

Schertler, Andrea

Working Paper — Digitized Version

Venture Capital in offenen Volkswirtschaften: Ein theoretisches Modell

Kiel Working Paper, No. 925

Provided in Cooperation with:

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

Suggested Citation: Schertler, Andrea (1999) : Venture Capital in offenen Volkswirtschaften: Ein theoretisches Modell, Kiel Working Paper, No. 925, Kiel Institute of World Economics (IfW), Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/46843>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Kieler Arbeitspapiere Kiel Working Papers

Kieler Arbeitspapier Nr. 925

Venture Capital in offenen Volkswirtschaften*

— Ein theoretisches Modell —

Andrea Schertler



Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel
The Kiel Institute of World Economics

INSTITUT FÜR WELTWIRTSCHAFT
an der Universität Kiel
D-24100 Kiel

Kieler Arbeitspapier Nr. 925

Venture Capital in offenen Volkswirtschaften*

— Ein theoretisches Modell —

Andrea Schertler

Mai 1999

341 504 556

Für Inhalt und Verteilung der Kieler Arbeitspapiere ist der jeweilige Autor allein verantwortlich, nicht das Institut.

Da es sich um Manuskripte in einer vorläufigen Fassung handelt, wird gebeten, sich mit Anregung und Kritik direkt an den Autor zu wenden und etwaige Zitate vorher mit ihm abzustimmen.

* Mein besonderer Dank gilt Claudia Buch, Axel Schimmelpfennig und Michael Stolpe für hilfreiche Anregungen und Diskussionen.

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projekts „Venture Capital und staatliche Innovationsförderung im europäischen Binnenmarkt“, das von der Alfred Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung finanziert wird.

Abstract

Venture capital's role in technological specialisation is studied in an open economy model where the predominant mode of financing new technology-based firms (bank credits and VC) influences the economy's specialisation and growth. The model considers discrete decisions of the heterogeneous agents, adaptive expectations and fundamental uncertainty of the innovation process.

A missing venture capital market can be ascribed to an *inefficient allocation of resources*, calling for a correction or compensation through public policy interventions or to an *efficient pattern of technological specialisation* based on comparative advantages of the economy, that does not justify any public intervention.

In der vorliegenden Arbeit wird ein Modell beschrieben, mit dem Ungleichverteilungen von VC untersucht werden. Im Zentrum stehen zwei Hypothesen: Die Spezialisierungshypothese, nach deren Aussage kein staatlicher Eingriff erforderlich ist, und die Hypothese der ineffizienten Ressourcenallokation, nach deren Aussage staatliches Eingreifen wünschenswert ist.

Bei der Modellierung innovativer offener Volkswirtschaften werden zum einen heterogene Agenten berücksichtigt, die diskrete Entscheidungen treffen, zum anderen wird die bestehende fundamentale Unsicherheit von Innovationen eingefangen. Innovationen werden mit Eigenkapital oder Fremdkapital finanziert. Die Ersparnisse determinieren die Anzahl der Innovationen pro Periode. Durch die Unteilbarkeiten des Modells kann dieses nicht analytisch untersucht werden; die Simulationsmethode ist die adäquate Methode.

JEL Classification: G24, O16, O41

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	i
Einleitung	1
1. Die Wirtschaftssubjekte der Ökonomie.....	7
1.1 Das Einkommen der Wirtschaftssubjekte	7
1.2 Die Verwendung des Einkommens	10
1.2.1 Das Konsumverhalten.....	11
1.2.2 Das Ersparnisverhalten	12
1.2.2.1 Effiziente Portfolios	13
1.2.2.2 Optimales Portfolio	20
2. Die Produktion der Konsumgüter	22
2.1 Die Kostenfunktionen.....	22
2.2 Produktivitätsunterschiede als Quelle komparativer Vorteile	23
3. Die Maschineriesektoren	25
3.1 Aggregation der Maschinen.....	25
3.2 Skaleneffekte in den Endgutsektoren.....	28
3.3 Produktion der Maschinen.....	28
3.3.1 Optimale Preise.....	29
3.3.2 Optimale Mengen	31
3.4 Entwicklung neuer Maschinen	32
3.4.1 Überblick	32
3.4.2 Modellierung der Entwicklungsinvestition.....	34
3.4.3 Maschineriewahl und Aufnahme einer	
unternehmerischen Tätigkeit	36

4.	Der Kapitalmarkt.....	40
4.1	Die Bank	41
4.1.1	Erwarteter Ertrag einer Krediteinheit.....	41
4.1.2	Erwartete Kosten einer Krediteinheit.....	43
4.1.3	Die Gewinnfunktion	45
4.2	Die Venture Capital Gesellschaft	46
4.2.1	Beteiligung am Unternehmenstyp 1	46
4.2.2	Beteiligung am Unternehmenstyp 2	47
4.2.3	Die Gewinnfunktion	48
4.3	Zinszahlungen, Dividenden und verfügbare Volumina	51
4.3.1	Zinszahlungen an die Ersparnis Anleger.....	51
4.3.2	Kreditvergabe volumens	53
4.3.3	Dividende.....	53
4.3.4	Verfügbares Fondsvolumen	55
5.	Die Gleichgewichtsbedingungen.....	56
5.1	Gleichgewichtige Faktorpreise	56
5.2	Gleichgewichtige Outputniveaus	62
5.3	Gewinnfunktionen der Unternehmer	65
6.	Erwartungsbildung und Entscheidungsfindung	67
6.1	Erwarteter Kapitalwert bei Maschinerie 1.....	69
6.2	Erwarteter Kapitalwert bei Maschinerie 2.....	71
7.	Abschließende Bemerkungen	74
	Anhang 1: Bestimmung der Varianzkontur.....	76
	Anhang 2: Herleitung der Spezialisierungsbedingungen.....	77
	Anhang 3: Gewinnfunktionen der Unternehmer.....	80
	Anhang 4: Verhalten der Gewinnfunktionen	81
	Literatur.....	83

