrich (2001) analysieren 30 grundlegende Produktentwicklungsentscheidungen, zu denen sie den Zeitpunkt der Entwicklungsaktivitäten und den Zeitpunkt der Produkteinführung zählen. Lediglich Buchholz (1998) fokussiert seinen Artikel ausschließlich auf den optimalen Zeitpunkt des Entwicklungsstart und der Markteinführung. Dennoch fehlt ein Überblick über die empirischen Erkenntnisse zu diesen beiden Entscheidungszeitpunkten.

2.2 Zeitpunkt des Entwicklungsstarts

Empirische Studien betonen die Erfolgsrelevanz von Entscheidungen über Zeitpunkte in der Produktentwicklung. Hierzu zählen der relative Zeitpunkt von Suchaktivitäten im Verhältnis zu Wettbewerbern (Katila und Chen, 2008) oder auch der Vorsprung vor Wettbewerbern am Ende der Konzeptphase (Datar et al., 1997). Auch Perillieux (1987) und Specht und Perillieux (1988) heben die Erfolgswirkung von Reihenfolgen beim Start der Produktentwicklung im Wettbewerb hervor. Trotz dieser Erkenntnisse gibt es jedoch kaum empirische Untersuchungen, die den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts erklären. Hierfür kann es unterschiedliche Gründe geben. So könnte die Annahme früher Forschungsarbeiten, dass ein Pionier im Markt auch der Pionier in der Produktentwicklung ist (Ansoff und Stewart, 1967; Freeman, 1982), ein Grund für das geringe Vorkommen von empirischen Studien zu dieser betriebswirtschaftlichen Problemstellung sein. Weitere Gründe können in Messproblemen liegen, die gerade in der Produktentwicklung auftreten (Griffin, 1993). Ein Entwicklungsstart wäre dann schwer zu messen, wenn neue Projekte vom mittleren Management außerhalb der

gegenwärtigen Unternehmensstrategie initiiert werden (Burgelman, 1983) oder ein Ergebnis von ‚bootlegging‘-Aktivitäten sind, die inoffiziell von Mitarbeitern durchgeführt werden (Pearson, 1997).

2.2.1 Empirische Erkenntnisse

Afuah (2004) analysiert das Aufgreifen neuer Technologien in neue Produkte. Er untersucht, wann Unternehmen starten, ein neues Produkt, welches die neue Technologie beinhaltet, zu entwickeln. Danach setzen etablierte Unternehmen früher neue Technologien als Start-ups ein, wenn diese Technologien einen inkrementellen Fortschritt aufzeigen. Ist der technologische Wandel hingegen radikal, entwickeln Start-ups früher als die etablierten Unternehmen ein neues Produkt, welches die neue Technologie enthält. Katila und Chen (2008) heben hervor, dass Unternehmen nicht isoliert Innovationsaktivitäten ausführen. Sie zeigen, dass der Zeitpunkt von Suchaktivitäten in neuen Technologiefeldern von den Aktivitäten der Wettbewerber beeinflusst wird. Auch McGrath und Nerkar (2004) finden in ihrer Untersuchung einen positiven Effekt zwischen der Wettbewerbsaktivität in neuen Technologiefeldern und der Motivation, selbst neue Produktanwendungen zu entwickeln. Sie nutzen die Realloptionslogik, um die Neigung über die Anmeldung eines zweiten Patents nach erfolgter Erteilung eines ersten Patents zu erklären. Neben dem zunehmenden Engagement der Wettbewerber wird eine solche Wachstumsoption mit umso größerer Wahrscheinlichkeit geschaffen, je größer die technologische Reichweite des ersten Patents ist und je weniger Optionen das Unternehmen bereits in neuen Technologiefeldern geschaffen hat, da diese verfallen könnten. Statt ein Patent zu halten und zu nutzen, wie es in den Arbeiten von McGrath und Nerkar (2004) betrachtet wird,

kann der Eigner eines Patents auch das Patent verkaufen oder lizenzieren. Kooperatives Lizenzieren stellt dabei einen Technologietransfer dar, der dem Lizenznehmer das Recht einräumt, die Technologie zu nutzen und mit der Entwicklung eines Produkts zu beginnen. Gans, Hsu und Stern (2008) haben daher untersucht, wie das gewerbliche Schutz- und Urheberrechtssystem und die Unsicherheit über die Patentbewilligung den Zeitpunkt der Kooperation beeinflusst. Während eine Lizenzierung grundsätzlich vor und nach der Patenterteilung möglich ist, zeigen die Ergebnisse, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Lizenzierung mit der Reduktion der Unsicherheit (d.h. Klärung der Patentrechte) steigt und dabei die höchste Wahrscheinlichkeit in der Zeitperiode nach der Patentbewilligung aufweist. Diese Ergebnisse werden von den strategischen und institutionellen Rahmenbedingungen, in denen das Unternehmen aktiv ist, moderiert. Hoffmann, Trautmann und Hamprecht (2009) zeigen anhand von Fallstudien, dass Unternehmen unter regulatorischer Unsicherheit Investitionen in F&E-Projekte nicht verzögern, wenn diese Projekte wettbewerbsrelevante Ressourcen sichern, wenn komplementäre Ressourcen einen Vorteil aus den Projekten haben oder wenn der Druck von Stakeholdern durch die Projekte gemindert werden kann.

2.2.2 Weiterer Forschungsbedarf

Neben der relativ geringen Anzahl empirischer Studien über den Zeitpunkt eines Entwicklungsstarts existieren in der Literatur zahlreiche theoretische Arbeiten, die im Folgenden genutzt werden sollen, um empirische Forschungslücken zu identifizieren und Anregungen für zukünftige Forschungsarbeiten zu geben. Hierzu wurde zunächst die Literatur gesichtet und anschließend nach den Kategorien Strategie, Produkt, Wettbewerb, Produktentwicklungsprozess, Nachfrage und Unternehmensressourcen

gegliedert. Innerhalb der jeweiligen Kategorien werden zunächst die einzelnen Faktoren für die Wahl des Zeitpunkts diskutiert und anschließend der Forschungsbedarf definiert.

Strategie

Der Zeitpunkt von Kernaktivitäten kann ein Ergebnis eines systematischen strategischen Planungsprozesses sein. Um einen F&E-Projektplan mit den Zielen eines Unternehmens abzustimmen, entwickeln Venkatraman und Venkatraman (1995) eine schrittweise Vorgehensweise. Dabei stellen die geplante Wachstumsrate, die erwartete Nachfrage, Mindereinnahmen bei bestehenden Produkten sowie Kapazitätsbeschränkungen die Ausgangsgrundlage für die Planung von F&E-Projekten dar. Der Starttermin der F&E-Projekte wird aus dem ermittelten optimalen Zeitpunkt des Produkts im Markt abgeleitet. Die F&E-Investitionsplanung kann dadurch auf die Erzielung von Umsatzzielen ausgerichtet werden. Im Gegensatz zu einem vorab definierten Plan können sich Strategien jedoch auch durch den Aufbau und Nutzen von Entscheidungsmöglichkeiten ergeben. Eine solche Vorgehensweise entspricht dem einer Optionsstrategie (Hurry, Miller und Bowman, 1992). Danach entwickeln sich Strategien durch das sequentielle Ausüben von Optionen. In Form von Optionsketten bietet eine Option Zugang zur nächsten Investitionsmöglichkeit (Bowman und Hurry, 1993). So investieren Unternehmen in die Entwicklung eines neuen Produkts (Aufbau einer Option), sobald sich externe Faktoren als geeignet erweisen. Sind diese unvorteilhaft, wird die Wartezeit verlängert und die Produktentwicklung aufgeschoben. Im Vergleich zur Projektstrategie als vordefiniertem Plan berücksichtigt die Optionsstrategie proaktiv Handlungsflexibilität und hebt den Wert des Wartens bei Investitionsentscheidungen hervor.

Chan, Nickerson und Owan (2007) weisen darauf hin, dass Unternehmen die Entscheidungspolitik im F&E-Projektmanagement auch verändern, statt konsequent eine der beiden Strategien in der Produktentwicklung zu verfolgen. Diese Veränderungen beeinflussen maßgeblich die Schwellenwerte am Entscheidungs-Gate zur Entwicklungsphase und sind abhängig von Portfoliobetrachtungen vertikal verbundener F&E-Projekte. Wechselbeziehungen zwischen Entwicklungsprojekten sind ebenso Gegenstand der Arbeit von Childs, Ott und Triantis (1998). Sie zeigen, wie die Wahl über den Zeitpunkt der Produktentwicklung von der verfolgten Entwicklungsstrategie abhängt, Produkte parallel oder zeitlich versetzt zu entwickeln.

Es lassen sich verschiedene Forschungsfragen aus den konzeptionellen Arbeiten ableiten. Erstens stellt sich die Frage, ob und wann Unternehmen den Zeitpunkt des Produktentwicklungsstarts nach geplanten Zielen beziehungsweise aktuellen Entwicklungen ausrichten. Zweitens könnte untersucht werden, ob der Planungsansatz im Vergleich zu der Optionsstrategie zu weniger Veränderungen im Projektplan führt. Es ist zu erwarten, dass Unternehmen mit einer Optionsstrategie flexibler in den Zeitpunktentscheidungen sind. Diese Unternehmen könnten schneller auf Marktveränderungen reagieren als Unternehmen, die den F&E-Plan für mehrere Jahre festlegen (Sanchez, 1993). Bei unvorteilhaften Bedingungen könnten diese Unternehmen leichter durch aufgebaute Handlungsflexibilität auf bessere Rahmenbedingungen warten. Ebenso stellt sich die Frage, welche der Strategien wann geeigneter sind.

Drittens könnten zukünftige Arbeiten den Zusammenhang zwischen historischen aktuellen Strategieentscheidungen untersuchen. Robinson und Chiang (2002) zeigen, dass sich vergangene Zeitpunkte des Markteintritts auf die aktuelle

Produktentwicklungsstrategie auswirken. Demnach könnte untersucht werden, ob sich eine historische Führungsposition im Markt auf frühe Zeitpunkte beim Entwicklungsstart auswirkt. Pacheco-de-Almeida (2010) argumentiert, dass es auch Bedingungen in bestimmten Branchen geben könnte, unter denen es vorteilhaft ist, eine Rotation der Führerschaft mit Wettbewerbern bewusst zu nutzen. Diese Strategie könnte sich auch auf Zeitpunktentscheidungen in der Produktentwicklung auswirken. Viertens könnte untersucht werden, wie die Bereitschaft zur Kannibalisierung bestehender Produkte den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts beeinflusst. Chandy und Tellis (1998) zeigen, dass Unternehmen mit einem strategischen Fokus auf zukünftige Märkte (statt auf gegenwärtige Kunden und Märkte) eine höhere Bereitschaft zur Kannibalisierung der eigenen Produkte haben als andere. Als weiterer Punkt könnte fünftens untersucht werden, wie interner Wettbewerb als Teil der Unternehmensstrategie Zeitpunktentscheidungen beeinflusst. Taylor (2010) findet einen positiven Zusammenhang von internem Wettbewerb und schnellerem Aufgreifen neuer Technologien. Dieses Ergebnis ist unabhängig davon, ob das neue Produkt technische Vorteile aufweist oder ob Kundennachfrage besteht. Interner Wettbewerb kann dazu führen, dass konkurrierende Führungskräfte lieber mit dem Aufgreifen neuer Technologien Kollegen zuvorkommen und Aufmerksamkeit erlangen, statt an etablierten Technologien weiterzuarbeiten (Chandy und Tellis, 1998).

Produkt

Wie die empirische Studie von Afuah (2004) zeigt, kann der Entwicklungsstart eines neuen Produkts durch Eigenschaften neuer Technologien beeinflusst werden. Greifen Unternehmen innovative Technologiekomponenten oder Architekturen auf, betreten sie

neue Technologiepfade. Wenn diese neuen Technologien Unsicherheiten beinhalten, könnten Unternehmen abwarten und die Allokation von Ressourcen aufschieben (Pindyck, 1993). Dies bietet den Vorteil, dass während der Zeit des Wartens zusätzliche wertvolle Information gesammelt können. Fehlende Technologiereife und Unsicherheit über die Leistung kann dazu führen, dass Unternehmen entweder damit zögern, neue Technologien in Produkte umzusetzen oder sie motivieren dazu, parallel alternative Technologien zu verfolgen und die Technologieentscheidung aufzuschieben (Krishnan und Bhattacharya, 2002; Lint und Pennings, 2002; Miller und Arkan, 2004). Grundsätzlich ist es dabei nicht immer finanziell vorteilhaft, die neueste Technologie einzusetzen (Heeley und Jacobson, 2008). Ist eine Erfindung zu extrem und einschneidend für die Märkte, kann z.B. die Technologie nach der Erfindung zunächst nicht umgesetzt werden, weitere Investitionen würden erst dann einmal aufgeschoben werden (Weeds, 1999; Garud und Nayyar, 1994). Marktsignale veranlassen Unternehmen, die Entscheidung zu überprüfen und zu einem späteren Zeitpunkt die Technologie bei der Entwicklung neuer Produkte aufzugreifen.

Hung und Quyen (1993) nutzen ein dynamisches Modell, um Zeitpunkte von F&E-Investitionen zu analysieren. Dabei ist der technologische Durchbruch eines Technologiesubstituts als Zufallsereignis modelliert. Unsicherheit über den Technologiedurchbruch führt danach zu einer Verzögerung im F&E-Programm und zu einer Verzögerung des Wechsels zu einer neuen Technologie. Dies Ergebnis betont, dass die Entwicklungspfade alternativer Technologien eine Rolle für Technologiewechsel und Investitionen spielen. Foster (1986) hat das S-Kurvenkonzept zur Visualisierung von Wechselmöglichkeiten zwischen Technologien einer Branche entwickelt. Danach hängt der geeignete Zeitpunkt eines Wechsels von der bisherigen

zur neuen Technologie von der relativen Leistung dieser Technologien ab. Allerdings können der Verlauf der S-Kurven und die Zeitpunkte des Technologiewechsels unternehmensspezifisch sein (Christensen, 1992). Sood und Tellis (2005) zeigen empirisch, dass Technologien sich nicht zwingend nach dem idealen S-Kurvenkonzept entwickeln. Stattdessen können Technologien auch nach langsamen Verbesserungen oder gar keiner Verbesserung noch einmal neues Wachstum aufzeigen. Die Erwartungen über diese Verbesserungen können die Entscheidung zum Aufgreifen von neuen Technologien beeinflussen (Balcer und Lippman, 1984; Weiss, 1994).

Zukünftige Forschungsarbeiten könnten den Einfluss von Produktunsicherheiten auf den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts untersuchen. Oriani und Sobrero (2008) liefern auf Unternehmensebene empirische Erkenntnisse, dass es bei technologischer Unsicherheit wertvoller für ein Unternehmen ist, nicht in F&E zu investieren und stattdessen abwarten sollte. Ob Unternehmen auch auf Produktebene unter Unsicherheit zögern, ist eine empirisch bisher unbeantwortete Fragestellung.

Die Furcht vor einem technologischen Ausschluss kann andererseits dazu motivieren, Investitionen zu beschleunigen. Auch hier liegt noch empirischer Forschungsbedarf. Für diese Sicht gibt es zwei Kernargumente: Erstens ermöglicht eine frühe Investition die rechtzeitige Sicherung von Wachstumsmöglichkeiten im Wettbewerb um zukünftige Technologiestandards (Miller und Folta, 2002). Zweitens treibt technologische Unsicherheit den Wert, in Wechselmöglichkeiten zu investieren, um Technologieausschluss zu vermeiden. Diese Wechselmöglichkeit kann als Option gesehen werden, die einen Wechsel zwischen S-Kurven erlaubt. Dabei findet ein Hedging alternativer Technologien statt (McGrath, 1997; Nelson, 1961) und Flexibilität wird bewahrt (Wernerfelt und Karnani, 1987).

Empirische Studien könnten zudem Eigenschaften von den Technologien, die in neue Produkte implementiert werden, bei Analyse von Zeitpunktentscheidungen berücksichtigen. Zwar zeigt Afuah (2004), dass sich die Neuheit von Technologien nicht auf den Entwicklungsstart auswirkt. Allerdings wurden diese Ergebnisse für eine spezifische Branche untersucht. Branchenunterschiede könnten jedoch Besonderheiten hervorrufen. So zeigen Gatignon et al. (2002) anhand von 15 Branchen, dass innovationsspezifische Variablen die Entscheidungen über den Zeitpunkt von Markteinführungen beeinflussen. Ob diese Ergebnisse auch für den Entwicklungsstart zutreffen, könnte untersucht werden.

Wettbewerb

Sobald ein Unternehmen durch Wettbewerber mit neuen Technologien bedroht wird, kann es entscheiden, ebenfalls Ressourcen in die Anwendung dieser neuen Technologie zu binden. Eine der Entscheidungen, die das Unternehmen mit dem Aufgreifen der Technologie zu treffen hat, ist die Fragestellung, wann es auf den Wettbewerb reagiert und in die neue Technologie investiert (Cooper und Schendel, 1976). Es gibt unterschiedliche Motive, warum Entscheidungsträger Wettbewerber imitieren. Ein Forschungsstrang untersucht in diesem Zusammenhang das Herdenverhalten bei Unternehmen und findet Motive für die Nachahmung in positiven Externalitäten (z.B. Katz und Shapiro, 1985), in Reputationsgründen (Scharfstein und Stein, 1990), in Informationsketten (Bikhchandani, Hirshleifer und Welch, 1992) oder in der Unsicherheitsreduktion (Anand, Mesquita und Vassolo, 2009). Auch Zhang (1997) untersucht Herdenverhalten und betont, dass Entscheidungsträger nicht nur festlegen müssen, welche Maßnahme sie verfolgen, sondern auch, wann diese erfolgen soll. Er

zeigt modelltheoretisch, dass diese Entscheidung von einem Trade-off abhängt zwischen einem möglichen Verfall des Projektwerts durch das Warten und dem Anreiz, während des Wartens die Handlungen anderer zunächst zu beobachten. Danach zögern zunächst alle und es wird dann der Entscheidungsträger als First-Mover agieren, der die höchste Präzision hat. Alle anderen werden unmittelbar folgen und dabei eigene Signale vernachlässigen (Zhang, 1997). Ein F&E-Wettbewerb kann allerdings auch zu einem Wartenspiel werden, wenn Nachahmung dazu verhilft, eigene Entwicklungskosten zu reduzieren (Katz und Shapiro, 1987).

Statt einem Nachahmen von Wettbewerbern können Unternehmen eigene Aktivitäten individuell auf Wettbewerbsaktionen anpassen. Stenbacka und Tomback (1994) weisen darauf hin, dass die Entscheidungen über den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts sowohl vom Pionier als auch beim Folger von dem Entwicklungsstart der Wettbewerber abhängen kann. Ali, Kalwani und Kovenock (1993) diskutieren, wie die optimale Wahl von Entwicklungsprojekten aussieht, wenn bereits bei der Entscheidung mögliche Wettbewerbsreaktionen berücksichtigt werden. Heil und Robertson (1991) diskutieren die Rolle von Signalen als strategisches Instrument im Wettbewerb. Danach kann die Geschwindigkeit einer Reaktion von Wettbewerbern reduziert werden, wenn ein First-Mover durch das deutliche Signalisieren seiner Absichten die Wettbewerbsposition stärkt.

Anand, Mesquita und Vassolo (2009) weisen empirisch einen Zusammenhang zwischen Signalwirkungen durch Wettbewerbsinvestitionen und Entscheidungen über Produkttechnologien nach. Sie begründen die Ergebnisse auf Basis von nachahmendem Verhalten. Auch McGrath und Nerkar (2004) zeigen die Bedeutung von Signalwirkungen beim Aufbau neuer F&E-Optionen und argumentieren, dass

Wettbewerbsaktivitäten in einem Technologiefeld als Signale für dessen Attraktivität wirken. Es bleibt die Forschungsfrage, ob Herdenverhalten geplante Entwicklungsaktivitäten auch verzögern kann.

Weitere konzeptionelle Arbeiten stellen die Rolle des Wettbewerbs unter Unsicherheit heraus. Wernerfelt und Karnani (1987) vermuten hohe Anreize, früh in F&E unter Unsicherheit zu investieren, wenn die Wettbewerbsintensität hoch ist. Weeds (2002) argumentiert für F&E-Investitionen, dass Wettbewerb den Wert des Wartens unter Unsicherheit reduziert, solange damit nicht ein Patentrennen verursacht wird. Andere sehen in der frühen Investition in eine Technologie die Chance, Vorteile aus Wachstumsmöglichkeiten unter Unsicherheit gegenüber Wettbewerbern zu erzielen (Kulatilaka und Perotti, 1998). Mason und Weeds (2010) zeigen, dass die Kombination aus der Möglichkeit, dem Wettbewerber zuvorzukommen, und Externalitäten Investitionen unter Unsicherheit eher beschleunigt statt verzögert. Empirische Ergebnisse aus der Produktentwicklung stehen noch aus.

Wettbewerber können Maßnahmen jedoch auch untereinander abstimmen und den Entwicklungsstart an gemeinsame Ziele anpassen. Stenbacka und Tombäck (1994) zeigen modelltheoretisch, dass Vorteile durch Koordination entstehen können und dass maximale Profite dann erzielt werden, wenn die Zeitpunkte abgestimmt sind. Um die Vorteile koordinierter Wartestrategien zu erläutern, nutzen Smit und Trigeorgis (2006) die Auszahlungsmatrix eines Innovationsrennens mit zwei Spielern (= Unternehmen), die simultan über Investieren oder Warten entscheiden. Danach plant jedes Unternehmen die Entwicklung einer neuen Technologie, beide Unternehmen sind Nachfrageunsicherheit ausgesetzt und entscheiden simultan über den Investitionszeitpunkt. Das Modell zeigt, dass Unternehmen durch gemeinsames

Abwarten profitieren und hingegen die Wahl der dominanten Strategie (die individuell optimale Strategie) zu schlechteren Auszahlungen führt. Wie Koordinationsmaßnahmen in der Unternehmenspraxis die Zeitpunkte von Entwicklungsaktivitäten beeinflussen, könnte Teil zukünftiger empirischer Forschungsprojekte sein.

Produktentwicklungsprozess

Der Start der Produktentwicklung kennzeichnet das Ende der Planungsphase und den Übergang zur Entwicklungsphase (z.B. Smith und Reinertsen, 1991; Cooper und Kleinschmidt, 1991). Moenaert et al. (1995) definieren das ‚fuzzy front end‘ als die Phase eines Innovationsprojekts, in der das Produktkonzept entwickelt wird, und in der festgelegt wird, ob weitere Ressourcen in die Realisierung der Produktidee investiert werden sollen. Sie finden empirisch heraus, dass eine aktive Reduktion der Unsicherheit in dieser Planungsphase den Produkterfolg erhöht. Kim und Wilemon (2002) bauen auf diesem Ansatz auf und argumentieren, dass sich das Unsicherheits- oder auch ‚fuzziness‘-Niveau mit Fortschreiten im Prozess reduziert. Demnach beginnt die Phase der Produktentwicklung, wenn das Niveau unter einem erforderlichen festgelegten Wert liegt. Ist die Unsicherheit über dem kritischen Wert, verbleibt das Projekt in der Planungsphase. Ein solcher Wert wird von internen und externen Situationen beeinflusst. Das Generieren von Informationen im ‚fuzzy front end‘ ist demnach vorteilhaft für ein Unternehmen.

Die Grundidee der aktiven Reduktion von Unsicherheiten bei Investitionsentscheidungen wurde bereits von Roberts und Weitzman (1981) diskutiert. Allerdings zeigen die Autoren anhand eines Phasenmodells, dass die Fortsetzung eines

Projekts von den Informationen, die in jeder nachfolgenden Phase erzielt werden können, abhängt. Auch Pindyck (1993) argumentiert, dass es keinen Grund zum Warten gibt, wenn durch das Starten des Projekts Informationen generiert werden, die die Unsicherheit reduzieren (d.h. die Unsicherheit ist endogen). Er zählt zu dieser Unsicherheit auch die Unsicherheit über die benötigte Entwicklungsdauer. Ob und wie Unternehmen endogene Unsicherheit beim Entwicklungsstart berücksichtigen, wurde bisher in empirischen Studien nicht untersucht.

Die Entscheidung über den Start einer Produktentwicklung kann auch von der Länge der Entwicklungszeit abhängen. Diese kann je nach Branche und Produkt zwischen wenigen Monaten und mehreren Jahren dauern. Bar-Ilan und Strange (1996) zeigen modelltheoretisch, dass diese ‚investment lags‘, also die Dauer zwischen Investition und ersten Cash-Flows, die Neigung, unter Unsicherheit mit der Investition zu zögern, verringern. Da eine längere Entwicklungsdauer die Wahrscheinlichkeit von extremen Preisen erhöht und das Unternehmen gleichzeitig die Flexibilität hat, das Projekt abubrechen, steigen die Opportunitätskosten des Wartens mit der Unsicherheit. Bei sehr langen ‚investment lags‘ kann eine Steigerung der Unsicherheit sogar zu früheren Investitionszeitpunkten führen. Pacheco-de-Almeida, Henderson und Cool (2008) zeigen beim Bau von petrochemischen Fabriken, dass bei kurzen Bauzeiten Investitionen unter Unsicherheit verzögert werden, während bei langen Bauzeiten der Anreiz, die Investition früher auszuführen, steigt. Zukünftige empirische Forschungsarbeiten könnten für Produktentwicklungsprojekte untersuchen, welche Rolle die Dauer der benötigten Entwicklungszeit für den Zeitpunkt des Entwicklungsbeginns einnimmt.

Nachfrage

Die mögliche Nachfrage kann die Allokation von Ressourcen in die Entwicklung neuer Produkte beeinflussen. Kim und Kogut (1996) finden heraus, dass der Zeitpunkt von Produktdiversifikationen durch das Marktwachstum erklärt werden kann. Andere diskutieren, dass etablierte Unternehmen, die sich bei der Entwicklung neuer Produkte an bestehenden Kunden orientieren, bei technologischem Wandel in Rückstand kommen können (Christensen und Bower, 1996). Musso (2009) betont, dass mangelnde Akzeptanz neuer Technologien bei den Kunden zu einer Verzögerung der Produktentwicklung führen kann. Unsicherheit über die Nachfrage kann den Zeitpunkt von Investitionen beeinflussen (Dixit und Pindyck, 1994, S.51ff.). Oriani und Sobrero (2008) finden einen Zusammenhang zwischen der Unvorhersehbarkeit der Nachfrage und dem Wert von F&E-Investitionen. Es ist allerdings noch eine Forschungslücke, ob Unternehmen beim Start der Produktentwicklung Nachfrageunsicherheit berücksichtigen und wie sie den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts beeinflusst. Lin und Kulatilaka (2007) zeigen anhand eines Investitionsmodells, dass Unternehmen bei Nachfrageunsicherheit F&E-Investitionen verzögern. Sie diskutieren, dass im Fall von Netzwerksgütern die Nachfrageunsicherheit durch die Kommunikation der erwarteten Netzwerksgröße an potentielle Nutzer reduziert werden kann. Dies würde zu einer Reduktion des Investitionsschwellenwerts führen und das Unternehmen würde früher investieren.

Unternehmensressourcen

Empirische Studien können einen Einfluss von unterschiedlichen Unternehmensressourcen auf die Wahl von Investitionszeitpunkten belegen. So zeigen Schoenecker und Cooper (1998), dass Unternehmen früher in neue Technologiefelder eintreten, wenn diese über technologische Ressourcen verfügen. Sie bilden dabei im ökonometrischen Modell die Höhe der technologischen Ressourcen durch die F&E-Intensität ab. Cuervo-Cazurra und Un (2010) untersuchen die Häufigkeit von F&E-Investitionen und zeigen, dass ein Mangel an finanziellen Ressourcen die Häufigkeit von F&E-Investitionen reduziert. Studien über Markteintritte heben die Bedeutung von technologischen Fähigkeiten für die Entscheidungen über den Zeitpunkt hervor (Klepper und Simons, 2000; Lee, 2008, 2009). Empirische Studien über die Rolle von Ressourcen und Fähigkeiten bei der Entscheidung über den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts stehen jedoch aus.

McGrath und Nerkar (2004) zeigen in ihrer Studie, dass akkumulierte Erfahrung mit neuen Technologiefeldern die Wahrscheinlichkeit verringert, in ein weiteres neues Technologiefeld zu investieren. Dieses Ergebnis belegt, dass es Pfadabhängigkeiten beim Aufbau von Wissen und der Entscheidung über neue F&E-Projekte gibt. Dabei können vergangene Investitionen als Plattform für weitere Investitionsprojekte in dem gleichen Technologiefeld dienen (Kogut und Kulatilaka, 1994). Diese Plattformen sind aus dieser Sicht Fähigkeiten des Unternehmens, die es ermöglichen, flexibel und schnell auf Marktveränderungen zu reagieren. Hat sich ein Unternehmen dazu entschieden, mit neuen Technologien zu experimentieren, erweitert es die Flexibilität und verringert gleichzeitig die Kosten, zu der neuen Technologie zu wechseln (Kogut und Kulatilaka, 2001). Dieser Effekt verringert die Investitionsschwellenwerte und der Start einer

Produktentwicklung mit der neuen Technologie könnte früher beginnen, sofern externe Rahmenbedingungen sich als vorteilhaft erweisen. Bowman und Hurry (1993) weisen darauf hin, dass Unternehmen mit besserer Fähigkeit, externe Informationen aufzugreifen (,absorptive capacity‘ vgl. Cohen und Levinthal, 1990), eher neue Investitionsmöglichkeiten erkennen, aufbauen und durch Produktinnovationen realisieren. Li (2009) macht mit Hilfe von Simulationsstudien deutlich, dass der Anreiz, durch Lernen und Experimentieren mit neuen Technologien in neue Wachstumsoptionen unter Unsicherheit zu investieren, steigt, wenn die ,absorptive capacity‘ hoch ist. Hingegen zögern Unternehmen bei Unsicherheit mit dem Aufgreifen der neuen Technologie, wenn diese Fähigkeit gering ist. Sowohl der Einfluss von ,absorptive capacity‘ als auch von Fähigkeiten im Sinne von Plattformen auf den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts wurden bisher empirisch noch nicht untersucht.

Fähigkeiten von Unternehmen können auch einen bremsenden Effekt auf die Entwicklung neuer Produkte haben. Leonard-Barton (1992) zeigt, dass einerseits Fähigkeiten die Produktentwicklung unterstützen, andererseits erschweren sie Innovationskraft durch Starrheit. So können historische Rollen und Fachrichtungen hemmend auf die Produktentwicklung wirken, wie z.B. die traditionelle Erfahrung in der Verarbeitung von Metall statt der Anwendung neuer Verbundmaterialien. Eine Kernkompetenz in der Entwicklung von Produkten mit einem bestimmten Material kann so zu einer Kerninkompetenz werden (Dougherty, 1995) und damit eine Quelle für Rigidität sein, selbst wenn mit der gegenwärtigen Technologie Verbesserungen erzielt werden (Kogut und Kulatilaka, 2001). Schmeisser (1984) vermutet, dass die Befürchtung, technologischer Wandel könnte bestehende Fähigkeiten und Wissen

obsolet machen, Innovationsbarrieren erzeugt und Verzögerungen bei der Entwicklung neuer Produkte verursacht.

2.3 Zeitpunkt der Markteinführung

Frühe Typologien von Markteintrittsstrategien betonen die Bedeutung des Zeitpunkts im Wettbewerb (Ansoff und Stewart, 1967; Maidique und Patch, 1982; Porter, 1983). Empirische Studien zeigen, dass sich die Reihenfolge des Eintritts (Lambkin, 1988; Robinson, 1988; Mitchell, 1991; Tellis und Golder, 1996; Shankar, Carpenter und Krishnamurthi, 1998; Cho, Kim und Rhee, 1998), die Dauer des Vorsprungs (Datar et al., 1997; Robinson und Min, 2002), frühere Markteintrittszeitpunkte (Banburry und Mitchell, 1995), Verzögerungen bei der Fertigstellung der Produktentwicklung (Chrysochoidis und Wong, 2000) und eine Verzögerung der Markteinführung (Hendricks und Singhal, 1997) auf den Erfolg neuer Produkte auswirkt. Di Benedetto (1999) untersucht Aktivitäten, die den Erfolg von Neuprodukteinführungen beeinflussen und zeigt, dass die Wahl über den Einführungszeitpunkt genauso wichtig ist, wie die Frage, ob Markteinführungsaktivitäten erfolgreich ausgeführt wurden. Hultink et al. (1997) zählen die Wahl des Markteinführungszeitpunkts zu den strategischen Markteinführungsentscheidungen. Diese Entscheidung beeinflusst sowohl die Strategien funktionaler Bereiche (Wong, 1992) als auch taktische Entscheidungen, die später im Prozess getroffen werden müssen (Hultink et al., 1997). Der hohen Bedeutung der Entscheidung über den Markteinführungszeitpunkt folgt die Frage, welche Faktoren diesen Zeitpunkt beeinflussen. Der Markteinführungszeitpunkt ist Gegenstand

zahlreicher empirischer Studien. Der folgende Abschnitt bietet einen Überblick über die empirischen Erkenntnisse.

2.3.1 Empirische Erkenntnisse

Mitchell (1989) erweitert die Frage, ob ein Eintritt in einen neuen Markt erfolgen soll, um die Frage, wann der Eintritt erfolgen soll. Er untersucht den Markteintrittszeitpunkt von etablierten Unternehmen in neue Technologiefelder und argumentiert, dass zwei gegensätzliche Anreize die Zeitpunktentscheidung beeinflussen: Auf der einen Seite das Risiko, in neue Vermögensgegenstände zu investieren, die keinen Wert bringen könnten, und auf der anderen Seite das Risiko, durch Abwarten einen Wertverlust der gegenwärtigen Vermögensgegenstände zu erfahren. Die Ergebnisse zeigen, dass der Anreiz, zu warten, bis technische und Marktunsicherheiten abgenommen haben, geringer ist, wenn die Anzahl potentieller Wettbewerber hoch ist und Kernprodukte bedroht sind. Auch Aboulnasr et al. (2008) untersuchen die Rolle des Wettbewerbs bei Entscheidungen über die Markteinführung neuer Produkte. Sie finden heraus, dass die Reaktionsdauer auf die Einführung einer radikalen Wettbewerbsinnovation mit der Markteinführung eines eigenen Produkts mit zunehmender Größe und Marktabhängigkeit des Angreifers sinkt. Diese Effekte werden verstärkt, wenn die radikale Innovation auf einem kleinem statt auf einem großen Markt eingeführt wird. Turner, Mitchell und Bettis (2010) finden heraus, dass die Freigabe neuer Produktgenerationen mit zunehmender Marktkonzentration weniger durch interne Markteinführungsrhythmen getrieben ist, sondern vielmehr durch externe Ereignisse, wie Innovationen der Wettbewerber, beeinflusst wird. Mit Hilfe von Strukturgleichungsmodellen untersuchen Green, Barclay und Ryans (1995) den

Zusammenhang zwischen Kontextvariablen (Quelle von Wettbewerbsvorteilen, Produkt-/Marktcharakteristika), der Eintrittsstrategie und der Erfolgswirkung. Danach führt eine hohe Anzahl von aktiven Wettbewerbern und eine geringe Wettbewerbskonzentration zu einem früheren Markteintritt. Ein erwarteter negativer Zusammenhang zwischen Wettbewerbsvorteilen (gemessen durch Fähigkeiten und Ressourcen) und dem Zeitpunkt des Markteintritts wurde von den Daten nicht bestätigt.

Erkenntnisse von Robinson, Fornell und Sullivan (1992) zeigen hingegen, dass Fähigkeiten- und Ressourcenprofile zwischen Pionieren, frühen Folgern und späten Folgern unterschiedlich sind. Schoenecker und Cooper (1998) bestätigen zudem, dass Unternehmensressourcen und organisatorische Eigenschaften den Zeitpunkt des Eintritts beeinflussen. Allerdings weisen die Autoren darauf hin, dass die Ergebnisse über Branchen hinweg nicht generell gültig sind, da das Gesamtmodell für eine der zwei untersuchten Branchen abgelehnt wurde. Die Ergebnisse bleiben hingegen stabil, wenn der Zeitpunkt durch die Zeitdauer nach dem ersten Eintretenden und durch die Reihenfolge der Eintritte der Wettbewerber gemessen wird. Wally und Fong (2000) kontrollieren für unterschiedliche Branchen und finden signifikante Einflüsse. Sie untersuchen den Einfluss organisationaler Faktoren auf die Eintrittsentscheidung. Kim und Kogut (1996) zeigen, dass Unternehmen, die Erfahrung mit Plattformtechnologien aufgebaut haben, früher in neue Märkte diversifizieren. Der Aufbau von Wissen ist ebenso zentraler Bestandteil der Untersuchungen von Wyss (2006). Ein hohes technisches Wissen, Marktwissen und Produktionswissen fördert die frühe Markteinführung neuer Produkte. Klepper und Simons (2000) zeigen, dass Unternehmen, die bereits vor dem Markteintritt relevante Erfahrung mit den Marktbedürfnissen haben, eher in den Markt eintreten. Lee (2008) untersucht die

dynamische Anpassung von Fähigkeit vor dem Markteintritt und zeigt, dass selbst eine hinsichtlich der Fähigkeiten anfänglich unvorteilhafte Position zu einem frühen Markteintritt führen kann, solange diese Fähigkeiten in der Zwischenzeit verbessert wurden. Lee (2009) ergänzt die vorherigen empirischen Erkenntnisse, in dem sie zwischen Fähigkeiten mit Relevanz für die Erfindung und Fähigkeiten mit Relevanz für die Kommerzialisierung unterscheidet. Beide Fähigkeiten haben einen positiven Effekt auf den Zeitpunkt der Markteinführung, jedoch dominiert die Bedeutung der Fähigkeit für die Kommerzialisierung.

Um den Zusammenhang zwischen Fähigkeiten des Unternehmens und dem Markteintrittszeitpunkt zu erklären, unterscheiden Atuahene-Gima und Ko (2001) zwischen der Fähigkeit, auf das Marktumfeld zu reagieren, und der Fähigkeit, die Wettbewerbslandschaft zum Vorteil des Unternehmens umzugestalten. In Abhängigkeit dieser beiden Ausrichtungen, welche Marktorientierung bzw. Entrepreneurship Orientierung genannt werden, unterscheiden sich die Zeitpunkte von Markteintritten der Unternehmen. Haben Unternehmen in beiden Dimensionen eine hohe Ausprägung, treten sie früher in den Markt als Unternehmen, die geringe Ausprägungen in den Dimensionen haben. Eggers und Kaplan (2009) argumentieren, dass auch die Aufmerksamkeit des CEO ein bedeutender Faktor ist, der den Wechsel von bestehenden zu neuen Technologien gestaltet. Richtet der CEO seine Aufmerksamkeit auf eine neu entstehende Technologie oder auf die dadurch betroffene Branche, so zeigen die Ergebnisse, dass dies einen beschleunigenden Einfluss auf den Zeitpunkt des Markteintritts hat. Hingegen führt die Aufmerksamkeit des CEO auf die bestehende Technologie zu einem verzögerten Eintritt.

Auch Wu, Balasubramanian und Mahajan (2004) können bestätigen, dass eine hohe Aufmerksamkeit des Top-Managements Verzögerungen bei der Einführung neuer Produkte verhindern. Sie untersuchen die Frage, wann ein angekündigtes Produkt verzögert in den Markt eingeführt wird und finden heraus, dass interfunktionale Koordination, die Leistung von Partnern bei komplementären Produkten und die Dominanz des Unternehmens im Markt Verzögerungen verringern. Hingegen steigt die Verzögerung, wenn die Produktankündigung als Wettbewerbsinstrument genutzt wird, wenn das Potential der Kannibalisierung bestehender Produkte hoch ist und wenn der Innovationsgrad des Produkts hoch ist. Der letztgenannte Faktor hebt die Bedeutung der Eigenschaften einer Innovation hervor. Diese sind ebenso Gegenstand der Untersuchungen von Gatignon et al. (2002). Sie analysieren Einführungszeitpunkte von Innovationen, die in Subsysteme eingebettet sind. Neben den Eigenschaften von Innovationen (kompetenzerweiternd vs. kompetenzerstörend) wird die Dauer von der erstmaligen Markteinführung der Innovation bis zum Aufgreifen der Innovation signifikant von dem Typ der Innovation („architectural“ vs. „generational“) und der Position der Innovation im Subsystem (im Kern vs. dezentral) beeinflusst. Zudem brauchen komplexere Produkte mehr Zeit, um aufgegriffen zu werden. Prieger (2007) findet in seiner empirischen Studie heraus, dass regulatorische Faktoren den Zeitpunkt der Markteinführung beeinflussen. Danach sind Produkte schneller im Markt, wenn durchschnittliche regulatorische Verzögerungen gering sind.

2.3.2 Weiterer Forschungsbedarf

Der Zeitpunkt der Markteinführung ist im Vergleich zum Zeitpunkt des Entwicklungsstarts relativ häufig Gegenstand empirischer Untersuchungen. Neben

diesen empirischen Studien gibt es auch hier zahlreiche weitere theoretische Arbeiten, die die Wahl des Zeitpunkts untersuchen und Anregungen für zukünftige empirische Untersuchungen bieten. Die Literatur wurde nach den Kategorien Unsicherheit, Wettbewerb, Produkt, Produktportfolio und unternehmensspezifische Eigenschaften gegliedert. Diese Kategorisierung bietet zudem die Möglichkeit, Erkenntnisse und Anregungen aus bestehenden empirischen Arbeiten bei der Entwicklung von Ideen für mögliche zukünftige empirische Untersuchungen zu berücksichtigen.

Unsicherheit

Die grundlegenden empirischen Arbeiten zur Wahl des Markteintrittszeitpunkts von Mitchell (1989) heben den Anreiz hervor, unter technischer Unsicherheit und der Marktunsicherheit zu warten. Wu, Balasubramanian und Mahajan (2004) haben im anfänglichen Studiendesign für solche Unsicherheiten kontrolliert, aber später die Variablen aus dem Modell wieder entfernt. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten direkt die Unsicherheit messen und in einem ökonometrischen Modell berücksichtigen, um den Zusammenhang zwischen Unsicherheit und der Einführungszeitpunkt neuer Produkte zu untersuchen. Unsicherheiten im F&E-Prozess sind facettenreich. So gibt es z.B. Marktunsicherheit und technologische Unsicherheit (Lint und Penning, 2001), operative Unsicherheit (Huchzermeier und Loch, 2001), regulatorische Unsicherheit (Hoffmann, Trautmann und Hamprecht, 2009) oder technische sowie Inputkosten-Unsicherheit (Pindyck, 1993). Diese Unsicherheiten können im Makroumfeld oder im Mikroumfeld entstehen (Lint und Pennings, 1999), von Managern beeinflussbar (endogen) oder exogen zu den Handlungen der Manager sein (Folta, 1998). Sie können zudem extern oder intern zum Unternehmen auftreten (McGrath, 1997). Unsicherheit in

der Entwicklung neuer Produkte kann außerdem auch als subjektiv wahrgenommene Unsicherheit auftreten und maßgeblich Entscheidungen beeinflussen (Song und Montoya-Weiss, 2001).

Roberts und Weitzman (1981) waren die Ersten, die ein Modell gezeigt haben, bei dem die Reaktion von Kunden auf ein neues Produkt als unsicher betrachtet wurde. Danach entscheiden Unternehmen unter dieser Unsicherheit, ob das Produkt vermarktet wird oder weitere optionale Phasen absolvieren muss (z.B. weitere Produkttests oder Marktstudien), um zusätzliche Informationen zu generieren. Die Realoptionstheorie berücksichtigt den Wert des Wartens unter Unsicherheit, bevor eine irreversible Investition getätigt wird (McDonald und Siegel, 1986; Pindyck, 1991). Sie bietet Erklärungen für den Zusammenhang zwischen Unsicherheit und Investitionsschwellenwert (Dixit und Pindyck, 1994, S.422). Die Grundgedanken der Theorie werden auch für Investitionsentscheidungen im Bereich der F&E aufgegriffen (Mitchell und Hamilton, 1988; McGrath, 1997). Aus dieser Sicht kann es wertvoll sein, abzuwarten, nachdem ein Produkt entwickelt wurde, und die Ressourcenallokation für die Serienproduktion zu verzögern, da die Investition zumindest teilweise irreversibel ist. Demnach hat ein Unternehmen die strategische Flexibilität, die Markteinführung eines entwickelten Produkts jetzt oder später durchzuführen (Sanchez, 1993). Das Aufschieben einer Produkteinführung ist solange optimal, bis der Projektwert einen Investitionsschwellenwert, der von der Unsicherheit abhängt, übersteigt (Lint und Pennings, 1999, 2001). Warteoptionen sind bereits empirisch für internationale Markteintritte (Campa, 1993) oder Eintritte neugegründeter Unternehmen (O'Brien, Folta und Johnson, 2003) untersucht worden. Empirische Erkenntnisse über Warteoptionen bei der Einführung neuer Produkte stehen noch aus.

Neben einer Warteoption kann das Unternehmen vor der Einführung eines neuen Produkts auch eine Wachstumsoption für Folgeinvestitionsmöglichkeiten halten. Solche Optionen können in der Investitionsmöglichkeit zur Ausweitung der Produktion liegen (Trigeorgis, 1996, S.11), in der Erschließung von Folgegenerationen des Produkts (Trigeorgis, 1996, S.14) oder in weiteren Produktanwendungen aus einer Plattform (Kogut und Kulatilaka, 1994). Auch frühzeitige Investitionen in Netzwerkprodukte stellen Wachstumsoptionen dar (Lin und Kulatilaka, 2007). Jedoch wurde lediglich das Konzept von Kogut und Kulatilaka (1994) empirisch auf Produktebene getestet (Kim und Kogut, 1996). Es bleibt zudem eine offene Fragestellung, ob Entscheidungsträger die Interaktion von Warte- und Wachstumsoptionen bei der Wahl des Zeitpunkts für eine Produkteinführung berücksichtigen. Während der Wert der Warteoption durch Unsicherheit steigt, und damit einen Anreiz liefert, zu warten, erhöht Unsicherheit den Wert der Wachstumsoption und steigert so den Anreiz, früh zu investieren (Folta und O'Brien, 2004).

Wettbewerb

Einige der aufgeführten empirischen Studien über den Markteintrittszeitpunkt betrachten Wettbewerb als erklärende Variable. Die empirischen Erkenntnisse bekräftigen, dass Unternehmen weniger warten, wenn die Anzahl der Wettbewerber hoch ist (Mitchell, 1989; Green, Barclay und Ryans, 1995; Kim und Kogut, 1996). Auch die theoretischen Arbeiten von Fethke und Birch (1982) zeigen, dass mit zunehmender Anzahl an Wettbewerbern der geplante Termin für die Innovation vorgezogen wird. Allerdings wird in dem Modell angenommen, dass der Erste im Markt den gesamten Ertrag erhält. Eine solche Monopolrente kann erzielt werden, wenn

Eintrittsbarrieren bestehen, wie z.B. das Halten von Patenten. Jedoch hat der First-Mover auch ohne Patente solange eine temporäre Monopolsituation, bis Wettbewerber folgen. Die Aussicht auf First-Mover-Vorteile, die mit einem frühen Eintritt verbunden sind, bietet Anreize, Wettbewerbern zuvorzukommen (Lieberman und Montgomery, 1988, 1998). Eine Verzögerung der Markteinführung würde bedeuten, dass diese Vorteile verloren gingen. Die Anreize des Wartens unter Unsicherheit müssen mit den Opportunitätskosten des Wartens (z.B. das Risiko, dass ein Wettbewerber eintritt oder durch das Warten Cash-Flows verloren gehen) abgewogen werden. Empirische Untersuchungen konnten bereits belegen, dass Wettbewerb den Optionswert, die Investition aufzuschieben, auflöst (Bulan, 2005; Bulan, Mayer und Sommerville, 2009). Zudem steigt die Wahrscheinlichkeit von Investitionen, wenn First-Mover-Vorteile den Wert der Wachstumsoption erhöhen (Folta und O'Brien, 2004; Fisch, 2008; Driver, Temple und Urga, 2008). Zukünftige Forschung könnte überprüfen, ob diese Erkenntnisse auch für die Einführung neuer Produkte zutreffen.

Bisher wurde in diesem Abschnitt Wettbewerb als exogene Variable betrachtet. Um Markteinführungszeitpunkte zu erklären, könnte es hilfreich sein, wenn Wettbewerb als endogene Variable berücksichtigt würde, da Eintrittsentscheidungen auch als Reaktion auf die Einführung neuer Produkte durch Wettbewerber getroffen werden. Diese Reaktionen können sich in der Geschwindigkeit unterscheiden (Bowman und Gatignon, 1995; Derfus et al., 2008; Aboulnasr et al., 2008; Boyd und Bresser, 2008), in der Art der Reaktion (z.B. Robinson, 1988; Chen und MacMillan, 1992) oder im Ausmaß der Reaktion (z.B. Heil und Walters, 1993; Hultink und Langerak, 2002). Eine Reaktion kann aber auch völlig ausbleiben (Debruyne, Frambach und Moenaert, 2010). Manche Unternehmen reagieren lediglich, wenn auch ähnliche Kontrahenten reagieren

(Debruyne und Reibstein, 2005) oder wenn sich Manager aus Reputationsgründen dazu entscheiden, Investitionsentscheidungen nachzuahmen (Scharfstein und Stein, 1990). Empirische Untersuchungen könnten die spezifischen Wettbewerbssituationen berücksichtigen, um Markteinführungszeitpunkte zu untersuchen. Konzeptionelle Arbeiten greifen hierzu die Spieltheorie auf, um Eintrittsentscheidungen unter Wettbewerb zu modellieren (Kamien und Schwartz, 1972, 1982; Reinganum, 1984; Moorthy, 1985) oder sequentielle Eintrittsspiele zur Optimierung des Eintrittszeitpunkt zu simulieren (Narasimham und Zhang, 2000; Kristiansen, 2006). Andere analysieren Markteintritte anhand von einzelnen Fallstudien (Bayus, Jain und Rao, 1997; Ghemawat, 1997; Lint und Pennings, 2003). Großartig empirische Tests von Hypothesen zur Erklärung von Markteintrittszeitpunkten, die aus der Spieltheorie hergeleitet wurden, stehen aus. Empirische Ergebnisse gibt es lediglich aus den Fallstudienuntersuchungen von Su und Rao (2011). Bayus, Jain und Rao (2001) beobachten Produktankündigungen und die Zeitpunkte von Produkteinführungen. Sie diskutieren theoretisch, wie Produktankündigungen genutzt werden können, um Wettbewerber vom Eintritt abzuhalten. Während empirische Arbeiten bereits den Effekt von Produktankündigungen als Wettbewerbsinstrument auf die Verzögerung von Produkteinführungen untersucht haben (Wu, Balasubramanian und Mahajan, 2004), könnten zukünftige Studien den Einfluss konkreter Wettbewerbsinteraktionen auf den Markteinführungszeitpunkt untersuchen.

Ein weiterer Forschungsstrang nutzt die Spieltheorie und Realoptionen zur Erklärung von Investitionszeitpunkten (Nichols, 1994; Grenadier, 1999, 2000; Smit, 2003; Smit und Trigeorgis, 2006, 2007, 2009; Ferreira, Kar und Trigeorgis, 2009). Während die Realoptionstheorie den Wert des Wartens berücksichtigt, liefert die Spieltheorie

Argumente, unter Wettbewerb früh zu investieren. Der Trade-off zwischen dem strategischen Anreiz, früh zu investieren, und dem Flexibilitätswert unter Unsicherheit, also dem Anreiz, zu warten, wurde für Oligopole modelltheoretisch untersucht (Appelbaum und Lim, 1985; Spencer und Brander, 1992; Kulatilaka und Perotti, 1998). Während konzeptionelle Arbeiten betonen, dass Realoptionsmodelle besser den Einfluss von Wettbewerb erklären, wenn diese um die Spieltheorie ergänzt werden (z.B. Grenadier, 1996, 2002; Lambrecht und Perraudin, 2003; Aguerrevere, 2003; Huisman et al., 2004; Shackleton, Tsekrekos und Wojakowski, 2004), stehen empirische Studien noch aus. Smit und Trigeorgis (2006, 2007) diskutieren, wie Entscheidungen über Markteintrittszeitpunkte durch Signale an Wettbewerber (z.B. Kommunikation einer frühen oder hohen F&E-Investition) beeinflusst werden könnten. Eine strategische Investition unter Unsicherheit in einer ersten Entscheidungsstufe könnte das Wettbewerbsverhalten beeinflussen (Kulatilaka und Perotti, 1998). In einer zweiten Stufe entscheidet das Unternehmen dann über den Zeitpunkt der Vermarktung. Weitere Forschungsarbeiten könnten untersuchen, wie die Signalisierung von ‚commitment values‘ die Optionswerte von Wettbewerbern beeinflusst (Miller und Folta, 2002), Unsicherheiten reduziert (z.B. Lint und Pennings, 1999; Huisman et al., 2004) und somit Einführungszeitpunkte beeinflusst. Empirische Arbeiten sind notwendig, um zu zeigen, wie die Spieltheorie Grundannahmen der Realoptionstheorie überwindet.

Produkt

Gatignon et al. (2002) und auch Wu, Balasubramanian und Mahajan (2004) finden einen Zusammenhang zwischen den Eigenschaften von neu entwickelten Produkten und dem Markteinführungszeitpunkt. Darüber hinaus könnte es wertvoll sein, das

entwickelte Produkt zu verbessern und zu warten, bis eine höhere Produktqualität erreicht wird, statt es direkt im Markt einzuführen (Dutta, Lach und Rustichini, 1995; Hoppe und Lehmann-Grube, 2001, 2005). Ein Unternehmen könnte so lange das Produkt testen und verbessern, bis die geschätzte Profitabilität den erforderlichen Investitionsschwellenwert übersteigt (McCardle, 1985). Allerdings müssen Verbesserungen und die Steigerung der erwarteten Einnahmen die Kosten zur Verbesserung kompensieren (Huchzermeier und Loch, 2001). Der Zeitpunkt der Markteinführung kann daher eine Funktion aus technologischen Eigenschaften und den Entwicklungskosten sein (Ramachandran und Krishnan, 2008). Zwar können Unternehmen zumeist unabhängig über Leistungsniveaus eines Produkts entscheiden, jedoch ist es für den finanziellen Erfolg nicht immer notwendig, neueste technologische Entwicklungen aufzugreifen (Heeley und Jacobson, 2008). Genauso gut kann ein Unternehmen zu einem späteren Zeitpunkt zu dem dann dominanten Design wechseln (Tegarden, Hatfield und Echols, 1999). Bayus, Jain und Rao (1997) entwickeln mit Hilfe von Fallstudienuntersuchungen Vermutungen über den Zusammenhang zwischen dem Leistungsgrad und dem Zeitpunkt der Markteinführung. Zukünftige Arbeiten könnten bisherige Erkenntnisse aufgreifen und anhand großzahliger empirischer Untersuchungen den Einfluss von Entscheidungen über Produkteigenschaften in späten Phasen des Entwicklungsprozess auf den Zeitpunkt der Markteinführung analysieren.

Produktportfolio

Die Wahl des Markteinführungszeitpunkts ist nicht immer eine isolierte Fragestellung im Rahmen der Einführung eines einzelnen Produkts. Ein Unternehmen könnte unterschiedliche Produktqualitäten in verschiedenen Kundensegmenten einführen. Es

müsste sich auch dann über Kannibalisierungspotentiale innerhalb des Produktportfolios Gedanken machen, wenn zu entscheiden ist, ob die Produktvarianten simultan oder sequentiell in den Markt eingeführt werden sollen (Moorthy und Png, 1992; Bhattacharya, Krishnan und Mahajan, 2003). Kannibalisierungseffekte können ebenso entstehen, wenn ein neues Produkt eine bisherige Produktversion ersetzt (Purohit, 1994). Ein Unternehmen könnte abwarten, um bestehende Produkte nicht zu kannibalisieren. Es kann aber auch von Vorteil sein, unmittelbar nach der Produktentwicklung das Produkt einzuführen, also gegenwärtige Produkte zu verdrängen, bevor dies ein Wettbewerber tut (Conner, 1988), oder auch eigene Produkte herauszufordern und dabei kompetitive Produktdesigns zu hedgen (Hatfield, Tegarden und Echols, 2001; Luo, Sheu und Hu, 2008). Saunders und Jobber (1994) diskutieren unterschiedliche Einführungsstrategien für eine Produktsubstitution. Sie definieren die Wahl des Zeitpunkts für den Wechsel zwischen Produkten als einen strategischen Faktor. Bisher haben lediglich lediglich Wu, Balasubramanian und Mahajan (2004) empirisch den Markteinführungszeitpunkt unter Berücksichtigung von Kannibalisierungspotentialen untersucht. Sie zeigen, dass dieses Potential zu einer Verzögerung der Produkteinführung führen kann. Sie argumentieren, dass eine gute Leistung des bisherigen Produkts, aber auch schlechtere Gewinnaussichten des neuen Produkts (durch z.B. unerwartet hohe variable Kosten) zu der Verzögerung führen könnten.

Um die Erkenntnisse von Wu, Balasubramanian und Mahajan (2004) weiterzuentwickeln und Leistungsunterschiede zwischen Produktsubstituten bei der Untersuchung von Markteinführungsentscheidungen zu berücksichtigen, könnten Diffusionsmodelle helfen (Norton und Bass, 1987; Wilson und Norton, 1989; Sudharsan, Liu und Ratchford, 2006). Pae und Lehmann (2003) verwenden S-Kurven,

um Technologiewechsel durch die Substitution von Materialien, Prozessen oder Produkten zu analysieren und den zeitlichen Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Technologien zu erklären. Sie argumentieren, dass der optimale Zeitpunkt der Markteinführung später sein kann als der Termin, zu dem das neue Produkt verfügbar ist. Unternehmen könnten warten, bis die neue Technologie die Leistung bringt wie die bisherige Technologie. Eine Einführung könnte dann stattfinden, wenn die Technologiefade sich kreuzen. Sood und Tellis (2005) finden allerdings heraus, dass Technologiefade oft mehrere Kreuzungspunkte haben und, dass Technologien sowohl vor als auch nach einem Kreuzungspunkt Anwendung finden. Zukünftige Forschungsarbeiten könnten Faktoren berücksichtigen, die Unterschiede zwischen den Substituten und deren erwarteten Entwicklung berücksichtigen.

Die mit beiden Technologien verbundenen Unsicherheiten können Ursache dafür sein, dass Unternehmen früher oder später als vom Kreuzungspunkt vorgesehen zwischen zwei Technologien wechseln. Wenn diese Unsicherheiten existieren, ist es vorteilhaft, pro-aktiv in unterschiedliche Technologien zu investieren und damit Wechseloptionen zwischen alternativen Technologien aufzubauen (Childs und Triantis, 1999; Oriani, 2007; Oriani und Sobrero, 2008). Die Wechseloption würde ausgeübt werden, sobald das alte Produkt durch das neue Produkt mit der neuen Technologie ersetzt wird. Der Wert der Option wird dabei von Unsicherheiten beider Produkte sowie der Korrelation dieser Vermögensgegenstände im Portfolio beeinflusst (Lint und Pennings, 2002; Vassolo, Anand und Folta, 2004; Anand, Oriani und Vassolo, 2007; Van Bekkum, Pennings und Smit, 2009). Empirische Untersuchungen über Wechseloptionen und die Wahl von Markteinführungszeitpunkten von neuen Produkten existieren bisher nicht.

Unternehmensspezifische Faktoren

Bisherige Studien haben zur Erklärung von Markteintrittszeitpunkten unterschiedliche unternehmensspezifische Faktoren berücksichtigt. Dazu zählen Unternehmensressourcen (z.B. Mitchell, 1989), Fähigkeiten (z.B. Lee, 2008), Wissen (Wyss, 2006) und die Unternehmensgröße (Kim und Kogut, 1996; Schoenecker und Cooper, 1998). Ein weiterer Einflussfaktor für die Zeitpunktentscheidung über die Einführung neuer Produkte könnte sich aus der Eigentümerstruktur ergeben. Diese kann Einfluss auf die Wahl von F&E-Strategien haben (z.B. Baysinger, Kosnik und Turk, 1991; Hoskisson et al., 2002; Kor, 2006). Hendricks und Singhal (1997) finden heraus, dass Kapitalmärkte das Einhalten eines vorab angekündigten Einführungstermins honorieren. Demnach könnten Unternehmen im Aktienbesitz bestrebt sein, Verzögerungen zu vermeiden, obwohl eine Verzögerung möglicherweise strategisch vorteilhaft wäre. Die Entscheidung über den Einführungszeitpunkt neuer Technologien könnte zudem durch Analysten beeinflusst werden, da diese den etablierten Unternehmen, welche sich mit dem Erhalt bestehender Technologien beschäftigen, eine höhere Aufmerksamkeit schenken, als den Unternehmen, die sich auf neue Technologien fokussieren (Benner, 2010). Sirmon et al. (2008) finden empirisch heraus, dass Unternehmen im Familienbesitz bei einer Bedrohung durch Imitationen in geringerem Ausmaß die F&E-Ausgaben senken als Unternehmen, die nicht im Familienbesitz sind. Hingegen zeigen Bianco, Golinelli und Parigi (2009), dass Familienunternehmen bei Investitionsentscheidungen sensibler gegenüber Unsicherheit sind. Ward (1997) argumentiert, dass Familienunternehmen eher Entscheidungsflexibilität wahren und Optionen offen halten. Ob Unternehmen im

Familienbesitz eher Investitionen in neue Produkte bei Unsicherheit verzögern, könnte Gegenstand zukünftiger Forschungsprojekte sein.

2.4 Zwischendiskussion

Die vorangegangenen drei Abschnitte haben zum Ziel, die Bedeutung von Zeitpunktentscheidungen im Produktentwicklungsprozess herauszustellen. Während sich zahlreiche Studien im Bereich der Produktentwicklung bezüglich des Wettbewerbsfaktors Zeit vorwiegend auf die Reduzierung der Durchlaufzeit fokussieren (z.B. Stalk, 1988; Gupta und Wilemon, 1990; Eisenhardt und Tabrizi, 1995; Griffin, 1997; Kessler und Chakrabarti, 1999), liegt der Fokus des vorangegangenen Literaturüberblicks auf der optimalen Gestaltung von Zeitpunktentscheidungen in Phasen der Produktentwicklung als wettbewerbsrelevantem Stellhebel und gleichzeitig darauf, das Potential für weitere Forschungsarbeiten aufzuzeigen.

Im Speziellen werden zwei bedeutende Zeitpunktentscheidungen betrachtet: Der Zeitpunkt des Entwicklungsstarts und der Zeitpunkt der Markteinführung eines neuen Produkts. Es werden jeweils für beide Entscheidungen bestehende empirische Studien aufgeführt und Erkenntnisse für Zeitpunktstrategien bei der Entwicklung und Einführung neuer Produkte diskutiert. Mit Hilfe von konzeptionellen Arbeiten werden weitere Faktoren aufgeführt, die zur Erklärung erfolgreicher Zeitpunktentscheidungen und zur Erklärung von Verzögerungen bei Investitionsentscheidungen hilfreich sein könnten. Einige von den Faktoren, die eine Verzögerung erklären, bieten die Grundlage zur Vermeidung von ressourcenaufwändigen Beschleunigungsmaßnahmen oder Innovationsrennen. Obwohl die empirischen Erkenntnisse über den

Markteinführungszeitpunkt bei weitem umfangreicher sind als die Erkenntnisse über den Entwicklungsstart, zeigen Abschnitt 2.2 und Abschnitt 2.3, dass beide Zeitpunktentscheidungen Potential für weitere empirische Forschungsarbeiten haben.

Der Literaturüberblick betont die Rolle von Unsicherheiten bei Entscheidungen zu Investitionszeitpunkten im Produktentwicklungsprozess. Optimale Entscheidung über die Zeitpunkte von F&E-Investitionen unter Unsicherheit erzeugen Unternehmenswert (Reuer und Tong, 2007a; Oriani, 2007; Oriani und Sobrero, 2008; Levitas und Chi, 2010). Weitere empirische Forschung sollte herausfinden, wie Unternehmen aus Unsicherheiten einen Nutzen ziehen können (Folta, 2007). Die Realoptionstheorie liefert Argumentationen, wie strategische Investitionsmöglichkeiten Wert schaffen, jedoch wurde neben umfangreichen theoretischen Arbeiten über den Zeitpunkt von Investitionen in der Produktentwicklung unter Unsicherheit noch keine empirische Studie auf Projektebene erstellt. Sowohl Antworten auf die Frage, ob und wie Entscheidungsträger Unsicherheit bei Entscheidungen in der Produktentwicklung berücksichtigen, als auch auf die Frage, wie sich Markteinführungsentscheidungen unter Unsicherheit auf den Erfolg auswirken, würden bisherige Forschungsarbeiten wertvoll ergänzen. Insbesondere die Frage über die Rolle von Unsicherheit auf den Zusammenhang von Zeitpunktentscheidungen und Erfolg könnte Erkenntnisse darüber liefern, warum bisherige Ergebnisse über den Zusammenhang von Innovationsgeschwindigkeit und Erfolg sehr unterschiedlich sind. Außerdem sind in der bisherigen empirischen Forschung Zeitpunktentscheidungen fast ausschließlich für einzelne Produkte untersucht worden und das Ersetzen von alten Produkten durch neue Produkte ist kaum berücksichtigt worden. Im Folgenden werden daher für den Fall der Produktsubstitution gezielt Forschungsideen aus den vorangegangenen Abschnitten

aufgegriffen. Diese fokussieren sich auf den Einfluss von Warte-, Wachstums- und Wechseloptionen bei Entscheidungen über Investitionszeitpunkte im Produktentwicklungsprozess unter Unsicherheit.

3. Realloptionen und die Verzögerung von Investitionen im Produktentwicklungsprozess unter Unsicherheit

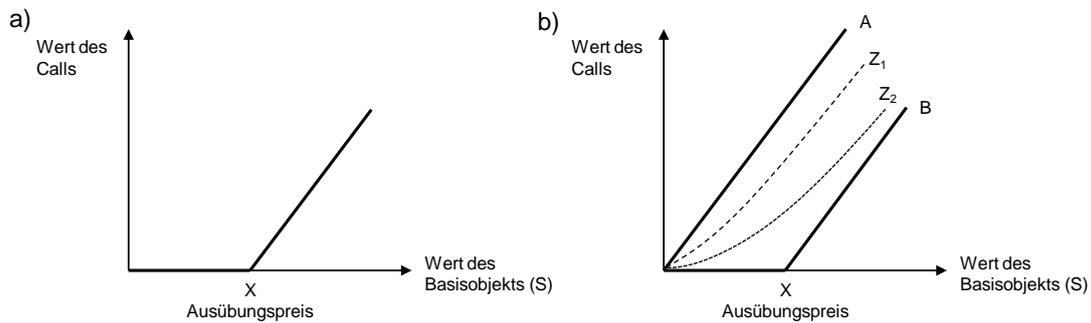
3.1 Finanzoptionstheorie als Ausgangspunkt der Realloptionstheorie

Die quantitativen Ursprünge der Realloptionstheorie finden sich in den Arbeiten von Black und Scholes (1973) und Merton (1973), die sich mit der Bewertung von Finanzoptionen beschäftigen. Der Eigner einer Call-Option hat das Recht, einen Vermögensgegenstand zu einem vorab festgelegten Preis innerhalb eines bestimmten Zeitraums zu erwerben (Black und Scholes, 1973). Dieser Vermögensgegenstand (das Basisobjekt mit Wert S) kann zu dem festgelegten Preis (dem Ausübungspreis X) während der Optionslaufzeit oder spätestens zu einem bestimmten Ausübungszeitpunkt Z erworben werden (Black und Scholes, 1973). Der Inhaber einer solchen Option hat die Möglichkeit, von vorteilhaften Entwicklungen des Basisobjekts zu profitieren, ohne im Fall von negativen Entwicklungen Verluste zu erleiden. Der Wert einer Call-Option (Y) beträgt am Ende der Laufzeit $Y_Z = \max(S - X, 0)$. Diese asymmetrische Verteilung des Zahlungsprofils ist in Abbildung 3.1a dargestellt. Der Bereich möglicher Optionswerte während der Laufzeit wird in Abbildung 3.1b eingegrenzt; die Grundüberlegungen hierzu gehen auf Merton (1973) zurück. Die Obergrenze (Gerade A) stellt den Wert des Basisobjekts dar. Die Untergrenze des Optionswerts ist

durch die Linie B dargestellt und ergibt sich aus der Differenz aus dem Wert des Basisobjekts und dem Ausübungspreis ($S - X$). Die Kurven Z_1 und Z_2 stellen mögliche Optionswerte vor Ablauf der Laufzeit dar. Unterschiedliche Optionspreismodelle dienen der quantitativen Bestimmung dieser Optionswerte.

Black und Scholes (1973) verwenden zur Bestimmung des Optionswerts einen zeitstetigen stochastischen Prozess in Form eines Wiener-Prozesses. Cox, Ross und Rubinstein (1979) vereinfachen die Optionsbewertung und nähern mit Binomialmodellen den stochastischen Prozess der Wertentwicklung durch einen zeitdiskreten Prozess mit zwei Folgezuständen an. Während sich bei Black und Scholes (1973) der Optionswert aus der Differenz zwischen einem unsicheren Vermögensgegenstand und einem vorab festgelegten Ausübungspreis ergibt, erweitert Margrabe (1978) das Modell und entwickelt ein Bewertungsmodell für Wechseloptionen, bei denen innerhalb einer vorab festgelegten Periode ein unsicherer Vermögensgegenstand mit einem anderen getauscht werden kann. Stulz (1982) modelliert unter Berücksichtigung von Wechselkosten den Wert von Optionen auf das Minimum oder Maximum zweier unsicherer Vermögensgegenstände. Das Finanzoptionspreismodell von Geske (1979) berücksichtigt die Bewertung von Call-Optionen auf eine weitere Call-Option. Diese Art von Option wird auch Verbundoption genannt. Carr (1988) erweitert schließlich die Idee der Verbundoptionen mit einer Wechseloption und modelliert somit eine Call-Option auf eine Wechseloption.

Abbildung 3.1: Zahlungsprofil einer Call-Option
(in Anlehnung an Black und Scholes, 1973, S. 638)



Dixit und Pindyck (1994, S.30ff.) zeigen, dass Investitionsentscheidungen bei realen Vermögensgegenständen analog zu der Ausübung von Optionen erfolgen. Demnach kann die Bewertung einer Realoption ganz ähnlich wie die Bewertung einer Finanzoption erfolgen. Hat ein Unternehmen die Möglichkeit, zu investieren, hält es eine Option. Es hat das Recht, aber nicht die Pflicht, einen realen Vermögensgegenstand zu einem zukünftigen Zeitpunkt zu kaufen (Dixit und Pindyck, 1994, S.6). Führt das Unternehmen die Investition durch, übt es die Option, zu investieren, aus und gibt gleichzeitig die Möglichkeit auf, auf neue Informationen zu warten. Da die Investition irreversibel ist und sie nicht rückgängig gemacht werden kann, stellt dieser Optionswert die Opportunitätskosten der Investition dar (Pindyck, 1991).

Die Realoptionstheorie überwindet damit Nachteile der Net Present Value-Regel, die eine Investition empfiehlt, sobald der Net Present Value (NPV) positiv ist. Dixit und Pindyck (1994, S.6) betonen, dass häufig bei der Anwendung der NPV-Investitionsregel Reversibilität der Investition angenommen wird, oder, sofern Irreversibilität zugrunde gelegt wird, eine jetzt-oder-nie-Entscheidungssituation für den Zeitpunkt der Investition angenommen wird und damit ausgeschlossen ist, dass die Investition auch später durchgeführt werden kann. Irreversibilität und die Möglichkeit, Investitionen

aufzuschieben, sind jedoch wichtige Eigenschaften von Investitionen in der Realität (Dixit und Pindyck, 1994, S.6). McDonald und Siegel (1986) zeigen, dass es mit der NPV-Regel zu Fehlinvestitionen kommen kann. Stattdessen sollte eine optimale Investitionsregel die Opportunitätskosten berücksichtigen, welche durchaus das Mehrfache der Investitionskosten annehmen können. Die Autoren zeigen, dass Unsicherheit den Optionswert erhöht, und es für ein Unternehmen vorteilhafter sein kann, mit der Investition (z.B. der Einführung eines neuen Produkts) zu warten, obwohl gemäß der NPV-Regel eine Investition zunächst vorteilhaft erscheint. Sie weisen darauf hin, dass der Wertverlust bei einer Projektfreigabe mit einem NPV von Null leicht 20 Prozent und mehr des Projektwerts betragen kann. Auch Pindyck (1993) zeigt am Beispiel von Unsicherheiten über die Inputkosten, dass es vorteilhaft sein kann, mit dem Start eines F&E-Projekts zu warten. Majd und Pindyck (1987) untersuchen mit Realoptionsmodellen den Einfluss der Unsicherheit auf sequentielle Investitionen, wie sie z.B. bei F&E-Projekten vorkommen. Sie zeigen, dass selbst risikoneutrale Unternehmen Investitionsraten erhöhen, verringern oder stoppen sollten, wenn sie die Möglichkeit haben, unter Unsicherheit auf neue Informationen zu warten. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aus Sicht der Realoptionstheorie optimale Investitionsentscheidungen vom Grad der Unsicherheit, Flexibilität und Irreversibilität abhängen (Dixit und Pindyck, 1994, S.3).

Um die Grundgedanken der Realoptionstheorie empirisch zu testen, bedarf es eines Untersuchungsdesigns, bei dem das Unsicherheitsmaß möglichst stark mit dem Optionswert korreliert. Frühe empirische Studien haben daher Investitionen untersucht, bei denen Rohstoffpreisentwicklungen eine bedeutende Rolle spielen und z.B. Optionswerte für Kupferminen (Brennan und Schwartz, 1985), Offshore Petroleum

Leases (Paddock, Siegel und Smith, 1988) oder Lagerbestände (Pindyck, 1994) analysiert werden. Diese Studien konnten bereits den Wert und die Aussagekraft der Theorie belegen. Paddock, Siegel und Smith (1988) stellen zusammenfassend in einer Tabelle die Wertkomponenten einer Aktienoption den Wertkomponenten von Investitionsmöglichkeiten in unentwickelte Petroleumvorkommen gegenüber. In Tabelle 3.1 sind diese Wertkomponenten verallgemeinert für Projekte aufgelistet und den Komponenten einer Call-Option auf eine Aktie gegenübergestellt.

Tabelle 3.1: Vergleich einer Call-Option auf eine Aktie mit einer Realoption auf ein Projekt (in Anlehnung an Trigeorgis, 1996, S.125)

Call-Option auf eine Aktie	Realoption auf ein Projekt
Aktienkurs	Wert der erwarteten Cash-Flows
Ausübungspreis	Investitionskosten
Laufzeit der Option	Zeitraum bis die Investitionsmöglichkeit verfällt
Volatilität des Aktienkurs	Volatilität des Projektwerts
Risikoloser Zinssatz	Risikoloser Zinssatz

Auch wenn zunächst die Analogie zwischen Aktienoption und Realoption sehr eindeutig erscheint, so ist die Betrachtung dennoch nicht vollständig. Da Realoptionen im Gegensatz zu Aktienoptionen nicht handelbar sind, können z.B. Anreize entstehen, durch ein frühes Ausüben der Realoption einem Wettbewerber zuvorzukommen. Zudem sind Realoptionen nicht unabhängig und treten häufig als Verbundoptionen auf (Trigeorgis, 1996, S.393). Diese Besonderheiten werden in nachgelagerten Kapiteln dieser Arbeit wieder aufgegriffen.

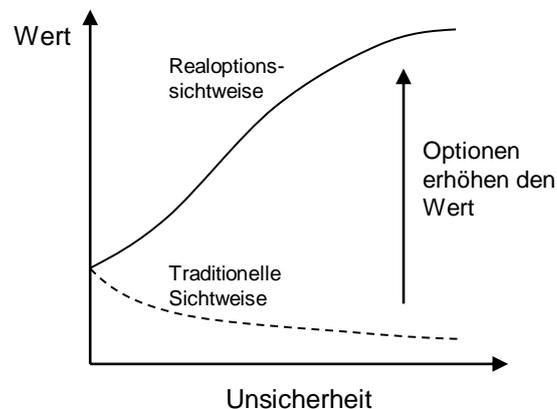
3.2 Investitionsentscheidungen unter Unsicherheit als unternehmerische Herausforderung

3.2.1 Realoptionen für betriebswirtschaftliche Entscheidungen

Myers (1977) weist in seiner Arbeit darauf hin, dass Wachstumsmöglichkeiten von Unternehmen als Call-Option angesehen werden können und bezeichnet sie als ‚Realoption‘. In seinen Ausführungen setzt sich der Unternehmenswert aus zwei Komponenten zusammen, aus dem Wert der existierenden Vermögensgegenstände und dem Wert der Wachstumsmöglichkeiten. Kester (1984) nennt die neuen Wachstumsmöglichkeiten ‚Wachstumsoptionen‘. Diese können z.B. Investitionen in F&E oder die Einführung eines neuen Produkts darstellen. Er zeigt für ausgewählte Unternehmen erstmals empirisch, dass der Wert dieser Wachstumsoptionen eine Wertkomponente des Marktwerts eines Unternehmens ist. Der Wert dieser Wachstumsoptionen steigt mit zunehmender externer Unsicherheit, sofern Manager die Handlungsflexibilität erkennen, auf die Entwicklung von Ereignissen reagieren und dabei die Flexibilität gezielt einsetzen (Amram und Kulatilaka, 1999, S.14f.).

Abbildung 3.2 zeigt vereinfacht diesen Zusammenhang und stellt die Realoptionssichtweise der traditionellen Sichtweise gegenüber, nach der traditionell angenommen wird, dass der sich der Wert von Vermögensgegenständen mit zunehmender Unsicherheit reduziert.

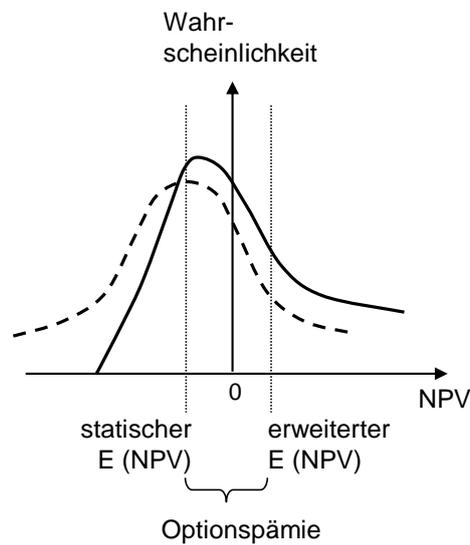
Abbildung 3.2: Unsicherheit steigert den Wert von Realloptionen
(Amram und Kulatilaka, 1999, S.15)



Zunehmende Unsicherheit über die erwarteten Einnahmen einer Investition erhöht zunächst die Standardabweichung der Verteilung möglicher Einnahmen, da Unsicherheit zu positiven wie auch zu negativen Entwicklungen führen kann. Haben Unternehmen in Realloptionen investiert, sichern sie sich einerseits gegen negative Entwicklungen ab, können jedoch auf der anderen Seite von positiven Entwicklungen profitieren. Diese asymmetrische Verteilung wirkt sich auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Einnahmen aus (vgl. Abbildung 3.3). Trigeorgis (1996, S.122f.) zeigt, dass ohne Handlungsflexibilität die Verteilung symmetrisch sein wird und das Investment den Wert eines statischen (oder passiven) Net Present Value (NPV) annimmt. Wenn das Unternehmen Handlungsflexibilität hat (z.B. die Möglichkeit, ein Projekt aufzuschieben), ist die Verteilung asymmetrisch und der erwartete erweiterte Net Present Value steigt. Die Differenz beider Werte stellt die Optionsprämie dar und gibt den Wert der Flexibilität wieder. Bauen Unternehmen mit Hilfe ihrer Vermögensgegenstände gezielt Handlungsflexibilität auf, können diese in besonderem Maße den Marktwert durch das Absichern gegen negative Ereignisse und

die Möglichkeit zum Ausnutzen vorteilhafter Ereignisse steigern (Amram und Kulatilaka, 1999, S.17).

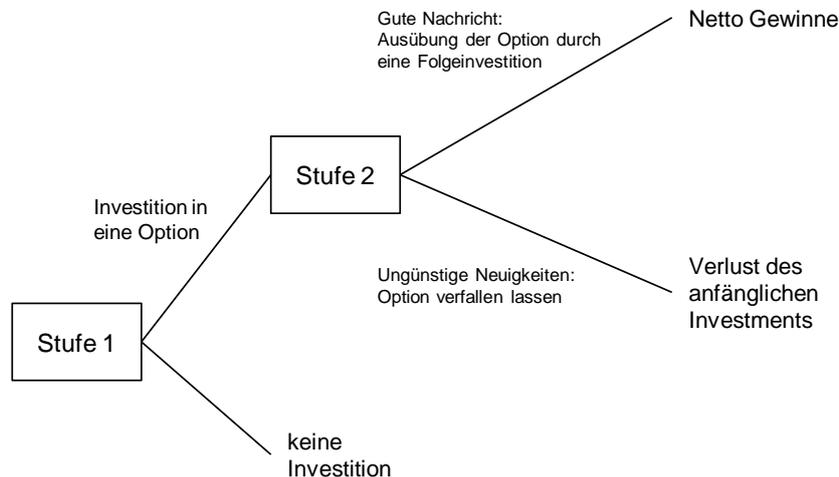
Abbildung 3.3: Symmetrische und asymmetrische Verteilung von erwarteten Einnahmen (Trigeorgis, 1996, S.123)



Adner und Levinthal (2004) diskutieren die Grenzen der Anwendung von Realloptionen bei Unternehmensstrategien. Sie betonen, dass Optionen eine bestimmte Struktur haben müssen (vgl. Abbildung 3.4). Danach erfolgt zunächst der Kauf einer Option (Stufe 1). Während des Haltens der Option beeinflussen externe Ereignisse den Wert der Option. In Abhängigkeit eines Marktsignals übt der Investor die Option aus oder lässt sie zu einem vorab festgelegten Zeitpunkt verfallen (Stufe 2). Die Autoren betonen, dass die Auflösung der Unsicherheit exogen erfolgen muss und dass Abbruchentscheidungen ex-ante klar definiert sein müssen, um die Realloptionslogik anzuwenden. Andere Autoren kritisieren diese restriktive Sicht der Abbruchmöglichkeit und plädieren dafür, dass sowohl endogene als auch exogene Unsicherheit zur Anwendung der Realloptionslogik geeignet sind (McGrath, Ferrier und Mendelow, 2004). Sie verweisen auf Dixit und Pindyck (1994, S.345f.), die bereits frühzeitig die Rolle von exogener Inputkosten-

Unsicherheit und technischer Unsicherheit, deren Auflösung endogen durch Unternehmensaktivitäten erfolgt, als Einflussfaktoren auf Realloptionswerte diskutieren.

Abbildung 3.4: Struktur von Realoptionen
(Adner und Levinthal, 2004, S. 75)



Forschungsarbeiten zur Realoptionstheorie haben unterschiedliche Typen von Realoptionen entwickelt, zu denen unter anderem die Warteoption, die Wachstumsoption, die Wechseloption, die Verbundoption bei sequentiellen Investments oder auch die Abbruchoption zählen (Trigeorgis, 1996, S.2f). Die verschiedenen Optionstypen finden Anwendung zur Lösung unterschiedlicher betriebswirtschaftlicher Problemstellungen. Empirische Studien nutzen die Argumentationen der Realoptionstheorie, um beispielsweise Entscheidungen über alternative Governance- und Investitionsformen (Folta, 1998; Tong und Li, 2011), die Dauer von Lizenznahmen (Jiang, Aulakh und Pan, 2009), die Ausweitung von internationalen Produktionsnetzwerken (Fisch und Zschoche, 2011), den Zeitpunkt von internationalen Markteintritten (Fisch, 2008) und von Unternehmensgründungen (O'Brien, Folta und Johnson, 2003) oder die Neigung zur Investition in F&E (McGrath und Nerkar, 2004) zu erklären. Die Studien belegen, dass Entscheidungsträger auf den Wert der Flexibilität

reagieren und ihn (implizit) bei Investitionsentscheidungen berücksichtigen. Da sich die vorliegende Arbeit mit Investitionsentscheidungen im Bereich der F&E beschäftigt, wird nachfolgend ein zusammenfassender Überblick über bisherige Forschungsarbeiten zum Thema Realoptionen und F&E-Investitionsentscheidungen dargestellt.