Symbolverzeichnis

- A_{B/M_j} – Anzahl der in einer Periode mit Bankkrediten erfolgreich gegründeten Unternehmen
- A_{V/M_j} – Anzahl der in einer Periode mit VC erfolgreich gegründeten Unternehmen
- B – Höhe der Bankeinlage
- B_I – Kreditvergabevolumen
- D_V – Dividende für die Investition in den VC-Fonds
- D_B – Zinszahlung auf Bankeinlagen
- E_0 – Entwicklungsinvestition
- H – Menge der Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation
- H_A – Menge der in der aktuellen Periode unternehmerisch tätigen Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation $H_A \subset H$
- $H_{A|B}$ – Menge der unternehmerisch tätigen Wirtschaftssubjekte, die ihr Unternehmen mit Hilfe von Bankkrediten finanzierten
- $H_{A|V}$ – Menge der unternehmerisch tätigen Wirtschaftssubjekte, die ihr Unternehmen mit Hilfe von VC finanzierten
- H_{A/M_j} – Menge der aktiven Unternehmer, die eine Maschine vom Typ j produzieren
- H_U – Menge der Unternehmer $H_U \subset H$

- $H_{U|B}$ – Menge der Unternehmer, die ihr Unternehmen mit Hilfe von Bankkrediten finanzierten
- $H_{U|V}$ – Menge der Unternehmer, die ihr Unternehmen mit Hilfe von VC finanzierten.
- M_j – Maschinerie j
- Q – Reserve der Intermediäre
- T – aktuelle Periode
- T_K – Laufzeit des Kreditvertrages; Beteiligungsdauer; Planungshorizont
- U_{B/M_j} – Anzahl der in einer Periode mit Bankkrediten gegründeten Unternehmen
- U_{V/M_j} – Anzahl der in einer Periode mit VC gegründeten Unternehmen
- V – Investition in VC-Fonds
- V_I – verfügbares Fondsvolumen
- X_H – Konsummenge des High-Tech-Gutes
- X_T – Konsummenge des traditionellen Gutes
- Y_H – Output des High-Tech-Gutes
- Y_S – Ersparnis
- Y_T – Output des traditionellen Gutes
- Y – Einkommen der Wirtschaftssubjekte
- $Z_{j,i}$ – i 'te Maschine der Maschinerie j

- a_1 – partielle Produktionselastizität des Faktors Arbeit im traditionellen Sektor
- a_2 – partielle Produktionselastizität des Faktors Humankapital im traditionellen Sektor
- a_3 – partielle Produktionselastizität des Faktors Maschinerie 1 im traditionellen Sektor
- a_4 – partielle Produktionselastizität des Faktors Maschinerie 2 im traditionellen Sektor
- b_1 – partielle Produktionselastizität des Faktors Arbeit im High-Tech-Sektor
- b_2 – partielle Produktionselastizität des Faktors Humankapital im High-Tech-Sektor
- b_3 – partielle Produktionselastizität des Faktors Maschinerie 1 im High-Tech-Sektor
- b_4 – partielle Produktionselastizität des Faktors Maschinerie 2 im High-Tech-Sektor
- h – Humankapital
- $h_{(.)}$ – Anzahl der Elemente der Menge $H_{(.)}$
- i – Index für Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation
- j – Index für die Maschinerie
- k – Anteil der Ersparnis, der in Bankeinlagen angelegt wird
- ℓ – Arbeit
- p_H – Preis des High-Tech-Gutes
- p_T – Preis des traditionellen Gutes

- $p_{Z_{j,i}}$ – Preis der i 'ten Maschine der Maschinerie j
- p_{M_j} – Preis der Maschinerie j
- q – Parameter der Risikonutzenfunktion
- r_B – Zinssatz auf Bankeinlagen
- r_{K_j} – Fremdkapitalzinssatz bei Maschinerie j
- r_S – exogener risikoloser Zinssatz
- r_V – Dividendenrendite aus der Investition im VC-Fonds
- s – exogene Sparquote
- t – Laufindex
- t_0 – Gründungsperiode des Unternehmens
- t_p – erste Periode der Vergangenheit, die in der Portfolioselektion berücksichtigt wird
- v – Anteil der Ersparnis, der in VC-Fonds investiert wird
- w_H – Lohnsatz für Humankapital
- w_L – Lohnsatz für Arbeit

- $(..)^*$ – gleichgewichtiger Wert des Arguments
- $E(..)$ – Erwartungswert des Arguments
- $Var(..)$ – Varianz des Arguments