3.2.2 F&E-Investitionen als Realoptionen

Die Realoptionstheorie bietet Erklärungen, um optimale Investitionsentscheidungen im Bereich der F&E zu bestimmen und getätigte Entscheidungen zu analysieren. Vor allem der Forschungsstrang des Strategischen Managements hat die Theorie für empirische Untersuchungen von F&E-Investitionsentscheidungen aufgegriffen und z.B. die Frequenz von F&E-Investitionen (Cuervo-Cazurra und Un, 2010), den Einfluss von F&E-Investitionen auf den Marktwert von Unternehmen (Reuer und Tong, 2007a; Oriani und Sobrero, 2008; Levitas und Chi, 2010), Portfolioentscheidungen bei strategischen F&E-Allianzen (Vassolo, Anand und Folta, 2004) oder die Neigung zur Investition in F&E-Optionen (McGrath und Nerkar, 2004) untersucht.

Die Realoptionsstruktur von bedingten Investitionsentscheidungen zeigt sich auch bei F&E-Investitionen: Nach einer ersten Investition erhält das Unternehmen die Möglichkeit, eine gewinnbringende Folgeinvestition zu einem späteren Zeitpunkt zu tätigen (Mitchell und Hamilton, 1988; Newton und Pearson, 1994; McGrath, 1997). Dabei ist das Verlustrisiko auf die erste Investition begrenzt. Diese erste Investition ist der Optionspreis, den das Unternehmen für die Option zahlt (McGrath, 1997). Da vor der Einführung eines neuen Produktes ausschließlich Entwicklungskosten angefallen sind und noch keine direkten Cash-Flows eingenommen werden, ist der Wert des

Projekts nach der NPV-Regel negativ. Realloptionsmodelle zeigen hingegen, dass dieser Investitionswert unter Unsicherheit dennoch positiv sein kann (Trigeorgis, 1996, S.264ff.). Ein solcher positiver Wert kann Unternehmen dazu motivieren, in ein Projekt mit Optionsstruktur zu investieren, da es die Möglichkeit bieten wird, vorteilhaft auf Unstetigkeit im Umfeld zu reagieren. Die Entwicklung eines neuen Produkts bietet die strategische Flexibilität, zu entscheiden, ob und wann das neue Produkt in den Markt eingeführt wird (Sanchez, 1993).

Im Bereich der Literatur zur Realloptionsforschung lassen sich die konzeptionellen Arbeiten über Investitionen im F&E-Prozess in vier Bereiche unterteilen. Ein erster Bereich nutzt die Realloptionstheorie, um den Wert von kompetitiven F&E-Projekten zu bestimmen (Childs, Ott und Triantis, 1998; Childs und Triantis, 1999; Lint und Pennings, 2002). Sie zeigen, dass die Wahl der Entwicklungsstrategien und die Allokation von Ressourcen von den Wechseloptionswerten zwischen den Projekten beeinflusst werden. Ein zweiter Bereich greift die Verbundoptionen der Realloptionstheorie auf, um sequentielle Investitionsentscheidungen im F&E-Prozess zu bewerten (Loch und Bode-Greuel, 2001; Jensen und Warren, 2001; Lee und Paxson, 2001; Lint und Pennings, 1999, 2001; Cassimon et al., 2004; Pennings und Sereno, 2011). Hierzu zählen sowohl die Bewertung von Erstinvestitionen in Entwicklungsprojekte als auch die Bewertung zur Entscheidung über die Markteinführung eines neuen Produkts am Ende des F&E-Prozesses. Ein dritter Bereich hebt die Bedeutung der Dauer von Prozessphasen (auch ‚time-to-build‘ oder ‚investment lag‘) bei mehrstufigen Investitionsentscheidungen im F&E-Prozess hervor (Majd und Pindyck, 1987; Bar-Ilan und Strange, 1996, 1998; Weeds, 1999; Pacheco-de-Almeida und Zemsky, 2003). Danach hängt der Einfluss der Unsicherheit auf

Investitionsentscheidungen von der Dauer und Struktur des Prozesses ab. Der vierte Bereich betrachtet Investitionen in die Entwicklung und Markteinführung neuer Produkte als einen Prozess von strategischen Entscheidungen unter Berücksichtigung der Optionssichtweise („option lense“) (Bowman und Hurry, 1993; Sanchez, 1993; Hurry, 1994). Statt Realloptionen mit Modellen konkret zu bewerten, bieten danach die ökonomischen Argumentationen der Theorie eine Logik für den Verhaltensprozess bei schrittweisen Ressourcenallokationsentscheidungen (Bowman und Hurry, 1993). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Management einerseits Realloptionen als analytisches Instrument (Dixit und Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996) und andererseits als strategische Heuristik (McGrath, Ferrier und Mendelow, 2004) eingesetzt werden.

3.2.3 Realloptionslogik zur Erklärung von Investitionszeitpunkten

Quantitative Ansätze zur Bewertung von Realloptionen stellen Unternehmen vor Herausforderungen und erschweren die Implementierung der Bewertungsverfahren (Lander und Pinches, 1998; Bowman und Moskowitz, 2001). Dies wird als ein Hauptgrund für die zwar zunehmende, insgesamt aber relativ zögerliche Einführung von Realloptionsmethoden in der Unternehmenspraxis benannt (Busby und Pitts, 1997; Vollrath, 2003; Triantis, 2005). Trotz dieser Erkenntnisse über die Anwendung von Realloptionsbewertungsverfahren zeigen Laborstudien, dass Manager intuitiv Realloptionen bewerten (Howell und Jägle, 1997; Miller und Shapira, 2004). Diese Erkenntnisse entsprechen den Grundgedanken der Realloptionslogik („real-options reasoning“): Danach berücksichtigen Entscheidungsträger (implizit) den Wert der Handlungsflexibilität bei Investitionsentscheidungen (McGrath und Nerkar, 2004). Unternehmen können die Varianz zukünftiger Zahlungsströme beeinflussen, indem sie

in Projekte mit größerer Varianz der erwarteten Einnahmen investieren, dabei Verlustrisiken begrenzen und gleichzeitig die Chance, von positiven Entwicklungen zu profitieren, nutzen (McGrath, 1998, 1999; McGrath und MacMillan, 2000).

Um mit Hilfe strukturierter qualitativer Analysen optimale Zeitpunktentscheidungen im Unternehmen zu treffen, schlagen Miller und Folta (2002) Faktoren zur Bewertung flexibilitätsorientierter Investitionen vor. Empirische Studien zeigen, dass Unternehmen diese Faktoren bewusst oder unbewusst bei Entscheidungen über Investitionszeitpunkte von F&E sowie über Markteintrittszeitpunkte berücksichtigen (McGrath und Nerkar, 2004; Folta und O'Brien, 2004). Danach nutzen Entscheidungsträger die Realoptionslogik, berücksichtigen Realoptionswerte und reagieren auf die Entwicklung der Faktoren, die diese Werte beeinflussen. Andere Studien zeigen, dass externe Investoren bei der Bewertung von Unternehmen verschiedene Realoptionswerte, die durch F&E-Investitionen geschaffen werden, berücksichtigen (Oriani, 2007; Oriani und Sobrero, 2008). Ob auch Entscheidungsträger in Unternehmen die zugrundeliegenden Faktoren von unterschiedlichen Optionswerten bei der Wahl der Investitionszeitpunkte im F&E-Prozess berücksichtigen, wurde bisher nicht untersucht.

Investitionsentscheidungen im Bereich der F&E hängen häufig von der Interaktion mehrerer Realoptionswerte ab (Oriani und Sobrero, 2008). Hat ein Unternehmen die Möglichkeit, zu investieren, kann es den Start der Entwicklung eines neuen Produkts bei Unsicherheit verzögern und so eine *Warteoption* halten (McDonald und Siegel, 1986; Pindyck, 1993). Das entwickelte Produkt bietet die *Wachstumsoption*, das Produkt herzustellen und in den Markt einzuführen (Mitchell und Hamilton, 1988; Sanchez, 1993). Die Aussicht auf diese Wachstumsoption bietet einen Anreiz, zu investieren. Da sich beide Optionswerte mit einem Anstieg der Unsicherheit erhöhen,

hängt die Investitionsentscheidung vom Trade-off der beiden Werte ab (Folta und O'Brien, 2004; Fisch, 2008; Oriani und Sobrero, 2008). Sofern die Produktentwicklung Entscheidungsflexibilität über alternative Produktdesigns bietet, hält das Unternehmen eine *Wechseloption*, also zwischen bisheriger und neuer Technologie durch eine Produktsubstitution zu wechseln (Kulatilaka, 1986; Anand, Oriani und Vassolo, 2007). Ist das Produkt entwickelt, hat das Unternehmen erneut die Möglichkeit, zu warten und die Substitution des im Markt befindlichen Produkts zu verschieben, oder das neue Produkt sofort in den Markt einzuführen. Unsicherheit erhöht den Wert des Wartens, während hingegen die Möglichkeit, dem Wettbewerb zuvorzukommen, den Wert einer frühzeitigen Produktsubstitution erhöht (Kogut und Kulatilaka, 1994).

3.3 Forschungslücken im Kontext bisheriger empirischer Studien

Der vorangegangene Abschnitt 3.2.3 zeigt die Bedeutung der Realoptionslogik zur Untersuchung des Zusammenhangs von Unsicherheit und der Wahl von Investitionszeitpunkten im Bereich des Produktentwicklungsprozesses. In diesem Abschnitt wird die theoretische Forschungslücke entwickelt und der Forschungsbedarf über den Aufbau einer Wechseloption (durch Investitionen in die Entwicklung eines alternativen Produkts) und der Ausübung von Wechseloptionen (durch die Markteinführung des neuen Produkts) hergeleitet. Der gemeinsame Forschungsbedarf beider Fragestellungen besteht aus drei Kernpunkten: (a) Mangelnde empirische Realoptionsstudien zu Investitionsentscheidungen unter Unsicherheit auf Produktebene, (b) fehlende empirische Studien über den Einfluss exogener Unsicherheiten von sich gegenseitig ausschließenden Folgeinvestitionsmöglichkeiten und (c) Unklarheit über die

Rolle von Optionen bei Substitutionsentscheidungen im Wettbewerb. Um die Forschungslücken zu füllen, werden Investitionen in Materialsubstitutionsprojekte betrachtet. Dies bietet gleichzeitig die Möglichkeit, Lösungen für die praktische Problemstellung (die Wahl von Investitionszeitpunkten unter Materialpreisvolatilität) zu entwickeln. Um die Forschungslücken einzugrenzen, werden im Folgenden auch empirische Studien aufgegriffen, die über die Realoptionstheorie hinausgehen.

3.3.1 Entscheidung über den Entwicklungsstart unter Unsicherheit

Obwohl empirische Studien einen Zusammenhang zwischen dem gewählten Zeitpunkt einer F&E-Investition und dem Unternehmenserfolg belegen (Perillieux, 1987; Datar et al., 1997; Katila und Chen, 2008), gibt es kaum Studien, die den Zeitpunkt des Produktentwicklungsstarts erklären. Afuah (2004) zeigt, dass Start-ups früher radikale Technologien bei der Entwicklung neuer Produkte aufgreifen als etablierte Unternehmen. Kontextvariablen wie z.B. Unsicherheiten bleiben unberücksichtigt. Hoffmann, Trautmann und Hamprecht (2009) untersuchen anhand von Fallstudien die Rolle der regulatorischen Unsicherheit bei Investitionsentscheidungen über die Entwicklung von Kraftwerken. Sie zeigen, dass Unternehmen unter Unsicherheit Investitionen nicht aufschieben, wenn diese Investitionsprojekte wertvolle Unternehmensressourcen schützen, komplementäre Ressourcen ergänzen oder den Druck der Stakeholder mildern. McGrath und Nerkar (2004) untersuchen die Neigung von Unternehmen, in F&E-Optionen zu investieren. Sie zeigen anhand von Patentdaten im Bereich der pharmazeutischen Industrie, dass Unternehmen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eine Realoption aufbauen, wenn die mögliche Anwendungsbreite der Technologie hoch ist, wenn das Engagement von Wettbewerbern in dem neuen

Technologiefeld stark ist und wenn bereits wenig in andere Optionen, die verfallen könnten, investiert wurde. Die Autoren betrachten ausschließlich Wachstumsoptionen und nehmen an, dass neue Wachstumsoptionen den Wert des Optionsportfolios reduzieren. Mehrere Realoptionen können sich jedoch auch ergänzen, indem sie unter Unsicherheit die wertvolle Möglichkeit bieten, zu wechseln (Anand, Oriani und Vassolo, 2007) und damit Flexibilität bieten, um auf unsichere Rahmenbedingungen zu reagieren.

Stulz (1982) zeigt anhand von Finanzoptionsmodellen, dass der Wert von Wechseloptionen von den jeweiligen Unsicherheiten abhängt, die spezifisch für die alternativen Investitionsmöglichkeiten sind. Er zeigt zudem, dass die Unsicherheitskorrelation den Wechseloptionswert beeinflusst und die Ergebnisse auch für reale Investitionsmöglichkeiten anwendbar sind. Die empirische Analyse von McGrath und Nerkar (2004) über die Neigung zur Investition in eine F&E-Option berücksichtigt allerdings weder exogene Unsicherheit für die einzelnen Optionen im Portfolio, noch eine exogene Unsicherheit für das gesamte F&E-Portfolio.

Produktentwicklungsprozesse bieten typischerweise Folgeinvestitionsmöglichkeiten durch eine mehrstufige Prozessstruktur (z.B. Jägle, 1999; Loch und Bode-Greuel, 2001; Lint und Pennings, 2001; Cassimon et al., 2004). Eine anfängliche Investition eröffnet daher Flexibilität für Folgeentscheidungen (Miller und Folta, 2002). So bietet die Entwicklung eines neuen Produkts die Möglichkeit, dieses Produkt in den Markt einzuführen und die Vorgängerversion des Produkts abzulösen. Der optimale Startzeitpunkt zur Entwicklung des neuen Produkts könnte aus Sicht der Realoptionslogik von dem Wert des neuen Produkts und der eingebetteten Investitionsmöglichkeit, zu einem späteren Zeitpunkt das existierende Produkt abzulösen, abhängen. Ob Entscheidungsträger intuitiv die Unsicherheiten, die die Werte

der kompetitiven Investitionsmöglichkeiten beeinflussen, bei der Investitionsentscheidung über den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts berücksichtigen, ist bisher eine offene Fragestellung. Daher wird in der vorliegenden Studie der Einfluss dieser Unsicherheiten sowie der Korrelation der Unsicherheiten auf die Neigung, den Entwicklungsstart eines neuen Produkts zu verzögern, untersucht.

3.3.2 Entscheidung über den Zeitpunkt der Produktsubstitution

Der Zeitpunkt der Markteinführung ist eine bedeutsame taktische Entscheidung, um die Erfolgchancen des neuen Produkts im Markt zu erhöhen (Di Benedetto, 1999). Zeitpunktentscheidungen über die Markteinführung sind bereits Gegenstand zahlreicher empirischer Untersuchungen gewesen (z.B. Schoenecker und Cooper, 1998; Atuahene-Gima und Ko, 2001; Gatignon et al., 2002; Prieger, 2007; Aboulnasr et al., 2008; Lee, 2008, 2009). Allerdings haben diese Studien stets die in den Markt eingeführten Produkte isoliert betrachtet und darauf verzichtet, Eigenschaften der Produkte oder Technologien, die abgelöst werden, im Untersuchungsmodell zu berücksichtigen. Lawless und Anderson (1996) wie auch Peres, Muller und Mahajan (2010) heben hervor, dass der Zeitpunkt für die Einführung einer neuen Produktgeneration, welche auf einer neuen Technologie basiert, bisher in der Literatur vernachlässigt wird.

Ein Technologiewechsel findet häufig durch die Einführung eines neuen Produkts und der simultanen Substitution der bestehenden Produktgeneration statt (Hise und McGinnis, 1975; Saunders und Jobber, 1988, 1994; Tushman und Rosenkopf, 1992; Cohen und Eliashberg, 1996). Während es in der Unternehmenspraxis einhellige Meinung ist, dass Produktgenerationen substituiert werden, sobald das neue Produkt

verfügbar ist (Peres, Muller und Mahajan, 2010), kann der optimale Zeitpunkt für eine Produktsubstitution jedoch durchaus auch später als der Fertigstellungstermin der Produktentwicklung sein (Pae und Lehmann, 2003).

Wu, Balasubramanian und Mahajan (2004) zeigen empirisch, dass Befürchtungen über mögliche Kannibalisierungseffekte auf bestehende Produkte zu einer verzögerten Markteinführung einer neuen Produktgeneration führen können. Mitchell (1989) legt dar, dass Unternehmen mit der Einführung eines diskontinuierlichen Produkts warten, wenn eigene Produkte nicht durch Wettbewerber bedroht sind. Treten externe Ereignisse ein (z.B. komplementäre Innovationen oder Innovationen durch Wettbewerber), steigt die Wahrscheinlichkeit, dass die neue Produktgeneration früher eingeführt wird (Turner, Mitchell und Bettis, 2010). Die Studien betonen die Bedeutung externer Faktoren für die Zeitpunktentscheidung. Hinsichtlich der Bedeutung der Unsicherheit erwähnt nur Mitchell (1989), dass Unternehmen den Anreiz, so lange mit der Einführung einer neuen Produktgeneration zu warten, bis sich die Unsicherheit reduziert hat, mit dem Vorteil, vor dem Wettbewerb in den Markt einzutreten, abwägen müssen. Sofern Unternehmen unter Unsicherheit warten, könnten Entscheidungsträger das neue Produkt als eine Option auf eine spätere Markteinführung betrachten (Wu, Balasubramanian und Mahajan, 2004). Empirische Markteintrittsstudien auf Firmenebene untersuchen den Einfluss der Unsicherheit auf den Investitionszeitpunkt (Folta und O'Brien, 2004; Fisch, 2008). Sie zeigen, dass der trade-off zwischen frühem Eintritt zur Sicherung von Wachstumsoptionen im Wettbewerb und dem Warten unter Unsicherheit eine hohe Bedeutung für die Zeitpunktentscheidung hat. Empirische Untersuchungen über den Einfluss von Unsicherheiten auf die Verzögerung einer Produktsubstitution stehen aus.

3.3.3 Materialsubstitutionen als Untersuchungsobjekt

Um im Bereich der Realloptionslogik mit einer empirischen Studie über Produktsubstitutionsentscheidungen einen Forschungsbeitrag zu leisten, wird diese Arbeit Investitionszeitpunkte zur Entwicklung bzw. Markteinführung von neuen Produkten aus neuen Materialien untersuchen. Der analytische Vorteil von Materialsubstitutionsprojekten als Untersuchungsobjekt liegt darin, dass Investitionsentscheidungen diskret sind, die Projekte Folgeinvestitionsmöglichkeiten bieten und die Volatilitäten von Materialpreisen als beobachtbare exogene Unsicherheitsmaße genutzt werden können. Außerdem können nach der Initiierung eines Materialsubstitutionsprojekts Investitionsströme im Fall von Misserfolg gestoppt werden. Diese Bedingungen ermöglichen ein Untersuchungsdesign, welches den in der Vergangenheit diskutierten Bedingungen zur Anwendung von Realoptionen bei Unternehmensstrategien genügen soll (vgl. Adner und Levinthal, 2004; siehe auch 3.2.1).

3.4 Materialsubstitution als reale Wechseloption

3.4.1 Einsatz neuer Materialien bei volatilen Rohstoffpreisen

Der Einsatz innovativer Materialien ermöglicht die Verbesserung von Eigenschaften und Kosten industrieller Produkte. Trotz technischer Vorteile erfolgt jedoch der kommerzielle Einsatz neuer Materialien oft viel später (Eagar, 1995; Maine, Probert und Ashby, 2005). Im Fall von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) betrug

der Zeitraum zwischen der Verfügbarkeit in den 60er Jahren und der Entscheidung von BMW, das Material erstmals für eine Karosserie in einem Volumenmodell (dem BMW i3) einzusetzen, fast ein halbes Jahrhundert. Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe wurden bereits in den letzten zwei Jahrzehnten bei Rennserien eingesetzt sowie für ausgewählte handgefertigte Komponenten bei Kleinserien verwendet. Die Entscheidung von BMW zum Einsatz von CFK in der Großserie hat zu Reaktionen bei anderen deutschen Premiumherstellern (Daimler, Audi, VW) geführt. Sie folgten der Entscheidung von BMW mit der Ankündigung von eigenen Initiativen, die ebenso Zugang und Erfahrung mit der Technologie für Großserien ermöglichen sollten. Während die Karbonfaser immer noch deutlich teurer als Aluminium oder Stahl ist, führen neue Verarbeitungstechnologien und steigende Stahlpreise seit der Finanzkrise dazu, dass das neue Material an Attraktivität gewinnt.

Das vorangegangene praktische Beispiel macht deutlich, dass Preisveränderungen von alternativen Materialien den Investitionsschwellenwert, ein neues Material für neue Produkte aufzugreifen, beeinflusst. Neben hohen Kosten für das neue Material (diese können zu Beginn unerschwinglich hoch sein, z.B. ist der Preis für Karbonfasern mittlerweile um mehr als 90 Prozent gefallen), können Materialpreise stark schwanken und Einschätzungen der Unternehmen über zukünftige Preise erschweren. Wenn sich ein Unternehmen dazu entscheidet, als Early-Mover mit dem neuen Material in den Markt einzusteigen, trägt es das Risiko, Materialpreise zu zahlen, die die Vorteile einer Technologieführer-Strategie zunichtemachen (Lieberman und Montgomery, 1988). Hat hingegen eine Firma hinsichtlich der Materialpreisentwicklungen Flexibilität aufgebaut (d.h. Substitutionsmöglichkeiten in Abhängigkeit von Preisveränderungen; vgl.

Kulatilaka, 1986), können innovative Unternehmen Kostenvorteile gegenüber Wettbewerbern beim Materialeinsatz erzielen.

In Zeiten hoher Rohstoffpreisvolatilitäten stehen produzierende Unternehmen vor der Herausforderung, bestehende Produkte und mögliche neue Produkte aus geeigneten Materialien zu marktfähigen Kosten herzustellen. Zudem erzeugen volatile Materialpreise Planungsunsicherheiten für produzierende Unternehmen. Die folgenden Abschnitte zeigen, wie Unternehmen die Dynamik der Materialpreise bei Substitutionsprojekten nutzen könnten, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Die vorliegende Arbeit betrachtet Neuproduktentwicklungen, die initiiert wurden, um ein bestehendes Produkt zu substituieren. Materialinnovation selbst wird dabei definiert als die Ablösung des alten Produkts durch ein neues Produkt, welches auf einem neuen Material basiert (vgl. Saunders und Jobber, 1988, 1994; Tushman und Rosenkopf, 1992)

3.4.2 Aufbau und Ausübung von Optionen zur Materialsubstitution

Bereits Tilton (1984, 1991) zeigt anhand ökonomischer Modelle, dass durch technologischen Fortschritt und Investitionsschwellenwerte der Zusammenhang zwischen Materialpreisentwicklungen und der Entscheidung zur Materialsubstitution diskret und zumeist irreversibel ist. Branchenbefragungen betonen die Bedeutung der Materialpreise für neue Materialanwendungen (Holmes, 1990a, 1990b; Eastin, Shook und Fleishman, 2001) und Branchenstudien zeigen einen Zusammenhang zwischen Preisschwankungen und Materialsubstitutionsprozessen (Messner, 2002). Tyagi (2006) zeigt modelltheoretisch, dass Unsicherheit über die Inputkosten zur Herstellung eines Produkts das Risiko von Misserfolgen neuer Produkte im Markt erhöht und weist darauf

hin, dass Inputkosten-Unsicherheit Entscheidungen über die Entwicklung und Einführung neuer Produkte beeinflussen kann. Empirische Befunde zeigen, dass höhere Stückkosten als ursprünglich geplant den Verkaufserfolg neuer Produkte beeinflussen (Tatikonda und Montoya-Weiss, 2001). Der unerwartete Anstieg der variablen Kosten kann einen Anreiz bieten, den Wechsel zu einem neuen Produkt aufzuschieben. Als Konsequenz könnten Entscheidungsträger das neue Produkt als eine Option auf eine spätere Markteinführung betrachten (Wu, Balasubramanian und Mahajan, 2004).

Die Realloptionstheorie bietet Modelle zur Erklärung des Zusammenhangs zwischen Inputkosten-Unsicherheit und optimalen Investitionsentscheidungen (Dixit und Pindyck, 1994, S.345ff.). Im Bereich von Investitionen zur Erschließung natürlicher Rohstoffquellen konnte mit Hilfe der Realloptionstheorie gezeigt werden, dass Materialpreisschwankungen maßgeblich den Investitionswert (Brennan und Schwartz, 1985; Paddock, Siegel und Smith, 1988; Cortazar, Schwartz und Casassus, 2001) und damit die Zeitpunkte solcher Investitionen beeinflussen (Harchaoui und Lasserre, 2001; Moel und Tufano, 2002). Theoretische Arbeiten haben Realloptionsmodelle zur Bestimmung von realen Wechseloptionswerten bei alternativen Inputfaktoren entwickelt (z.B. He und Pindyck, 1992; Kulatilaka, 1993; Dixit und Pindyck, 1994, S.405ff.; Brekke und Schildrop, 2000). Adkins und Paxson (2011) zeigen analytisch, wie die Inputkosten-Unsicherheit zweier sich gegenseitig ausschließenden Inputs die Grenzen des optimalen Wechselzeitpunkts beeinflussen. Empirische Studien mit Anwendung von Wechseloptionen aus Sicht der Realloptionslogik untersuchen Desinvestitionen im Kontext F&E-Allianzen (Vassolo, Anand und Folta, 2004) und bei ausländischen Konzerngesellschaften (Belderbos und Zou, 2009). Jedoch beziehen die Studien nicht das Zusammenspiel zwischen der Unsicherheit einer

Investitionsmöglichkeit und den Unsicherheiten der anderen Investitionsmöglichkeiten ein. Werden hingegen beim Wechsel zweier Inputfaktoren die Inputkosten- Unsicherheiten beider alternativen Inputs bei der Entscheidung berücksichtigt, ermöglichen Realloptionsmodelle die Bestimmung optimaler Investitionsentscheidungen (He und Pindyck, 1992; Breeke und Schieldrop, 2000; Adkins und Paxson, 2011). Diese Beachtung der beiden Inputkosten- Unsicherheiten erlaubt zudem, den Einfluss der Korrelation der zugrundeliegenden Vermögensgegenstände (d.h. der ‚underlyings‘) zu untersuchen.

In seinen frühen Arbeiten über Wechseloptionen erwähnt Kulatilaka (1986), dass z.B. Automobilhersteller unterschiedliche Metalle oder Kunststoffe für bestimmte Komponenten in Abhängigkeit von den Inputkosten der Alternativen einsetzen. Er zeigt, dass die Inputkosten einen starken Einfluss auf den Flexibilitätswert haben und weist daraufhin, dass dieser Wert die Entscheidungsgrundlage für Materialwechsel im Produktdesign bildet. Ein Unternehmen initiiert mit der Entwicklung eines Produkts, welches aus einem neuen Material ist, ein mehrstufiges Investitionsprojekt und baut eine Option zur Substitution von Materialien auf. Es steht vor der Entscheidung, jetzt oder später das neue Produkt zu entwickeln. Da eine Produktentwicklung zum Aufbau einer Wechseloption führt und damit die Option erschließt, nach der Fertigstellung das bestehende Produkt im Markt zu ersetzen, müsste aus Sicht der Realloptionslogik der ex-ante Flexibilitätswert die Grundlage für eine optimale Entscheidung bilden.

Wurde die Produktentwicklung erfolgreich bis zur Fertigstellung durchgeführt, hat das Unternehmen die Möglichkeit, die Produktsubstitution sofort oder später durchzuführen. Wenn es sofort das neue Produkt in den Markt einführt und die Wechseloption ausübt, realisiert es Netto-Cash-Flows in Abhängigkeit von den aktuellen Inputkosten für das

neue Material. Entscheidet sich das Unternehmen für eine Verzögerung der Markteinführung, wird es die Netto-Cash-Flows in Abhängigkeit vom Preis des alten Materials realisieren und zugleich die Option halten, zu einem späteren Zeitpunkt zu wechseln (Kulatilaka und Trigeorgis, 1994). Ein Unternehmen, welches ein neues Produkt entwickelt hat, hält die Wechseloption, das Produkt in den Markt einzuführen und das bestehende Produkt zu ersetzen. Wie auch bei der Entscheidung über den Entwicklungsstart könnte aus Sicht der Realloptionslogik der Flexibilitätswert des Projekts die Grundlage einer optimalen Entscheidung über den Zeitpunkt der Markteinführung bilden. In beiden Fällen bilden demnach die eingebetteten Optionswerte die Entscheidungsgrundlage. Mit Hilfe der Realloptionslogik lassen sich die Faktoren ermitteln, die diese Optionswerte beeinflussen und auf deren Änderung Entscheidungsträger reagieren (McGrath und Nerkar, 2004). Die Realloptionslogik ermöglicht daher, ein Modell über die Verzögerung der Ressourcenallokation für die Entwicklung und die Markteinführung zu entwickeln, aus dem im Anschluss daran jeweils Hypothesen abgeleitet werden.

3.5 Einflussfaktoren eines verzögerten Entwicklungsstarts

3.5.1 Modell

Im Folgenden wird angenommen, dass aufgrund des Kosten-/Leistungs-Verhältnisses ein neues Material für die Substitution eines bisherigen Materials potentiell in Frage kommt. Plant ein Unternehmen basierend auf dem neuen Material die Entwicklung eines neuen Produkts, muss es zum Zeitpunkt des geplanten Entwicklungsstarts entscheiden, ob das Projekt freigegeben wird oder verzögert wird. Entscheidet sich das

Unternehmen, das neue Material einzusetzen, erhält es die Möglichkeit, die Produktversion, die gegenwärtig auf dem Markt ist, zu ersetzen. Das Unternehmen hat die Wahl, in die Produktentwicklung des neuen Produkts (Index N) zu investieren oder es kann diese Möglichkeit für später bewahren und das alte Produkt zunächst weiter verwenden (Index O).

Die Möglichkeit zum Aufschub des Entwicklungsstarts bietet dem Unternehmen die Warteoption D . Die Warteoption verringert ihren Wert mit zunehmender Dauer des Entwicklungsprojekts T (Bar-Ilan und Strange, 1996; Pacheco-de-Almeida, Henderson und Cool, 2008). Sobald das Unternehmen die Warteoption über die Produktentwicklung ausübt, erhält es die Wachstumsoption G_N , das neue Produkt in den Markt einzuführen (Kester, 1984). Wenn es sofort investiert, erhält es den Wert einer sofortigen Wachstumsoption G_{NI} . Wenn das Unternehmen wartet, hält es die Warteoption D und behält sich den Zugang zu einer späten Wachstumsoption G_{ND} vor (Miller und Folta, 2002; Fisch, 2008). Das Unternehmen wird die Investition verzögern, wenn der Investitionswert der sofortigen Investition geringer ist als der Wert der verzögerten Investition (Folta und O'Brien, 2004).

$$G_{NI} < D(T) + G_{ND} . \quad (1)$$

Der Wert der sofortigen Wachstumsoption steigt, wenn die Möglichkeit besteht, Wettbewerbern zuvorzukommen (Miller und Folta, 2002; Folta und O'Brien, 2004). Ein Wettbewerbsvorsprung ($h > 1$) in der Produktentwicklung macht die frühe Wachstumsoption wertvoller als die späte Wachstumsoption ($G_{NI} > G_{ND}$). Substituiert man G_{NI} für hG_N und G_{ND} für G_N (vgl. auch Fisch, 2008) und schreibt die Ungleichung (1) neu, ergibt sich:

$$h \times G_N < D(T) + G_N < 0 . \quad (2)$$

Ein Unternehmen wird die Investition aufschieben, wenn der Gesamtinvestitionswert V kleiner als Null ist:

$$V = -D(T) + (h-1)G_N < 0 . \quad (3)$$

Neben der Wachstumsoption für das neue Produkt beinhaltet auch das bestehende Produkt eine Wachstumsmöglichkeit (z.B. durch geringere Kosten für das alte Material). Investiert das Unternehmen in die Entwicklung des neuen Produkts, hält es die zwei Wachstumsoptionen G_N und G_O . Da das neue Produkt entwickelt wird, um das bestehende Produkt mit dem alten Material zu ersetzen, liegen mit der Produktentwicklung zwei sich gegenseitig ausschließende Folgeinvestitionsmöglichkeiten G_N und G_O vor. Das Unternehmen hat eine Option zum Wechsel von der alten zur neuen Technologie aufgebaut (Kulatilaka und Trigeorgis, 1994). Der Wert der Wechseloption zwischen zwei Technologien ist die Option auf die Differenz zwischen den Werten zweier risikoreicher Vermögensgegenständen (Oriani, 2007). Daher wird der Wachstumsoptionswert G_O von dem Gesamtinvestitionswert von der Ungleichung (3) subtrahiert:

$$V = -D(T) + (h-1)G_N - G_O < 0 . \quad (4)$$

Bisher wurde aus zwei Wachstumsoptionen eine Wechseloption gestaltet (vgl. Anand, Oriani und Vassolo, 2007). Da die beiden Wachstumsoptionen redundante Investitionsmöglichkeiten darstellen, sie jedoch gleichzeitig Handlungsflexibilität bieten, um auf unerwartete Materialpreisentwicklungen zu reagieren, muss die Ungleichung (4) um eine Portfoliokomponente ergänzt werden, die die Korrelation der beiden zugrundeliegenden Vermögensgegenstände berücksichtigt (Vassolo, Anand und Folta, 2004). Diese Korrelation beeinflusst die Differenz der beiden Vermögensgegenstände und damit den Wechseloptionswert (Margrabe, 1978; Stulz, 1982). Nachfolgend wird

daher ein Portfolioeffekt PE der sich gegenseitig ausschließenden Investitionsmöglichkeiten berücksichtigt und von der Ungleichung (4) subtrahiert.

$$V = -D(T) + (h-1)G_N - G_O - PE < 0 \quad (5)$$

3.5.2 Hypothesen

In Analogie zu Finanzoptionen (Black und Scholes, 1973) hat der Inhaber einer Realoption das Recht, aber nicht die Pflicht, einen realen Vermögensgegenstand zu erwerben. Mit der Entwicklung eines neuen Produkts, welches auf einem neuen Material basiert, übt ein Unternehmen die Option aus, zu investieren, und verwirft die Möglichkeit, durch Abwarten neue Informationen über die Entwicklung der Materialpreise zu erhalten. Hat das Unternehmen hingegen die Produktentwicklung gestartet, ist es dem Risiko möglicher Aufwärts- und Abwärtsentwicklungen der Materialpreise ausgesetzt. Als Alternative könnte das Unternehmen die Warteoption D halten (McDonald und Siegel, 1986; Pindyck, 1991), auf neue Informationen warten (Dixit und Pindyck, 1994, S.8f.) und die Bindung von benötigten Ressourcen zur Entwicklung des neuen Produkts aufschieben (Sanchez, 1993). Pindyck (1993) zeigt modelltheoretisch, dass Inputkosten-Unsicherheit den Anreiz reduziert, sofort in F&E zu investieren. Empirische Studien finden einen negativen Zusammenhang zwischen der Unsicherheit über Materialpreise und der Investitionsrate im produzierenden Gewerbe heraus (Huizinga, 1993). Unter Unsicherheit neigen Unternehmen dazu, Investitionen aufzuschieben (Folta, 1998; Folta, Johnson und O'Brien, 2006). Gemäß der Ungleichung (5) ist demnach zu erwarten, dass die Unsicherheit über die Preise des neuen Materials $\sigma(p_N)$ einen zurückhaltenden Effekt auf den Zeitpunkt der Investition in die Entwicklung eines neuen Produkts hat.

Hypothese 1: Unsicherheit über den Preis des neuen Materials erhöht die Neigung, den Entwicklungsstart zu verzögern.

Die erwartete Zeitdauer zwischen dem Entwicklungsstart und den ersten finanziellen Rückflüssen kann bei Entwicklungsprojekten von wenigen Monaten bis zu mehreren Jahren (z.B. bei der Anwendung neuer Materialien im Flugzeugbau) dauern. Eine Verzögerung des Entwicklungsstarts kann deshalb zu einer Verzögerung der Vermarktung des neuen Produkts führen und damit zu einer späteren Einnahme erster Cash-Flows (Pacheco-de-Almeida und Zemsky, 2003). Bei langen Entwicklungszeiten steigen mit zunehmender Unsicherheit die Opportunitätskosten des Wartens (Bar-Ilan und Strange, 1996). Unter Unsicherheit bieten lange Entwicklungszeiten mehr Gelegenheiten, das Projekt abubrechen, sobald sich die Bedingungen als unvorteilhaft erweisen. Da schlechte Ereignisse durch die Optionsstruktur limitiert sind, steigen bei langen Entwicklungszeiten mit zunehmender Unsicherheit die erwarteten Gewinne des Projekts (Bar-Ilan und Strange, 1996). Demzufolge wird der verzögernde Einfluss der Unsicherheit durch lange Zeiträume zwischen Investition und ersten Cash-Flows aufgehoben (Bar-Ilan und Strange, 1996). Die empirische Studie von Pacheco-de-Almeida, Henderson und Cool (2008) zeigt, dass diese Zeitdauer (auch ‚time-to-build‘ oder ‚investment lag‘) die Neigung zur Aufschiebung eines Investitionsprojekts im Bereich petrochemischer Fabrikanlagen unter Unsicherheit reduziert. Die Warteoption D verringert ihren Wert mit zunehmender Dauer des Entwicklungsprojekts. Daher ist zu erwarten, dass die Interaktion aus der Unsicherheit über die Materialpreise $\sigma(p_N)$ und die Länge der geplanten Entwicklungsdauer T sich negativ auf eine Verzögerung des Entwicklungsstarts auswirkt.

Hypothese 2: Eine lange erwartete Entwicklungsdauer reduziert den positiven Einfluss der Unsicherheit über den Preis des neuen Materials auf die Neigung, den Entwicklungsstart zu verzögern.

Investitionen in F&E bieten Wachstumsmöglichkeiten, deren Investitionswert ein erhebliches Ausmaß annehmen kann (Kester, 1984) und der den Wert, eine Investition aufzuschieben, bei weitem übertreffen kann (Kulatilaka und Perotti, 1998). Dies ist dann möglich, wenn das Unternehmen mit der Investitionsmöglichkeit strategische Wettbewerbsvorteile erzielt. Ein früher Entwicklungsstart ermöglicht die Sicherung der Wachstumsoption G_N , indem das Unternehmen Wettbewerbern zuvorkommt (Miller und Folta, 2002), technologischen Ausschluss verhindert (Ghemawat, 1991) und Wettbewerber vom Eintritt abbringt oder sie dazu verleitet, den Markt zu öffnen (Kulatilaka und Perotti, 1998). Kommt das Unternehmen Wettbewerbern in frühen Phasen der Produktentwicklung zuvor, kann es einen Early-Mover-Vorteil erzielen und erringt für nachgelagerten Phasen, wie der Markteinführung, zeitliche Flexibilität (Smit und Trigeorgis, 2007).

Weil die Verlustrisiken auf die Entwicklungskosten limitiert sind und das Aufwärtspotential nicht beschränkt ist, steigt der Wachstumsoptionswert mit zunehmender Unsicherheit (Amram und Kulatilaka, 1999). Empirische Studien zeigen einen positiven Einfluss von F&E-Investitionen (als Wachstumsoptionen) auf den Marktwert eines Unternehmens (Reuer und Tong, 2007). Dieser Wachstumsoptionswert kann den Warteoptionswert übersteigen (Oriani und Sobrero, 2008) und unter Unsicherheit kann sich die Balance zwischen Warte- und Wachstumsoption beschleunigend auf den Investitionszeitpunkt auswirken (Folta und O'Brien, 2004). Andere Studien zeigen, dass der beschleunigende Effekt der Wachstumsoption durch

Moderatoreffekte wie z.B. Marktwachstum (Oriani und Sobrero, 2008) oder Wettbewerb (Fisch, 2008) den bremsenden Effekt der Warteoption übersteigt. Daher ist zu erwarten, dass die Unsicherheit über den Preis des neuen Materials $\sigma(p_N)$ einen negativen Einfluss auf eine Verzögerung des Entwicklungsstarts hat, wenn das Unternehmen einen Vorsprung vor Wettbewerbern erzielen kann ($h > 1$, vgl. Ungleichung (5)).

Hypothese 3: Bei Unsicherheit über den Preis des neuen Materials reduziert ein Wettbewerbsvorsprung die Neigung, den Entwicklungsstart zu verzögern.

Das F&E-Programm eines Unternehmens entwickelt häufig neue Produkte, die dem Grunddesign bestehender Produkten sehr ähnlich sind (Martin und Mitchell, 1998). Dies kann zu einem verzögerten Aufgreifen von neuen Technologien führen (Eggers und Kaplan, 2009), da umfangreiche Änderungen bei Fähigkeiten, Prozessen und Routinen notwendig wären. Als Alternative zu einer unmittelbaren Materialsubstitution kann ein Unternehmen zunächst einmal die Verbesserung der aktuellen Produktgeneration fortführen und bestehendes Wissen nutzen (Dierickx und Cool, 1989; McEvily, Das und McCabe, 2000). Die erworbenen Fähigkeiten über die Verarbeitung von dem alten Material stellt eine Plattform für zukünftige Gelegenheiten dar (Kogut und Kulatilaka, 1994, 2001). Auch technologischer Fortschritt für die Verarbeitung des alten Materials kann weitere Möglichkeiten hervorbringen. Demzufolge hält das Unternehmen eine Wachstumsoption auf niedrigere Kosten oder verbesserte Qualität für zukünftige Generationen des alten Produkts (Trigeorgis, 1996).

Die Erfahrung mit dem alten Material ermöglicht das Erkennen wertvoller Wachstumsoptionen (Bowman und Hurry, 1993; Folta und O'Brien, 2007). Die Quelle

dieser Wachstumsmöglichkeiten könnte aus den schwankenden Inputkosten stammen. Unsichere variable Kosten neuer Produkte haben einen asymmetrischen Effekt auf die erwarteten Gewinne: Während Abwärtsentwicklungen beschränkt sind, können Unternehmen von vorteilhaften Inputkosten profitieren (Tyagi, 2006). Es ist anzunehmen, dass der Investitionsbedarf zur Weiterverwendung des alten Materials relativ gering im Vergleich zur Anwendung des neuen Materials ist und daher keinen wesentlichen Warteoptionswert unter Unsicherheit erzeugt. Stattdessen, ist zu erwarten, dass die Unsicherheit über den Preis des neuen Materials $\sigma(p_O)$ den Wachstumsoptionswert G_O ausweitet und den Entwicklungsstart verzögert.

Hypothese 4: Unsicherheit über den Preis des alten Materials erhöht die Neigung zur Verzögerung des Entwicklungsstarts.

Hat ein Unternehmen die Handlungsflexibilität, zu dem kostengünstigeren von zwei Inputfaktoren zu wechseln, hält es eine Option auf das Minimum von zwei sich gegenseitig ausschließenden risikoreichen Vermögensgegenständen (Loubergé, Villeneuve und Chesney, 2002). Hängt die Auszahlung einer Option von mehr als einem zugrundeliegenden risikoreichen Vermögensgegenstand ab, liegt eine aus der Finanzoptionstheorie bekannte Wechseloption vor (Margrabe, 1978; Stulz, 1982; Johnson, 1987). Der Wert einer Option auf das Minimum von zwei risikoreichen Vermögensgegenständen hängt von der Korrelation der beiden Vermögensgegenstände ab. Stulz (1982) zeigt modelltheoretisch, dass bei einer Preiskorrelation von -1 die Option auf das Minimum von zwei risikoreichen Vermögensgegenständen wertlos ist. Eine starke negative Korrelation der Preise erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass der Wert eines Vermögensgegenstand unterhalb eines kritischen Niveaus ist, während der andere darüber liegt und wertvoll ist. Eine weniger negative Korrelation der Preise

erhöht den Wert der Option, das Minimum von zwei risikoreichen Vermögensgegenständen auszuwählen. Dieser Wechseloptionswert ist am höchsten, wenn die Korrelation 1 beträgt. Stulz's (1982) Argument widerspricht der Portfoliologie von Markowitz (1959). Minimum-Optionen stellen mögliche Kosteneinsparungen bei der Investition in konkurrierende Technologien dar: Ein Anstieg der Korrelation zwischen den Unsicherheiten beider Technologien erhöht die Wahrscheinlichkeit von Kosteneinsparungen, die durch die Minimum-Option geschaffen werden (Goldenberg, 2010). Geringere Korrelation erhöht das Risiko von Umkehrungen beim Preisverhältnis und erhöht den Investitionsbedarf, die Wechseloption zu erhalten, bis das bevorzugte Material eindeutig bestimmt ist. Es ist daher zu erwarten, dass die Korrelation der Materialpreise ρ_{NO} negativ auf die Neigung zur Verzögerung des Entwicklungsstarts auswirkt.

Hypothese 5: Korrelation zwischen der Preisentwicklung des neuen und alten Materials reduziert die Neigung, den Entwicklungsstart zu verzögern.

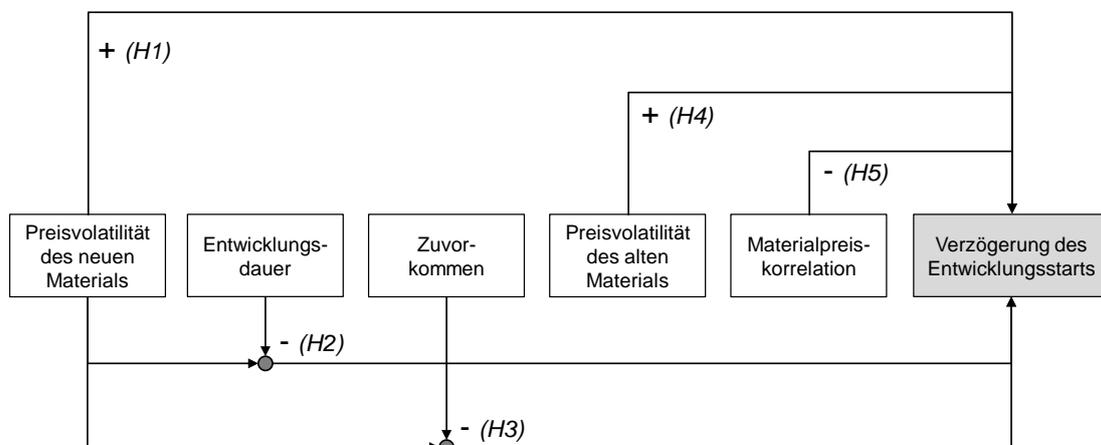
Zusammengefasst hängt der Wert der Wechseloption V von der Unsicherheit über den Preis des neuen Materials $\sigma(p_N)$, von der Interaktion zwischen Materialpreisunsicherheit $\sigma(p_N)$ und der Länge der Entwicklungsdauer T , von der Interaktion zwischen Materialpreisunsicherheit $\sigma(p_N)$ und dem Wettbewerbsvorsprung h , von der Materialpreisunsicherheit des alten Materials $\sigma(p_O)$ und von der Korrelation ρ_{NO} zwischen den Materialpreisen des neuen und des alten Materials ab. Die Wahrscheinlichkeit, dass Ungleichung (5) wahr ist und dass das Unternehmen den Entwicklungsstart verzögert, wird approximiert durch:

$$\Pr(d) \approx \beta_0 + \beta_1 \times \sigma(p_N) - \beta_2 \times \sigma(p_N) \times T$$

$$- \beta_3 \times \sigma(p_N) \times h + \beta_4 \times \sigma(p_O) - \beta_5 \times \rho_{NO}; \beta_i > 0 \quad (6)$$

Die Aussagen der *Hypothesen 1, 2, 3, 4* und *5* werden in *Abbildung 3.5* dargestellt.

Abbildung 3.5: Darstellung der Hypothesen zur Erklärung der Neigung, den Start einer Produktentwicklung zu verzögern



3.6 Einflussfaktoren und Erfolgswirkung einer verzögerten Markteinführung

3.6.1 Modell

Es wird angenommen, dass ein Unternehmen ein Produkt entwickelt hat, welches auf einem neuen Material basiert. Das neue Material bietet vorteilhafte technische Eigenschaften, die zu einer Entscheidung für eine Materialsubstitution geführt haben. Die Vorgängerversion des Produkts ist noch auf dem Markt und es ist zu entscheiden, wann die Produktsubstitution durchgeführt wird.

Das Unternehmen kann entscheiden, das entwickelte Produkt sofort in den Markt einzuführen oder es kann warten und sich weiter auf das alte Produkt konzentrieren. Der Wert des jeweiligen Produkts ergibt sich aus dem Gegenwartswert der erwarteten Cash-Flows C plus dem Wert der zugehörigen Wachstumsoption G , welche das Ertragspotential zukünftiger Möglichkeiten widerspiegelt (Kester, 1984; Trigeorgis, 1988).

$$V_N = C_N + G_N \quad (7)$$

$$V_O = C_O + G_O$$

Entscheidungsträger werden sich für das Produkt entscheiden, welches den höchsten Wert bietet. Ein Wechsel vom alten Produkt zum neuen Produkt mit neuem Material wird erfolgen, sobald das neue Produkt einen höheren Wert hat. Durch diese Entscheidungsflexibilität hält das Unternehmen eine Wechseloption auf die Differenz der beiden Vermögenswerte, also auf die Differenz zwischen den Produkten aus der neuen und der bestehenden Technologie (Anand, Oriani und Vassolo, 2007; Oriani,

2007). Die Einführung des neuen Produkts aus dem neuen Material ist vorteilhaft, wenn der Wert des Wechsels V_{SW} , der sich aus den Differenzen der beiden erwarteten Cash-Flows und der beiden Wachstumsoptionswerten ergibt, positiv ist (Kulatilaka und Trigeorgis, 1994):

$$V_{SW} = C_N - C_O + G_N - G_O > 0. \quad (8)$$

Die Substitution von Materialien kann für ein Unternehmen aufwändig und kostenintensiv sein: Umfangreiche und zumindest teilweise irreversible Investitionen können notwendig sein, wenn die Produktion des neuen Produkts die Anschaffung neuer Werkzeuge und Maschinen voraussetzt (Weiss, 1994), die Anpassung der Produktionsprozesse erforderlich ist (Musso, 2009) oder neue Fähigkeiten erworben werden müssen (Henderson und Clark, 1990). Unter Unsicherheit wird ein Unternehmen die Investition hinauszögern, um die Gelegenheit zu nutzen, auf zusätzliche Information zu warten (Dixit und Pindyck, 1994, S.8f.). Im Modell reduziert der Warteoptionswert D den Wert des Wechsels V_{SW} :

$$V_{SW} = C_N - C_O - D + G_N - G_O > 0. \quad (9)$$

Ein Unternehmen wird sofort wechseln, wenn der Wert aus erwarteten Cash-Flows C_O , der Wachstumsoption G_O und der Warteoption D geringer ist als der Wert aus erwarteten Cash-Flows C_N und der Wachstumsoption G_N . Der Wert einer frühen Wachstumsoption G_{NI} kann jedoch größer sein als der Wert einer verzögerten Wachstumsoption G_{ND} (Miller und Folta, 2002; Folta und O'Brien, 2004). Durch einen Wettbewerbsvorsprung ($h > 1$) hat die frühe Wachstumsoption ($G_{NI} = hG_N$) einen höheren Wert als die spätere Wachstumsoption ($G_{ND} = G_N$) (Fisch, 2008). Die Differenz der beiden Werte ist der Wachstumsoptionswert, den das Unternehmen durch eine frühe

Materials substitution erzielt. Der Wert des Wechsels ergibt sich demnach durch folgende Ungleichung:

$$V_{SW} = C_N - C_O - D + (h-1)G_N - G_O > 0. \quad (10)$$

Das Unternehmen hat die Möglichkeit, entweder das alte Produkt im Markt zu belassen und gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt zu wechseln oder es kann eine sofortige Markteinführung des neuen Produkts vornehmen. Mit diesen Handlungsalternativen ist das Risiko gegen unsichere Materialpreisentwicklungen verringert. Wenn allerdings die Materialpreise perfekt positiv miteinander korreliert sind, ist die Reduktion des Risikos nicht mehr vorhanden und der Wert der Option verringert sich, da sich die Varianz der Preisunterschiede reduziert hat (McDonald und Siegel, 1986; Adkins und Paxson, 2011). Ein Halten der Option und Verzögern der Markteinführung ist dann nicht mehr vorteilhaft.

Die Korrelation stellt eine bedeutende Quelle von Wechseloptionswerten bei kompetitiven Investitionen im Portfolio dar (Anand, Oriani und Vassolo, 2007). Der Wert des Portfolios ist geringer als die Summe der einzelnen Investitionsmöglichkeiten, wenn sich diese gegenseitig ausschließen. Mit steigender Korrelation reduziert sich dieser Portfolioeffekt (*PE*), der bei kompetitiven Investitionsmöglichkeiten negativ ist (Vassolo, Anand und Folta, 2004). Der subadditive Effekt im Portfolio der beiden Wachstumsoptionen wird daher von Ungleichung (10) subtrahiert und die finale Ungleichung über den Wert des Wechsels ergibt sich wie folgt:

$$V_{SW} = C_N - C_O - D + (h-1)G_N - G_O - PE > 0. \quad (11)$$

3.6.2 Hypothesen

Die erste Wertkomponente in der Ungleichung 11 ist der Wert des erwarteten Cash-Flows von dem neuen Produkt C_N . Sie wird von den Kosten für das neue Material zur Herstellung des Produkts beeinflusst. Ein gestiegener Materialpreis erhöht die Inputkosten des Produkts. Gibt ein Unternehmen einen höheren Materialpreis an Kunden weiter, um die Inputkosten zu kompensieren (Lancioni, 2005) und um gleichzeitig die angestrebte Profitmarge zu erzielen (Coe, 1990; Noble und Gruca, 1999), könnten sich im Falle preissensitiver Kunden (Tellis, 1988) weniger Kunden für das Produkt entscheiden. In diesem Fall verringert sich der Cash-Flow des neuen Produkts C_N . Empirische Studien zeigen, dass höhere Stückkosten als ursprünglich geplant den Verkaufserfolg neuer Produkte und die Kundenzufriedenheit negativ beeinflussen (Tatikonda und Montoya-Weiss, 2001). Gibt das Unternehmen die Inputkosten nicht an die Kunden weiter, verringert sich über erhöhte zahlungswirksame Aufwendungen, die durch höhere Preise für das eingesetzte Material entstanden sind, der erwartete Cash-Flow.

Schlechtere Aussichten auf Profitabilität infolge gestiegener Materialpreise könnten ein Unternehmen dazu veranlassen, die Markteinführung des neuen Produkts und somit die gleichzeitige Substitution des Vorgängerprodukts zu verzögern. In diesem Fall würden Entscheidungsträger das neue Produkt als Option auf eine Markteinführung sehen, die sie zu einem späteren Zeitpunkt ausführen können (Wu, Balasubramanian und Mahajan, 2004). Das Unternehmen würde dann das bestehende Produkt zunächst weiter produzieren und die Flexibilität des Wechsels für einen späteren Zeitpunkt bewahren. Erfolgt hingegen die Markteinführung bei gestiegenen Materialpreisen, wird der reduzierte inkrementelle Cash-Flow durch den Produktwechsel realisiert (Kulatilaka

und Trigeorgis, 1994). Die reduzierte Marge erhöht die Gefahr, dass die Wechselkosten nicht gedeckt werden (Adkins und Paxson, 2011) und sich der Zeitpunkt des Wechsels als nachteilig für das Unternehmen herausstellt. Daher ist zu erwarten, dass bei einem positiven Preistrend des neuen Materials $\mu(p_N)$ ein Unternehmen die Produktsubstitution herauszögert.

Hypothese 6a: Steigende Preise des neuen Materials haben einen positiven Einfluss auf die Neigung, die Markteinführung des neuen Produkts, welches auf dem neuen Material basiert, zu verzögern.

Hypothese 6b: Eine verzögerte Markteinführung verbessert bei steigenden Preisen des neuen Materials die Wettbewerbsposition.

Wie bereits aufgeführt kann ein Unternehmen einen höheren Materialpreis des alten Materials an die Kunden weitergeben. Da sich jedoch das alte Produkt in der späten Phase seines Lebenszyklus befindet, Kunden mittlerweile über umfangreiche Marktinformationen verfügen und auch andere Hersteller die Produktnachfrage bedienen, ist in dieser Phase die Wettbewerbsintensität hoch. Kunden reagieren daher in der späten Phase des Lebenszyklus besonders sensibel auf Preissteigerungen (Simon, 1979; Tellis, 1988; Haley und Goldberg, 2008). Bei Preissteigerungen wechseln Kunden zu anderen Anbietern und es reduziert sich der erwartete Cash-Flow mit zurückgehender erwarteter Nachfrage. Auch wenn sich das Unternehmen dazu entscheidet, die gestiegenen Materialpreise nicht weiterzugeben, sinken die erwarteten Cash-Flows durch die reduzierte operative Marge.

Hat ein Unternehmen die Möglichkeit aufgebaut, zu einem alternativen Material zu wechseln, wird es bei steigenden Preisen des alten Materials $\mu(p_O)$ versuchen, den

Wechsel schnellstmöglich zu vollziehen, um die gestiegenen potentiellen inkrementellen Cash-Flows durch eine Produktsubstitution zu erzielen (Kulatilaka und Trigeorgis, 1994). Da die Materialpreise exogen sind und auch Wettbewerber gleichermaßen von den Preissteigerungen betroffen sind, verbessert eine sofortige Materialsubstitution die Wettbewerbsposition. Der durch einen positiven Materialpreistrend reduzierte Gegenwartswert C_O des alten Produkts reduziert die Attraktivität des laufenden Produkts und erhöht die Wahrscheinlichkeit für einen beschleunigten Wechsel zum neuen Produkt.

Hypothese 7a: Steigende Preise des alten Materials haben einen negativen Einfluss auf die Neigung, die Markteinführung des neuen Produkts, welches auf einem neuen Material basiert, zu verzögern.

Hypothese 7b: Eine verzögerte Markteinführung verschlechtert bei steigenden Preisen des alten Materials die Wettbewerbsposition.

Da Preisschwankungen einen Abzinsungsfaktor für zukünftige Cash-Flows erfordern, reduziert die Preisunsicherheit des neuen Materials $\sigma(p_N)$ den Gegenwartswert C_N . Zusätzlich erhöht Unsicherheit über zukünftige Rahmenbedingungen den Anreiz, die irreversible Investition zur Vermarktung des neuen Produkts zu verschieben und stattdessen die Option zur Markteinführung des neuen Produkts zu halten (Sanchez, 1993; Lint und Pennings, 2001). Unsicherheit über die Inputkosten erhöht den Warteoptionswert und verzögert Investitionen F&E (Pindyck, 1993) sowie den Start der Produktion (Pindyck, 2004). Empirische Studien auf Unternehmensebene belegen, dass Unternehmen unter Unsicherheit die Option, zu investieren, halten und Markteintritte aufschieben (O'Brien, Folta und Johnson, 2003; Folta, Johnson und O'Brien, 2006). Huizinga (1993) weist auf Branchenebene einen negativen Zusammenhang zwischen

der Unsicherheit über die Materialpreise und der Investitionsrate nach. Eine höhere Unsicherheit steigert die Varianz des Preisverhältnisses zwischen beiden Materialpreisen und erhöht damit den Optionswert, mit dem Wechsel zu warten (McDonald und Siegel, 1986). Durch einen steigenden Warteoptionswert D in Ungleichung (11) ist zu erwarten, dass steigende Preisunsicherheit des neuen Materials $\sigma(p_N)$ einen verhindernden Effekt auf die Produktsubstitution hat.

Hypothese 8a: Unsicherheit über den Preis des neuen Materials hat einen positiven Einfluss auf die Neigung, die Markteinführung des neuen Produkts, welches auf dem neuen Material basiert, zu verzögern.

Hypothese 8b: Die Verzögerung der Markteinführung verbessert unter Unsicherheit über den Preis des neuen Materials die Wettbewerbsposition.

Die Einführung des neuen Produkts bietet dem Unternehmen eine Wachstumsmöglichkeit. Der Wert dieser Wachstumsoption G_N kann bei Unsicherheit ein bedeutendes Ausmaß annehmen (Myers, 1977; Kester, 1984) und dabei höhere Abzinsungseffekte zukünftiger Cash-Flows sowie den Wert des Wartens übersteigen. Weil jedoch die Möglichkeit besteht, dass auch Wettbewerber in den Markt eintreten, ist diese Wachstumsmöglichkeit nicht proprietär (Trigeorgis, 1996, S.273ff.). Sofern das Unternehmen jedoch in der Lage ist, einen höheren Nutzen aus der neuen Materialanwendung als seine Wettbewerber zu ziehen, übersteigt der Wert der Wachstumsmöglichkeit den Anreiz, zu warten, und ein Unternehmen wird sich für die Investition entscheiden (Kulatilaka und Perotti, 1998). Solche Situationen entstehen, wenn durch einen Wettbewerbsvorsprung First-Mover-Vorteile erzielt werden (Lieberman und Montgomery, 1988), die wiederum Wettbewerber vor einem Markteintritt abhalten oder sie zur Öffnung des Markts bewegen (Kulatilaka und Perotti,

1998). Durch einen Vorsprung h profitiert dabei das Unternehmen von der temporären Monopolrente (Miller und Folta, 2002).

Empirische Studien belegen, dass Wettbewerb den Wert des Wartens reduziert (Bulan 2005; Bulan, Mayer und Sommerville, 2009), die verfügbare Zeit zum Ausüben von Optionen verringert (Jiang, Aulakh und Pan, 2009) und Investitionen beschleunigt, um Wachstumsoptionen zu erlangen (Folta und O'Brien, 2004; Driver, Temple und Urga, 2008; Fisch, 2008; Oriani und Sobrero, 2008). Bstieler (2005) beobachtet, dass Unternehmen unter Unsicherheit Produkte in den Markt einführen, da diese First-Mover-Vorteile erwarten. Entgegen dem einfachen Effekt von $\sigma(p_N)$ ist daher zu erwarten, dass die Interaktion aus der Preisunsicherheit des neuen Materials und dem Vorsprung h nicht zu einer Verzögerung der Markteinführung des neuen Produkts führt.

Hypothese 9a: Bei Unsicherheit über den Preis des neuen Materials reduziert ein Wettbewerbsvorsprung die Neigung, die Markteinführung des neuen Produkts, welches auf dem neuen Material basiert, zu verzögern.

Hypothese 9b: Hat ein Unternehmen einen Vorsprung vor Wettbewerbern, verschlechtert die Verzögerung der Markteinführung bei Unsicherheit über den Preis des neuen Materials die Wettbewerbsposition.

Unsicherheit über den Preis des alten Materials $\sigma(p_O)$ beeinflusst die Entscheidung, das Vorgängerprodukt länger auf dem Markt zu lassen. Auf der einen Seite reduziert die Unsicherheit den Gegenwartswert C_O des Produkts und macht zusätzliche Investitionen in die bestehende Technologie unattraktiv. Auf der anderen Seite stellen die Fähigkeiten, das alte Material zu verarbeiten, eine Plattform für zukünftige Wachstumsmöglichkeiten dar (Kogut und Kulatilaka, 1994). Das Unternehmen hält eine Wachstumsoption auf

geringere Kosten und eine verbesserte Qualität des alten Produkts und hat somit eine Option auf eine Ausweitung des Produktlebenszyklus (Trigeorgis, 1996, S.14). Unsicherheit erhöht den Wert der Wachstumsoption G_O , da die Unsicherheit über die Inputkosten einen asymmetrischen Effekt auf die erwarteten Gewinne hat: Während die Möglichkeit zur Produktsubstitution unvorteilhafte Preisentwicklungen limitiert, kann das Unternehmen von vorteilhaften Entwicklungen profitieren (Tyagi, 2006). Mit steigender Unsicherheit über den alten Materialpreis steigt die Varianz der relativen Preise, welche den Optionswert erhöht und für eine Verzögerung des Wechsels spricht (McDonald und Siegel, 1986; Kulatilaka und Trigeorgis, 1994). Eine Erhöhung der Preisvolatilität des bisherigen Inputs senkt den Schwellenpreis des neuen Inputs für einen Wechsel und verzögert damit den optimalen Wechselzeitpunkt (Adkins und Paxson, 2011). Es ist daher zu erwarten, dass das Unternehmen die Materialsubstitution verzögern wird, sobald der Wachstumsoptionswert G_O den Gegenwartwerteffekt der Cash-Flows unter hoher Unsicherheit des Preises für das alte Material $\sigma(p_O)$ übersteigt.

Hypothese 10a: Unsicherheit über den Preis des alten Materials erhöht die Neigung zur Verzögerung der Markteinführung eines neuen Produkts, welches auf einem neuen Material basiert.

Hypothese 10b: Die Verzögerung der Markteinführung unter Unsicherheit über den alten Materialpreis verbessert die Wettbewerbsposition.

Finanzoptionsmodellen zufolge ist der Zusammenhang zwischen der Korrelation der zugrundeliegenden Vermögenswerte und dem Wechseloptionswert negativ (Margrabe, 1978; Carr, 1988). Anwendungen dieser Modelle auf reale Vermögensgegenstände im Bereich der F&E zeigen, dass bei hoher Korrelation das Halten einer realen Wechseloption weniger wertvoll ist als bei einer geringeren Korrelation (z.B. Childs,

Ott und Triantis, 1998; Lee und Paxson, 2001; Lint und Pennings, 2002). In empirischen Studien kann nachgewiesen werden, dass Unternehmen die Korrelation unter den Realoptionen bei der Optimierung von Investitionsportfolios berücksichtigen (Vassolo, Anand und Folta, 2004; Belderbos und Zou, 2009).

McDonald und Siegel (1986) machen die Bedeutung der Korrelation für den Zeitpunkt eines Wechsels deutlich. Danach erhöht eine geringere Korrelation den Optionswert und es ist wertvoll, die Option zu halten und den Wechsel von dem einen zum anderen risikoreichen Vermögensgegenstand aufzuschieben. Adkins und Paxson (2011) zeigen, wie die Korrelation von Inputpreisen die Grenzen des optimalen Wechselzeitpunkts beeinflusst. Sie betonen, dass die Varianz der Preisdifferenz kritisch für die Wechselentscheidung ist. Danach steigt diese Varianz, wenn die Korrelation sinkt und zunehmend negativ wird. Hält ein Unternehmen die Option, von dem alten auf das neue Produkt zu wechseln, kann es von einer hohen Varianz profitieren, da das Abwärtsrisiko limitiert ist. Bei einer Korrelation von -1 könnte der Schwellenwert des Wechsels im Vergleich zu einer Korrelation von 1 schneller erreicht werden. Ein frühes Ausüben der Wechseloption würde dann den Optionswert zunichtemachen. Im Fall perfekter Korrelation würde sich hingegen das Halten der Option nicht lohnen. Basierend auf dem Subadditivitätseffekt PE in Ungleichung (11) ist daher zu erwarten, dass die Materialpreiskorrelation ρ_{NO} einen negativen Einfluss auf die Verzögerung der Produktsubstitution hat.

Hypothese 11a: Die Materialpreiskorrelation zwischen neuem und altem Material hat einen negativen Einfluss auf die Verzögerung der Markteinführung eines neuen Produkts, welches auf einem neuen Material basiert.

Hypothese 11b: Bei korrelierten Preisen des neuen und alten Materials führt die Verzögerung der Markteinführung zu einer Verschlechterung der Wettbewerbsposition.

Zusammengefasst hängt der Wert der Wechseloption V_{SW} vom Materialpreistrend des neuen Materials $\mu(p_n)$ ab, von dem Materialpreistrend des alten Materials $\mu(p_o)$, der Unsicherheit über den Preis des neuen Materials $\sigma(p_N)$, von der Interaktion zwischen Materialpreisunsicherheit $\sigma(p_N)$ und dem Wettbewerbsvorsprung h , von der Materialpreisunsicherheit des alten Materials $\sigma(p_O)$ und von der Korrelation ρ_{NO} zwischen den Materialpreisen des neuen und des alten Materials. Die Wahrscheinlichkeit, dass Ungleichung (11) unwahr ist und dass das Unternehmen die Markteinführung verzögert, wird approximiert durch:

$$\begin{aligned} \Pr(d) \approx & \beta_0 + \beta_1 \times \mu(p_N) - \beta_2 \times \mu(p_O) \\ & + \beta_3 \times \sigma(p_N) - \beta_4 \times \sigma(p_N) \times h + \beta_5 \times \sigma(p_O) - \beta_6 \times \rho_{NO} ; \beta_i > 0 \end{aligned} \quad (12)$$

Die Aussagen der *Hypothesen 6a, 7a, 8a, 9a, 10a* und *11a* werden in Abbildung 3.6 dargestellt. Abbildung 3.7 stellt die *Hypothesen 6b, 7b, 8b, 9b, 10b* und *11b* grafisch dar.

Abbildung 3.6: Darstellung der Hypothesen zur Erklärung der Neigung, die Markteinführung des neuen Produkts zu verzögern

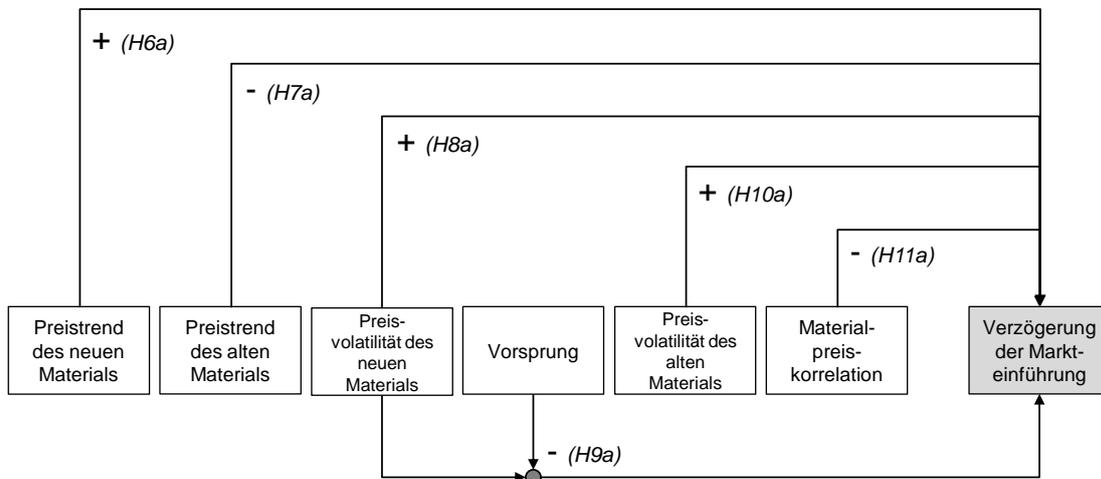
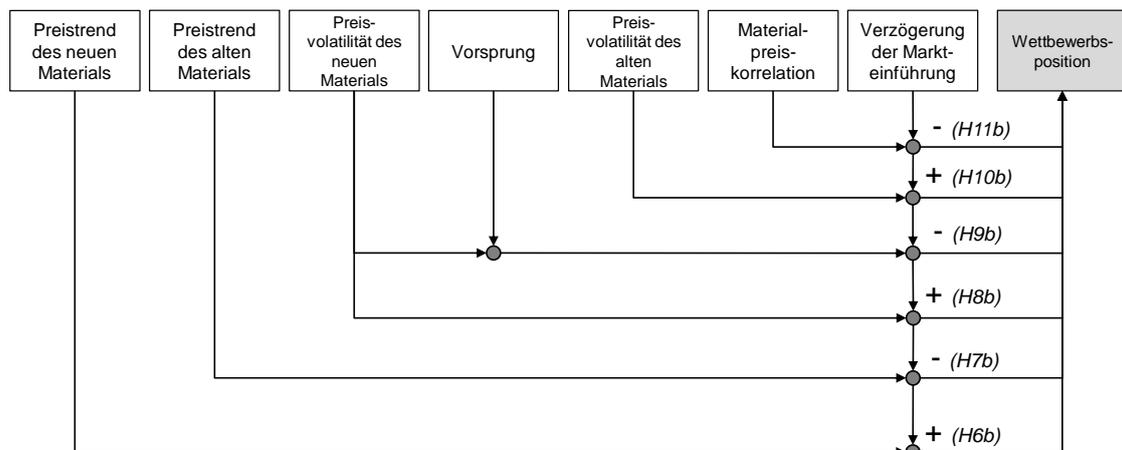


Abbildung 3.7: Darstellung der Hypothesen zur Erklärung des Zusammenhangs zwischen einer verzögerten Markteinführung und der Verbesserung des Wettbewerbsposition unter Einfluss moderierender Variablen



4. Methodik

4.1 Beschreibung der Stichprobe

Zur Überprüfung der theoretisch hergeleiteten Modelle bedarf es Daten über Materialpreise und technologischen Wettbewerb. Sekundärdaten über Rohmaterialpreise sind zwar öffentlich zugänglich, häufig setzen Unternehmen jedoch weiterverarbeitete bzw. spezifische Materialien ein, die nicht an Börsen gehandelt werden. Zur Wettbewerbsanalyse bieten Patente wertvolle Informationen, das Ersetzen von Materialien ist jedoch nicht patentierbar. Zur Überprüfung der Hypothesen bedarf es zudem Informationen über den Zeitpunkt, wann ein neues Produkt in die Phase der Produktentwicklung eintritt bzw. wann es im Markt eingeführt wird. Diese Informationen werden in der pharmazeutischen Industrie veröffentlicht, im produzierenden Gewerbe werden sie allerdings nicht systematisch der Öffentlichkeit bereitgestellt, insbesondere nicht Informationen über einen verzögerten Projektstart in der Neuproduktentwicklung. Um zum Testen der Hypothesen Materialpreis- und Wettbewerbsinformationen sowie Informationen über Projekttermine zu erhalten, wurde daher ein Primärdatensatz mit Hilfe eines Fragebogens generiert. Vorwiegend wurden dabei Daten zu Materialsubstitutionsentscheidungen mit Hilfe einer 7-stufigen Likert-Skala erhoben. Diese Methode wurde gewählt, um den Arbeitsaufwand für den Informanten zu reduzieren, was eine Steigerung der Bereitschaft zur Datenbereitstellung ermöglicht (Huber und Power, 1985). Die geplanten und tatsächlichen Termine über den Entwicklungsstart und die Markteinführung wurden im Kalenderformat auf Monatsebene erhoben. Durch die unterschiedlichen Messmethoden der Konstrukte wird ein möglicher ‚Common Method Bias‘ begrenzt (Podsakoff et al., 2003). Im Anschluss

an explorative Interviews auf Branchenmessen und Tagungen wurde ein erster Fragebogenentwurf zehn Branchenexperten mit Kenntnissen im Bereich Materialsubstitutionen vorgelegt. Deren Feedback diente der Optimierung von Aufbau, Inhalt und Verständlichkeit des Fragebogens. Abschließend wurde der Fragebogen mit Wissenschaftlern aus Betriebswirtschaftslehre, Ingenieurwissenschaften sowie aus den Materialwissenschaften und mit Unternehmensvertretern diskutiert und ein ‚Pretest‘ über sechs Materialsubstitutionsprojekte durchgeführt.

Materialsubstitutionen erfolgen in unterschiedlichen Branchen (z.B. Fisher und Pry, 1971; Tilton, 1984, 1991; Holmes, 1990a, 1990b; Eastin, Shook und Fleishman, 2001; Messner, 2002; Farag, 2008) und bieten für Unternehmen über Branchenkategorien hinweg ähnliche technologische Möglichkeiten (Klevorick et al., 1995). Aus diesem Grunde wurde die Datenerhebung in verschiedenen Branchen des produzierenden Gewerbes durchgeführt. Das Vorgehen zur Ermittlung von Schlüsselinformanten produzierender Unternehmen erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurden aus einer Datenbank des VDI Technologiezentrums 37 Kompetenzcluster identifiziert, die neue Materialien verarbeiten könnten. Mit den jeweiligen Netzwerksprechern wurde Kontakt aufgenommen und die Relevanz des Themas für das jeweilige Unternehmenscluster diskutiert. Anschließend wurden jene Netzwerkvertreter, die Materialsubstitutionen als relevant für ihre Mitgliedsfirmen erachtet haben, gebeten, den Fragebogen an Unternehmensvertreter zu schicken, die verantwortlich für entsprechende Projekte sind. Von den Netzwerksprechern haben sich 22 bereit erklärt, den Fragebogen an Netzwerkmitglieder weiterzuleiten. Mit diesem Vorgehen wurde die Wahrscheinlichkeit erhöht, Verantwortliche für Materialsubstitutionsprojekte mit Interesse an der Befragung zu gewinnen (Huber und Power, 1985).

Der Fragebogen erläutert zu Beginn die Ziele und den Inhalt des Forschungsprojekts und nennt den Ansprechpartner für Rückfragen zur Studie. Die Informanten wurden gebeten, den Fragebogen für gestartete, abgebrochene oder abgeschlossene Materialsstitutionsprojekte auszufüllen. 129 Fragebögen wurden beantwortet. Von den Informanten waren 40 Prozent Geschäftsführer oder Mitglieder der Geschäftsführung, 35 Prozent waren Direktionsbevollmächtigte und 25 Prozent waren Abteilungs- oder Projektleiter. Um fehlende Daten zu vervollständigen, und um sicherzustellen, dass die Informanten mit dem Materialsstitutionsprojekt vertraut sind, wurden die befragten Personen noch einmal telefonisch kontaktiert (Kumar, Stern und Anderson, 1993). Das Gespräch wurde zudem genutzt, um noch einmal Anonymität und Vertraulichkeit der Datenverwendung zu betonen. Es stellte sich heraus, dass einige der befragten Personen nicht direkt mit dem Projekt befasst waren oder Fragen übergreifend für mehrere Substitutionsprojekte beantwortet haben. Manche Unternehmen haben es weiterhin abgelehnt, fehlende (vertrauliche) Daten anzugeben, oder verfügten nicht mehr über Daten zu frühen Phasen des Neuproduktentwicklungsprozess. Es konnten schließlich ausreichend ausgefüllte Fragebögen zu 101 gestarteten Materialsstitutionsprojekten und 64 auf dem Markt eingeführten Projekten verwendet werden. Die Tabelle 4.1 zeigt die jeweilige Stichprobenszusammensetzung.

Tabelle 4.1: Stichprobenszusammensetzung gestarteter und auf dem Markt eingeführter Materialsubstitutionen

<i>Branche</i>	gestartet (N = 101)	eingeführt (N = 64)
Maschinen- und Anlagenbau	28%	14%
Automotive	27%	36%
Chemie	10%	16%
Materialverarbeitung	8%	8%
Elektronik	6%	6%
Medizintechnik	4%	6%
Luft- und Raumfahrt	3%	1%
Andere	14%	13%
<i>Anzahl der Mitarbeiter</i>	gestartet (N = 101)	eingeführt (N = 64)
weniger als 50	17%	17%
50 bis 500	29%	21%
501 bis 5.000	29%	31%
mehr als 5.000	17%	31%
<i>Materialsubstitutionspfad</i>	gestartet (N = 101)	eingeführt (N = 64)
Metall → Metall	25%	23%
Metall → Kunststoff	23%	22%
Kunststoff → Kunststoff	17%	17%
Metall → karbonfaserverstärkter Kunststoff	11%	5%
Metall → glasfaserverstärkter Kunststoff	4%	5%
Andere	21%	28%

4.2 Messung

4.2.1 Abhängige Variablen

Die Informanten wurden gebeten, den geplanten Entwicklungsstart und den tatsächlichen Entwicklungsstart vom Materialsubstitutionsprojekt anzugeben. Die binäre abhängige Variable *Verzögerung des Entwicklungsstarts* (Hypothesen 1-5) nimmt den Wert Eins an, wenn das Unternehmen den Start der Produktentwicklung verzögert hat. Im anderen Fall nimmt sie den Wert Null an. Die binäre abhängige Variable *Verzögerung der Markteinführung* (Hypothesen 6a-11a) nimmt den Wert Eins an, wenn der tatsächliche Produktionsstart später als der geplante Produktionsstart stattgefunden hat. Im anderen Fall nimmt die Variable den Wert Null an. Für die abhängige Variable *Wettbewerbsposition* (Hypothesen 6b-11b) wurde eine Einschätzung der Wettbewerbsposition erhoben, die sich durch die Wahl des Markteinführungszeitpunkts ergeben hat. Relative Erfolgsgrößen bieten den Vorteil, Projekte aus unterschiedlichen Branchen miteinander zu vergleichen (Atuahene-Gima und Ko, 2001; Filippini, Salmaso und Tassarolo, 2004). Zudem korrelieren wahrgenommene Erfolgsmaße, die mittels Fragebogen erhoben werden, mit objektiven Maßen, die aus Sekundärdaten im Bereich Innovationsmanagement stammen (z.B. Zahra und Covin, 1993). Die befragten Personen wurden gebeten, die folgende Aussage „Der Markteinführungszeitpunkt brachte uns einen Wettbewerbsvorteil“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu) auf einer 7-stufigen Likert-Skala zu beurteilen (Calantone und Di Benedetto, 2007).

4.2.2 Unabhängige Variablen

Manager treffen Entscheidungen über Investitionen in Technologien auf Basis ihrer Interpretationen und ihrer Einschätzung, ob durch die Entscheidung ein Wettbewerbsvorteil erzielt werden kann (Ginsberg und Venkatraman, 1992). Miller (1993) weist daraufhin, dass Entscheidungen unter wahrgenommener Unsicherheit getroffen werden. Frühere Realloptionsstudien nutzen daher subjektive Unsicherheitsmaße, um Investitionsentscheidungen in Projekte zu untersuchen (Guiso und Parigi, 1999; Jiang, Aulakh und Pan, 2009). Die Variablen *Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart* und *Preisvolatilität des alten Materials vor dem Entwicklungsstart* sowie die *Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung* und *Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung* messen die Unsicherheit der Materialpreise zu spezifischen Phasen im Innovationsprozess. Die befragten Personen wurden gebeten, die Schwankungen der Materialpreise (1 =sehr gering bis 7 =sehr stark) für das neue und das alte Material vor dem Entwicklungsstart bzw. der Markteinführung anzugeben.

Die beiden Variablen *Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung* und *Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung* geben den Trend der Preisentwicklung, bevor das neue Produkt im Markt eingeführt wurde, wieder. Die befragten Personen wurden gebeten, den Trend der Materialpreisentwicklung auf einer 7-stufigen Skala (-3 =stark negativ bis 3 = stark positiv) anzugeben. Die Variable *Materialpreiskorrelation* misst die Korrelation der Preisschwankungen der alternativen Materialien und zeigt, wie die erwarteten Kosten der Underlyings miteinander korrelieren (Anand, Oriani und Vassolo, 2007). Die befragten Personen wurden gebeten,

die gemeinsame Preisentwicklung der Materialien auf einer 7-stufigen Skala anzugeben (-1 = gegenläufig bis 1 = gleichförmig).

Die geplante Dauer der Neuproduktentwicklung (*Entwicklungsdauer*) gibt die zeitliche Differenz zwischen dem geplanten Entwicklungsstart und der geplanten Fertigstellung des Projekts in Monaten wieder (Swink, 2003). Der strategische Vorteil eines First-Movers (Lieberman und Montgomery, 1988) ermöglicht die Sicherung von eigenen Wachstumsoptionen und die Reduktion von Wachstumsoptionen der Wettbewerber (Miller und Folta, 2002). Die befragten Personen wurden gebeten, anzugeben, ob das Unternehmen in der Lage war, dem stärksten Wettbewerber beim Entwicklungsstart zuvorzukommen. Die Variable *Zuvorkommen* nimmt in diesem Fall den Wert eins an, ansonsten den Wert Null. Ein Vorsprung vor Wettbewerbern bei der Markteinführung ermöglicht, Cash-Flow vor den Wettbewerbern zu erzielen und so einen strategischen Vorteil zu generieren (Lieberman und Montgomery 1988). Die Variable *Vorsprung* misst den zeitlichen Vorsprung vor dem stärksten Wettbewerber zum Zeitpunkt der Markteinführung (Schilling, 2002). Die befragten Personen wurden gebeten, auf einer 7-stufigen Skala (-3 =deutlich später bis 3 = deutlich früher) diesen *Vorsprung* anzugeben.