- α_{M_j} – Arbeitseinheiten beziehungsweise Humankapitaleinheiten zur Produktion einer Maschine der Maschinerie j
- $\gamma_{j,i}$ – Gewinnanteil des Unternehmensgründers bei VC-Finanzierung des Unternehmens
- δ_j – Gewicht in der Kompositionsfunktion der Maschinerie j
- ε_j – Preiselastizität der Nachfrage im Maschineriesektor
- θ – Parameter der Nutzenfunktion
- μ – Erwartungswert des Portfolios
- ξ – Gewicht in Erwartungswert- und Varianzberechnung
- π_i – Gewinn, der dem Unternehmensgründer, d.h. dem Wirtschaftssubjekt i zufließt
- ρ_j – Parameter der Kompositionsfunktion der Maschinerie j
- σ_B^2 – Varianz des Zinssatzes
- σ_V^2 – Varianz der Dividendenrendite
- σ_{VB} – Kovarianz zwischen Dividendenrendite und Zinssatz
- σ^2 – Varianz des Portfolios
- ϑ – Parameter, der die Einflußnahme der VCG auf die Wahrscheinlichkeit bei Entwicklung einer Maschine der Maschinerie 2 angibt
- φ_{M_j} – tangible Anteil der Entwicklungsinvestition der Maschinerie j
- ω – Parameter der Risikonutzenfunktion
- Ψ_{M_j} – technische Erfolgswahrscheinlichkeit bei Entwicklung einer Maschine der Maschinerie j

Einleitung

Problemstellung

Die vorliegende Arbeit beschreibt ein theoretisches Modell, mit dem die Interdependenz zwischen der Finanzierung von Innovationen und der Spezialisierung offener Volkswirtschaften untersucht wird. Dabei geht es um die Frage, wie ein Venture Capital Markt auf die Spezialisierung und Wohlfahrt einer Volkswirtschaft wirkt. Venture Capital (VC) bezeichnet eine besondere Form von risikotragendem Kapital, das jungen innovativen Unternehmen mit starkem Wachstumspotential zur Verfügung gestellt wird. Neben der finanziellen Unterstützung bringt die Venture Capital Gesellschaft (VCG) ihr oft beträchtliches technologiespezifisches Wissen in die Unternehmen ein, indem sie das Management berät oder sich selbst aktiv beteiligt. Das in dieser Arbeit entwickelte Modell kombiniert diskrete Entscheidungen, endogenes Wachstum und die fundamentale Unsicherheit von Innovationen. Es bildet die drei Akteure, Anleger, Finanzintermediäre (Bank und VCG) und kapitalnachfragende innovative Unternehmen als heterogene Agenten ab und berücksichtigt die Interdependenzen zwischen ihnen. Die Komplexität des Modells macht die Analyse mit Hilfe von Computersimulationen notwendig.

Bisherige theoretische Arbeiten zu VC haben sich auf die Analyse einzelner Verträge zwischen dem Intermediär, der VCG, und den kapitalnachfragenden Unternehmen beschränkt (Bergemann und Hege 1998, Trester 1998). Interdependenzen zwischen den Akteuren des VC-Marktes, die für die Beurteilung der Kapitalmarkteffizienz bei der Finanzierung von technischen Innovationen wesentlich sind, wurden in bisherigen theoretischen Arbeiten vernachlässigt. Interdependenzen gibt es sowohl auf der horizontalen Ebene, also zwischen Akteuren mit gleicher Zielsetzung, als auch auf der vertikalen Ebene, also zwischen Akteuren mit unterschiedlicher Zielsetzung. Für die Beurteilung der Kapitalmarkteffizienz ist es wesentlich, die Interdependenz zwischen den konkurrierenden innovativen Unternehmen sowie die Interdependenz zwischen den Intermediären zu berücksichtigen.

Die heterogenen Wirtschaftssubjekte der Ökonomie sind Gegenstand des ersten Kapitels. Im zweiten Kapitel wird die Produktion der handelbaren Konsumgüter modelliert. Die Maschineriesektoren sind Gegenstand des dritten Kapitels. Der Finanzmarkt mit den beiden Intermediären ist Gegenstand des vierten Kapitels. Im fünften Kapitel werden die gleichgewichtigen Löhne der beiden Primärfaktoren und die beiden gleichgewichtigen Outputmengen bestimmt. Kapitel sechs schließt die Modellbeschreibung mit der Erwartungsbildung der Unternehmensgründer ab.

Hypothesen

Das in diesem Beitrag vorgestellte Modell ermöglicht es, zwischen zwei konkurrierenden Hypothesen zu diskriminieren, und zwar der *Hypothese der ineffizienten Ressourcenallokation* und der *Spezialisierungshypothese*. Letztendlich geht es um die Frage, unter welchen Bedingungen Informationsasymmetrien ein Marktversagen verursachen, das nicht nur einzelwirtschaftlich, sondern auch auf volkswirtschaftlicher Ebene zu einer ineffizienten Ressourcenallokation führt und durch staatliche Eingriffe beseitigt werden könnte. Das Fehlen von VC-Märkten in einzelnen Ländern ist nicht notwendigerweise ein Anzeichen für Marktversagen, denn die Spezialisierung einer Volkswirtschaft im Rahmen der internationalen Arbeitsteilung kann zu einer effizienten Ressourcenallokation führen, ohne daß es überhaupt zu einer Nachfrage nach VC kommt. Staatliches Eingreifen kann somit auf zwei Motivationen zurückzuführen sein: mikroökonomisches Marktversagen zu korrigieren oder die Spezialisierung der Volkswirtschaft zu ändern.