4.2.3 Kontrollvariablen

Für die Entscheidung über den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts (Hypothesen 1-5) wurden sechs Kontrollvariablen berücksichtigt. Unternehmen neigen dazu, neue Technologien verzögert aufzugreifen, wenn beim Wechsel zwischen Technologien Kosten entstehen (Weiss, 1994; Musso, 2009). Um den Investitionsbedarf für die

Entwicklung und Produktion des neuen Produkts durch den Materialwechsel zu berücksichtigen, wurde daher die Kontrollvariable *Investitionsbedarf* entwickelt. Mit Hilfe von formativen Items wurden unterschiedliche Kostenkomponenten erhoben und in der Variable aufsummiert (z.B. Cannon und Homburg, 2001; Mooi und Ghosh, 2010). Die befragten Personen haben auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = gering bis 7 = hoch) die nachfolgenden vier Aspekte eingeschätzt: „Anzahl der angrenzenden Teile, die durch die Materialsubstitution geändert werden müssen“, „Erforderliche Investition, um das neue Material in der Serienproduktion einsetzen zu können“, „Bedarf zur Schulung und Anwerbung von Fachpersonal zur Verarbeitung des neuen Materials“ und die „Veränderung der Beschaffungsprozesse für die Materialsubstitution“. Beim Einsatz von formativen Items zur Messung eines Konstrukts empfehlen Diamontopoulos und Winklhofer (2001), die Kollinearität der Items zu testen und gegebenenfalls Items zu eliminieren. Der maximale Varianzinflationsfaktor beträgt 1,73 und liegt somit für jedes Item unter dem Schwellenwert von $VIF > 10$. Eine Eliminierung von Items ist daher nicht notwendig. Die Summe der Items wurde schließlich durch die Anzahl der verwendeten Items dividiert.

Die Kontrollvariable *Erfahrung mit dem neuen Material* berücksichtigt die vorhandene Erfahrung beim Einsatz des neuen Materials. Mitchell (1989) zeigt, dass Erfahrung mit ähnlichen Produkten den Eintritt in ein neues Technologiefeld beschleunigen kann. Aus Sicht der Realoptionstheorie bietet hingegen auch die mangelnde Fähigkeit, die Wahrscheinlichkeit von technischem Erfolg von F&E-Projekten einzuschätzen (technische Unsicherheit), einen Anreiz zum Investieren (Pindyck, 1993; Schwartz und Zozaya-Gorostiza, 2003). Dies wird damit begründet, dass das Warten bei technischer

Unsicherheit keinen Nutzen bringt, da erst Investieren neue Informationen liefert (Dixit und Pindyck, 1994, S.47f.). Auf Basis dieser Argumentation werden Unternehmen, die mangelnde Erfahrung mit dem neuen Material aufzeigen, c.p. nicht den Entwicklungsstart hinauszögern. Die befragten Personen wurden gebeten, die Aussage „Wir haben das neue Material bereits an anderer Stelle verwendet“ auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu) einzuschätzen.

Unternehmen halten Investitionen in F&E-Projekte zurück, wenn finanzielle Ressourcen nicht ausreichend vorhanden sind (Cuervo-Cazurra und Un, 2010). Um für diesen Effekt kontrollieren zu können, wurden die befragten Personen gebeten, die Aussage „Die Bereitstellung finanzieller Mittel für das Entwicklungsprojekt war problemlos“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu) einzuschätzen und es wurde die Variable *Finanzielle Ressourcen* aus diesem Item generiert.

Unternehmen im Familienbesitz neigen dazu, Handlungsflexibilität zu bewahren und Optionen eher offen zu halten (Ward, 1997). Empirische Untersuchungen zeigen, dass diese Unternehmen eine geringere Risikobereitschaft haben als Unternehmen, die nicht im Familienbesitz sind (Naldi et al. 2007). Diese Risikoaversion führt dazu, dass Familienunternehmen bei Investitionsentscheidungen sensibler gegenüber Unsicherheit sind (Bianco, Golinelli und Parigi, 2009). Beim Einsatz neuer Materialien könnten diese Unternehmen zurückhaltender sein und einen Wechsel von Materialien mit einer höheren Wahrscheinlichkeit verzögern. Die binäre Variable *Familienbesitz* nimmt den Wert Eins an, wenn das Unternehmen im Familienbesitz ist. Im anderen Fall nimmt sie den Wert Null an.

Eine weitere wichtige Kontrollvariable ergibt sich aus institutionellen Vereinbarungen (z.B. interne oder externe Liefervereinbarungen). Diese können sich auf

Investitionsentscheidungen auswirken (Dixit und Pindyck, 1994, S.8). Institutionelle Vereinbarungen können Unternehmen dazu drängen, ein Neuproduktentwicklungsprojekt zu vollenden, sobald es gestartet wurde. Diese Bindung schränkt die Flexibilität für einen Projektabbruch ein und könnte dazu führen, dass Unternehmen vor dem Projektstart zögern, die Investition zu tätigen. Für die Kontrollvariable *Verpflichtung* wurden die befragten Personen gebeten, den Aspekt „Gebundenheit unseres Unternehmens an die Entscheidung, die Produktentwicklung bis zum Ende durchzuführen“ auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = gering bis 7 = hoch) einzuschätzen.

Der Einfluss von Materialpreisentwicklungen auf Materialsubstitutionsentscheidungen wird auch davon abhängen, welchen Einfluss der Materialpreis auf den Preis des Produkts hat. Unternehmen verfolgen häufig eine kostenorientierte Preisbildung (Coe, 1990; Noble und Gruca, 1999). Die Variable *Materialkostenanteil* kontrolliert für die Bedeutung der Materialsubstitution in dem Produkt. Hierzu wurden die befragte Personen gebeten, die Aussage „Die Kosten des neuen Materials beeinflussen maßgeblich den Preis des neuen Produkts“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu) zu beurteilen.

Für die Entscheidung über den Zeitpunkt der Markteinführung (Hypothesen 6a-11a) wurden vier Kontrollvariablen erhoben. Technische Probleme können die Ursache für eine verzögerte Markteinführung sein (Gupta und Wilemon, 1990; Cooper und Kleinschmidt, 1994). Für die Variable *Technische Probleme* wurden daher die befragten Personen gebeten, die Aussage „Vor dem Produktionsstart traten unvorhergesehene technische Schwierigkeiten auf“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu) zu beurteilen. Eine Verzögerung der Vermarktung von neuen Produkten kann zudem durch eine

verzögerte Fertigstellung der Produktentwicklung entstehen (Chrysochoidis und Wong, 2000). Für die Variable *Verzögerte Fertigstellung* wurde das geplante Datum der Fertigstellung und das tatsächliche Datum der Fertigstellung erhoben. Die Variable nimmt den Wert Eins an, wenn die Fertigstellung verzögert war, ansonsten nimmt sie den Wert Null an. Als weitere Kontrollvariable wurde erhoben, in welchem Ausmaß Verzögerungen durch Engpässe bei der Lieferung des neuen Materials entstanden sind (*Lieferengpässe*). Die befragten Personen wurden gebeten, die Aussage „Vor dem Produktionsstart wurden Lieferengpässe für das neue Material bekannt“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu) zu beurteilen. Auch eine knappe Ressourcenausstattung kann die Einführung neuer Produkte verzögern (Gupta und Wilemon, 1990). Für die Variable *Finanzielle Ressourcen* wurden die Aussage „Die Bereitstellung finanzieller Mittel für das Entwicklungsprojekt war problemlos“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu) genutzt. Da institutionelle Vereinbarungen die Flexibilität beeinträchtigen, und eine sofortige Markteinführung nach Fertigstellung der Produktentwicklung erfordert, wurde die Kontrollvariable *Verpflichtung* bei der Entscheidung zum Zeitpunkt der Markteinführung mitberücksichtigt. Die Tabelle 4.2 liefert eine Übersicht über die Bezeichnung und Messung der Variablen.

Tabelle 4.2: Operationalisierung der Variablen

Bezeichnung der Variable	Operationalisierung
<u>Abhängige Variablen:</u>	
<i>Verzögerung des Entwicklungsstarts</i>	Dummy Variable (1 = das Unternehmen hat den Entwicklungsstart verzögert)
<i>Verzögerung der Markteinführung</i>	Dummy Variable (1 = das Unternehmen hat den Produktionsstart verzögert)
<i>Wettbewerbsposition</i>	„Der Markteinführungszeitpunkt brachte uns einen Wettbewerbsvorteil“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu)
<u>Unabhängige Variablen:</u>	
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart</i>	„Die Marktpreisschwankungen des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart waren...“ (1 = sehr gering bis 7 = sehr stark)
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor dem Entwicklungsstart</i>	„Die Marktpreisschwankungen des bisherigen Materials vor dem Entwicklungsstart waren...“ (1 = sehr gering bis 7 = sehr stark)
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung</i>	„Die Marktpreisschwankungen des neuen Materials vor der Markteinführung waren...“ (1 = sehr gering bis 7 = sehr stark)
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung</i>	„Die Marktpreisschwankungen des bisherigen Materials vor der Markteinführung waren...“ (1 = sehr gering bis 7 = sehr stark)
<i>Materialpreiskorrelation</i>	„Die Preise für das bisherige und neue Material entwickeln sich typischerweise...“ (-1,0 = gegenläufig bis 1,0 = gleichförmig)
<i>Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung</i>	„Der Trend der Marktpreisentwicklung des neuen Materials vor der Markteinführung war...“ (-3 = stark negativ bis 3 = stark positiv)
<i>Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung</i>	„Der Trend der Marktpreisentwicklung des alten Materials vor der Markteinführung war...“ (-3 = stark negativ bis 3 = stark positiv)
<i>Entwicklungsdauer</i>	Zeitliche Differenz zwischen geplantem Entwicklungsstart und der geplanten Fertigstellung in Monaten
<i>Zuvorkommen</i>	Dummy Variable (1 = das Unternehmen war in der Lage, dem stärksten Wettbewerber mit dem Entwicklungsstart zuvorzukommen)
<i>Vorsprung</i>	„Im Vergleich zum stärksten Wettbewerber war die Markteinführung des Produkts mit neuem Material...“ (- 3 = deutlich später bis 3 = deutlich früher)
<u>Kontrollvariablen:</u>	
<i>Investitionsbedarf</i>	4 formative Items: „Anzahl der angrenzenden Teile, die durch die Materialsubstitution geändert werden müssen“, „Erforderliche Investition, um das neue Material in der Serienproduktion einsetzen zu können“, „Bedarf zur Schulung und Anwerbung von Fachpersonal zur Verarbeitung des neuen Materials“, „Veränderung der Beschaffungsprozesse für die Materialsubstitution“ (1 = gering bis 7 = hoch)
<i>Erfahrung mit dem neuen Material</i>	„Wir haben das neue Material bereits an anderer Stelle verwendet“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu)
<i>Finanzielle Ressourcen</i>	„Die Bereitstellung finanzieller Mittel für das Entwicklungsprojekt war problemlos“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu)
<i>Familienbesitz</i>	Dummy Variable (1 = das Unternehmen ist in Familienbesitz)
<i>Verpflichtung</i>	„Gebundenheit unseres Unternehmens an die Entscheidung, die Produktentwicklung bis zum Ende durchzuführen“ (1 = gering bis 7 = hoch)
<i>Materialkostenanteil</i>	„Die Kosten des neuen Materials beeinflussen maßgeblich den Preis des neuen Produkts“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu)
<i>Technische Probleme</i>	„Vor dem Produktionsstart traten unvorhergesehene technische Schwierigkeiten auf“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu)
<i>Verzögerte Fertigstellung</i>	Dummy Variable (1 = der Termin der tatsächlichen Fertigstellung der Produktentwicklung war später als der geplante Fertigstellungstermin)
<i>Lieferengpässe</i>	„Vor dem Produktionsstart wurden Lieferengpässe für das neue Material bekannt“ (1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft voll zu)

4.3 Auswertungsverfahren

Die geplanten und tatsächlichen Termine von Entwicklungsstart bzw. Markteinführung stimmen bei fast der Hälfte der Materialsubstitutionsprojekte überein. Sie nehmen daher den Wert Null an (siehe Tabelle 5.1 und 5.4). Bei den übrigen Beobachtungen lag eine Verzögerung vor, welche in Form einer kontinuierlichen Variablen abgebildet und erklärt werden könnten. Für eine solche Linkszensierung würde sich ein Tobit-Modell zur Schätzung anbieten (Wooldridge, 2006, S.595ff.). Jedoch untersucht die vorliegende Studie den Zusammenhang von Unsicherheit auf die Neigung zur Verzögerung einer Investition und nutzt hierzu die Realoptionstheorie als Erklärungsansatz für die Investitionsentscheidung. Die Realoptionstheorie erklärt nicht Investitionen per se, sondern sie erklärt kritische Schwellenwerte, ab denen es optimal ist, eine Investition zu tätigen (Dixit und Pindyck, 1994, S.422). Realoptionsmodelle erklären dabei den Einfluss der Unsicherheit auf diese Schwellenwerte und begründen damit die optimale Entscheidung, jetzt oder später zu investieren. Zu einem bestimmten Betrachtungszeitpunkt gibt die Theorie daher keine Aussagen, wie lange unter den vorliegenden Parametern gezögert werden soll.

Die Existenz von Investitionsschwellenwerten impliziert zudem, dass der Zusammenhang zwischen Unsicherheit und optimalem Investitionsverhalten nicht-linear ist (Folta, Johnson und O'Brien, 2006). Um diesen nicht-linearen Einfluss der Unsicherheit auf die Investitionsneigung zu untersuchen, bieten sich nach O'Brien, Folta und Johnson (2003) Hazard-Rate-Modelle oder Logit-Modelle an. Anhand von Hazard-Rate-Regressionen lässt sich untersuchen, ob ein Ereignis nach einer bestimmten Dauer eingetreten ist (Cleves, Gould und Gutierrez, 2004, S.29ff.). Da für

alle Materialsubstitutionsprojekte im Datensatz das Ereignis (d.h. der Start der Entwicklung bzw. eine Markteinführung) stets eingetreten ist, liegt keine Rechtszensierung vor und ein Hazard-Rate-Verfahren ist nicht geeignet. Um die Neigung des Zögerns zu schätzen, wird in der vorliegenden Studie stattdessen das Logit-Verfahren angewandt und der Einfluss von Unsicherheit auf die Investitionsneigung untersucht. Vergangene Realloptionsstudien über den Zeitpunkt von Investitionen haben Logit-Modelle verwendet (O'Brien, Folta und Johnson, 2003; Folta und O'Brien, 2004; Folta, Johnson und O'Brien, 2006; Pacheco-de-Almeida, Henderson und Cool, 2008). Zur Anwendung des Logit-Verfahrens wurde für die Hypothesen 1-6 und 7a-11a jeweils eine binäre abhängige Variable definiert, die den Wert Null annimmt, wenn das Ereignis zum geplanten Termin eintritt. Bei einer Verzögerung nimmt die Variable den Wert Null an.

Die Hypothesen 7b-11b vermuten einen moderierenden Effekt von Materialpreisentwicklungen auf den Zusammenhang zwischen der Entscheidung, zu verzögern, und der Verbesserung der Wettbewerbsposition. Die Verbesserung der Wettbewerbsposition durch die Wahl des Markteintrittszeitpunkts wird mit Hilfe eines OLS-Modells geschätzt. Da befragte Personen Schwierigkeiten haben könnten, die genauen Abstufungen zur Beurteilung der Aussage „Der Markteintrittszeitpunkt brachte uns einen Wettbewerbsvorteil“ (1 = „trifft nicht zu“ bis 7 = „trifft zu“) einzuschätzen, könnten Messfehler bei der Anwendung eines OLS-Verfahrens entstehen und damit könnte die Grundannahme von linearen Regressionen verletzt sein. Lineare Regressionen nehmen an, dass der Abstand zwischen den Antworten auf der Skala zwischen z.B. 3 und 4 identisch zum Abstand zwischen 6 und 7 ist (Greene, 2008, S.831). Daher werden die Modelle zusätzlich mit Hilfe eines ‚Ordered Logit‘-Modells

getestet und die Ergebnisse auf Robustheit geprüft. Das ‚Ordered Logit‘-Verfahren bietet sich für die Schätzung nicht-linearer Zusammenhänge zwischen der erklärenden und der abhängigen Variable an, welche ordinal skaliert sind (Long und Freese, 2006, S.183f.). Da die geschätzten Koeffizienten der Interaktionseffekte nicht als lineare marginale Effekte interpretiert werden können (Long und Freese, 2006, S.436ff.), werden diese für unterschiedliche Niveaus der Variablen untersucht und grafisch dargestellt.

5. Einfluss von Materialpreisentwicklungen auf Investitionsentscheidungen zur Materialsubstitution

5.1 Deskriptive Statistik, Korrelationen und Mittelwertvergleich

Tabelle 5.1 zeigt die deskriptiven Charakteristika der Variablen zur Untersuchung der Verzögerung des Entwicklungsstarts aus dem erhobenen Datensatz. Bei der deskriptiven Statistik fällt auf, dass die geplante *Entwicklungsdauer* zwischen einem Monat und 95 Monaten variiert. Die befragten Personen nutzen des Weiteren die komplette Skala zur Beurteilung der Items im Fragebogen. Lediglich die *Materialpreiskorrelation* wurde nicht mit -1 bewertet. Dies erscheint plausibel, da Preise von Materialsubstituten im Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage positiv miteinander korrelieren. Die Kontrollvariable *Materialkostenanteil* nimmt als Median den Wert 6 an und impliziert damit, dass Materialpreise in der Stichprobe eine bedeutende Rolle bei der Preisbildung darstellen und Materialsubstitution ein wichtiger Faktor ist. Die abhängige Variable und die unabhängigen Variablen zeigen Varianz im

Datensatz auf. In Tabelle 5.2 sind die paarweisen Korrelationen abgebildet. Die Varianzinflationsfaktoren (VIF) sind gering und weisen lediglich auf geringe Multikollinearitätsprobleme hin. In Tabelle 5.3 sind die Ergebnisse von *t*-Tests auf Mittelwertgleichheit aller Variablen dargestellt. Es zeigen sich bis auf die Variable *Preisvolatilität des alten Materials vor dem Entwicklungsstart* keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die übrigen erklärenden Variablen scheinen in isolierter Betrachtung keinen Einfluss auf die Verzögerung des Entwicklungsstarts zu haben.

Tabelle 5.4 zeigt die deskriptive Statistik der Variablen zur Untersuchung der Verzögerung der Markteinführung. Mit Ausnahme von *Materialpreiskorrelation*, *Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung* und *Lieferengpässe* haben die befragten Personen die gesamte Skalenbreite bei der Beantwortung der Fragen verwendet. Grundsätzlich zeigen auch hier die abhängige Variable und die unabhängigen Variablen Varianz im Datensatz auf. Die paarweisen Korrelationen sind in Tabelle 5.5 abgebildet. Die Variablen *Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung* und *Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung* korrelieren relativ hoch und signifikant (0,42; $p < 0,01$). Dieser Zusammenhang weist daraufhin, dass die Materialien Substitute auf den Märkten sind. Die Varianzinflationsfaktoren sind gering und zeigen nur geringe Probleme der Multikollinearität auf. Tabelle 5.6 zeigt Mittelwertvergleiche zwischen den verzögerten und nicht-verzögerten Markteinführungen. Keine der erklärenden Variablen zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

Tabelle 5.1: Deskriptive Statistik (Entwicklungsstart)

Variable	Mittelwert	Median	Std.-Abw.	Min	Max
<i>Verzögerung des Entwicklungsstarts</i>	0,49	0	0,50	0	1
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart</i>	3,44	3	1,56	1	7
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor dem Entwicklungsstart</i>	3,98	4	1,73	1	7
<i>Materialpreiskorrelation</i>	0,13	0	0,38	-0,6	1
<i>Investitionsbedarf</i>	3,49	3,75	1,43	1	6,5
<i>Entwicklungsdauer</i>	20,88	17	15,62	1	95
<i>Zuvorkommen</i>	0,69	1	0,46	0	1
<i>Erfahrung mit dem neuen Material</i>	4,50	5	2,49	1	7
<i>Finanzielle Ressourcen</i>	5,22	6	1,78	1	7
<i>Familienbesitz</i>	0,55	1	0,50	0	1
<i>Verpflichtung</i>	4,61	5	2,00	1	7
<i>Materialkostenanteil</i>	5,38	6	1,77	1	7

N = 101

Tabelle 5.2: Korrelationstabelle (Entwicklungsstart)

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	VIF
1 Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart	1.00											1.15
2 Preisvolatilität des alten Materials vor dem Entwicklungsstart	0.04	1.00										1.09
3 Materialpreiskorrelation	0.15	0.08	1.00									1.16
4 Investitionsbedarf	0.18*	-0.04	-0.22**	1.00								1.53
5 Entwicklungsdauer	0.15	-0.05	0.03	0.29***	1.00							1.19
6 Zuvorkommen	-0.01	0.00	-0.04	0.02	-0.11	1.00						1.05
7 Erfahrung mit dem neuen Material	0.08	-0.03	0.12	0.02	-0.04	-0.14	1.00					1.13
8 Finanzielle Ressourcen	0.03	0.18*	-0.07	0.01	0.05	-0.06	-0.03	1.00				1.07
9 Familienbesitz	0.05	-0.02	0.08	0.04	-0.05	0.05	-0.15	0.00	1.00			1.06
10 Verpflichtung	0.09	-0.09	-0.04	0.13	0.03	-0.08	0.22**	0.06	-0.08	1.00		1.13
11 Materialkostenanteil	-0.11	0.13	-0.04	0.37***	-0.04	-0.07	-0.03	0.09	-0.06	0.17*	1.00	1.34

*** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

Tabelle 5.3: Mittelwertvergleich (Entwicklungsstart)

Variable	Keine Verzögerung (N = 52)		Verzögerung (N = 49)		<i>t</i> ^a
	Mittelwert	Std.-Abw.	Mittelwert	Std.-Abw.	
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart</i>	3,404	1,624	3,469	1,501	-0,210
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor dem Entwicklungsstart</i>	3,653	1,803	4,327	1,599	-1,979*
<i>Materialpreiskorrelation</i>	0,165	0,380	0,090	0,377	1,003
<i>Investitionsbedarf</i>	3,288	1,461	3,704	0,198	-1,466
<i>Entwicklungsdauer</i>	20,884	17,959	20,878	12,872	0,002
<i>Zuvorkommen</i>	0,731	0,448	0,653	0,481	0,841
<i>Erfahrung mit dem neuen Material</i>	4,288	2,515	4,714	2,466	-0,858
<i>Finanzielle Ressourcen</i>	5,462	1,674	4,959	1,859	1,429
<i>Familienbesitz</i>	0,442	0,502	0,673	0,474	-2,378**
<i>Verpflichtung</i>	4,538	2,137	4,694	1,862	-0,389
<i>Materialkostenanteil</i>	5,115	1,896	5,653	1,601	-1,535

^a Vergleich der Mittelwerte der Gruppen „Keine Verzögerung“ und „Verzögerung“; 99 Freiheitsgrade;
 *** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.1

Tabelle 5.4: Deskriptive Statistik (Markteinführung)

Variable	Mittelwert	Median	Std.-Abw.	Min	Max
<i>Verzögerung der Markteinführung</i>	0,47	0	0,50	0	1
<i>Wettbewerbsposition</i>	5,30	6	1,60	1	7
<i>Materialpreiskorrelation</i>	0,15	0	0,36	-0,6	1
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung</i>	3,88	4	1,65	1	7
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung</i>	3,36	3	1,46	1	7
<i>Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung</i>	0,16	0	1,17	-3	3
<i>Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung</i>	0,06	0	0,91	-2	2
<i>Vorsprung</i>	0,97	1	1,69	-3	3
<i>Technische Probleme</i>	3,11	2	1,96	1	7
<i>Verzögerte Fertigstellung</i>	0,61	1	0,49	0	1
<i>Lieferengpässe</i>	1,95	1	1,47	1	6
<i>Finanzielle Ressourcen</i>	5,48	6	1,62	1	7
<i>Verpflichtung</i>	4,97	6	2,12	1	7

N = 64

Tabelle 5.5: Korrelationsmatrix (Markteinführung)

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	VIF
1 Materialpreiskorrelation	1.00											1.09
2 Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung	0.06	1.00										1.28
3 Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung	0.06	0.01	1.00									1.28
4 Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung	-0.05	0.27**	0.04	1.00								1.49
5 Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung	-0.13	-0.04	0.35***	0.42***	1.00							1.54
6 Vorsprung	-0.13	-0.01	-0.01	0.07	0.09	1.00						1.06
7 Technische Probleme	0.03	-0.02	-0.07	0.03	-0.01	-0.14	1.00					1.12
8 Verzögerte Fertigstellung	-0.07	-0.02	-0.13	0.25*	0.09	0.02	0.17	1.00				1.21
9 Lieferengpässe	-0.20	0.13	0.02	0.15	0.17	0.10	0.20	0.26**	1.00			1.29
10 Finanzielle Ressourcen	0.12	0.27**	-0.01	0.01	-0.10	-0.08	-0.12	-0.16	-0.25**	1.00		1.22
11 Verpflichtung	0.02	-0.02	0.19	0.09	0.02	-0.03	0.05	0.08	-0.06	0.09	1.00	1.10

*** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

Tabelle 5.6: Mittelwertvergleich (Markteinführung)

Variable	Keine Verzögerung (N = 34)		Verzögerung (N = 30)		t^a
	Mittelwert	Std.-Abw.	Mittelwert	Std.-Abw.	
Materialpreiskorrelation	0,150	0,354	0,157	0,382	-0,073
Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung	3,882	0,304	3,867	1,525	0,038
Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung	3,500	1,462	3,200	1,472	0,817
Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung	0,088	1,288	0,233	1,040	-0,492
Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung	-0,029	0,758	0,167	1,053	-0,862
Vorsprung	1,147	1,598	0,767	1,794	0,897
Technische Probleme	2,500	1,692	3,800	2,041	-2,785***
Verzögerte Fertigstellung	0,412	0,500	0,833	0,379	-3,763***
Lieferengpässe	1,559	1,050	2,400	1,754	-2,360**
Finanzielle Ressourcen	5,676	1,628	5,267	1,617	1,008
Verpflichtung	5,235	2,132	4,667	2,090	1,074

^a Vergleich der Mittelwerte der Gruppen „Keine Verzögerung“ und „Verzögerung“; 62 Freiheitsgrade; *** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

5.2 Ergebnisse über den Aufbau einer Wechseloption

Mit Hilfe von Logit-Modellen wird nachfolgend getestet, ob die Modellvariablen einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit haben, die Entwicklung des neuen Produkts zu einem späteren Termin als geplant zu beginnen. Tabelle 5.7a-b zeigt die Ergebnisse der Analysen. Der Beitrag der Variablen zur Erklärung des Modells wird mit Hilfe von ‚likelihood ratio‘-Tests geprüft. Nicht-Linearität bei Logit-Modellen unterstellt, dass die Veränderung der Wahrscheinlichkeit von der gewählten unabhängigen Variable, dem

Umfang der Veränderung der unabhängigen Variable und der Höhe aller anderen Variablen im Modell abhängt (Long und Freese, 2006, S.131). Die marginalen Effekte der erklärenden Variablen müssen zudem über die gesamte Variationsbreite analysiert werden (Hoetker, 2007, Wiersema und Bowen, 2009).

Tabelle 5.7a: Logit-Analyse (Verzögerung des Entwicklungsstarts)

<i>Verzögerung des Entwicklungsstarts</i>	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
<i>Materialpreiskorrelation</i>				
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor dem Entwicklungsstart</i>				
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart</i> × <i>Zuvorkommen</i> (0/1)				-0,620* (0,324)
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart</i> × <i>Entwicklungsdauer</i>			-0,032** (0,014)	
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart</i>		0,013 (0,142)	0,669** (0,309)	0,461* (0,280)
<i>Entwicklungsdauer</i>	-0,001 (0,015)	-0,001 (0,015)	0,130** (0,057)	-0,003 (0,016)
<i>Zuvorkommen</i> (0/1)	-0,404 (0,469)	-0,404 (0,469)	-0,566 (0,501)	-0,421 (0,487)
<i>Investitionsbedarf</i>	0,124 (0,173)	0,122 (0,175)	0,098 (0,185)	0,150 (0,181)
<i>Erfahrung mit dem neuen Material</i>	0,107 (0,092)	0,107 (0,093)	0,139 (0,096)	0,091 (0,094)
<i>Finanzielle Ressourcen</i>	-0,198 (0,122)	-0,199 (0,122)	-0,244* (0,131)	-0,217* (0,126)
<i>Familienbesitz</i> (0/1)	1,156** (0,449)	1,153** (0,450)	0,978** (0,465)	1,106** (0,459)
<i>Verpflichtung</i>	-0,007 (0,115)	-0,008 (0,115)	-0,107 (0,124)	0,011 (0,119)
<i>Materialkostenanteil</i>	0,202 (0,143)	0,204 (0,145)	0,204 (0,155)	0,236 (0,153)
LR	14,30*	14,31	21,39**	18,25*
LR Test		0,01	7,08***	3,94**
Vergleichsmodell	keines (Basismodell)	vs. Modell 1	vs. Modell 2	vs. Modell 2
Pseudo R ²	0,10	0,10	0,15	0,13

N = 101; Standardfehler in Klammern; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$

Tabelle 5.7b: Logit-Analyse (Verzögerung des Entwicklungsstarts)

Verzögerung des Entwicklungsstarts	Modell 5	Modell 6	Modell 7
<i>Materialpreiskorrelation</i>		-0,908 (0,638)	-1,546* (0,822)
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor dem Entwicklungsstart</i>	0,323** (0,137)		0,263* (0,147)
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart × Zuvorkommen (0/1)</i>			-0,830** (0,412)
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart × Entwicklungsdauer</i>			-0,037** (0,017)
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart</i>			1,427** (0,559)
<i>Entwicklungsdauer</i>	-0,001 (0,015)	0,002 (0,015)	0,149* (0,068)
<i>Zuvorkommen (0/1)</i>	-0,450 (0,465)	-0,417 (0,474)	-0,643 (0,560)
<i>Investitionsbedarf</i>	0,150 (0,181)	0,065 (0,177)	0,018 (0,204)
<i>Erfahrung mit dem neuen Material</i>	0,114 (0,096)	0,132 (0,095)	0,172 (0,108)
<i>Finanzielle Ressourcen</i>	-0,268** (0,131)	-0,220* (0,125)	-0,347** (0,146)
<i>Familienbesitz (0/1)</i>	1,240*** (0,469)	1,266*** (0,463)	1,234** (0,524)
<i>Verpflichtung</i>	0,033 (0,121)	-0,011 (0,116)	-0,049 (0,135)
<i>Materialkostenanteil</i>	0,158 (0,145)	0,222 (0,146)	0,220 (0,162)
LR	20,20**	16,43**	33,11***
LR Test	5,90**	2,13	18,81***
Vergleichsmodell	vs. Modell 1	vs. Modell 1	vs. Modell 1
Pseudo R ²	0,14	0,11	0,23

N = 101; Standardfehler in Klammern; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$

Das Modell 1 stellt für die Hypothesen 1-5 das Basismodell dar. Es beinhaltet die Kontrollvariablen und zeigt die einfachen Effekte der *Entwicklungsdauer* und dem *Zuvorkommen* vor Wettbewerbern. Die log-likelihood beträgt 14,30 und McFadden's

pseudo R-Quadrat beträgt 0,10. Keine der Moderatorvariablen zeigt einen signifikanten Zusammenhang mit der *Verzögerung des Entwicklungsstarts*. In Modell 2 wird die *Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart* hinzugezogen. Die Unsicherheit über den Preis des neuen Materials zeigt keinen signifikanten Einfluss auf den Entwicklungsstart. Zudem sind die marginalen Effekte über die Variationsbreite der Variable sowie der marginale Effekt der Variable unter Berücksichtigung des Durchschnitts aller übrigen Variablen im Modell insignifikant. Bei gleichzeitiger Berücksichtigung aller Wertkomponenten aus Ungleichung (5) im Modell 7 ist der Koeffizient signifikant und positiv. *Hypothese 1* wird daher bedingt bestätigt.

Die Interaktion zwischen der *Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart* und der geplanten *Entwicklungsdauer* im Modell 3 erzeugt einen signifikant negativen Koeffizienten. Abbildung 5.1 zeigt, dass bei einem Anstieg der *Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart* die Wahrscheinlichkeit einer Verzögerung weniger ansteigt, wenn die *Entwicklungsdauer* lang ist (75. Perzentil), als wenn die *Entwicklungsdauer* kurz (25. Perzentil) ist. Zudem sind die marginalen Effekte negativ und signifikant, wenn die geplante Dauer der Entwicklungszeit lang ist. Der Koeffizient der *Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart* wird signifikant positiv. Eine lange Entwicklungsdauer (,investment lag⁶) scheint die Neigung zur Verzögerung des Entwicklungsstarts unter Unsicherheit über die Input-Kosten für das neue Material zu verringern. Da die log-likelihood (21,39) signifikant höher als in Modell 2 ist, wird *Hypothese 2* bestätigt.

Modell 4 überprüft, ob die Interaktion zwischen der *Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart* und dem *Zuvorkommen* vor Wettbewerbern den Schwellenwert, die Produktentwicklung zu starten, verringert. Der Interaktionseffekt ist

signifikant negativ. Die Möglichkeit eines Wettbewerbsvorsprungs scheint ein Anreiz zu sein, das Materialsubstitutionsprojekt unter unsicheren Materialpreisen zu starten. Abbildung 5.2 zeigt, dass ohne Vorsprung die Neigung, das Projekt zu starten, mit zunehmender *Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart* steigt. Kann das Unternehmen jedoch seinen Wettbewerbern zuvorkommen, sinkt die Neigung zu verzögern, wenn die *Preisvolatilität des neuen Materials vor dem Entwicklungsstart* steigt. Ein ‚Likelihood ratio‘-Test weist auf eine signifikante Verbesserung von 3,94 im Vergleich zu Modell 2 hin. Die *Hypothese 3* wird daher bestätigt.

Modell 5 zeigt einen signifikanten positiven Zusammenhang zwischen der *Preisvolatilität des alten Materials vor dem Entwicklungsstart* und der *Verzögerung des Entwicklungsstarts*. Da die marginalen Effekte über die Variationsbreite der Variable sowie der marginale Effekt der Variable unter Berücksichtigung des Durchschnitts aller übrigen Variablen im Modell signifikant sind und die log-likelihood signifikant höher ist als im Basismodell, erfährt *Hypothese 4* Bestätigung. Unternehmen scheinen bei Unsicherheit über den Preis des alten Materials den Entwicklungsstart zu verzögern. Modell 6 testet, ob die *Materialpreiskorrelation* die Neigung zur Verzögerung des Entwicklungsstarts verringert. Der Effekt ist negativ, aber insignifikant ($p = 0,155$). Unter Berücksichtigung aller Wertkomponenten der Ungleichung (5) im Modell 7 ist der Koeffizient signifikant und negativ. Daher wird *Hypothese 5* bedingt bestätigt.

Abbildung 5.1: Analyse des Interaktionseffekts (Hypothese 2)

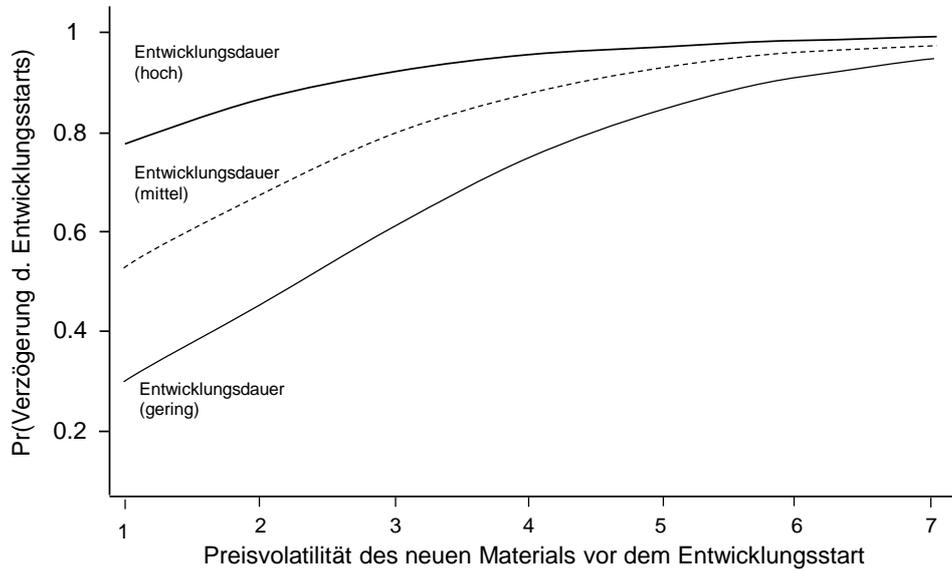
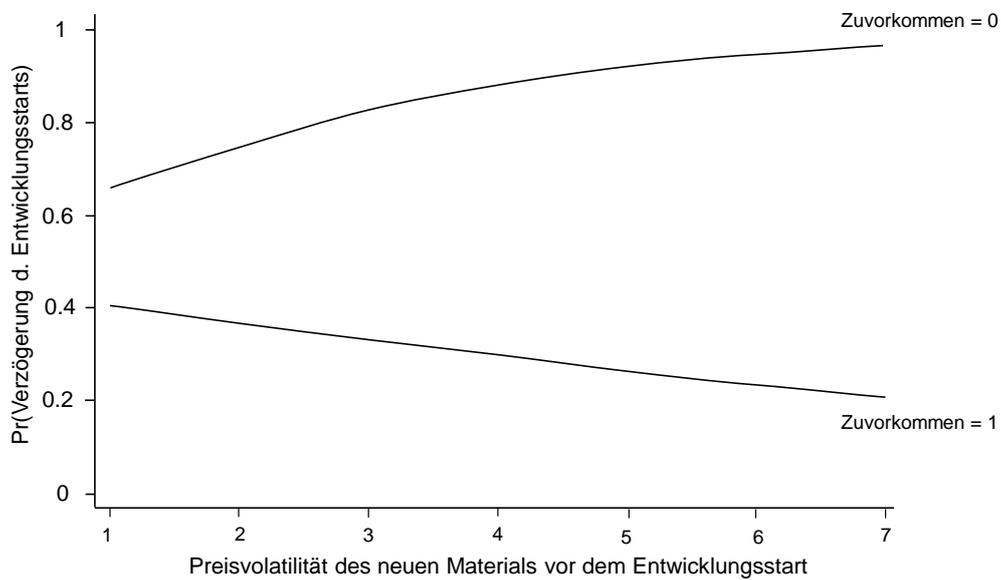


Abbildung 5.2: Analyse des Interaktionseffekts (Hypothese 3)



Bei den Kontrollvariablen zeigt die Variable *Finanzielle Ressourcen*, dass ein Mangel an finanziellen Ressourcen zu einer Projektverzögerung führt. Es scheint zudem, dass Unternehmen im *Familienbesitz* eher den Entwicklungsstart verzögern als andere

Unternehmen. Die marginalen Effekte der Variablen *Finanzielle Ressourcen* und *Familienbesitz* sind jeweils unter Berücksichtigung des Durchschnitts aller übrigen Variablen im Modell signifikant.

5.3 Ergebnisse über die Ausübung der Wechseloption

5.3.1 Verzögerung der Markteinführung

Die Tabelle 5.8a-b testet mit Hilfe von Logit-Modellen, ob die Modellvariablen die Wahrscheinlichkeit, dass der Produktionsstart für ein neues Produkt später als zu dem geplanten Termin stattfindet, erklären. Das Modell 8 stellt für die Hypothesen 6a-11a das Basismodell dar. Die Moderatorvariable *Vorsprung* zeigt keinen signifikanten Zusammenhang mit der *Verzögerung der Markteinführung*. *Technische Probleme* erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Verzögerung. Ebenso erhöht eine *Verzögerte Fertigstellung* der Produktentwicklung die Wahrscheinlichkeit für eine verzögerte Markteinführung.

Modell 9 testet den Einfluss der Variable *Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung*. Entgegen der *Hypothese 6a* zeigt das Modell keinen signifikanten Einfluss auf eine Verzögerung des Produktionsstarts. Modell 10 prüft, ob sich der *Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung* auf die abhängige Variable auswirkt. Der Effekt ist insignifikant und *Hypothese 7a* wird daher nicht bestätigt. Modell 11 zeigt einen insignifikanten Zusammenhang zwischen der *Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung* und der *Verzögerung der Markteinführung*. Die *Hypothese 8a* wird daher nicht bestätigt. Das Modell 12 testet, ob die Interaktion zwischen *Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung*

und dem *Vorsprung* vor Wettbewerbern die Wahrscheinlichkeit für einen Produktionsstart erhöht. Da der Effekt insignifikant ist, kann *Hypothese 9a* nicht bestätigt werden. Modell 13 zeigt keinen signifikanten Einfluss der *Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung* auf die *Verzögerung der Markteinführung*. Modell 14 prüft, ob die *Materialpreiskorrelation* die Wahrscheinlichkeit der Verzögerung eines Produktionsstarts verringert. Der Effekt ist insignifikant. Die *Hypothese 11a* wird daher abgelehnt. Auch im Gesamtmodell (Modell 15) sind die Effekte insignifikant. Es gibt keine bedeutsame Steigerung des McFadden's pseudo R-Quadrat. Die Anzahl der Beobachtungen pro Variable unter Zehn kann zu Problemen bei logistischen Regressionen führen (Peduzzi et al., 1996). Das Modell wurde daher ohne Kontrollvariablen getestet; die Ergebnisse blieben stabil. Es scheint, dass die betrachteten Unternehmen im Durchschnitt die Materialpreisentwicklungen bei Entscheidungen über den Zeitpunkt zur Einführung von neuen Produkten aus einem neuen Material nicht berücksichtigen.

Tabelle 5.8a: Logit-Analyse (Verzögerung der Markteinführung)

Verzögerung der Markteinführung	Modell 8	Modell 9	Modell 10	Modell 11
<i>Materialpreiskorrelation</i>				
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung</i>				
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung × Vorsprung</i>				
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung</i>				-0,011 (0,220)
<i>Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung</i>			-0,105 (0,280)	
<i>Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung</i>		0,224 (0,347)		
<i>Vorsprung</i>	-0,184 (0,194)	-0,201 (0,197)	-0,180 (0,194)	-0,185 (0,193)
<i>Technische Probleme</i>	0,325* (0,170)	0,335* (0,171)	0,326* (0,171)	0,324* (0,172)
<i>Verzögerte Fertigstellung</i>	1,959*** (0,682)	1,945*** (0,685)	2,018*** (0,701)	1,954*** (0,688)
<i>Lieferengpässe</i>	0,267 (0,242)	0,247 (0,241)	0,278 (0,243)	0,268 (0,243)
<i>Finanzielle Ressourcen</i>	0,035 (0,208)	0,042 (0,212)	0,039 (0,209)	0,034 (0,208)
<i>Verpflichtung</i>	-0,231 (0,156)	-0,235 (0,156)	-0,229 (0,157)	-0,230 (0,160)
Pseudo R ²	0,26	0,26	0,26	0,26
N	64	64	64	64

Standardfehler in Klammern; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$

Tabelle 5.8b: Logit-Analyse (Verzögerung der Markteinführung)

Verzögerung der Markteinführung	Modell 12	Modell 13	Modell 14	Modell 15
<i>Materialpreiskorrelation</i>			0,537 (0,867)	0,512 (0,878)
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung</i>		-0,043 (0,200)		0,044 (0,229)
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung × Vorsprung</i>	0,119 (0,131)			0,154 (0,150)
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung</i>	-0,046 (0,223)			-0,132 (0,260)
<i>Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung</i>				-0,359 (0,359)
<i>Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung</i>				0,432 (0,425)
<i>Vorsprung</i>	-0,192 (0,202)	-0,183 (0,193)	-0,172 (0,194)	-0,178 (0,212)
<i>Technische Probleme</i>	0,322* (0,172)	0,324* (0,171)	0,326* (0,170)	0,334* (0,177)
<i>Verzögerte Fertigstellung</i>	1,997*** (0,702)	1,957*** (0,681)	1,997*** (0,687)	2,180*** (0,766)
<i>Lieferengpässe</i>	0,281 (0,239)	0,275 (0,243)	0,303 (0,255)	0,322 (0,256)
<i>Finanzielle Ressourcen</i>	0,050 (0,213)	0,047 (0,216)	0,028 (0,210)	0,072 (0,238)
<i>Verpflichtung</i>	-0,230 (0,160)	-0,236 (0,157)	-0,235 (0,156)	-0,225 (0,165)
Pseudo R ²	0,27	0,26	0,26	0,29
N	64	64	64	64

Standardfehler in Klammern; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$

5.3.2 Verbesserung der Wettbewerbsposition

In Tabelle 5.9a-b wird mit Hilfe von OLS-Regressionen getestet, ob Unternehmen die Wettbewerbsposition verbessern, wenn sie in Reaktion auf Materialpreisentwicklungen

den Markteintritt verzögern. Das Basismodell (Modell 16) zeigt die einfachen Effekte der Variablen, die den Zusammenhang zwischen *Verzögerung der Markteinführung* und *Wettbewerbsposition* moderieren (Hypothese 6b-11b). Diese Variablen beschreiben die Materialpreisentwicklungen (d.h. *Materialpreiskorrelation*, *Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung*, *Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung*, *Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung*, *Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung*), den Start der Produktion (*Verzögerung der Markteinführung*) und den Vorsprung vor Wettbewerbern (*Vorsprung*). Die Variable *Verzögerung der Markteinführung* zeigt einen negativen Einfluss auf die *Wettbewerbsposition*. Zum geplanten Zeitpunkt auf dem Markt zu sein, scheint grundsätzlich die *Wettbewerbsposition* zu verbessern. Auch ein *Vorsprung* vor den Wettbewerbern verbessert die *Wettbewerbsposition*.

Modell 17 prüft, ob die Interaktion zwischen *Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinführung* und einer *Verzögerung der Markteinführung* die *Wettbewerbsposition* verbessert. Der Interaktionseffekt ist signifikant positiv. Eine verzögerte Markteinführung scheint bei steigenden Preisen des neuen Materials die *Wettbewerbsposition* zu verbessern. Die *Hypothese 6b* wird daher bestätigt. Das Modell 18 testet, ob der Interaktionseffekt zwischen *Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinführung* und einer *Verzögerung der Markteinführung* die *Wettbewerbsposition* verbessert. Der Interaktionseffekt ist negativ, aber insignifikant. Im Gesamtmodell (Modell 23), welches sämtliche Preisentwicklungen des neuen und alten Materials berücksichtigt, ist der Effekt signifikant negativ. Da die genannten Preisentwicklungen gemeinsam die Investitionsregel der Ungleichung (11) beeinflussen, wird *Hypothese 7b* bedingt bestätigt.

Der Interaktionseffekt zwischen der *Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung* und *Verzögerung der Markteinführung* wird im Modell 19 getestet. Der Effekt ist signifikant positiv. Eine Verzögerung der Markteinführung unter unsicherem Preis für das neue Material verbessert die *Wettbewerbsposition*. Die *Hypothese 8b* wird daher bestätigt. Eine Interaktion zwischen der *Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung*, dem *Vorsprung* und der *Verzögerung der Markteinführung* wird in Modell 20 getestet. Wie in der *Hypothese 9b* erwartet, ist der Effekt signifikant und negativ. Ein Unternehmen, das einen Vorsprung vor Wettbewerbern hat und bei unsicherem Preis für das neue Material die Markteinführung verzögert, verschlechtert seine *Wettbewerbsposition*.

Modell 21 prüft, ob die Interaktion zwischen der *Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinführung* und *Verzögerung der Markteinführung* die *Wettbewerbsposition* verbessert. Der Interaktionseffekt ist signifikant positiv. Eine Verzögerung der Markteinführung unter unsicheren Preisen für das alte Material verbessert die *Wettbewerbsposition*. Die *Hypothese 10b* wird bestätigt. Abschließend testet das Modell 22, ob der Interaktionseffekt aus der *Materialpreiskorrelation* und der *Verzögerung der Markteinführung* die *Wettbewerbsposition* beeinflusst. Der Effekt ist insignifikant und daher wird die *Hypothese 11b* abgelehnt. Im Gesamtmodell (Modell 23) bleiben alle anderen Ergebnisse über die erwarteten Einflüsse auf die *Wettbewerbsposition* stabil.

Im Abschnitt 4.3 wird erläutert, dass die Ergebnisse aus den OLS-Regressionen in den Modellen 16-23 zusätzlich durch ‚Ordered Logit‘-Analysen auf Robustheit getestet werden sollten. Deshalb wurde zunächst geprüft, ob jede der sieben Ausprägungen der abhängigen Variable *Wettbewerbsposition* vorkommt. Dies trifft für den Datensatz zu.

Anschließend wurden die ‚Ordered Logit‘-Analysen durchgeführt (Modelle 24-31 in Tabelle 10a-b). Da die geschätzten Koeffizienten der Interaktionseffekte nicht als lineare marginale Effekte interpretiert werden können (Long und Freese, 2006, S.436ff.), wurden diese für unterschiedliche Niveaus der Variablen untersucht und in Abbildungen 5.3-5.7 jeweils grafisch dargestellt. Die Ergebnisse bleiben stabil, lediglich die Interaktion aus der *Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinführung*, dem *Vorsprung* und der *Verzögerung der Markteinführung* ist im Gesamtmodell zwar wie erwartet negativ, aber im Gegensatz zu den Ergebnissen der OLS-Regression nicht signifikant ($p = 0,114$). Da der Effekt im Einzelmodell (Modell 28) Signifikanz aufzeigt, wird *Hypothese 9b* bedingt bestätigt.

Tabelle 5.9a: OLS-Regression (Wettbewerbsposition)

Wettbewerbsposition	Modell 16	Modell 17	Modell 18	Modell 19
<i>Materialpreiskorrelation × Verzögerung der Markteinf.</i>				
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinf. × Verzögerung der Markteinf.</i>				
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinf. × Vorsprung × Verzögerung der Markteinf.</i>				0,489** (0,190)
<i>Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinf. × Verzögerung der Markteinf.</i>			-0,122 (0,219)	
<i>Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinf. × Verzögerung der Markteinf.</i>		0,555* (0,297)		
<i>Vorsprung × Verzögerung der Markteinf.</i>				
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinf. × Vorsprung</i>				
<i>Verzögerung der Markteinf.</i>	-0,733** (0,335)	-0,691** (0,331)	-0,729** (0,338)	-0,705** (0,323)
<i>Vorsprung</i>	0,573*** (0,107)	0,583*** (0,103)	0,573*** (0,107)	0,552*** (0,101)
<i>Materialpreiskorrelation</i>	0,510 (0,414)	0,533 (0,387)	0,485 (0,441)	0,308 (0,354)
<i>Preisvolatilität des alten Materials vor der Markteinf.</i>	0,206** (0,094)	0,196** (0,092)	0,212** (0,099)	0,200** (0,090)
<i>Preisvolatilität des neuen Materials vor der Markteinf.</i>	-0,016 (0,097)	-0,015 (0,092)	-0,016 (0,099)	-0,225 (0,144)
<i>Materialpreistrend des alten Materials vor der Markteinf.</i>	-0,156 (0,126)	-0,107 (0,122)	-0,117 (0,150)	-0,128 (0,119)
<i>Materialpreistrend des neuen Materials vor der Markteinf.</i>	0,171 (0,206)	-0,207 (0,189)	0,177 (0,207)	-0,082 (0,200)
F	10,63***	11,87***	9,39***	13,80***
R ²	0,4846	0,5063	0,4864	0,5302
Root MSE	1,2186	1,2035	1,2276	1,1741

N = 64; Standardfehler in Klammern; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$

Tabelle 5.9b: OLS-Regression (Wettbewerbsposition)

Wettbewerbsposition	Modell 20	Modell 21	Modell 22	Modell 23
<i>Materialpreiskorrelation</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>			0,842 (0,832)	0,857 (0,635)
<i>Preisvolatilität des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>		0,457** (0,184)		0,627*** (0,193)
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Vorsprung</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>	-0,251** (0,094)			-0,180* (0,093)
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>	0,585*** (0,177)			0,424** (0,182)
<i>Materialpreistrend des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>				-0,634** (0,238)
<i>Materialpreistrend des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>				0,829** (0,311)
<i>Vorsprung</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>	0,031 (0,184)			0,139 (0,177)
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Vorsprung</i>	0,069 (0,078)			0,131** (0,050)
<i>Verzögerung der Markteinf.</i>	-0,674** (0,328)	-0,735** (0,328)	-0,776** (0,350)	-0,693** (0,314)
<i>Vorsprung</i>	0,489*** (0,090)	0,562*** (0,102)	0,557*** (0,113)	0,433*** (0,094)
<i>Materialpreiskorrelation</i>	0,308 (0,345)	0,453 (0,369)	0,088 (0,635)	-0,332 (0,397)
<i>Preisvolatilität des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	0,143* (0,091)	0,038 (0,102)	0,120** (0,096)	-0,048 (0,075)
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	-0,251* (0,140)	-0,025 (0,096)	-0,038 (0,104)	-0,259** (0,102)
<i>Materialpreistrend des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	-0,049 (0,113)	-0,210 (0,130)	-0,142 (0,127)	0,087 (0,124)
<i>Materialpreistrend des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	-0,062 (0,200)	0,215 (0,184)	0,188 (0,215)	-0,424* (0,220)
F	23,42***	14,10***	9,38***	17,01***
R ²	0,5678	0,5360	0,4931	0,6535
Root MSE	1,1580	1,1667	1,2195	1,0793

N = 64; Standardfehler in Klammern; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$

Tabelle 5.10a: ,Ordered Logit'-Analyse (Wettbewerbsposition)

Wettbewerbsposition	Modell 24	Modell 25	Modell 26	Modell 27
<i>Materialpreiskorrelation</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>				
<i>Preisvolatilität des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>				
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Vorsprung</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>				
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>				0.946** (0.364)
<i>Materialpreistrend des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>			-0.186 (0.410)	
<i>Materialpreistrend des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>		1,007* (0,555)		
<i>Vorsprung</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>				
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Vorsprung</i>				
<i>Verzögerung der Markteinf.</i>	-0,973** (0,485)	-0,969** (0,488)	-0,969** (0,484)	-1,046** (0,498)
<i>Vorsprung</i>	1,003*** (0,190)	1,047*** (0,195)	1,005*** (0,190)	1,014*** (0,191)
<i>Materialpreiskorrelation</i>	0,380 (0,661)	0,537 (0,662)	0,320 (0,673)	0,092 (0,659)
<i>Preisvolatilität des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	0,288* (0,163)	0,279* (0,164)	0,302* (0,165)	0,280* (0,165)
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	-0,030 (0,175)	-0,030 (0,175)	-0,028 (0,175)	-0,497* (0,265)
<i>Materialpreistrend des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	-0,226 (0,244)	-0,145 (0,253)	-0,155 (0,288)	-0,199 (0,248)
<i>Materialpreistrend des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	0,089 (0,325)	-0,569 (0,483)	0,093 (0,325)	0,027 (0,339)
LR	41,90***	45,27***	42,10***	49,12***
LR Test		3,37*	0,21	7,22***
Vergleichsmodell	Keines (Basismodell)	vs. Modell 24	vs. Modell 24	vs. Modell 24
Pseudo R ²	0,19	0,21	0,19	0,23

N = 64; Standardfehler in Klammern; *** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.1

Tabelle 5.10b: ,Ordered Logit‘-Analyse (Wettbewerbsposition)

Wettbewerbsposition	Modell 28	Modell 29	Modell 30	Modell 31
<i>Materialpreiskorrelation</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>			1,578 (1,307)	1,736 (1,416)
<i>Preisvolatilität des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>		0,787** (0,317)		1,176*** (0,386)
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Vorsprung</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>	-0,421* (0,232)			-0,391 (0,247)
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>	1,140*** (0,376)			0,851** (0,395)
<i>Materialpreistrend des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>				-1,310** (0,601)
<i>Materialpreistrend des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>				1,956** (0,790)
<i>Vorsprung</i> × <i>Verzögerung der Markteinf.</i>	0,117 (0,304)			0,248 (0,333)
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i> × <i>Vorsprung</i>	0,096 (0,156)			0,255 (0,159)
<i>Verzögerung der Markteinf.</i>	-1,062** (0,499)	-1,004** (0,492)	-1,102** (0,498)	-1,358** (0,526)
<i>Vorsprung</i>	0,936*** (0,243)	1,044*** (0,194)	0,986*** (0,191)	1,039*** (0,275)
<i>Materialpreiskorrelation</i>	0,188 (0,666)	0,382 (0,676)	-0,469 (0,950)	-0,836 (0,987)
<i>Preisvolatilität des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	0,192 (0,091)	-0,009 (0,199)	0,294** (0,164)	-0,156 (0,201)
<i>Preisvolatilität des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	-0,512** (0,257)	-0,085 (0,183)	-0,074 (0,181)	-0,532** (0,254)
<i>Materialpreistrend des alten</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	-0,061 (0,250)	-0,348 (0,249)	-0,198 (0,246)	0,314 (0,312)
<i>Materialpreistrend des neuen</i> <i>Materials vor der Markteinf.</i>	-0,203 (0,359)	0,222 (0,323)	0,148 (0,332)	-1,214** (0,616)
LR	53,89***	48,39***	43,35***	68,05***
LR Test	11,99**	6,49**	1,45	26,15***
Vergleichsmodell	vs. Modell 24	vs. Modell 24	vs. Modell 24	vs. Modell 24
Pseudo R ²	0,24	0,22	0,20	0,31

N = 64; Standardfehler in Klammern; *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$

Abbildung 5.3: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 6b)

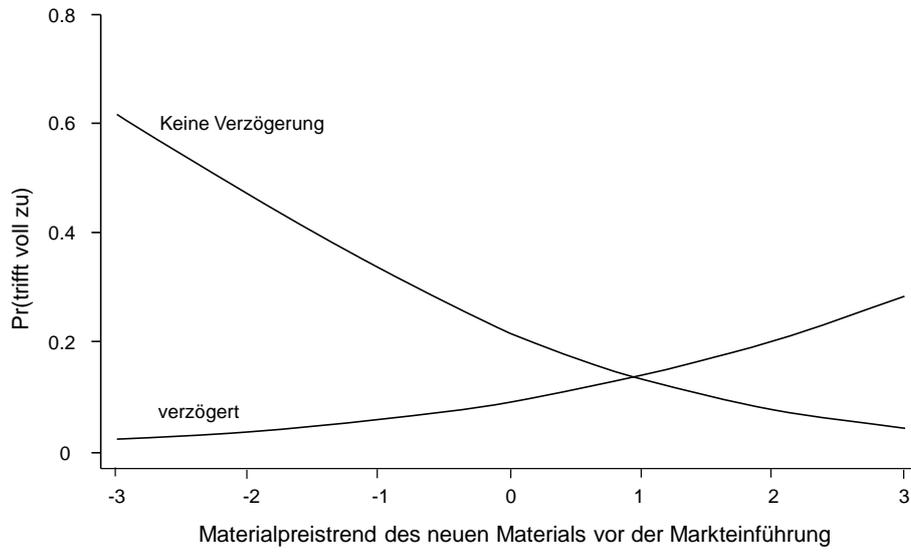


Abbildung 5.4: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 7b)

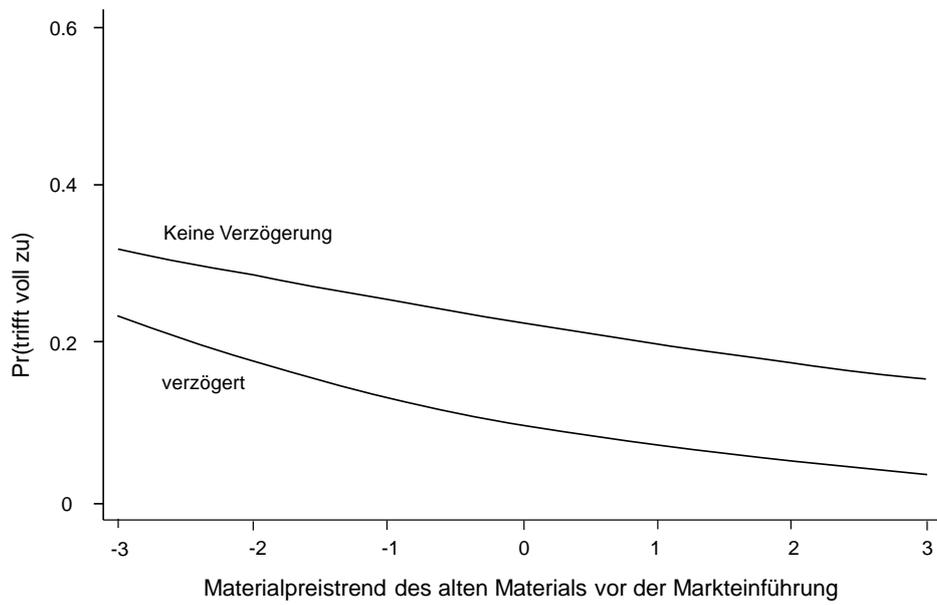


Abbildung 5.5: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 8b)

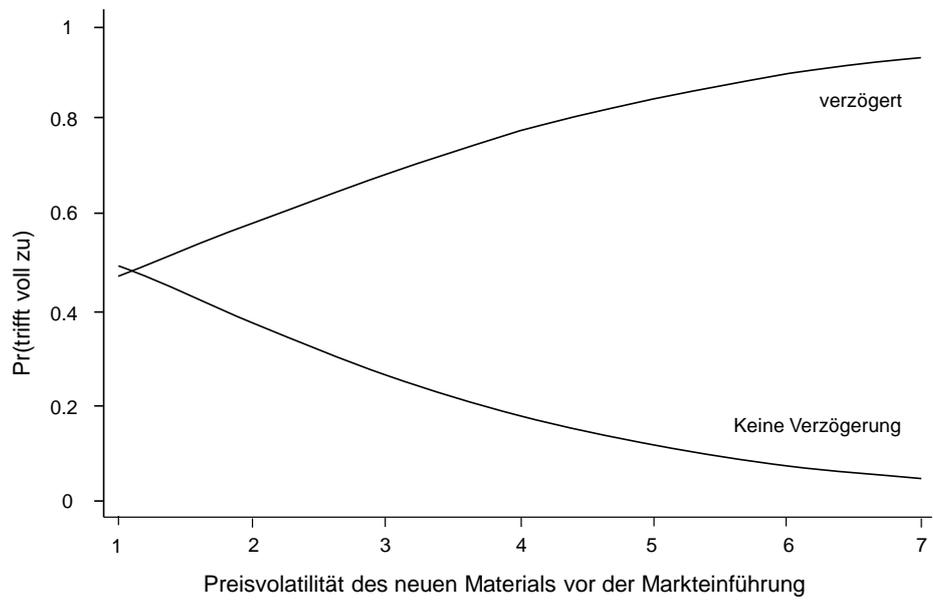


Abbildung 5.6: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 10b)

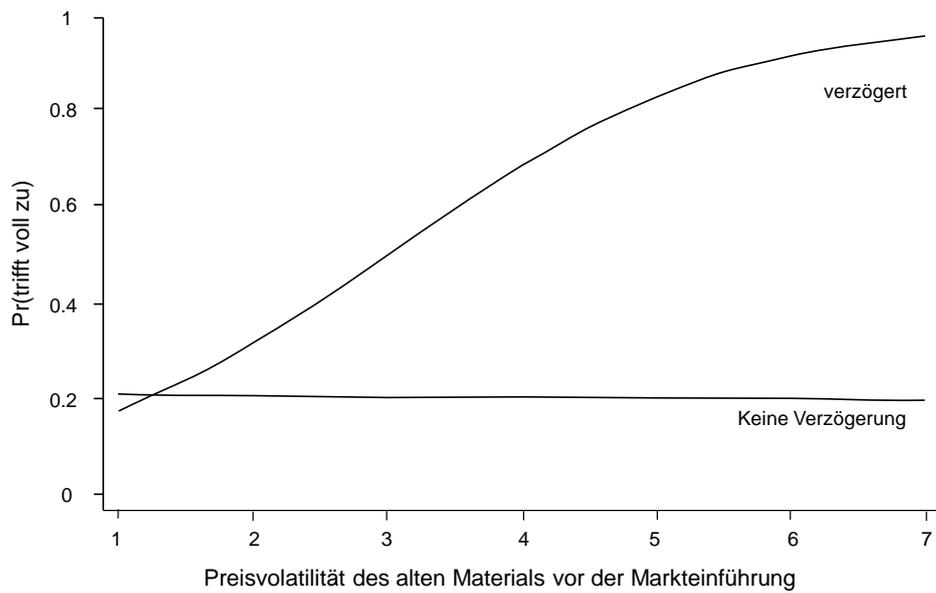
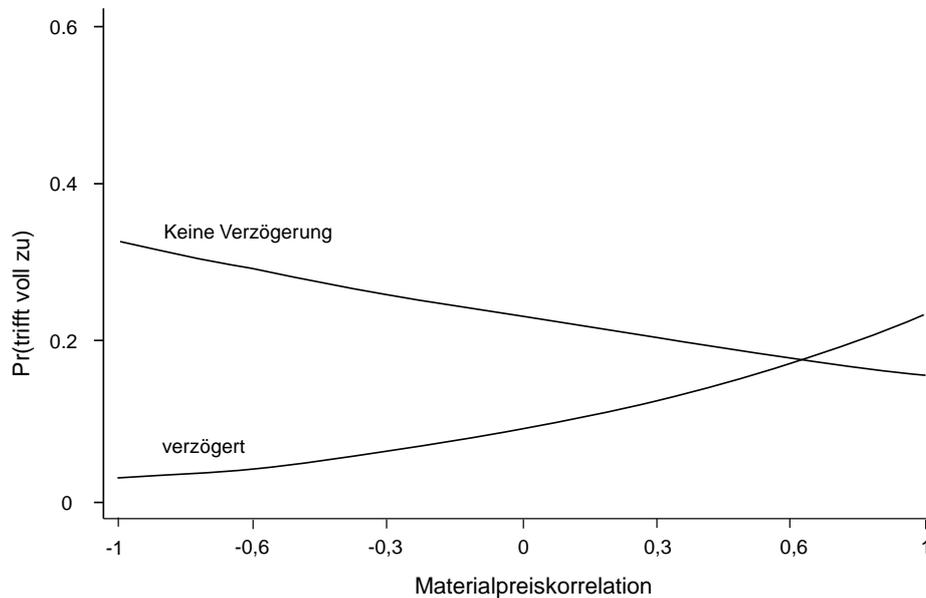


Abbildung 5.7: Analyse des Interaktionseffekts (,Ordered Logit'-Analyse; Hypothese 11b)



5.4 Diskussion der Ergebnisse

5.4.1 Entwicklungsstart

Die vorliegende empirische Studie hat zuerst den Einfluss der Unsicherheit über die Inputkosten auf den Start der Entwicklung eines neuen Produkts untersucht, welches auf einem neuen Material basiert. Hierzu wurde zunächst mit Hilfe der Realoptionslogik ein Modell entwickelt und daraus Hypothesen abgeleitet. Im Anschluss wurden diese Hypothesen anhand von Primärdaten über Materialsubstitutionsprojekte getestet. Die Studie findet heraus, dass eine lange Entwicklungszeit die Neigung zur Verzögerung des Entwicklungsstarts unter volatilem Preis des neuen Materials verringert. Auch ein Wettbewerbsvorsprung erhöht den Anreiz, das Entwicklungsprojekt unter Materialpreisvolatilität des neuen Materials zu starten. Preisvolatilität des alten Materials führt hingegen dazu, dass Unternehmen den Entwicklungsstart verzögern. Bei

gleichzeitiger Kontrolle für einen Wettbewerbsvorsprung zeigen die Ergebnisse, dass Preisvolatilität des neuen Materials die Neigung zur Verzögerung des Entwicklungsstarts erhöht. Die Materialpreiskorrelation zwischen dem neuen und dem alten Material erhöht hingegen den Anreiz, das Entwicklungsprojekt zu starten.

Die Erkenntnisse ergänzen bisherige Arbeiten in der Literatur auf unterschiedliche Weise. Die Arbeit ergänzt empirische Studien über F&E-Investitionen als Realoptionen (McGrath und Nerkar, 2004; Oriani, 2007; Levitas und Chi, 2010; Cuervo-Cazurra und Un, 2010), die ausschließlich auf Unternehmensebene durchgeführt wurden, durch eine Studie auf Projektebene. Auf diesen empirischen Forschungsbedarf wurde in der Vergangenheit wiederholt hingewiesen (Reuer und Tong, 2007a; Oriani und Sobrero, 2008; Cuypers und Martin, 2010). Die Arbeit erweitert auf der theoretischen Ebene die konventionelle Sicht von Warteoptionen im Bereich der F&E. Während Simulationsstudien feststellen, dass Unternehmen unter Unsicherheit Investitionen in die Entwicklung neuer Produkte zurückhalten (Pindyck, 1993; Lint und Pennings, 2001), liefert die vorliegende Arbeit empirische Belege für die Argumentationen von Bar-Ilan und Strange (1996). Danach reduziert die Möglichkeit zum Abbruch des Projekts die Neigung, unter Unsicherheit zu warten. Investitionen in die Entwicklung eines neuen Produkts werden demnach eher getätigt, wenn die Entwicklungsdauer hoch ist. Dieses Ergebnis ist im Einklang mit den Ergebnissen der Studie von Pacheco-de-Almeida, Henderson und Cool (2008) über die Entscheidung von Investitionszeitpunkten beim Aufbau petrochemischer Fabriken.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit bestätigen anhand einer größeren Stichprobe die Fallstudienresultate von Hoffmann, Trautmann und Hamprecht (2009), wonach Unternehmen F&E-Investitionen nicht unter Unsicherheit aufschieben, wenn das

Investitionsprojekt Zugang zu wertvollen Ressourcen im Wettbewerb sichert. Durch die Investition in neue Technologien schaffen Unternehmen Wachstumsoptionen (McGrath, 2007), die besonders wertvoll sind, wenn ein Vorsprung vor Wettbewerbern unter Unsicherheit erzielt werden kann (Kulatilaka und Perotti, 1998; Miller und Folta, 2002; Smit und Trigeorgis, 2007). Frühes Investieren unter Unsicherheit sichert den Zugang zu diesen Wachstumsoptionen. Die empirischen Ergebnisse unterstützen damit die Argumentationen bisheriger konzeptioneller Arbeiten im Bereich von F&E-Investitionen hinsichtlich der Inputkosten-Unsicherheit. Indem der Einfluss exogener Unsicherheit auf die Neigung zur Investition in die Produktentwicklung untersucht wurde, werden die Erkenntnisse von McGrath und Nerkar (2004) erweitert. Diese hatten die exogene Unsicherheit als Einflussfaktor zum Aufbau einer Wachstumsoption nicht berücksichtigt.

Die empirische Studie erweitert zudem den Forschungsstrang, der empirisch Investitionsentscheidungen mit eingebetteter Folgeinvestitionsmöglichkeit untersucht (Kogut, 1991; Kim und Kogut, 1996; Folta und Miller, 2002; McGrath und Nerkar, 2004). Hierzu wird, aufbauend auf den Ideen von Lee und Paxson (2001), in der vorliegenden Arbeit argumentiert, dass Unternehmen Warteoptionen rechtzeitig ausüben, um Zugang zu Wechseloptionen zu erhalten. Lee und Paxson (2001) betrachten allerdings nur ein Produkt. Als Erweiterung wird in dieser Arbeit jedoch auch die Wachstumsoption der aktuell verwendeten Technologie berücksichtigt. Dabei wird im Speziellen empirisch der Einfluss der Inputkosten-Unsicherheit des neuen und des bisherigen Materials auf den Investitionszeitpunkt zum Aufbau einer Wechseloption untersucht.

Da die Wechseloption aus zwei Wachstumsoptionen modelliert wird (vgl. Anand, Oriani und Vassolo, 2007), können investitionsspezifische Unsicherheiten und deren Korrelation als Treiber einzelner Wertkomponenten im Forschungsdesign berücksichtigt werden. Bereits Finanzoptionsmodelle (Margrabe, 1978; Stulz, 1982; Carr, 1988) und deren theoretischen Anwendung auf reale Vermögensgegenstände im Bereich der F&E (Childs, Ott und Triantis, 1998; Lint und Pennings, 2002; Lee und Paxson, 2001; Anand, Oriani und Vassolo, 2007) betonen die Rolle der Korrelation der zugrundeliegenden Vermögenswerten bei Wechseloptionen. Während die empirische Studie von Vassolo, Anand und Folta (2004) die Realloptionslogik für Optionen auf das Maximum von risikoreichen Vermögensgegenständen testet, untersucht die vorliegende Studie die Realloptionslogik erstmals für Optionen auf das Minimum von risikoreichen Vermögensgegenständen. Sie bestätigt die Vermutungen von Stulz (1982), wonach Korrelation den Wechseloptionswert erhöht. Obwohl in der vorliegenden Arbeit die Optionswerte selbst nicht gemessen werden, so zeigen die Ergebnisse, dass Entscheidungsträger den Faktor Materialpreiskorrelation als beeinflussenden Faktor für den Portfolioeffekt bei dem Aufbau von Wechseloptionen intuitiv berücksichtigen. Das Ergebnis erscheint kontra-intuitiv zur Portfoliotheorie von Markowitz (1959). Diese besagt, dass durch den Diversifikationseffekt eine höhere Korrelation zweier Investitionen den Gesamtwert der Investition reduziert. Die Optionstheorie unterstellt jedoch bedingt finanzierte Projekte (Van Bekkum, Pennings und Smit, 2009) und der Wert von Minimum-Optionen ist Null, wenn die Korrelation -1 ist (Stulz, 1982).

Die Arbeit bietet Erkenntnisse über den Zusammenhang von Unsicherheit und Technologieentscheidungen. Die Bedeutung von Strategie und Investitionen in Technologien unter Unsicherheit wird in der Literatur diskutiert und es wird auf

Forschungsbedarf hingewiesen (Wernerfelt und Karnani, 1987; Bettis und Hitt, 1995; Folta, 2007). Als ein Beitrag zu diesen Diskussionen zeigt die vorliegende Arbeit, wie Inputkosten-Unsicherheit von neuer und alter Technologie, Wettbewerb, Entwicklungsdauer und die Korrelation der Inputkosten die Entscheidungen über das parallele Verfolgen von Technologien beeinflussen. Für Materialsubstitutionen wird zudem die Diskussion über die Fragestellung, *ob* ein neues Material aufgegriffen werden soll (Maine, Probert und Ashby, 2005; Farag, 2008), um die bisher vernachlässigte Frage, *wann* ein neues Material aufgegriffen werden soll, erweitert. Gleichzeitig wird die empirische Literatur über den Zeitpunkt des Aufgreifens neuer Technologien in neue Produkte um den Faktoren Unsicherheit erweitert (Afuah, 2004; Musso, 2009)

Während bisherige Forschung den Zeitpunkt der Produktsubstitution in der Phase der Markteinführung diskutiert (Saunders und Jobber, 1988, 1994; Cohen, Eliashberg und Ho, 1996), wird mit der vorliegenden empirischen Studie die Literatur um den Aufbau von Folgeinvestitionsmöglichkeiten zur Produktsubstitution und um Erkenntnisse für Produktwechselstrategien erweitert. Die Ergebnisse ergänzen laufende Diskussionen über die Substitution von Kompetenzen (Dierickx und Cool, 1989; Martin und Mitchell, 1998; McEvily, Das und McCabe, 2000; Adner und Zemsky, 2006; Polidoro Jr. und Toh, 2011). Während die bisherigen Arbeiten vorwiegend aus ressourcenorientierter Sicht argumentieren, wird in der vorliegenden Arbeit mit Hilfe der Realloptionslogik gezeigt, wie unternehmensexterne Faktoren (d.h. exogene Unsicherheit) den Investitionszeitpunkt, ein Substitutionsprojekt zu starten, beeinflussen. McEvily, Das und McCabe (2000) argumentieren, dass eine Verzögerung der Technologiesubstitution den Anreiz für Wettbewerber verringert, anzugreifen. In der vorliegenden Arbeit

werden hingegen die Vorteile einer rechtzeitigen Sicherung von Optionen zur Substitution diskutiert. Danach weitet eine frühe Investition unter Unsicherheit den Wert der Wachstumsoption aus und gleichzeitig werden die Optionen der Wettbewerber reduziert.

Dierickx und Cool (1989) weisen darauf hin, dass Substitutionsprozesse im Wettbewerb den ‚asset stock‘, der durch bisherige F&E in bestimmten Bereichen aufgebaut wurde, zerstören kann. Substitution wird dabei als Angriff durch Wettbewerber verstanden, welches eine Gefahr für eigene ‚asset stocks‘ darstellt. Die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass Unternehmen selbst pro-aktiv handeln und gezielt Möglichkeiten zur Substitution bisher verwendeter Technologien unter Unsicherheit aufbauen, um einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen. Die empirischen Erkenntnisse bieten eine Weiterentwicklung der Rolle von Substitutionen in der Management-Forschung. Hierzu ist allerdings die ressourcenorientierte Sicht um Aspekte der Realoptionstheorie zu ergänzen. Nach Dierickx und Cool (1989) ergibt sich die aktuelle Wettbewerbsposition durch die aktuellen ‚asset stocks‘ (Know-how zu einem Zeitpunkt) und die aktuelle Strategie wird durch die ‚flows‘ (F&E-Ausgaben) bestimmt. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass exogene Unsicherheit die optimale Ressourcenallokation im Bereich der F&E (‚flows‘) beeinflusst: Statt ausschließlich das Know-how (‚stock‘) für das alte Material zu nutzen, gibt es Rahmenbedingungen, bei denen es optimal ist, in Entwicklungsprojekte mit Einsatz eines neuen Materials zu investieren und damit eine strategische Möglichkeit zur Materialsubstitution aufzubauen. Gleichzeitig ist den Entscheidungsträgern bewusst, dass im Falle einer Ausübung der Wechseloption das bisherige Know-how (Erfahrung mit dem alten Material) obsolet werden kann. Die Ergebnisse zeigen, wie Unsicherheit, Wettbewerb und die erwartete

Entwicklungsdauer („investment lag“) den Zeitpunkt zum Aufbau von Optionen zur Produktsubstitution beeinflussen.

Pacheco-de-Almeida, Henderson und Cool (2008) haben bereits Grundprinzipien der ressourcenorientierten Sicht (den Zeitbedarf bei der Akkumulation von Ressourcen) um Grundideen der Realoptionstheorie (Investitionen unter Unsicherheit) ergänzt. Sie haben Warteoptionen in der Argumentation aufgegriffen, um empirisch die Rolle der Unsicherheit bei Zeitpunktentscheidungen über Investitionsprojekte mit „investment lag“ zu erklären. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit erweitern die theoretischen Erkenntnisse aus der Studie von Pacheco-de-Almeida, Henderson und Cool (2008) um die Rolle von Wechseloptionen bei sich gegenseitig ausschließenden Vermögensgegenständen. Die Erweiterung bietet eine Erklärung, warum Unternehmen Projekte zum Aufbau neuer Ressourcen frühzeitig initiieren, die gleichzeitig Substitute für bestehende Ressourcen darstellen. Damit ein Unternehmen in Zukunft eine profitable Wettbewerbsposition hat und hierzu bei den dann gegebenen Materialpreisen flexibel zwischen den „stocks“ auswählen kann, investiert es unter Unsicherheit gegenwärtig in den Aufbau von Wechseloptionen. Wettbewerbsvorteile durch Substitutionsmöglichkeiten werden daher durch F&E-Investitionen geschaffen, die zu einem geeigneten Zeitpunkt Strategiewechsel ermöglichen.

5.4.2 Markteinführung

Der zweite Teil der Studie untersucht den Einfluss der Unsicherheit über die Inputkosten auf die Entscheidung, die Markteinführung eines neuen Produkts, welches auf einem neuen Material basiert, zu verzögern. Wie bereits beim Entwicklungsstart

wurde auch für die Markteinführung mit Hilfe der Realloptionslogik ein Modell entwickelt, Hypothesen daraus abgeleitet und diese im Anschluss anhand von Materialsubstitutionsprojekten getestet. Entgegen den Erwartungen haben weder die Trends, noch die Volatilitäten der Materialpreise, noch die Materialpreiskorrelation einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, dass die Markteinführung verzögert wird. Allerdings zeigen weitere Untersuchungen, dass Unternehmen, die den Zeitpunkt der Markteinführung (bewusst oder auch unbewusst) in Abhängigkeit der Materialpreisentwicklung wählen, einen Wettbewerbsvorteil erzielen. Eine Verzögerung der Markteinführung führt bei steigendem Preis des neuen Materials zu einer Verbesserung der Wettbewerbsposition, während eine Verzögerung bei steigendem Preis des alten Materials zu einer Verschlechterung führt. Eine Verzögerung ist zudem vorteilhaft, wenn die Preisvolatilität des neuen Materials hoch ist. Hat jedoch das Unternehmen die Chance, Wettbewerbern zuvorzukommen, verschlechtert das Unternehmen seine Wettbewerbsposition, wenn es unter einem unsicheren Preis des neuen Materials die Markteinführung verzögert. Liegt Unsicherheit über den Preis des alten Materials vor, verbessert ein Verzögern der Markteinführung die Wettbewerbsposition.

Die Studie ergänzt bisherige theoretische Forschungsarbeiten über den Zeitpunkt eines Produktwechsels (Saunders und Jobber, 1994; Cohen, Eliashberg und Ho, 1996) mit einer empirischen Studie über Produkte, die aus einem neuen Material sind. Bisherige Untersuchungen im Bergbau zeigen, dass Unsicherheit über Rohstoffpreisentwicklungen den Zeitpunkt von Investitionen beeinflussen (Brennan und Schwartz, 1985; Paddock, Siegel und Smith, 1988; Cortazar, Schwartz und Casassus, 2001; Harchaoui und Lasserre, 2001; Moel und Tufano, 2002). Tilton (1984, 1991)

diskutiert theoretisch, dass Materialsubstitutionsentscheidungen unter Berücksichtigung von Materialpreisen getroffen werden. Auch Befragungen zeigen, dass Materialpreisveränderungen und Preisvolatilitäten für die Wahl der eingesetzten Materialien eine Rolle spielen (Holmes, 1990a, 1990b; Eastin, Shook und Fleishman, 2001). Messner (2002) weist auf die Bedeutung des bisher eingesetzten Materials hin, da dessen Preis eine Substitution verzögern oder gar verhindern kann. In der vorliegenden Studie wird daher getestet, ob die Preisentwicklungen sowohl des neuen Material als auch des alten Materials eine Verzögerung der Materialsubstitution beeinflussen. Es wird zudem gezeigt, dass diese Zeitpunktentscheidung einen Einfluss auf den Innovationserfolg hat.

Die Ergebnisse ergänzen vorangegangene Arbeiten, die den Einfluss von Inputkosten auf Markteinführungsentscheidungen diskutieren (Tyagi, 2006; Wu, Balasubramanian und Mahajan, 2004) und den Erfolg von neuen Produkten bei veränderten variablen Stückkosten erklären (Tatikonda und Montoya-Weiss, 2001). Mit der Untersuchung über den Einfluss von Unsicherheit auf den Zusammenhang zwischen Zeitpunkten und Erfolg werden frühere Arbeiten ergänzt, die die Rolle der Unsicherheit auf diesen Zusammenhang diskutieren (Green, Barclay und Ryans, 1995; Robinson und Min, 2002). Während andere Arbeiten einen negativen Einfluss zwischen einer Verzögerung der Markteinführung und dem Innovationserfolg betonen (Hendricks und Singhal, 1997), wird in dieser Arbeit die Auffassung verfolgt, dass das Einhalten von in der Vergangenheit festgelegten Zeitplänen nicht immer vorteilhaft ist (Lambert und Slater, 1999). Die Arbeit bietet zudem weitere Argumente, warum Geschwindigkeit scheinbar lediglich in vorhersagbaren Situationen als Erfolgsfaktor zutrifft (Meyer und Utterback, 1995; Kessler und Bierly, 2002).