Eine ineffiziente Ressourcenallokation kann auf ein durch Informationsasymmetrien verursachtes einzelwirtschaftliches Marktversagen zurückgeführt werden. Zwei wesentliche Quellen für Informationsasymmetrien am Finanzmarkt können identifiziert werden: Erstens können asymmetrische Informationen zwischen den Anlegern und den Intermediären zu einer ineffizienten Allokation der Ersparnisse auf verschiedene Finanzierungsarten führen. Zweitens können asymmetrische Informationen zwischen den Intermediären und den kapitalnachfragenden Unternehmen zu einer ineffizienten Ressourcenallokation über die verschiedenen Unternehmenstypen führen.

Während die Intermediäre rationale Erwartungen über die Rendite der Innovationsinvestitionen bilden, basiert die Portfolioselektion der Anleger auf Vergangenheitswerten, die für sie einen Proxy für die nicht bekannte Rendite der Innovationsinvestition darstellt. Die Intermediäre können nur über die Dividenden beziehungsweise Zinszahlungen Informationen an die Anleger übermitteln. Der Staat kann möglicherweise durch eine Bank- beziehungsweise eine Börsenregulierung die Glaubwürdigkeit dieses Informationskanals erhöhen und so dazu beitragen, asymmetrische Informationen zu mindern. In dem vorliegenden Modell treffen die Anleger ihre Portfolioselektion auf Basis von vergangenen Zinszahlungen und Dividenden.

Während ein Unternehmensgründer die Art der Investition und sein eigenes Anstrengungsverhalten kennt, hat der Kapitalgeber zu diesen Informationen nur in geringem Maße Zugang. Der Kapitalgeber sieht sich verschiedenen Risikoprofilen gegenüber, die im wesentlichen auf unterschiedlichen Investitionsstrukturen, kombiniert mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten für technischen und ökonomischen Erfolg, beruhen. Bei Innovationen mit überwiegend intangiblen Investitionen verliert der Kapitalgeber im Falle eines technischen oder wirtschaftlichen Mißerfolgs sein eingesetztes Kapital, da der Unternehmensgründer keine Sicherheiten bieten kann. Kredite werden daher in der Regel nur für Innovationen bereitgestellt, bei denen überwiegend tangible Investitionen durchzuführen sind. Informationsasymmetrien zwischen den Intermediären und Unternehmensgründern können zu Anreizproblemen in Form von Moral Hazard oder adverser Selektion führen. Moral Hazard bezeichnet eine Verhaltensänderung des Unternehmensgründers nach Vertragsabschluß, die die Ziele des Kapitalgebers konterkariert. Adverse Selektion entsteht, wenn die Unternehmensgründer nur ihnen selbst bekannte, jeweils unterschiedliche Risiken in sich bergen. In der vorliegenden Arbeit wird ein wesentliches Ergebnis der Principal Agent Literatur (Amit et al. 1998) aufgegriffen: Da die VCG ihr Wissen in die Gründung innovativer Unternehmen einbringt und die Erfolgswahrscheinlichkeit dadurch erhöhen kann, hat sie bei der Finanzierung von bestimmten Unternehmensgründungen einen komparativen Vorteil. In späteren Arbeiten werden auch die Wirkungen dieser asymmetrischen Informationen auf den Auswahlprozeß berücksichtigt.

Eine Spezialisierung der Volkswirtschaft, einhergehend mit der Absenz eines VC-Marktes, kann auf komparative Vorteile zurückgeführt werden. Im Zuge der internationalen Arbeitsteilung spezialisieren sich Länder auf Industrien, in denen sie einen komparativen Vorteil besitzen. Einige Länder werden komparative Vorteile in Industrien haben, die ihre Innovationsaktivitäten weitestgehend ohne VC finanzieren, da die Innovationen dieser Industrien ein niedrigeres Risiko aufweisen als Innovationen in Spitzentechnologien.

Überblick über das Modell

Das Modell beinhaltet vier Kategorien von Märkten: (i) die Märkte für Primärfaktoren, Arbeit und Humankapital, (ii) die Märkte für Maschinenaggregate, Maschinerie 1 und Maschinerie 2, (iii) die Märkte für Finanzierungsmittel, Bankkredite und VC sowie (iv) die Märkte für Konsumgüter, traditionelles und High-Tech-Gut.

Die Maschinerie 1 und die Maschinerie 2 werden aus den maschineriespezifischen Maschinen aggregiert. Jede neu verfügbare Maschine erhöht die Produktivität aller im Produktionsprozeß der Konsumgüter eingesetzten Faktoren und bildet somit die Grundlage für das Wachstum der Ökonomie. Maschinen der Maschinerie 1 werden mit konstanten Grenzkosten des Faktors Arbeit und Maschinen der Maschinerie 2 mit konstanten Grenzkosten des Faktors Humankapital produziert. Mit den Maschinerien und den Primärfaktoren Arbeit und Humankapital werden die beiden handelbaren Konsumgüter (traditionelles und High-Tech-Gut) unter vollständiger Konkurrenz produziert. Die Faktoren werden in der Produktion der beiden Konsumgüter mit unterschiedlichen Intensitäten verwendet.

Für die Entwicklung einer neuen Maschine müssen zunächst tangible und intangible Investitionen für die Entwicklung eines Prototypen durchgeführt werden; auf dem Markt für Maschinen besteht monopolistische Konkurrenz. Nur tangible Investitionen sind nach Produktionsaufgabe liquidierbar. Für die Entwicklung der Maschinen der Maschinerie 1 ist ein hoher Anteil tangibler Investitionen erforderlich, während für die Entwicklung einer Maschine der Maschinerie 2 ein hoher Anteil intangibler Investitionen erforderlich ist. Ob der Prototyp

erfolgreich in der Entwicklungsperiode entwickelt wird, hängt von der Ausprägung einer Zufallsvariable ab, die den technischen Erfolg einer Unternehmensgründung einfängt. Gelingt die Entwicklung des Prototypen nicht, geht der intangible Investitionsanteil verloren. Die Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung eines funktionsfähigen Prototypen ist für die Maschinen der Maschinerie 1 höher als für die Maschinen der Maschinerie 2. Außerdem hängt diese Wahrscheinlichkeit bei den Maschinen der Maschinerie 2 von der Einflußnahme des Intermediärs ab.

Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation haben die Möglichkeit, zwischen dem Unternehmertum und einer abhängigen Beschäftigung zu wählen, während Wirtschaftssubjekte ohne Qualifikation nur abhängige Beschäftigungsverhältnisse eingehen. Ein Wirtschaftssubjekt mit Qualifikation, das vor der Entscheidung steht, ein Unternehmen zu gründen und somit eine Maschine zu entwickeln, vergleicht die erwarteten Kapitalwerte der unternehmerischen Tätigkeiten mit dem erwarteten Kapitalwert des am Markt für Humankapital erzielbaren Lohneinkommens. Dabei geht es davon aus, daß es das letzte Wirtschaftssubjekt ist, das ein innovativer Unternehmer wird, so daß sich die Löhne und Preise nach Einführung dieser neu entwickelten Maschine nicht mehr ändern. Da das Wirtschaftssubjekt über keine Finanzmittel verfügt, muß es sich Kapital am Finanzmarkt beschaffen, um die Entwicklungsinvestition zu finanzieren. Am Finanzmarkt stehen zwei Finanzierungstypen zur Verfügung: Fremdkapitalfinanzierung mit Bankkrediten oder Eigenkapitalfinanzierung mit VC.

Beide Intermediäre wissen, welche Maschine ein Unternehmensgründer entwickeln möchte und mit welcher Wahrscheinlichkeit der Prototyp entwickelt wird. Die Erfolgswahrscheinlichkeiten sind für die Bank ein Datum, während die VCG die Erfolgswahrscheinlichkeit bei Entwicklung einer Maschine der Maschinerie 2 erhöht. Die Bank bietet Kredite zu Fremdkapitalzinssätzen an, die ihren erwarteten Durchschnittskosten entsprechen. Mit den erhaltenen Fremdkapitalzahlungen decken die Intermediäre den Verlust der intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer. Der komplementäre Anteil wird an die Anleger als Zinszahlung beziehungsweise als Dividende ausgeschüttet. Das verfügbare Finanzierungsvolumen der Intermediäre setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen: Aus den an den Intermediär zurückfließen-

den tangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründungen der Vorperiode, dem Anteil der Fremdkapitaleinnahmen, der zum Decken der verlorengegangenen intangiblen Investitionen verwendet wird, und den Ersparnissen der aktuellen Periode, wobei dieser exogene Anteil des Volkseinkommen von einem repräsentativen Wirtschaftssubjekt auf die beiden Anlagearten verteilt wird. Die maximale Anzahl der Unternehmensgründungen in jeder Periode wird durch die angebotenen Finanzierungsmittel determiniert.

In dieser offenen Volkswirtschaft bestimmen sich die gleichgewichtigen Löhne der Primärfaktoren Arbeit und Humankapital am Ende jeder Periode durch die Weltmarktpreise der beiden Konsumgüter, traditionelles und High-Tech-Gut. Die gleichgewichtigen Outputmengen des traditionellen und High-Tech-Gutes werden am Ende jeder Periode so gewählt, daß die Märkte der Primärfaktoren geräumt sind. Die Dynamik in diesem Modell wird durch die Aneinanderreihung der eben beschriebenen periodischen Ereignisse hergestellt. Dabei wirken sich die Geschehnisse der Vergangenheit in der jeweiligen aktuellen Periode aus. Die Länge einer Periode wird durch die angebotenen Finanzierungsmittel bestimmt. Jede einzelne Simulation wird beendet, wenn mehrere Perioden keine Unternehmen mehr gegründet wurden, d.h. wenn der Kapitalwert aus der unternehmerischen Tätigkeit eines Unternehmensgründers den Kapitalwert des Humankapitaleinkommens nicht mehr übersteigt.