Um die Vorteile der Materialsubstitution bei volatilen Materialpreisen herauszustellen, wird die Realoptionstheorie herangezogen (Dixit und Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996). Die Arbeit greift Argumentationen über werterzeugende Wechselmöglichkeiten beim Einsatz alternativer Inputfaktoren (Kulatilaka, 1986; Kulatilaka und Trigeorgis, 1994; Adkins und Paxson, 2011) auf und entwickelt auf Basis der Realoptionslogik ein empirisch testbares Modell. Es wird analysiert, ob Unternehmen die Markteinführung eines neuen Produkts in Abhängigkeit von bestimmten Faktoren, die die Balance zwischen Net Present Values und Optionswerten beeinflussen (Sanchez, 1993; Lint und Pennings, 1999, 2001), verzögern. Als Ergänzung zu Realoptionsmodellen, die den Wechseloptionswert erklären (z.B. He und Pindyck, 1992; Kulatilaka, 1993; Breeke und Schildrop, 2000; Adkins und Paxson, 2011), wird in der vorliegenden Arbeit mit Hilfe von Produktsubstitutionen die Realoptionslogik von Wechseloptionen unter schwankenden Inputkosten getestet.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Durchschnitt die betrachteten Unternehmen Materialpreise bei der Entscheidung über den Zeitpunkt nicht berücksichtigen. Jedoch kann gezeigt werden, dass bei den Projekten, bei denen sich die Materialpreisentwicklungen zum Zeitpunkt der geplanten Markteinführung negativ auf den Wechselwert auswirken, eine Verzögerung der Markteinführung zu einer Verbesserung der Wettbewerbsposition führt. Das heißt, dass sich Materialpreisentwicklungen positiv ausgewirkt haben, unabhängig davon, ob die Verzögerung durch technische Probleme oder eine bewusste Entscheidung eingetreten ist. Im Umkehrschluss heißt das, dass es von Vorteil ist, Materialpreisentwicklungen bei Entscheidungen zur Markteinführung zu berücksichtigen. Während das Unternehmen wartet, können sich Materialpreisunsicherheiten auflösen und andere Preistrends ergeben. Fokussiert ein Unternehmen hingegen ausschließlich auf

Innovationsgeschwindigkeit, lässt es die Gelegenheit aus, strategische Chancen aus schwankenden Materialpreisen durch geeignete Zeitpunktentscheidungen zu nutzen. Zahay, Griffin und Fredericks (2011) betonen, dass in den unterschiedlichen Phasen der Produktentwicklung mehr externe Informationen in Entscheidungsprozesse berücksichtigt werden sollten. Die vorliegende Arbeit zeigt, wie Unternehmen Inputkosten und Wettbewerbsinformationen nutzen können, um den Erfolg zu steigern.

6. Einsatz der Realloptionslogik im Produktentwicklungsprozess

6.1 Zusammenfassung

Das Management von Technologien und Innovationen bildet die Grundlage für Wachstum, Produktivität und die Fähigkeit, im Wettbewerb erfolgreich zu sein. Aus diesem Grund investieren Unternehmen in die Entwicklung und Markteinführung neuer Produkte. Entscheidungsträger müssen dabei Investitionsentscheidungen treffen, obwohl unsichere Rahmenbedingungen für die neuen Produkte existieren. Für Unternehmensaktivitäten, die nicht oder nur ungenügend durch finanzielles Hedging gegen Gefährdungen abgesichert werden können, sind Entscheidungsträger aufgefordert, das Risikomanagement um alternative Instrumente zu erweitern. Der Einsatz von strategischen Maßnahmen wie dem Aufbau und der Ausnutzung strategischer Flexibilität ermöglicht dabei, die von Unsicherheiten ausgehenden Gefahrenpotentiale zu reduzieren (Miller, 1992; Sanchez, 1993) und Chancen der Unsicherheit gezielt zu nutzen (Amram und Kulatilaka, 1999, S.14ff.).

Jüngere empirische Studien über den Zusammenhang von F&E-Investitionen unter Unsicherheit und Erfolg zeigen, dass Vorteile für Unternehmen entstehen, wenn diese Investitionen zu einem geeigneten Zeitpunkt getätigt werden (Reuer und Tong, 2007a; Oriani, 2007; Oriani und Sobrero, 2008; Levitas und Chi, 2010). Es gibt demnach Zeitpunkte, zu denen Abwarten geeignet ist, und andere, bei denen in neue Produkte investiert werden sollte. Die Realoptionstheorie bietet hierbei Erklärungen für den kausalen Zusammenhang zwischen Unsicherheit und der Investitionsentscheidung. Das Ziel dieser Arbeit war es, bisherige Forschungsarbeiten um eine empirische Studie auf Produktebene über den Einfluss von Unsicherheiten auf den Investitionszeitpunkt zu ergänzen und den Aufbau (durch Produktentwicklung) sowie die Ausübung (durch die Markteinführung) von Wechseloptionen im Produktentwicklungsprozess mit Hilfe der Realoptionslogik für Materialsubstitutionsprojekte zu erklären. Des Weiteren hatte das Forschungsprojekt zum Ziel, den Einfluss von Unsicherheit auf den Erfolg verzögerter Markteinführungen zu untersuchen.

Die Realoptionslogik weist darauf hin, dass Entscheidungsträger Flexibilitätswerte intuitiv berücksichtigen und gleichzeitig auf die Entwicklung der Faktoren, die diese Werte beeinflussen, reagieren. Statt Realoptionswerte mit Realoptionsmodellen zu quantifizieren, wurde daher untersucht, wie Entscheidungsträger Unsicherheiten bei Investitionsentscheidungen an zwei verschiedenen Punkten im Produktentwicklungsprozess berücksichtigen, dem Entwicklungsstart und der Markteinführung. Hierzu wurden Warteoptionen, Wachstumsoptionen und Wechseloptionen in empirisch testbare Modelle integriert und der Zeitpunkt des Entwicklungsstarts und der Markteinführung analysiert. Für Materialsubstitutionsprojekte wurden Faktoren identifiziert, die jede Wertkomponente

beeinflussen. Anschließend wurden daraus jeweils Hypothesen für die Zeitpunktentscheidungen abgeleitet. Abschließend wurde die Erfolgswirkung einer verzögerten Markteinführung unter moderierendem Einfluss der Faktoren, die die Investitionswerte beeinflussen, untersucht.

Hinsichtlich der Verzögerung des Entwicklungsstarts eines neuen Produkts, welches auf einem neuen Material basiert (Aufbau einer Wechseloption), zeigen die empirischen Ergebnisse, dass die erwartete Entwicklungsdauer und ein Wettbewerbsvorsprung den bremsenden Effekt der Unsicherheit über den Preis des neuen Materials auf den Startzeitpunkt der Produktentwicklung verringern. Auch die Materialpreiskorrelation des neuen und alten Materials verringert die Wahrscheinlichkeit, dass der Entwicklungsstart verzögert wird. Hingegen erhöht Unsicherheit über den Preis des alten Materials die Neigung, das Projekt zu verzögern. Diese Ergebnisse unterstützen die Erklärungskraft der Realoptionslogik bei Investitionsentscheidungen in der Produktentwicklung.

Hinsichtlich der Verzögerung der Markteinführung des neuen Produkts, also dem Abwarten mit der Ausübung der Option, untersucht die empirische Analyse, ob Unternehmen Materialpreisveränderungen bei der Wahl des Investitionszeitpunktes berücksichtigen. Die Realoptionstheorie besagt, dass unter Unsicherheit über die Inputkosten Anreize zur Verzögerung von Materialsubstitutionen bestehen, selbst wenn das neue Material bessere technische Eigenschaften aufzeigt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Unternehmen der Stichprobe im Durchschnitt Preisentwicklungen bei der Wahl eines geeigneten Zeitpunkts für den Markteintritt nicht berücksichtigen. Jedoch zeigt eine Folgeanalyse, dass die Wahl des Zeitpunkts bei entsprechenden Trends und Volatilitäten der Materialpreise zu einer Verbesserung der Wettbewerbsposition führen

kann. Eine Verzögerung der Markteinführung kann also unter bestimmten Bedingungen von Vorteil sein. Dieses Ergebnis bietet wichtige Hinweise für die Unternehmenspraxis, da Innovationsrennen zumeist kostspielig sind.

6.2 Integrierte Betrachtung der Ergebnisse

Der Literaturüberblick über Zeitpunktentscheidungen im Produktentwicklungsprozess macht die empirische Lücke über den Einfluss von Unsicherheiten auf die Wahl von Investitionszeitpunkten deutlich. Er hebt ebenso hervor, dass zumeist nur das neue Produkt betrachtet wird und laufende Produkte bisher ungenügend in die empirischen Untersuchungen eingeflossen sind. Die vorliegende Arbeit ist die erste Studie, die empirisch den Einfluss von Unsicherheit auf den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts und der Markteinführung eines neuen Produkts untersucht. Die Arbeit entwickelt empirisch testbare Modelle, welche den Aufbau und die Ausübung von Wechseloptionen erklären und wendet erstmals die Realloptionslogik zur Erklärung von Investitionszeitpunkten bei Substitutionsentscheidungen auf der Produktebene an. Die Arbeit trägt empirisch zur Logik der Optionsketten („option chains“) von Bowman und Hurry (1993) bei. Sie betonen, dass Strategien ein Ergebnisse sequentieller Investitionsentscheidungen sind. In der vorliegenden Arbeit wird dieser Gedanke für den sequentiellen Aufbau und die Ausübung von Optionen zur Substitution von Materialien angewandt. Nach der Logik der Optionsketten öffnet die Ausübung der Option wiederum Zugang zur nächsten Option. So öffnet die Einführung von Produkten aus neuen Materialien Folgeinvestitionsmöglichkeiten, das Material in weiteren Anwendungen einzusetzen. Am Beispiel BMW i3 ist zu beobachten, dass nach der Ankündigung des neuen

Fahrzeugs mit Chassis aus CFK eine Ankündigung über ein weiteres Fahrzeug, dem BMW i8, folgte. Auch in diesem Fahrzeug soll die Technologie eingesetzt werden. Theoretische Grundüberlegungen zum schrittweisen Wechsel von Produktstrategien von Bowman und Hurry (1993) werden an dem genannten Beispiel sichtbar: Schrittweise Investitionen in Produkte, die auf alternative Technologien aufbauen, bieten einem Unternehmen Optionen, im Zeitverlauf Produktstrategien zu wechseln. In diesem Sinne wechseln Automobilhersteller schrittweise von traditionellen Materialien zu Leichtbaumaterialien. Sie müssen dabei über geeignete Zeitpunkte des Wechsels entscheiden.

Die vorliegende Arbeit betont, dass bei Entscheidungen über Investitionen in neue Produkte sowohl externe Rahmenbedingungen als auch interne Situationen berücksichtigt werden müssen. Die Realloptionslogik liefert Faktoren, die den Wert bedingter Investitionsprojekte gestalten. Es wird gezeigt, dass Optionswerte die optimale Zeitpunktentscheidung beeinflussen. Anhand von Produktsubstitutionen wird deutlich, dass die Wahl über den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts dabei keine isolierte Fragestellung ist, sondern dass auch für das laufende Produkt bestimmte Faktoren berücksichtigt werden müssen. Es wird gezeigt, wie durch den Aufbau und die Ausübung von Optionen strategische Flexibilität genutzt werden kann, um auf exogene Einflüsse zu reagieren, beziehungsweise um sich gegen diese Einflüsse pro-aktiv abzusichern. Um Risiken externer Unsicherheiten abzufedern, kann Flexibilität hinsichtlich von Investitionszeitpunkten ein wertvolles Instrument im Wettbewerb sein.

Die Arbeit ergänzt den Forschungsstrang zur Realloptionslogik (McGrath, 1999; McGrath und MacMillan, 2000; McGrath und Nerkar, 2004; Miller und Arıkan, 2004) und zeigt gleichzeitig Grenzen auf. Mit Hilfe der Realloptionslogik kann der Aufbau von

Wechseloptionen erklärt werden, die Ausübung der Option konnte jedoch nicht erklärt werden. Im Durchschnitt scheinen Unternehmen der Stichprobe den Wert des Wartens am ‚decision gate‘ zur Markteinführung des neuen Produkts nicht zu berücksichtigen. Sie tun dies allerdings bei der Entscheidung über den Zeitpunkt des Entwicklungsstarts. Die vorliegende Analyse bietet keine direkten Antworten für diese unterschiedlichen Ergebnisse, dennoch soll im Folgenden theoretisch über mögliche Gründe diskutiert werden.

Zunehmend wird darauf hingewiesen, dass die Argumente der Realloptionsliteratur um organisationale Faktoren ergänzt werden müssen, um das Ausüben von Optionen zu erklären (Carr, 2002; Coff und Laverty, 2001, 2007). Adner und Levinthal (2004) betonen die Rolle von organisationalen Mechanismen bei der Projektauswahl und Ressourcenallokation. Danach haben diese Mechanismen einen entscheidenden Einfluss darauf, ob und wie Unternehmen die Flexibilität von Realoptionen nutzen. Barnett (2008) greift die ‚attention-based-view‘ auf und nutzt sie zur Weiterentwicklung der Realloptionslogik. Er diskutiert den Einfluss von Aufmerksamkeitsstrukturen bei der Bewertung von Realoptionen und beim Treffen von Entscheidungen. Folta und O’Brien (2007) zeigen empirisch, dass sich die Bewertung von Realoptionen zwischen Managern und dem Markt unterscheidet. Manager legen demnach ein höheres Gewicht auf Wachstumsoptionen als auf Warteoptionen und haben daher niedrigere Investitionsschwellenwerte. In einer weiteren Studie weisen Folta und O’Brien (2008) daraufhin, dass die Erfahrung der Manager unternehmensspezifische Investitionsschwellenwerte erklärt.

Die vorliegende Arbeit hat versucht, die Grenzen der Realloptionslogik zu berücksichtigen. Zur Untersuchung von Zeitpunktentscheidungen im

Produktentwicklungsprozess wurden zunächst Materialsubstitutionsprojekte als Untersuchungsobjekte ausgewählt. Der Vorteil liegt darin, dass solche Projekte typische Muster von Realoptionen aufweisen, da im Fall von Misserfolg auf das alte Material zugegriffen werden kann und somit eine vorab definierte Möglichkeit zum Abbruch besteht (Adner und Levinthal, 2004). Zudem bieten die Materialpreisfluktuationen beobachtbare Quellen der Inputkosten-Unsicherheiten, die exogen zum Unternehmen sind. Des Weiteren wurde für die Gebundenheit des Unternehmens, die Produktentwicklung bis zum Ende durchzuführen, im ökonometrischen Modell kontrolliert. Diese Gebundenheit (z.B. in Form von Lieferverträgen) könnte die Entscheidungsflexibilität reduzieren und das Unternehmen dazu veranlassen, sofort zu investieren. Es wurde zudem beim Entwicklungsstart dafür kontrolliert, ob das Unternehmen bereits Erfahrung mit dem neuen Material hat. Da die empirischen Ergebnisse dennoch lediglich das Modell über den Aufbau von Optionen und nicht das Modell für die Ausübung bestätigen, wird daher für zukünftige empirische Untersuchungen angeregt, weitere organisationale Faktoren bei der Untersuchung von Ausübungsentscheidungen zu berücksichtigen. Es wird notwendig sein, hierzu den theoretischen Rahmen über die Realoptionstheorie hinaus geeignet auszuweiten. Driouchi und Bennett (2011a) zeigen z.B. anhand von Wechseloptionen bei multinationalen Unternehmen, dass ein Unternehmen erst vom Ausüben der Optionen nachhaltig gegenüber Wettbewerbern profitiert, wenn es sich seiner Realoptionen bewusst ist und über entsprechende Entscheidungsstrukturen zum Aufbau und der Ausnutzung der Flexibilität verfügt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit tragen auch zu der umfassenden Literatur über Exploration und Exploitation, die durch March (1991) ausgelöst wurde, bei. Levitas und

Chi (2010) betonen, dass die Balance zwischen Exploration und Exploitation unter Unsicherheit Unternehmenswert generiert. McGrath und Nerkar (2004) zeigen, dass der Umfang vorhandener Explorationsprojekte den Aufbau neuer Optionen beeinflusst. In der vorliegenden Arbeit werden bisherige Studien um Erkenntnisse über die Rolle der Unsicherheit, Entwicklungsdauer und des Wettbewerbsvorsprungs zur Erklärung des Startzeitpunkts neuer Explorationsprojekte erweitert. Es wird zudem gezeigt, wie unter bestimmten Bedingungen die Verzögerung von Aktivitäten zur Exploitation (hier: die Wahl des neuen Materials) die Wettbewerbsposition stärken kann.

6.3 Implikationen für die Praxis

In Zeiten volatiler Rohstoffpreise bietet die vorliegende Arbeit wertvolle Erkenntnisse für die Unternehmenspraxis. Wird über neue Produktkonzepte entschieden, sollten Entscheidungsträger pro-aktiv über Produktflexibilität bei der Produktgestaltung und über Prozessflexibilität bei der Organisation der Produktion nachdenken (Sanchez, 1995, 2008), um bei schwankenden Inputkosten durch Materialwechsel zu profitieren und Wettbewerbsvorteile zu generieren. Entscheidungskriterien an den Übergängen zur nächsten Phase im Entwicklungsprozess sollten um Optionswerte erweitert werden, um den Faktor Unsicherheit zu berücksichtigen und Chancen der Unsicherheit zu nutzen, statt sie zu meiden.

Verantwortliche im Einkauf sollten dem F&E-Bereich bei volatilen Materialpreisen Hinweise zur Materialsubstitution geben und damit strategische Entscheidungen in der Produktentwicklung unterstützen. Finanzielles Hedging zur Absicherung der Materialpreise ist möglich, aber nicht zwingend notwendig, wenn Flexibilität besteht,

den Materialeinkauf aufzuschieben (Chod, Rudi und Van Mieghem, 2010). Die vorliegende Arbeit bietet Faktoren, die aufzeigen, wie die Flexibilität des Wartens bei Materialsubstitutionsprojekten genutzt werden kann. Diese Faktoren sind hilfreich zum Aufbau analytischer Instrumente oder der Ergänzung bestehender Instrumente im Rahmen eines Risikomanagements.

Da mit dem Start der Produktentwicklung gleichzeitig der Einkauf des Materials beim Zulieferer beginnt, beeinflusst der Zeitpunkt des Entwicklungsstarts den Absatz des Materialherstellers. Hersteller von Materialien können die Erkenntnisse dieser Arbeit bei der Prognose der Nachfrage und Schätzung der Cash-Flows einsetzen. Zudem können die Hersteller die diskutierten ökonomischen Argumente über technische Informationen zum Material nutzen, um den Verkauf neuer (oder auch etablierter) Materialien zu fördern, d.h. neue Kunden für ein neues Material zu gewinnen oder bestehende Kunden davon zu überzeugen, das bestehende Material weiter einzusetzen.

Viele produzierende Unternehmen sind den zunehmend volatilen Materialpreisen ausgesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Unternehmen, die bewusst oder unbewusst den Zeitpunkt von Materialsubstitutionen an die Entwicklung von Materialpreisen ausrichten, Vorteile gegenüber anderen Unternehmen im Wettbewerb erzielen. Damit werden Antworten für das ‚time-to-market vs. time-to-wait‘-Dilemma (Lint und Pennings, 1999) geliefert. Bemühen sich Entscheidungsträger durch die Allokation zusätzlicher Ressourcen um eine Beschleunigung der Produktentwicklung, sollten diese daran denken, dass es unter bestimmten Bedingungen auch vorteilhaft sein kann, die Markteinführung zu verzögern. Dieses Ergebnis relativiert die einhellige Meinung, dass erstens Produkte substituiert werden sollten, sobald das neue Produkt verfügbar ist (Peres, Muller und Mahajan, 2010) und zweitens, dass, wenn möglich, die ‚time-to-

market‘ stets zu reduzieren ist. Stattdessen empfiehlt die Arbeit, dass Entscheidungsträger strategische und finanzielle Aspekte abwägen, um über Beschleunigung oder Verzögerung bei Materialsubstitutionen zu entscheiden. Verantwortliche für Investitionsprogramme sollten Entscheidungsträger informieren, sobald sich die Projektwerte einer Materialsubstitution ändern und Empfehlungen für die Zeitpunktstrategien geben. Sofern Materialpreisentwicklungen für eine Verzögerung sprechen, sollten Projektverantwortliche nicht zusätzlich dafür Anreize erhalten, ursprünglich geplante Projekttermine einzuhalten.

Wie bei der Entscheidung zur Freigabe des Entwicklungsprojekts bieten Optionswerte auch für die Entscheidung zur Markteinführung eine wertvolle Ergänzung bisheriger Freigabekriterien (Cooper und Kleinschmidt, 1991; Cooper 2008). Die Anwendung von Optionswerten in der Unternehmenspraxis ist jedoch nicht trivial. Umfragen zeigen, dass Techniken zur Realloptionsbewertung zwar eine langsame, jedoch zunehmende Akzeptanz in der Unternehmenspraxis erfahren (Busby und Pitts, 1997; Vollrath, 2003; Triantis, 2005). Dennoch ist die Akzeptanz von Realloptionstechniken im Bereich der F&E und bei der Einführung neuer Produkte am höchsten (Block, 2007). Als Alternative zur quantitativen Analyse von Realoptionen können Unternehmen die Realloptionslogik explizit bei Investitionsentscheidungen einbeziehen und die in dieser Arbeit diskutierten Faktoren für qualitative Analysen nutzen (z.B. McGrath und MacMillan, 2000; Miller und Folta, 2002). Die diskutierten Variablen bieten zudem eine wertvolle Ergänzung für den Aufbau aggregierter Projektpläne (Wheelwright und Clark, 1992) und Hinweise für die Gestaltung und Anpassung von Technologie Roadmaps (z.B. Phaal, Farrukh und Probert, 2004, 2007; Cosner et al., 2007).

Auch für die Politik bietet die Arbeit wertvolle Hinweise. So können die Erkenntnisse bei der Priorisierung von Förderanträgen zur Anwendung neuer Materialien helfen. Da Unternehmen unter Unsicherheit eher bei solchen Entwicklungsprojekten zögern, die eine kürzere Entwicklungsdauer haben, sollten Förderinstitutionen Materialsubstitutionsprojekte priorisieren, die relativ kurzfristig zu Cash-Flows führen. Aber auch bei der Generierung von Maßnahmen zur Schaffung und Sicherung von Zugängen zu strategischen Rohstoffen (z.B. seltene Erden) bietet die vorliegende Arbeit nutzbare Erkenntnisse. Sollen politische Maßnahmen die Rohstoffpreisentwicklung beeinflussen, so bietet die Studie Hinweise, wie sich Preisveränderungen hinsichtlich der Trends, der Volatilitäten und Korrelation von Substituten auf die Investitionsentscheidungen bei Unternehmen auswirken könnten. Die Maßnahmen müssten entsprechend priorisiert werden.

6.4 Limitationen und zukünftige Forschungsmöglichkeiten

Die vorliegende Arbeit ist ein erster Versuch, den Einfluss volatiler Materialpreise auf die Verzögerung von Materialsubstitutionsprojekten zu analysieren. Zugleich ist die Arbeit jedoch auch vor dem Hintergrund zahlreicher Limitationen zu bewerten, die zugleich Möglichkeiten für zukünftige Forschungsprojekte aufzeigen. Die Realoptionslogik erklärt lediglich den Zeitpunkt des Wechseloptionsaufbaus und den Erfolg von dem Zeitpunkt der Ausübung, nicht aber den Zeitpunkt der Ausübung selbst. Hinsichtlich des gewählten theoretischen Rahmens deuten die Ergebnisse darauf hin, dass zur Erklärung von Ausübungszeitpunkten die Realoptionstheorie um zusätzliche organisationale Faktoren ergänzt werden muss (Coff und Laverty, 2007; Barnett, 2008;

Driouchi und Barnett, 2011b). Zukünftige Forschungsarbeiten über die Entscheidung des Markteinführungszeitpunkts unter Unsicherheit sollten daher Faktoren wie Entscheidungsrouinen, die Fähigkeiten, Realloptionen zu erkennen, individuelle Motive der Entscheidungsträger, oder Unternehmenskulturen, mit denen ein Verzögern oder gar Abbrechen von Projekten unvereinbar ist, berücksichtigen.

Eine weitere Limitation ergibt sich aus der Messung der Unsicherheit. Obwohl Manager Entscheidungen auf Basis der wahrgenommenen externen Unsicherheit treffen (Miller, 1993), können wahrgenommene Maße zur Messung der Unsicherheit Ungenauigkeiten beinhalten. Zukünftige Arbeiten könnten sich auf Materialsubstitutionen konzentrieren, bei denen die alternativen Materialien an der Börse gehandelt werden. Dies ermöglicht, Unsicherheit als eine bedingte Varianz von Preisniveaus zu approximieren (Carruth, Dickerson und Henley, 2000). Während sich die vorliegende Studie auf die für Materialsubstitutionen typische Inputkosten-Unsicherheit konzentriert, könnten zukünftige Forschungsarbeiten den Einfluss weiterer Unsicherheiten auf die Wahl von Investitionszeitpunkten in der Produktentwicklung untersuchen. Eine weitere Limitation ergibt sich aus der Datenstruktur der Studie. Statt mit einer Querschnittsstudie könnte der Aufbau und die Ausübung von Optionen mit Hilfe von Längsschnittstudien untersucht werden. Ebenso könnte es interessant sein, mit Hilfe dieser Längsschnittstudien zu analysieren, wie sich das sequentielle Ausüben von Wechseloptionen auf die Veränderung von Produktstrategien über die Zeit auswirkt (Bowman und Hurry, 1993).

Eine Limitation dieser Arbeit ergibt sich auch aus der zugrunde gelegten Annahme, dass Materialien durch Produkts substitutionen ausgetauscht werden. Zukünftige Untersuchungen könnten alternative Markteinführungsstrategien, die das parallele

Verkaufen von alter und neuer Produktversion erlauben (z.B. Produktlinienerweiterungen oder Upgrades; vgl. Saunders und Jobber, 1988, 1994; Purohit, 1994) berücksichtigen. Darüber hinaus könnten zukünftige Forschungsarbeiten beide Zeitpunktentscheidungen in einem Modell integrieren und somit den Zusammenhang zwischen Wartezeit, Durchlaufzeit und Innovationserfolg untersuchen. Mit einem solchen Ansatz könnte herausgefunden werden, ob Unternehmen bei den beiden Zeitpunktentscheidungen erfolgreich unterschiedliche Strategien verfolgen könnten (z.B. ein ‚Follower‘ in der Produktentwicklung und ein ‚Leader‘ bei der Markteinführung). Eine Studie könnte damit variierende Reihenfolgen bei unterschiedlichen Prozessphasen erklären (Capon und Glazer, 1987) und so erfolgreiche Eintrittsstrategien entwickeln.

Literatur

Aabo, T. Und Simkins, B.J. (2005). Interaction between real options and financial hedging: Fact or fiction in managerial decision-making. *Review of Financial Economics*, 14(3/4), 353-369.

Abell, D.F. (1978). Strategic windows. *Journal of Marketing*, 42(3), 21-26.

Aboulnasr, K., Narasimhan, O., Blair, E. und Chandy, R. (2008). Competitive response to radical product innovations. *Journal of Marketing*, 72(3), 94-110.

Adkins, R. und Paxson, D. (2011). Reciprocal energy-switching options. *Journal of Energy Markets*, 4(1), 91-120.

Adner, R. und Levinthal, D.A. (2004). What is not a real option: Considering boundaries for the application of real options to business strategy. *Academy of Management Review*, 29(1), 74-85.

Adner, R. und Zemsky, P. (2006). A demand-based perspective on sustainable competitive advantage. *Strategic Management Journal*, 27(3), 215-239.

Afuah, A. (2004). Does a focal firm's technology entry timing depend on the impact of the technology on co-opetitors? *Research Policy*, 33(8), 1231-1246.

Aguerrevere, F.L. (2003). Equilibrium investment strategies and output price behavior: A real-options approach. *Review of Financial Studies*, 16(4), 1239-1272.

Ali, A. (1994). Pioneering versus incremental innovation: Review and research propositions. *Journal of Product Innovation Management*, 11(1), 46-61.

Ali, A., Kalwani, M.U. und Kovenock, D. (1993). Selecting product development projects: Pioneering versus incremental innovation strategies. *Management Science*, 39(3), 255-274.

Amram, M. und Kulatilaka, N. (1999). *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Boston: Harvard Business School Press.

- Anand, J., Mesquita, L.F. und Vassolo, R.S. (2009). The dynamics of multimarket competition in exploration and exploitation activities. *Academy of Management Journal*, 52(4), 802-821.
- Anand, J., Oriani, R. und Vassolo, R.S. (2007). Managing a portfolio of real options. *Advances in Strategic Management*, 24, 275-303.
- Ansoff, H.I. (1965). *Corporate Strategy: An Analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion*. New York: McGraw-Hill.
- Ansoff, H.I. und Stewart, J.M. (1967). Strategies for a technology-based business. *Harvard Business Review*, 45(6), 71-83.
- Appelbaum, E. und Lim, C. (1985). Contestable markets under uncertainty. *RAND Journal of Economics*, 16(1), 28-40.
- Atuahene-Gima, K. und Ko, A. (2001). An empirical investigation of the effect of market orientation and entrepreneurship orientation alignment on product innovation. *Organization Science*, 12(1), 54-74.
- Balcer, Y. und Lippman, S. (1984). Technological expectations and adoption of improved technology. *Journal of Economic Theory*, 34(2), 292-318.
- Banburry, C.M. und Mitchell, W. (1995). The effect of introducing important incremental innovations on market share and business survival. *Strategic Management Journal*, Special Issue Summer, 16, 161-182.
- Bar-Ilan, A. und Strange, W.C. (1996). Investment lags. *American Economic Review*, 86(3), 610-622.
- Bar-Ilan, A. und Strange, W.C. (1998). A model of sequential investment. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 22(3), 437-463.
- Barnett, M.L. (2008). An attention-based view of real options reasoning. *Academy of Management Review*, 33(3), 606-628.
- Barney, J.B. (1986). Strategic factor markets: Expectations, luck and business strategy. *Management Science*, 32(10), 1231-1241.

- Baysinger, B.D., Kosnik, R.D. und Turk, T.A. (1991). Effects of board and ownership structure on corporate R&D strategy. *Academy of Management Journal*, 34(1), 205-214.
- Bayus, B.L. (1997). Speed-to-market and new performance trade-offs. *Journal of Product Innovation Management*, 14(6), 485-497.
- Bayus, B.L., Jain, S. und Rao, A.G. (1997). Too little, too early: Introduction timing and new product performance in the personal digital assistant industry. *Journal of Marketing Research*, 34(1), 50-63.
- Bayus, B.L., Jain, S. und Rao, A.G. (2001). Truth or consequences: An analysis of vaporware and new product announcements. *Journal of Marketing Research*, 38(1), 3-13.
- Belderbos, R. und Zou, J. (2009). Real options and foreign affiliate divestments: A portfolio perspective. *Journal of International Business Studies*, 40(4), 600-620.
- Benner, M.J. (2010). Securities analysts and incumbent response to radical technological change: Evidence from digital photography and internet telephony. *Organization Science*, 21(1), 42-62.
- Bettis, R.A. und Hitt, M.A. (1995). The new competitive landscape. *Strategic Management Journal*, Special Issue Summer, 16, 7-19.
- Bhattacharya, S., Krishnan, V. und Mahajan, V. (2003). Operationalizing technology improvements in product development decision-making. *European Journal of Operational Research*, 149(1), 102-130.
- Bianco, M., Golinelli, R. und Parigi, G. (2009). Family firms and investment. ECGI - Finance Working Paper No. 269/2009. <http://ssrn.com/abstract=1521023>.
- Bikhchandani, S., Hirshleifer, D. und Welch, I. (1992). A theory of fads, fashion, custom, and cultural change as informational cascades. *Journal of Political Economy*, 100(5), 992-1026.
- Black, F. und Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637-659.

Blackburn, J.D. (1991). New-product development: The new time wars. In: Blackburn, J.D. (Hrsg.), *Time-Based Competition: The Next Battleground in American Manufacturing*. Homewood, Illinois: Irwin, S. 121-163.

Block, S. (2007). Are “real options” actually used in the real world? *Engineering Economist*, 52(3), 255-267.

Boeddrich, H.-J. (2004). Ideas in the workplace: A new approach towards organizing the fuzzy front end of innovation process. *Creativity and Innovation Management*, 13(4), 274-285.

Bowman, D. und Gatignon, H. (1995). Determinants of competitor response time to a new product introduction. *Journal of Marketing Research*, 32(1), 42-53.

Bowman, E.H. und Hurry, D. (1993). Strategy through the option lens: An integrated view of resource investments and the incremental-choice process. *Academy of Management Review*, 18(4), 760-782.

Bowman, E.H. und Moskowitz, G.T. (2001). Real options analysis and strategic decision making. *Organization Science*, 12(6), 772-777.

Boyd, J.L. und Bresser, R.K.F. (2008). Performance implications of delayed competitive responses: Evidence from the U.S. retail industry. *Strategic Management Journal*, 29(10), 1077-1096.

Brekke, K.A. und Schieldrop, B. (2000). Investment in flexible technologies under uncertainty. In: Brennan, M.J. und Trigeorgis, L. (Hrsg.), *Projekt Flexibility, Agency, and Competition*. New York: Oxford University Press, S. 34-49.

Brennan, M.J. und Schwartz, E.S. (1985). Evaluating natural resource investments. *Journal of Business*, 58(2), 135-157.

Brown, S.L. und Eisenhardt, K.M. (1995). Product development: Past research, present findings, and future directions. *Academy of Management Review*, 20(2), 343-378.

Bstieler, L. (2005). The moderating effect of environmental uncertainty on new product development and time efficiency. *Journal of Product Innovation Management*, 22(3), 267-284.

Buchholz, W. (1998). Timingstrategien – Zeitoptimale Ausgestaltung von Produktentwicklungsbeginn und Markteintritt. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 50(1), 21-40.

Buggie, F.D. (2002). Set the “fuzzy front end” in concrete. *Research · Technology Management*, 45(4), 11-14.

Bulan, L. (2005). Real options, irreversible investment and firm uncertainty: New evidence from U.S. firms. *Review of Financial Economics*, 14(3/4), 255-272.

Bulan, L., Mayer, C. und Somerville C.T. (2009). Irreversible investment, real options, and competition: Evidence from real estate development. *Journal of Urban Economics*, 65(3), 237-251.

Burgelman, R.A. (1983). A model of the interaction of strategic behavior, corporate context, and the concept of strategy. *Academy of Management Review*, 8(1), 61-70.

Busby, J.S. und Pitts, C.G.C. (1997). Real options in practice: An exploratory survey of how finance officers deal with flexibility in capital appraisal. *Management Accounting Research*, 8(2), 169-186.

Caballero, R. (2011). *Interview with Ricardo Caballero – MIT Economist on Global Asset Shortages, Financial Fragility and the Pretense of Knowledge*.

http://www.minneapolisfed.org/publications_papers/pub_display.cfm?id=4665 (Zugriff: 22.08.2011).

Calantone, R.J. und Di Benedetto, C.A. (2007). Clustering product launches by price and launch strategy. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 22(1), 4-19.

Calantone, R., Garcia, R. und Dröge, C. (2003). The effects of environmental turbulence on new product development strategy planning. *Journal of Product Innovation Management*, 20(2), 90-103.

- Campa, J.M. (1993). Entry by foreign firms in the united states under exchange rate uncertainty. *Review of Economics and Statistics*, 75(4), 614-622.
- Cannon, J.P. und Homburg, C. (2001). Buyer-supplier relationships and customer firm cost. *Journal of Marketing*, 65(1), 29-43.
- Capon, N. und Glazer, R. (1987). Marketing and technology: A strategic coalignment. *Journal of Marketing*, 51(3), 1-14.
- Carr, P. (1988). The valuation of sequential exchange opportunities. *Journal of Finance*, 43(5), 1235-1256.
- Carr, N.G. (2002). Unreal options. *Harvard Business Review*, 89(12), 22.
- Carruth, A., Dickerson, A. und Henley, A. (2000). What do we know about investment under uncertainty? *Journal of Economic Surveys*, 14(2), 119-153.
- Cassimon, D., Engelen, P.J., Thomassen, L. und Van Wouwe, M. (2004). The valuation of a NDA using a 6-fold compound option. *Research Policy*, 33(1), 41-51.
- Chan, T., Nickerson, J.A. und Owan, H. (2007). Strategic management of R&D pipelines with cospecialized investments and technology markets. *Management Science*, 53(4), 667-682.
- Chandy, R.K. und Tellis, G.J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of Marketing Research*, 35(4), 474-487.
- Chen, M.-J. und MacMillan, I.C. (1992). Nonresponse and delayed response to competitive moves: the roles of competitor dependence and action irreversibility. *Academy of Management Journal*, 35(3), 539-570.
- Childs, P.D., Ott, S.H. und Triantis, A.J. (1998). Capital budgeting for interrelated projects: A real options approach. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 33(3), 305-334.
- Childs, P.D. und Triantis, A.J. (1999). Dynamic R&D investment policies. *Management Science*, 45(10), 1359-1377.

- Cho, D.-S., Kim, D.J. und Rhee, D.K. (1998). Latecomer strategies: Evidence from the semiconductor industry in Japan and Korea. *Organization Science*, 9(4), 489-505.
- Chod, J., Rudi, N. und Van Mieghem, J.A. (2010). Operational flexibility and financial hedging: Complements or substitutes? *Management Science*, 56(6), 1030-1045.
- Christensen, C.M. (1992). Exploring the limits of the technology s-curve. Part I: Component technologies. *Production and Operations Management*, 1(4), 334-357.
- Christensen, C.M. und Bower, J.L. (1996). Customer power, strategic investment, and the failure of leading firms. *Strategic Management Journal*, 17(3), 197-218.
- Chrysochoidis, G.M. und Wong, V. (2000). Customization of product technology and international new product success: Mediating effects of new product development and rollout timeliness. *Journal of Product Innovation Management*, 17(4), 268-285.
- Clark, K.B. (1985). The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution. *Research Policy*, 14, 235-251.
- Clark, K.B., Chew, W.B. und Fujimoto, T. (1987). Product development in the world auto industry. *Brookings Papers on Economic Activity*, Special Issue (3), 729-781.
- Cleves, M.A., Gould, W.W. und Gutierrez, R.G. (2004). *An Introduction to Survival Analysis Using Stata*, Revised Edition. College Station: Stata Press.
- Coe, B.J. (1990). Strategy in retreat: Pricing drops out. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 5(1), 5-25.
- Coff, R.W. und Laverty, K.J. (2001). Real options on knowledge assets: Panacea or pandora's box? *Business Horizons*, 44(6), 73-79.
- Coff, R.W. und Laverty, K.J. (2007). Real options meet organizational theory: Coping with path dependencies, agency costs, and organizational form. *Advances in Strategic Management*, 24, 333-361.
- Cohen, M.A., Eliashberg, J. und Ho, T.-H. (1996). New product development: The performance and time-to-market tradeoff. *Management Science*, 42(2), 173-186.

- Cohen, W.M. und Levinthal, D.A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.
- Conner, K.R. (1988). Strategies for product cannibalism. *Strategic Management Journal*, 9(1), 9-26.
- Cooper, R.G. (2008). Perspective: The Stage-Gate® idea-to-launch process – update, what’s new, and NexGen Systems. *Journal of Product Innovation Management*, 25(3), 213-232.
- Cooper, R.G. und Kleinschmidt, E.J. (1991). New product processes at leading industrial firms. *Industrial Marketing Management*, 20(2), 137-147.
- Cooper, A.C. und Schendel, D. (1976). Strategic responses to technological threats. *Business Horizons*, 19(1), 61-69.
- Cortazar, G., Schwartz, E.S. und Casassus, J. (2001). Optimal exploration investments under price and geological-technical uncertainty: A real options model. *R&D Management*, 31(2), 181-189.
- Cosner, R.R., Hynds, E.J., Fusfeld, A.R., Loweth, C.V., Scouten, C. und Albright, R. (2007). Integrating roadmapping into technical planning. *Research · Technology Management*, 50(6), 31-48.
- Courtney, H., Kirkland, J. und Viguerie, P. (1997). Strategy under uncertainty. *Harvard Business Review*, 75(6), 67-79.
- Crawford, C.M. (1992). The hidden costs of accelerated product development. *Journal of Product Innovation Management*, 9(3), 188-199.
- Cuervo-Cazurra, A. und Un, C.A. (2010). Why some firms never invest in formal R&D. *Strategic Management Journal*, 31(7), 759-779.
- Cuyper, I.R.P. und Martin, X. (2010). What makes and what does not make a real option? A study of equity shares in international joint ventures. *Journal of International Business Studies*, 41(1), 47-69.

- Datar, S., Jordan, C.C., Kekre, S., Rajiv, S. und Srinivasan, K. (1997). Advantages of time-based new product development in a fast-cycle industry. *Journal of Marketing Research*, 34(2), 36-49.
- Debruyne, M., Frambach, R.T. und Moenaert, R. (2010). Using the weapons you have: The role of resources and competitor orientation as enablers and inhibitors of competitive reaction to new products. *Journal of Product Innovation Management*, 27(2), 161-178.
- Debruyne, M. und Reibstein, D.J. (2005). Competitor see, competitor do: Incumbent entry in new market niches. *Marketing Science*, 24(1), 55-66.
- Derfus, P.J., Maggitti, P.G., Grimm, C.M. und Smith, K.G. (2008). The red queen effect: Competitive actions and firm performance. *Academy of Management Journal*, 51(1), 61-80.
- Di Benedetto, C.A. (1999). Identifying the key success factors in the new product launch. *Journal of Product Innovation Management*, 16(6), 530-544.
- Diamantopoulos, A. und Winklhofer, H.M. (2001). Index construction with formative indicators: An alternative to scale development. *Journal of Marketing Research*, 38(2), 269-277.
- Dierickx, I. und Cool, K. (1989). Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage. *Management Science*, 35(12), 1504-1511.
- Dixit, A.K. und Pindyck, R.S. (1994). *Investment under Uncertainty*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Dougherty, D. (1995). Managing your core incompetencies for corporate venturing. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 19(3), 113-135.
- Driouchi, T. und Bennett, D. (2011a). Real options in multinational decision-making: Managerial awareness and risk implications. *Journal of World Business*, 46(2), 205-219.

Driouchi, T., & Bennett, D. J. (2011b). Real options in management and organizational strategy: A review of decision-making and performance implications. *International Journal of Management Reviews*, forthcoming.