1. Die Wirtschaftssubjekte der Ökonomie

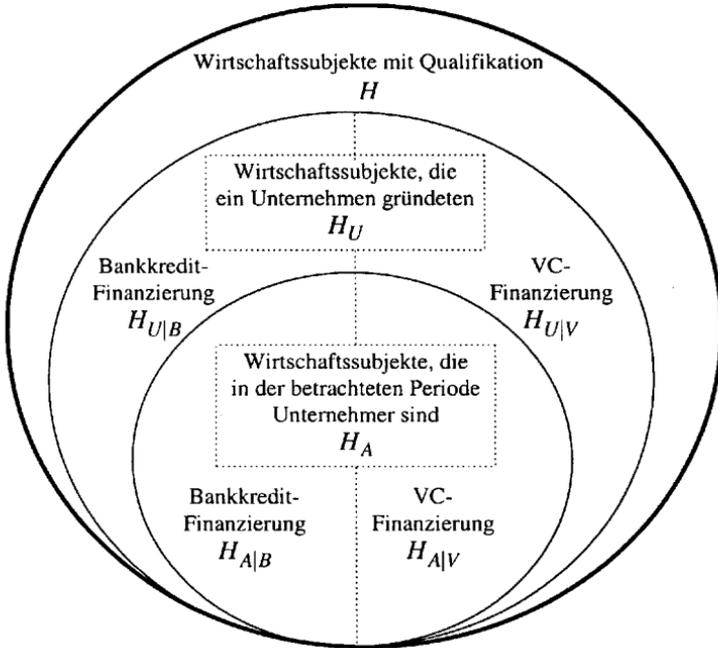
Die Wirtschaftssubjekte der betrachteten Ökonomie bieten entweder Arbeit oder Humankapital an. Dabei ist die Zahl der Wirtschaftssubjekte ohne Qualifikation ℓ und die Zahl der Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation h exogen gegeben.

1.1 Das Einkommen der Wirtschaftssubjekte

Wirtschaftssubjekte ohne Qualifikation bieten ihre Arbeitskraft in jeder Periode unabhängig vom herrschenden Lohnsatz für unqualifizierte Arbeit am Markt an. Hingegen geht ein Wirtschaftssubjekt mit Qualifikation i entweder einer unternehmerischen Tätigkeit nach oder es bietet sein Humankapital gegen den am Markt herrschenden Lohnsatz für Humankapital an. Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation, die einer unternehmerischen Tätigkeit nachgehen, bieten auf monopolistischen Märkten ihre Produkte an und beziehen als Einkommen den unternehmerischen Gewinn. Dieser Gewinn hängt unter anderem von der Finanzierungsform (Bankkredit- versus VC-Finanzierung) des Unternehmens ab.

Ob das Wirtschaftssubjekt i einer unternehmerischen Tätigkeit in der Periode T nachgeht, und wenn ja, welcher, wird über die Teilmengenzugehörigkeit festgestellt. Dazu wird die Menge der Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation H in Teilmengen zerlegt. Abbildung 1.1 skizziert die verwendeten Teilmengen. Ein Wirtschaftssubjekt $i \in H$, das irgendwann in der Vergangenheit ein Unternehmen gegründet hat, ist Element der Teilmenge $H_U \subset H$. Ist dieses Wirtschaftssubjekt in der Periode T nicht mehr unternehmerisch tätig, weil es nicht erfolgreich sein Unternehmen gegründet hat oder in der Zwischenzeit die Produktion eingestellt hat, ist es nicht Element der Teilmenge H_A . Außerdem wird über die Teilmengenzugehörigkeit die Finanzierungsform des Unternehmens vom Wirtschaftssubjekt i festgestellt. Ist das Wirtschaftssubjekt i Element der Teilmenge $H_{A|B}$, ist es in der betrachteten Periode als Unternehmer tätig und hat dieses Unternehmen mit einem Bankkredit finanziert. Ist es Element der Teilmenge $H_{A|V}$, ist das Unternehmen hingegen mit VC finanziert.

Abbildung 1.1 – Menge der Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation und ihre Teilmengen



Es gilt, daß sich die Menge der unternehmerisch tätigen Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation aus der Menge der Bankkredit-finanzierten und VC-finanzierten Unternehmen zusammensetzt, sofern die Beteiligungsdauer und die Laufzeit des Kredites unendlich sind:

$$H_A = H_{A|B} \cup H_{A|V}.$$

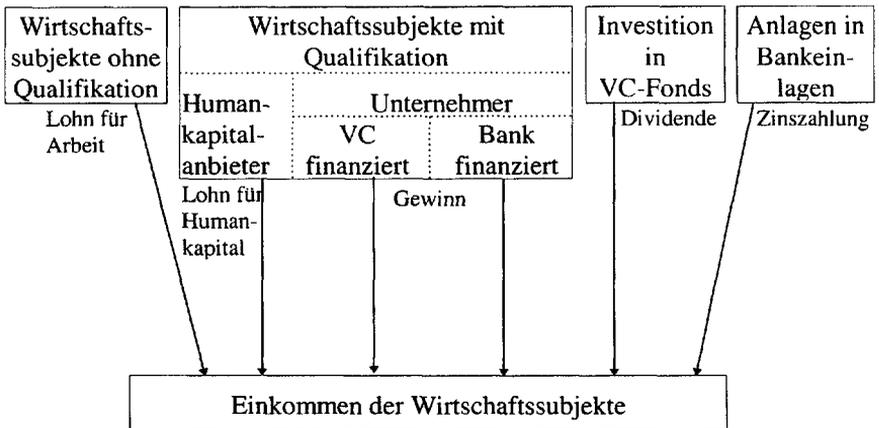
Die Unternehmen der unternehmerisch tätigen Wirtschaftssubjekte wurden entweder durch einen Bankkredit oder durch VC finanziert, so daß gilt

$$H_{A|B} \cap H_{A|V} = \emptyset.$$

Die Menge aller Unternehmer ergibt sich aus der Vereinigungsmenge der VC-finanzierten der Bankkredit-finanzierten Unternehmer $H_U = H_{U|V} \cup H_{U|B}$.