Driver, C., Temple, P. und Urga, G. (2008). Real options – delay vs. pre-emption: Do industrial characteristics matter? *International Journal of Industrial Organization*, 26(2), 532-545.

Droge, C., Jayaram, J. und Vickery, S.K. (2004). The effects of internal versus external integration practices on time-based performance and overall firm performance. *Journal of Operations Management*, 22(6), 557-573.

Dutta, P.K., Lach, S. und Rustichini, A. (1995). Better late than early: Vertical differentiation in the adoption of a new technology. *Journal of Economics & Management Strategy*, 4(4), 563-589.

Eagar, T.W. (1995). Bringing new materials to market. *Technology Review*, 98(2), 43-49.

Eastin, I.L., Shook, S.R. und Fleishman, S.J. (2001). Material substitution in the U.S. residential construction industry, 1994 versus 1998. *Forest Products Journal*, 51(9), 30-37.

Edwards, K.L. (2004). Strategic substitution of new materials for old: Applications in automotive product development. *Materials and Design*, 25(6), 529-533.

Eggers, J.P. und Kaplan, S. (2009). Cognition and renewal: Comparing CEO and organizational effects on incumbent adaption to technical change. *Organization Science*, 20(2), 461-477.

Eisenhardt, K.M. und Tabrizi, B.N. (1995). Accelerating adaptive processes: Product innovation in the global computer industry. *Administrative Science Quarterly*, 40(1), 84-110.

Ernst, H. (2002). Success factors of new product development: A review of the empirical literature. *International Journal of Management Reviews*, 4(1), 1-40.

- Farag, M.M. (2008). Quantitative methods of materials substitution: Application to automotive components. *Materials and Design*, 29(2), 374-380.
- Ferreira, N., Kar, J. und Trigeorgis, L. (2009). Option games: The key to competing in capital-intensive industries. *Harvard Business Review*, 87(3), 101-107.
- Fethke, G.C. und Birch, J.J. (1982). Rivalry and the timing of innovation. *Bell Journal of Economics*, 13(1), 272-279.
- Filippini, R., Salmaso, L. und Tassarolo, P. (2004). Product development time performance: Investigating the effect of interactions between drivers. *Journal of Product Innovation Management*, 21(3), 199-214.
- Fisch, J.H. (2008). Internalization and internationalization under competing real options. *Journal of International Management*, 14(2), 108-123.
- Fisch, J.H. und Zschoche, M. (2011). The role of operational flexibility in the expansion of international production networks. *Strategic Management Journal*, forthcoming.
- Fisher, J.C. und Pry, R.H. (1971). A simple substitution model of technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 3, 75-88.
- Folta, T.B. (1998). Governance and uncertainty: The trade-off between administrative control and commitment. *Strategic Management Journal*, 19(11), 1007-1029.
- Folta, T.B. (2007). Uncertainty rules the day. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 1(1), 97-99.
- Folta, T.B., Johnson, D.R. und O'Brien, J. (2006). Uncertainty, irreversibility, and the likelihood of entry: An empirical assessment of the option to defer. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 61(3), 432-452.
- Folta, T.B. und Miller, K.D. (2002). Real options in equity partnerships. *Strategic Management Journal*, 23(1), 77-88.
- Folta, T.B. und O'Brien, J.P. (2004). Entry in the presence of dueling options. *Strategic Management Journal*, 25(2), 121-138.

- Folta, T.B. und O'Brien, J.P. (2007). Market versus managerial valuations of real options. *Advances in Strategic Management*, 24, 199-224.
- Folta, T.B. und O'Brien, J.P. (2008). Determinants of firm-specific thresholds in acquisition decisions. *Managerial and Decision Economics*, 29(2/3), 209-225.
- Foster, R.N. (1986). *Innovation: The Attacker's Advantage*. New York: Summit Books.
- Freeman, C. (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. London: Frances Pinter.
- Gans, J.S., Hsu, D.H. und Stern, S. (2008). The impact of uncertain intellectual property rights on the market for ideas: Evidence from patent grant delays. *Management Science*, 54(5), 982-997.
- Garcia, R. und Calantone, R. (2002). A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: A literature review. *Journal of Product Innovation Management*, 19(2), 110-132.
- Garud, R. und Nayyar, P.R. (1994). Transformative capacity: Conceptual structuring by intertemporal technology transfer. *Strategic Management Journal*, 15(5), 365-385.
- Gatignon, H., Tushman, M.L., Smith, W. und Anderson, P. (2002). A structural approach to assessing innovation: Construct development of innovation locus, type, and characteristics. *Management Science*, 48(9), 1103-1122.
- Ghemawat, P. (1991). *Commitment: The Dynamic of Strategy*. Free Press: New York.
- Ghemawat, P. (1997). *Games Business Play: Cases and Models*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Ginsberg, A. und Venkatraman, N. (1992). Investing in new information technology: The role of competitive posture and issue diagnosis. *Strategic Management Journal*, Special Issue Summer, 13, 37-53.
- Gold, B. (1987). Approaches to accelerating product and process development. *Journal of Product Innovation Management*, 4(2), 81-88.

- Graves, S.B. (1989). The time-cost tradeoff in research and development: A review. *Engineering Costs and Production Economics*, 16(1), 1-9.
- Green, D.H., Barclay, D.W. und Ryans, A.B. (1995). Entry strategy and long-term performance: Conceptualization and empirical examination. *Journal of Marketing*, 59(4), 1-16.
- Greene, W.H. (2008). *Econometric Analysis*, 6th Edition. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Grenadier, S.R. (1996). The strategic exercise of options: Development cascades and overbuilding in real estate markets. *Journal of Finance*, 51(5), 1653-1679.
- Grenadier, S.R. (1999). Information revelation through option exercise. *Review of Financial Studies*, 12(1), 95-129.
- Grenadier, S.R. (2000). Option exercise games: The intersection of real options and game theory. *Journal of Applied Corporate Finance*, 13(2), 99-106.
- Grenadier, S.R. (2002). Option exercise games: An application to the equilibrium investment strategies of firms. *Review of Financial Studies*, 15(3), 691-721.
- Griffin, A. (1993). Metrics for measuring product development cycle time. *Journal of Product Innovation Management*, 10(2), 112-125.
- Griffin, A. (1997). The effect of project and process characteristics on product development cycle time. *Journal of Marketing Research*, 34(1), 24-35.
- Griffin, A. (2002). Product development cycle time for business-to-business products. *Industrial Marketing Management*, 31(4), 291-304.
- Griffin, A. und Hauser, J.R. (1996). Integrating R&D and Marketing: A review and analysis of the literature. *Journal of Product Innovation Management*, 13(3), 191-215.
- Guiso, L. und Parigi, G. (1999). Investment and demand uncertainty. *Quarterly Journal of Economics*, 114(1), 185-227.

- Gupta, A.K., Brockhoff, K. und Weisenfeld, U. (1992). Making trade-offs in the new product development process: A German/US comparison. *Journal of Product Innovation Management*, 9(1), 11-18.
- Gupta, A.K. und Wilemon, D.L. (1990). Accelerating the development of technology-based new products. *California Management Review*, 32(2), 24-44.
- Hagelüken, C. (2005). Die Märkte der Katalysatormetalle Platin, Palladium und Rhodium. In: Hagelüken, C. et al. (ed.), *Autoabgaskatalysatoren*. Renningen: Expert-Verlag.
- Haley, G. und Goldberg, S. (2008). Reciprocally derived demand and pricing strategy for mature industrial products. *Management Decision*, 46(7), 1066-1080.
- Harchaoui, T.M. und Lasserre, P. (2001). Testing the option value theory of irreversible investment. *International Economic Review*, 42(1), 141-166.
- Hatfield, D.E., Tegarden, L.F. und Echols, A.E. (2001). Facing the uncertain environment from technological discontinuities – hedging as a technology strategy. *Journal of High Technology Management Research*, 12(1), 63-76.
- Hauser, J., Tellis, G.J. und Griffin, A. (2006). Research on innovation: A review and agenda for marketing science. *Marketing Science*, 25(6), 687-717.
- He, H. und Pindyck, R.S. (1992). Investments in flexible production capacity. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 16(3/4), 575-599.
- Heeley, M.B. und Jacobson, R. (2008). The recency of technological inputs and financial performance. *Strategic Management Journal*, 29(7), 723-744.
- Henderson, R.M. und Clark, K.B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9-30.
- Hendricks, K.B. und Singhal, V.R. (1997). Delays in new product introductions and the market value of the firm: The consequences of being late to the market. *Management Science*, 43(4), 422-436.

Heidenberger, K. und Stummer, C. (1999). Research and development project selection and resource allocation: A review of quantitative modeling approaches. *International Journal of Management Reviews*, 1(2), 197-224.

Heil, O. und Robertson, T.S. (1991). Toward a theory of competitive market signaling: A research agenda. *Strategic Management Journal*, 12(6), 403-418.

Heil, O.P. und Walters, R.G. (1993). Explaining competitive reactions to new products: An empirical signaling study. *Journal of Product Innovation Management*, 10(1), 53-65.

Hise, R.T. und McGinnis, M.A. (1975). Product elimination: Practices, policies, and ethics. *Business Horizons*, 18(3), 25-32.

Hoetker, G. (2007). The use of logit and probit models in strategic management research: Critical issues. *Strategic Management Journal*, 28(4), 331-343.

Hoffmann, V.H., Trautmann, T. und Hamprecht, J. (2009). Regulatory uncertainty: A reason to postpone investments? Not necessarily. *Journal of Management Studies*, 46(7), 1227-1253.

Holmes, M.J. (1990a). Material substitution in battery electrodes: The UK 1983-87. *Resources Policy*, 16(1), 22-34.

Holmes, M.J. (1990b). Material substitution in the UK window industry, 1983-87. *Resources Policy*, 16(2), 128-142.

Hoppe, H.C. und Lehmann-Grube, U. (2001). Second-mover advantages in dynamic quality competition. *Journal of Economics & Management Strategy*, 10(3), 419-433.

Hoppe, H.C. und Lehmann-Grube, U. (2005). Innovation timing games: A general framework with applications. *Journal of Economic Theory*, 121(1), 30-50.

Hoskisson, R.E., Hitt, M.A., Johnson, R.A. und Grossman, W. (2002). Conflicting voices: the effects of institutional ownership heterogeneity and internal governance on corporate innovation strategies. *Academy of Management Journal*, 45(4), 697-716.

Howell, S.D. und Jäggle, A.J. (1997). Laboratory evidence on how managers intuitively value real growth options. *Journal of Business Finance & Accounting*, 24(7/8), 915-935.

- Huber, G.P. und Power, D.J. (1985). Retrospective reports of strategic-level managers: Guidelines for increasing their accuracy. *Strategic Management Journal*, 6(2), 171-180.
- Huchzermeier, A. und Loch, C.H. (2001). Project management under risk: Using the real options approach to evaluate flexibility in R&D. *Management Science*, 47(1), 85-101.
- Huisman, K.J.M., Kort, P.M., Pawlina, G. und Thijssen, J.J.J. (2004). Strategic investment under uncertainty: Merging real options with game theory. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, Ergänzungsheft 3/2004, 97-123.
- Huizinga, J. (1993). Inflation uncertainty, relative price uncertainty, and investment in U.S. manufacturing, *Journal of Money, Credit, and Banking*, 25(3), 521-549.
- Hultink, E.J., Griffin, A., Hart, S. und Robben, H.S.J. (1997). Industrial new product launch strategies and product development performance. *Journal of Product Innovation Management*, 14(4), 243-257.
- Hultink, E.J. und Langerak, F. (2002). Launch decisions and competitive reactions: An exploratory market signaling study. *Journal of Product Innovation Management*, 19(3), 199-212.
- Hung, N.M. und Quyen, N.V. (1993). On R&D timing under uncertainty. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 17(5/6), 971-991.
- Hurry, D. (1994). Shadow options and global exploration strategies. *Advances in Strategic Management*, 10A, 229-248.
- Hurry, D., Miller, A.T. und Bowman, E.H. (1992). Calls on high-technology: Japanese exploration of venture capital investments in the United States. *Strategic Management Journal*, 13(2), 85-101.
- Ittner, C.D. und Larcker, D.F. (1997). Product development cycle time and organizational performance. *Journal of Marketing Research*, 34(1), 13-23.
- Janszen, F.H.A. und Vloemans, M.P.F. (1997). Innovation and the materials revolution. *Technovation*, 17(10), 549-556.

- Jäggle, A.J. (1999). Shareholder value, real options, and innovation in technology-intensive companies. *R&D Management*, 29(3), 271-287.
- Jensen, K. und Warren, P. (2001). The use of options theory to value research in the service sector. *R&D Management*, 31(2), 173-180.
- Jiang, M.S., Aulakh, P.S. und Pan, Y. (2009). Licensing duration in foreign markets: A real options perspective. *Journal of International Business Studies*, 40(4), 559-577.
- Jung, K.-H. (2004). Substitute products in the automotive steel sheets market according to sustainable innovations in technology. *International Journal of Product Development*, 1(1), 30-42.
- Kamien, M.I. und Schwartz, N.L. (1972). Timing of innovations under rivalry. *Econometrica*, 40(1), 43-60.
- Kamien, M.I. und Schwartz, N.L. (1982). *Market Structure and Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Katila, R. und Chen, E.L. (2008). Effects of search timing on innovation: The value of not being in sync with rivals. *Administrative Science Quarterly*, 53(4), 593-625.
- Katz, M.L. und Shapiro, C. (1985). Network externalities, competition, and compatibility. *American Economic Review*, 75(3), 424-440.
- Katz, M.L. und Shapiro, C. (1987). R&D rivalry with licensing or imitation. *American Economic Review*, 77(3), 402-420.
- Kessler, E.H. und Bierly, P.E. (2002). Is faster really better? An empirical test of the implications of innovation speed. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 49(1), 2-12.
- Kessler, E.H. und Chakrabarti, A.K. (1999). Speeding up the pace of new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 16(3), 231-247.
- Kester, W.C. (1984). Today's options for tomorrow's growth. *Harvard Business Review*, 62(2), 153-160.

Khurana, A. und Rosenthal, S.R. (1998). Towards holistic “front ends” in new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 15(1), 57-74.

Kim, J. und Wilemon, D. (2002). Focusing the fuzzy front-end in new product development. *R&D Management*, 32(4), 269-279.

Kim, D.-J. und Kogut, B. (1996). Technological platforms and diversification. *Organization Science*, 7(3), 283-301.

Klepper, S. und Simons, K.L. (2000). Dominance by birthright: Entry of prior radio producers and competitive ramifications in the U.S. television receiver industry. *Strategic Management Journal*, 21(11), 997-1016.

Klevorick, A.K., Levin, R.C., Nelson, R.R. und Winter, S.G. (1995). On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research Policy*, 24(2), 185-205.

Knight, F. (1921). *Risk, Uncertainty and Profit*. Chicago: University of Chicago Press.

Kogut, B. (1991). Joint ventures and the option to expand and acquire. *Management Science*, 37(1), 19-33.

Kogut, B. und Kulatilaka, N. (1994). Options thinking and platform investments: Investing in opportunity. *California Management Review*, 36(2), 52-71.

Kogut, B. und Kulatilaka, N. (2001). Capabilities as real options. *Organization Science*, 12(6), 744-758.

Kor, Y.Y. (2006). Direct and interaction effects of top management team and board compositions on R&D investment strategy. *Strategic Management Journal*, 27(11), 1081-1099.

Krishnan, V. und Bhattacharya, S. (2002). Technology selection and commitment in new product development: The role of uncertainty and design flexibility. *Management Science*, 48(3), 313-327.

Krishnan, V. und Ulrich, K.T. (2001). Product development decisions: A review of the literature. *Management Science*, 47(1), 1-21.

- Kristiansen, E.G. (2006). R&D and buyers waiting option. *Journal of Industrial Economics*, 54(1), 31-42.
- Kulatilaka, N. (1986). The value of flexibility. Working Paper MIT-EL 86-014.
- Kulatilaka, N. (1988). Valuing the flexibility of flexible manufacturing systems. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 35(4), 250-257.
- Kulatilaka, N. (1993). The value of flexibility: The case of a dual-fuel industrial steam boiler. *Financial Management*, 22(3), 271-280.
- Kulatilaka, N. und Perotti, E.C. (1998). Strategic growth options. *Management Science*, 44(8), 1021-1031.
- Kulatilaka, N. und Trigeorgis, L. (1994). The general flexibility to switch: Real options revisited. *International Journal of Finance*, 6(2), 778-798.
- Kumar, N., Stern, L.W. und Anderson, J.C. (1993). Conducting interorganizational research using key informants. *Academy of Management Journal*, 36(6), 1633-1651.
- Lambert, D. und Slater, S.F. (1999). First, fast, and on time: The path to success. Or is it? *Journal of Product Innovation Management*, 16(5), 427-438.
- Lambkin, M. (1988). Order of entry and performance in new markets. *Strategic Management Journal*, 9, 127-140.
- Lambrecht, B. und Perraudin, W. (2003). Real options and pre-emption under incomplete information. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 27(4), 619-643.
- Lancioni, R.A. (2005). A strategic approach to industrial product pricing: The pricing plan. *Industrial Marketing Management*, 34(2), 177-183.
- Lander, D.M. und Pinches, G.E. (1998). Challenges to the practical implementation of modeling and valuing real options. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 38, Special Issue, 537-567.

- Langerak, F., Griffin, A. und Hultink, E.J. (2010). Balancing development costs and sales to optimize the development time of product line additions. *Journal of Product Innovation Management*, 27(3), 336-348.
- Lawless, M.W. und Anderson, P.C. (1996). Generational technological change: Effects of innovation and local rivalry on performance. *Academy of Management Journal*, 39(5), 1185-1217.
- Lee, G.K. (2008). Relevance of organizational capabilities and its dynamics: What to learn from entrants' product portfolios about the determinants of entry timing. *Strategic Management Journal*, 29(12), 1257-1280.
- Lee, G.K. (2009). Understanding the timing of 'fast-second' entry and the relevance of capabilities in invention vs. commercialization. *Research Policy*, 38(1), 86-95.
- Lee, J. und Paxson, D.A. (2001). Valuation of R&D real American sequential exchange options. *R&D Management*, 31(2), 191-201.
- Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic Management Journal*, 13, 111-125.
- Levitas, E. und Chi, T. (2010). A look at the value creation effects of patenting and capital investments through a real options lens: The moderating role of uncertainty. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 4(3), 212-233
- Li, X. (2009). Preemptive learning, competency traps, and information technology adoption: A real options analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 56(4), 650-662.
- Lieberman, M.B. und Montgomery, D.B. (1988). First-mover advantages. *Strategic Management Journal*, 9, 41-58.
- Lieberman, M.B. und Montgomery, D.B. (1998). First-mover (dis)advantages: Retrospective and link with the resourced-based view. *Strategic Management Journal*, 19, 1111-1125.

- Lin, L. und Kulatilaka, N. (2007). Strategic growth options in network industries. *Advances in Strategic Management*, 24(3), 177-198.
- Lint, O. und Pennings, E. (1999). Finance and strategy: Time-to-wait or time-to-market? *Long Range Planning*, 32(5), 483-493.
- Lint, O. und Pennings, E. (2001). An option approach to the new product development process: A case study at Philips Electronics. *R&D Management*, 31(2), 163-172.
- Lint, O. und Pennings, E. (2002). The option value of developing two product standards simultaneously when the final standard is uncertain. Vlerick Working Papers 2002/10.
- Lint, O. und Pennings, E. (2003). The recently chosen digital video standard: Playing the game within the game. *Technovation*, 23(4), 297-306.
- Lippman, S.A. und Rumelt, R.P. (1982). Uncertain imitability: An analysis of interfirm differences in efficiency under competition. *Bell Journal of Economics*, 13(2), 418-438.
- Loch, C.H. und Bode-Greuel, K. (2001). Evaluating growth options as sources of value for pharmaceutical research projects. *R&D Management*, 31(2), 231-248.
- Long, J.S. und Freese, J. (2006). *Regression Models for Categorical Dependent Variables using Stata*. StataCorp: College Station, Texas.
- Luo, L.-M., Sheu, H.-J. und Hu, Y.-P. (2008). Evaluating R&D projects with hedging behaviour. *Research · Technology Management*, 51(6), 51-57.
- Mahajan, V., Muller, E. und Bass, F.M. (1990). New product diffusion models in marketing: A review and directions for research. *Journal of Marketing*, 54(1), 1-26.
- Maidique, M.A. und Patch, P. (1982). Corporate strategy and technological policy. In: Tushman, M.L. und Moore, W.L. (Hrsg.), *Readings in the Management of Innovation*. Boston, Massachusetts: Pitman, S. 325-334.
- Maine, E., Probert, D. und Ashby, M. (2005). Investing in new materials: A tool for technology managers. *Technovation*, 25(1), 15-23.

- Majd, S. und Pindyck, R.S. (1987). Time to build, option value, and investment decisions. *Journal of Financial Economics*, 18(1), 7-27.
- Mansfield, E. (1988). The speed and cost of industrial innovation in Japan and the United States: External vs. internal technology. *Management Science*, 34(10), 1157-1168.
- March, J.G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- Margrabe, W. (1978). The value of an option to exchange one asset for another. *Journal of Finance*, 33(1), 177-186.
- Mason, R. und Weeds, H. (2010). Investment, uncertainty and pre-emption. *International Journal of Industrial Organization*, 28(3), 278-287.
- McCardle, K.F. (1985). Information acquisition and the adoption of new technologies. *Management Science*, 31(11), 1372-1389.
- McDonald, R. und Siegel, D. (1986). The value of waiting to invest. *Quarterly Journal of Economics*, 101(4), 707-727.
- McGrath, R.G. (1997). A real options logic for initiating technology positioning investments. *Academy of Management Review*, 22(4), 974-996.
- McGrath, R.G. (1998). Only fools rush in? Using real options reasoning to inform the theory of technology strategy: Response to Garud, Kumaraswamy, and Nayyar. *Academy of Management Review*, 23(2), 214-216.
- McGrath, R.G. (1999). Falling forward: Real options reasoning and entrepreneurial failure. *Academy of Management Review*, 24(1), 12-30.
- McGrath, R.G. und MacMillan, I. (2000). *The Entrepreneurial Mindset*. Boston: Harvard Business School Press.
- McGrath, R.G. und Nerkar, A. (2004). Real options reasoning and a new look at the R&D investment strategies of pharmaceutical firms. *Strategic Management Journal*, 25(1), 1-21.

- Messner, F. (2002). Material substitution and path dependence: Empirical evidence on the substitution of copper for aluminum. *Ecological Economics*, 42(1/2), 259-271.
- Meyer, C. (2001). The second generation of speed. *Harvard Business Review*, 79(4), 24-25.
- Meyer, M.H. und Utterback, J.M. (1995). Product development cycle time and commercial success. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 42(4), 297-304.
- Miller, K.D. (1992). A framework for integrated risk management in international business. *Journal of International Business Studies*, 23(2), 311-331.
- Miller, K.D. (1993). Industry and country effects on managers' perceptions of environmental uncertainties. *Journal of International Business Studies*, 24(4), 693-714.
- Miller, K.D. (1998). Economic exposure and integrated risk management. *Strategic Management Journal*, 19(5), 497-514.
- Miller, K.D. (2002). Knowledge inventories and managerial myopia. *Strategic Management Journal*, 23(8), 689-706.
- Miller, K.D. und Arikan, A.T. (2004). Technology search investments: Evolutionary, option reasoning, and option pricing approaches. *Strategic Management Journal*, 25(5), 473-485.
- Miller, K.D. und Folta, T.B. (2002). Option value and entry timing. *Strategic Management Journal*, 23(7), 655-665.
- Miller, K.D. und Shapira, Z. (2004). An empirical test of heuristics and biases affecting real option valuation. *Strategic Management Journal*, 25(3), 269-284.
- Millson, M.R., Raj, S.P. und Wilemon, D. (1992). A survey of major approaches for accelerating new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 9(1), 53-69.
- Mitchell, W. (1989). Whether and when? Probability and timing of incumbents' entry into emerging industrial subfields. *Administrative Science Quarterly*, 34(2), 208-230.

- Mitchell, W. (1991). Dual clocks: Entry order influence on incumbent and newcomer market share and survival when specialized assets retain their value. *Strategic Management Journal*, 12(2), 85-100.
- Mitchell, G.R. und Hamilton, W.F. (1988). Managing R&D as a strategic option. *Research · Technology Management*, 31(3), 15-22.
- Moel, A. und Tufano, P. (2002). When are real options exercised? An empirical study of mine closings. *Review of Financial Studies*, 15(1), 35-64.
- Moenaert, R.K., De Meyer, A., Souder, W.E. und Deschoolmeester, D. (1995). R&D/marketing communication during the fuzzy front-end. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 42(3), 243-258.
- Montoya-Weiss, M.M. und Calantone, R. (1994). Determinants of new product performance: A review and meta-analysis. *Journal of Product Innovation Management*, 11(5), 397-417.
- Mooi, E.A. und Ghosh, M. (2010). Contract specificity and its performance implications. *Journal of Marketing*, 74(2), 105-120.
- Moorthy, K.S. (1985). Using game theory to model competition. *Journal of Marketing Research*, 22(3), 262-282.
- Moorthy, K.S. und Png, I.P.L. (1992). Market segmentation, cannibalization, and the timing of product introductions. *Marketing Science*, 38(3), 345-359.
- Musso, C. (2009). New learning from old plastics: The effects of value chain-complexity on adoption time. *Technovation*, 29(4), 299-312.
- Myers, S.C. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5(2), 147-175.
- Naldi, L., Nordqvist, M., Sjöberg, K. und Wiklund, J. (2007). Entrepreneurial orientation, risk taking, and performance in family firms. *Family Business Review*, 20(1), 33-47.

- Nelson, R.R. (1961). Uncertainty, learning, and the economics of parallel research and development. *Review of Economics and Statistics*, 43(4), 351-364.
- Newton, D.P. und Pearson, A.W. (1994). Application of option pricing theory to R&D. *R&D Management*, 24(1), 83-89.
- Nichols, N.A. (1994). Scientific management at Merck: An interview with CEO Judy Lewent. *Harvard Business Review*, 72(1), 89-99.
- Noble, P.M und Gruca, T.S. (1999). Industrial pricing: Theory and managerial practice. *Marketing Science*, 18(3), 435-454.
- Norton, J.A. und Bass, F.M. (1987). A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products. *Management Science*, 33(9), 1069-1086.
- O'Brien, J.P., Folta, T.B. und Johnson, D.R. (2003). A real options perspective on entrepreneurial entry in the face of uncertainty. *Managerial and Decision Economics*, 24(8), 515-533.
- Oriani, R. (2007). Technology switching option and the market value of the firm: A model and an empirical test. *Advances in Strategic Management*, 24(5), 429-458.
- Oriani, R. und Sobrero, M. (2008). Uncertainty and the market valuation of R&D within a real option logic. *Strategic Management Journal*, 29(4), 343-361.
- Pacheco-de-Almeida, G. (2010). Erosion, time compression, and self-displacement of leaders in hypercompetitive environments. *Strategic Management Journal*, 31(13), 1498-1526.
- Pacheco-de-Almeida, G., Henderson, J.E. und Cool, K.O. (2008). Resolving the commitment versus flexibility trade-off: The role of resource accumulation lags. *Academy of Management Journal*, 51(3), 517-536.
- Pacheco-de-Almeida, G. und Zemsky, P. (2003). The effect of time-to-build on strategic investment under uncertainty. *RAND Journal of Economics*, 34(1), 166-182.

- Paddock, J.L., Siegel, D.R. und Smith, J.L. (1988). Option valuation of claims on real assets: the case of offshore petroleum leases. *Quarterly Journal of Economics*, 103(3), 479-508.
- Pae, J.H. und Lehmann, D.R. (2003). Multigenerational innovation diffusion: The impact of intergeneration time. *Journal of Academy of Marketing Science*, 31(1), 36-45.
- Parker, D.B., Zsidisin, G.A. und Ragatz, G.L. (2008). Timing and extend of supplier integration in new product development: A contingency approach. *Journal of Supply Chain Management*, 44(1), 71-83.
- Pearson, A. (1997). Innovation management – is there still a role for „bootlegging“? *International Journal of Innovation Management*, 1(2), 191-200.
- Peduzzi, P., Concato, J., Kemper, E., Holford, T.R. und Feinstein, A.R. (1996). A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 49(12), 1373-1379.
- Pennings, E. und Sereno, L. (2011). Evaluating pharmaceutical R&D under technical and economic uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 212(2), 374-385.
- Peres, R., Muller, E. und Mahajan, V. (2010). Innovation diffusion and new product growth models: A critical review and research directions. *International Journal of Research in Marketing*, 27(2), 91-106.
- Perillieux, R. (1987). *Der Zeitfaktor im strategischen Technologiemanagement: früher oder später Einstieg bei technischen Produktinnovationen?* Berlin: Erich Schmidt.
- Phaal, R., Farrukh, C.J.P. und Probert, D.R. (2004). Technology roadmapping – a planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change*, 71, 5-26.
- Phaal, R., Farrukh, C.J.P. und Probert, D.R. (2007). Strategic roadmapping: A workshop-based approach for identifying and exploring strategic issues and opportunities. *Engineering Management Journal*, 19(1), 3-12.

- Pindyck, R.S. (1991). Irreversibility, uncertainty, and investment. *Journal of Economic Literature*, 29(3), 1110-1148.
- Pindyck, R.S. (1993). Investments of uncertain cost. *Journal of Financial Economics*, 34(1), 53-76.
- Pindyck, R.S. (2004). Volatility and commodity price dynamics. *Journal of Future Markets*, 24(11), 1029-1047.
- Porter, M.E. (1983). The technological dimension of competitive strategy. In: Rosenbloom, R.S. (ed.), *Research on Technological Innovation, Management and Policy*. Greenwich: JAI Press, pp. 1-33.
- Podsakoff, P.M., MacKenzie, S.B., Lee, J.-Y. und Podsakoff, N.P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879-903.
- Prieger, J.E. (2007). Regulatory delay and the timing of production innovation. *International Journal of Industrial Organization*, 25(2), 219-236.
- Purohit, D. (1994). What should you do when your competitors send in the clones? *Marketing Science*, 13(4), 392-411.
- Ramachandran, K. und Krishnan, V. (2008). Design architecture and introduction timing for rapidly improving industrial products. *Manufacturing and Service Operations Management*, 10(1), 149-171.
- Reinganum, J.F. (1984). Practical implications of game theoretic models of R&D. *American Economic Review*, 73(2), 61-66.
- Reinganum, J.F. (1989). The timing of innovation: Research, development, and diffusion. In: Schmalensee, R. und Willig, R.D. (eds.), *Handbook of Industrial Organization*, Volume I. Oxford: Elsevier Science Publishers B.V., 849-908.
- Reuer, J.J. und Tong, T.W. (2007a). Corporate investment and growth options. *Managerial and Decision Economics*, 28(8), 863-877.

Reuer, J.J. und Tong, T.W. (2007b). How do real options matter? Empirical research on strategic investments and firm performance. *Advances in Strategic Management*, 24, 145-173.

Roberts, K. und Weitzman, M.L. (1981). Funding criteria for research, development, and exploration projects. *Econometrica*, 49(5), 1261-1288.

Robinson, W.T. (1988). Marketing mix reactions to entry. *Marketing Science*, 7(4), 368-385.

Robinson, W.T. und Chiang, J. (2002). Product development strategies for established market pioneers, early followers, and late entrants. *Strategic Management Journal*, 23, 855-866.

Robinson, W.T. und Min, S. (2002). Is the first to market the first to fail? Empirical evidence for industrial goods businesses. *Journal of Marketing Research*, 39(1), 120-128.

Robinson, W.T., Fornell, C. und Sullivan, M. (1992). Are market pioneers intrinsically stronger than later entrants? *Strategic Management Journal*, 13, 609-624.

Sanchez, R. (1993). Strategic flexibility, firm organization, and managerial work in dynamic markets: A strategic-options perspective. *Advances in Strategic Management*, 9, 251-291.

Sanchez, R. (1995). Strategic flexibility in product competition. *Strategic Management Journal*, Special Issue Summer, 16, 135-159.

Sanchez, R. (2008). Modularity in the mediation of market and technology change. *International Journal of Technology Management*, 42(4), 331-364.

Saunders, J. und Jobber, D. (1988). An exploratory study of the management of product replacement. *Journal of Marketing Management*, 3(3), 344-351.

Saunders, J. und Jobber, D. (1994). Product replacement: Strategies for simultaneous product deletion and launch. *Journal of Product Innovation Management*, 11(5), 433-450.

- Scharfstein, D.S. und Stein, J.C. (1990). Herd behavior and investment. *American Economic Review*, 80(3), 465-479.
- Schilling, M.A. (2002). Technology success and failure in winner-take-all markets: The impact of learning orientation, timing, and network externalities. *Academy of Management Journal*, 45(2), 387-398.
- Schmeisser, W. (1984). *Erfinder und Innovation: Widerstände im Innovationsprozeß, unter besonderer Berücksichtigung der Stellung und Bedeutung von Erfindern im Innovationsprozeß*. Diss. Duisburg.
- Schoenecker, T.S. und Cooper, A.C. (1998). The role of firm resources and organizational attributes in determining entry timing: A cross-industry study. *Strategic Management Journal*, 19(12), 1127-1143.
- Shackleton, M.B., Tsekrekos, A.E. und Wojakowski, R. (2004). Strategic entry and market leadership in a two-player real options game. *Journal of Banking & Finance*, 28(1), 179-201.
- Shankar, V., Carpenter, G.S. und Krishnamurthi, L. (1998). Late mover advantage: How innovative late entrants outsell pioneers. *Journal of Marketing Research*, 35(1), 54-70.
- Simon, H. (1979). Dynamics of price elasticity and brand life cycles: An empirical study. *Journal of Marketing Research*, 16(4), 439-452.
- Sirmon, D.G., Arregle, J.-L., Hitt, M.A. und Webb, J.W. (2008). The role of family influence on firms' strategic response to threat of imitation. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 32(6), 979-998.
- Smit, H.T.J. (2003). Infrastructure investment as a real option game: The case of European airport expansion. *Financial Management*, 32(4), 27-57.
- Smit, H.T.J. und Trigeorgis, L. (2006). Real options and games: Competition, alliances and other applications of valuation and strategy. *Review of Financial Economics*, 15(2), 95-112.

- Smit, H.T.J. und Trigeorgis, L. (2007). Strategic options and games in analysing dynamic technology investments. *Long Range Planning*, 40(1), 84-114.
- Smit, H.T.J. und Trigeorgis, L. (2009). Valuing infrastructure investment: An option games approach. *California Management Review*, 51(2), 79-100.
- Smith, P.G. und Reinertsen, D.G. (1991). The Fuzzy Front End. In: Smith, P.G. und Reinertsen, D.G. (Hrsg.), *Developing Products in Half the Time*. New York: Van Nostrand Reinhold, S. 43-60.
- Song, X.M. und Montoya-Weiss, M.M. (1998). Critical development activities for really new versus incremental products. *Journal of Product Innovation Management*, 15(2), 124-135.
- Song, X.M. und Montoya-Weiss, M.M. (2001). The effect of perceived technological uncertainty on Japanese new product development. *Academy of Management Journal*, 44(1), 61-80.
- Sood, A. und Tellis, G.J. (2005). Technological evolution and radical innovation. *Journal of Marketing*, 69(3), 152-168.
- Specht, G. und Perillieux, R. (1988). Erfolgsfaktoren technischer Führer- und Folgerpositionen auf Investitionsgütermärkten. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 40(3), 204-226.
- Spencer, B.J. und Brander, J.A. (1992). Pre-commitment and flexibility. *European Economic Review*, 36(8), 1601-1626.
- Stalk, G. (1988). Time – the next source of competitive advantage. *Harvard Business Review*, 66(4), 41-51.
- Stalk, G. (1991). The strategic value of time. In: Blackburn, J.D. (ed.), *Time-Based Competition: The Next Battleground in American Manufacturing*. Homewood, Illinois: Irwin, S. 67-101.
- Stalk, G. und Webber, A.M. (1993). Japan's dark side of time. *Harvard Business Review*, 71(4), 93-102.

Stenbacka, R. und Tomback, M.M. (1994). Strategic timing of adoption of new technologies under uncertainty. *International Journal of Industrial Organization*, 12(3), 387-411.

Stulz, R.M. (1982). Options on the minimum or the maximum of two risky assets. *Journal of Financial Economics*, 10(2), 161-185.

Su, M. und Rao, V.R. (2010). New product preannouncement as a signaling strategy: An audience-specific review and analysis. *Journal of Product Innovation Management*, 27(5), 658-672.

Swink, M. (2003). Completing projects on-time: How project acceleration affects new product development. *Journal of Engineering and Technology Management*, 20(4), 319-344.

Tatikonda, M.V. und Montoya-Weiss, M.M. (2001). Integrating operations and marketing perspectives of product innovation: The influence of organizational process factors and capabilities on development performance. *Management Science*, 47(1), 151-172.

Taylor, A. (2010). The next generation: Technology adoption and integration through internal competition in new product development. *Organization Science*, 21(1), 23-41.

Tegarden, L.F., Hatfield, D.E. und Echols, A.E. (1999). Doomed from the start: What is the value of selecting a future dominant design? *Strategic Management Journal*, 20(6), 495-518.

Tellis, G.J. (1988). The price elasticity of selective demand: A meta-analysis of econometric models of sales. *Journal of Marketing Research*, 25(4), 331-341.

Tellis, G.J. und Golder, P.N. (1996). First to market, first to fail? Real causes of enduring market leadership. *Sloan Management Review*, 37(2), 65-75.

Tilton, J.E. (1984). Substitution: Economics. *Conservation & Recycling*, 7(1), 21-26.

Tilton, J.E. (1991). Material substitution: The role of new technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 39(1/2), 127-144.

- Triantis, A. (2005). Realizing the potential of real options: Does theory meet practice? *Journal of Applied Corporate Finance*, 17(2), 8-16.
- Trigeorgis, L. (1988). A conceptual options framework for capital budgeting. *Advances in Futures and Options Research*, 3, 145-167.
- Trigeorgis, L. (1991). Anticipated competitive entry and early preemptive investment in deferrable projects. *Journal of Economics and Business*, 43(2), 143-156.
- Trigeorgis, L. (1996). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Turner, S.F., Mitchell, W. und Bettis, R.A. (2010). Responding to rivals and complements: How market concentration shapes generational product innovation strategy. *Organization Science*, 21(4), 854-872.
- Tushman, M.L. und Rosenkopf, L. (1992). Organizational determinants of technological change: Toward a sociology of technological evolution. *Research in Organizational Behavior*, 14, 311-347.
- Tyagi, R.K. (2006). New product introductions and failures under uncertainty. *International Journal of Research in Marketing*, 23(2), 199-213.
- Van Bekkum, S., Pennings, E. und Smit, H. (2009). A real options perspective on R&D portfolio diversification. *Research Policy*, 38(7), 1150-1158.
- von Braun, C.-F. (1990). The acceleration trap. *Sloan Management Review*, 32(1), 49-58.
- von Braun, C.-F. (1991). The acceleration trap in the real world. *Sloan Management Review*, 32(4), 43-52.
- Vassolo, R.S., Anand, J. und Folta, T.B. (2004). Non-additivity in portfolios of exploration activities: A real options-based analysis of equity alliances in biotechnology. *Strategic Management Journal*, 25(11), 1045-1061.
- Venkatraman, R. und Venkatraman, S. (1995). R&D project selection and scheduling for organizations facing product obsolescence. *R&D Management*, 25(1), 57-70.

- Vollrath, R. (2003). Die Berücksichtigung von Handlungsflexibilität bei Investitionsentscheidungen. Eine empirische Untersuchung. In: Hommel, U., Scholich, M. und Baecker, P. (Hrsg.), *Reale Optionen. Konzepte, Praxis und Perspektiven strategischer Unternehmensfinanzierung*. Berlin: Springer, S. 341-373.
- Wally, S. und Fong, C.-M. (2000). Effects of firm performance, organizational slack, and debt on entry timing: A study of ten emerging product markets in USA. *Industry and Innovation*, 7(2), 169-183.
- Ward, J.L. (1997). Growing the family business: Special challenges and best practices. *Family Business Review*, 10(4), 323-337.
- Weeds, H. (1999). Sleeping patents and compulsory licensing: An option analysis. Warwick Economic Research Papers No. 577.
- Weeds, H. (2002). Strategic delay in a real options model of R&D competition. *Review of Economic Studies*, 69(3), 729-747.
- Weiss, A.M. (1994). The effects of expectations on technology adoption: Some empirical evidence. *Journal of Industrial Economics*, 42(4), 341-360.
- Wernerfelt, B. und Karnani, A. (1987). Competitive strategy under uncertainty. *Strategic Management Journal*, 8(2), 187-194.
- Wheelwright, S.C. und Clark, K.B. (1992). Creating project plans to focus product development. *Harvard Business Review*, 70(2), 70-82.
- Wiersema, M.F. und Bowen, H.P. (2009). The use of limited dependent variable techniques in strategy research: Issues and methods. *Strategic Management Journal*, 30(6), 679-692.
- Wilson, L.O. und Norton, J.A. (1989). Optimal entry timing for a product line extension. *Marketing Science*, 8(1), 1-17.
- Womack, J.P., Jones, D.T. und Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.

Wong, V. (1992). An empirical study of firms' co-ordination of functional and market entry timing strategies. *Journal of Marketing Management*, 8(3), 239-257.

Wooldridge, J.M. (2006). *Introductory Econometrics*, 3rd Edition. Mason: Thomson South-Western.

Wu, Y., Balasubramanian, S. und Mahajan, V. (2004). When is a preannounced new product likely to be delayed? *Journal of Marketing*, 68(2), 101-113.

Wyss, C.E. (2006). Determinants of entry timing: A study of semiconductor firms. *Academy of Management Best Conference Paper 2006*, 1-6.

Zahay, D., Griffin, A. und Fredericks, E. (2011). Information use in new product development: An initial exploratory empirical investigation in the chemical industry. *Journal of Product Innovation Management*, 28(4), 485-502.

Zahra, S.A. und Covin, J.G. (1993). Business strategy, technology policy and firm performance. *Strategic Management Journal*, 14(6), 451-478.

Zhang, J. (1997). Strategic delay and the onset of investment cascades. *RAND Journal of Economics*, 28(1), 188-205.