Neben dem Einkommen aus dem Angebot der beiden Primärfaktoren Arbeit und Humankapital und den unternehmerischen Gewinnen erhalten die Wirtschaftssubjekte ein Faktorentgelt für ihre Ersparnisse. Das Faktorentgelt umfaßt dabei die Dividendenausschüttungen auf Investitionen in den VC-Fonds und Zinszahlungen auf Bankeinlagen. Abbildung 1.2 verdeutlicht die Entstehung des Einkommens der Wirtschaftssubjekte (Volkseinkommen).

Abbildung 1.2 – Einkommen der Wirtschaftssubjekte



Das Einkommen in der aktuellen Periode ist demnach gegeben mit:¹

$$[1.1] \quad Y = D_B + D_V + w_L \ell + w_H (h - h_A) + \sum_i \pi_i | i \in H_{A|B} + \sum_i \pi_i | i \in H_{A|V} .$$

Dabei bezeichnet

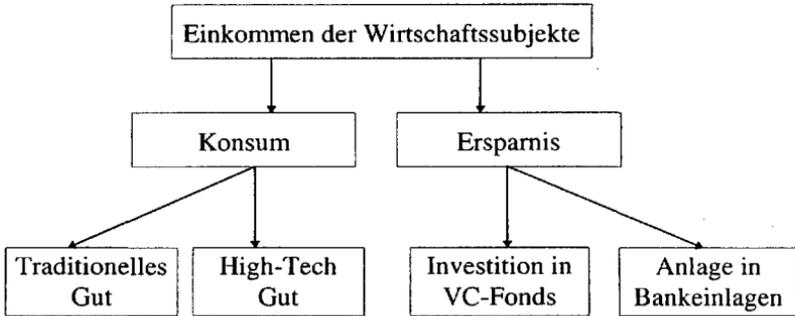
- D_B Zinszahlung auf Bankeinlagen,
- D_V Dividende für die Investition in den VC-Fonds,
- w_L Lohnsatz für Wirtschaftssubjekte ohne Qualifikation,
- w_H Lohnsatz für Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation,
- h_A Anzahl der Elemente der Menge H_A ,
- π_i Gewinn, der dem Unternehmen, d.h. dem Wirtschaftssubjekt i ,
 zufließt.

1.2 Die Verwendung des Einkommens

Ein exogen gegebener Anteil s des Einkommens wird gespart. Die Ersparnis kann in den VC-Fonds investiert werden oder bei der Bank angelegt werden. Der verbleibende Anteil des Einkommens wird für den Konsum des traditionellen und des High-Tech-Gutes verwendet. Ein repräsentatives Wirtschaftssubjekt entscheidet über die Verwendung des Einkommens. Abbildung 1.3 skizziert die Verwendungsseite des Einkommens.

¹ Dabei wurde der Index der aktuellen Periode vernachlässigt. Von dem Beobachtungszeitpunkt unabhängig sind die Variablen ℓ und h .

Abbildung 1.3 – Verwendungsseite des Einkommens



1.2.1 Das Konsumverhalten

Die Nutzenfunktion des repräsentativen Wirtschaftssubjektes ist durch die folgende Cobb-Douglas-Funktion gegeben :

$$U(X_T, X_H) = X_T^\theta X_H^{1-\theta}.$$

Das repräsentative Wirtschaftssubjekt maximiert den Nutzen durch Wahl der Konsummengen unter der Budgetbeschränkung:

$$(1-s)Y(T-1) = p_T X_T + p_H X_H.$$

Dabei bezeichnet

s exogene Sparquote,

X_T Konsummenge des traditionellen Gutes,

X_H Konsummenge des High-Tech-Gutes,

p_T und p_H Preise des traditionellen Gutes und des High-Tech-Gutes.

Aus den Bedingungen erster Ordnung erhält man die Marshall'schen Nachfragefunktionen:

$$[1.2] \quad X_T^* = \frac{1}{p_T} \theta (1-s)Y(T-1)$$

$$[1.3] \quad X_H^* = \frac{1}{p_H} (1-\theta) (1-s)Y(T-1).$$

1.2.2 Das Ersparnisverhalten

Das repräsentative Wirtschaftssubjekt kann mit der Ersparnis $s \cdot Y = Y_s$ eine Investition in den VC-Fonds durchführen, sie bei der Bank anlegen, die Ersparnis auf die beiden Verwendungsarten verteilen oder die Ersparnis als Barkasse halten.² Die Entwicklung der Dividendenausschüttung des VC-Fonds und die Entwicklung der Zinszahlungen auf Bankeinlagen ist für das repräsentative Wirtschaftssubjekt unsicher. Da es das wahre Modell der Ökonomie nicht kennt, kann es keine rationalen Erwartungen über die Verteilung der zukünftigen Dividendenausschüttungen bzw. Zinszahlungen bilden.³

² Die Alternative der Barkassen-Haltung kommt für das Wirtschaftssubjekt erst in Betracht, wenn die erwartete Zinszahlung und die erwartete Dividende Null sind.

³ Für das Wirtschaftssubjekt ist aufgrund der bestehenden Unsicherheiten (siehe Kapitel 3) die Verteilung der Dividenden beziehungsweise der Zinszahlungen nicht bekannt. Könnte diese Verteilung ex ante bestimmt werden, wäre die Modellierung einer, diese Verteilung berücksichtigende, Nutzenfunktion möglich, und das Verhalten des repräsentativen Wirtschaftssubjektes würde als rational beurteilt werden.

Das repräsentative Wirtschaftssubjekt hat statt dessen adaptive Erwartungen, die als eine einfache Form des Bayesianischen Lernens bezeichnet werden können. Idealerweise würde es dabei die Evolution der Verteilung berücksichtigen. Da dies jedoch einen zu großen Aufwand bei der Informationsverarbeitung mit sich bringen würde, trifft es seine Portfolioentscheidung auf Basis der ersten beiden Momente der unbekanntenen Verteilung, die es wiederum aus vergangenen Beobachtungswerten schätzt.⁴ Diese Schätzer der ersten beiden Momente werden in jeder Periode neu berechnet.

Das repräsentative Wirtschaftssubjekt möchte seine Ersparnisse so auf die beiden Verwendungsarten verteilen, daß die erwartete Rendite seiner Ersparnisse bei gegebener Varianz möglichst hoch ist bzw. daß die Streuung dieser erwarteten Rendite bei gegebener Rendite möglichst gering ist. Für das Portfolioselektionsproblem wird daher eine Nutzenfunktion mit den Argumenten *erwarteter Ertrag* und *Streuung des erwarteten Ertrages* spezifiziert.

1.2.2.1 Effiziente Portfolios

Die Menge der effizienten Portfolios ermittelt man aus der Menge der zur Verfügung stehenden Portfolios. Dabei werden aus der Menge der zur Verfügung stehenden Portfolios alle risikobehafteten Anlagen eliminiert, die durch eine andere risikobehaftete Anlage dominiert werden. In der Menge der effizienten Portfolios verbleiben die dominanten risikobehafteten Anlagen.

Die Menge der verfügbaren Portfolios erhält man durch Kombination unterschiedlicher erwarteter Renditen und unterschiedlicher erwarteter Varianzen des Portfolios, die die Budgetbeschränkung des repräsentativen Wirtschaftssubjektes erfüllen (Eichberger und Harper 1997). Die Ersparnis Y_s wird vollständig

⁴ Durch die Art des Lernens antizipiert das Wirtschaftssubjekt im Zeitverlauf die Änderung in den ersten beiden Momenten der Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Es antizipiert jedoch nicht, daß die Wahrscheinlichkeitsverteilungen möglicherweise nur ungenügend durch ihre ersten beiden Momente beschrieben werden können. Das Wirtschaftssubjekt geht demnach davon aus, daß die Wahrscheinlichkeitsverteilungen Normalverteilungen sind. Diese Ansicht revidiert es im Zeitverlauf nicht.

auf die beiden Verwendungsarten verteilt (Budgetbeschränkung der Portfolioselektion):

$$[1.4] \quad Y_s = V + B \quad \Leftrightarrow \quad 1 = \frac{V}{Y_s} + \frac{B}{Y_s} \quad \Leftrightarrow \quad 1 = v + k .$$

Dabei bezeichnet

B Höhe der Bankeinlagen,

V Investition in den VC-Fonds,

v Anteil der Ersparnis, der in VC-Fonds investiert wird,

k Anteil der Ersparnis, der in Bankeinlagen angelegt wird.

Die erwartete Rendite des Portfolios $R(v)$ bei zwei Verwendungsarten ergibt sich als:

$$[1.5] \quad \mu = E[R(v)] = E[vr_V + kr_B] \\ = vE[r_V] + kE[r_B],$$

mit
$$r_V(T) = \frac{D_V(T)}{\sum_{t=1}^T V(t)}$$

Dividendenrendite aus der Investition in den VC-Fonds in der Periode T ,

$$r_B(T) = \frac{D_B(T)}{\sum_{t=1}^T B(t)}$$

Zinssatz auf Bankeinlagen.

Dabei werden die erwartete Dividendenrendite und der erwartete Zinssatz für die Periode $(T+1)$ aus den beobachteten vergangenen Werten berechnet:

$$E[r_V(T+1)] = \sum_{t=t_p}^T \xi(t)r_V(t) \quad \text{und} \quad E[r_B(T+1)] = \sum_{t=t_p}^T \xi(t)r_B(t) \quad \text{mit} \quad \sum_{t=t_p}^T \xi(t) = 1,$$

dabei bezeichnet t_p die erste Periode der Vergangenheit, die berücksichtigt wird. Außerdem können die Dividendenrenditen bzw. die Zinssätze der vergangenen Perioden mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren $\xi(t)$ berücksichtigt werden.

Für die Bestimmung der Menge der zur Verfügung stehenden Portfolios wird schließlich noch die Varianz der Rendite des Portfolios verwendet:

$$\begin{aligned} [1.6] \quad \sigma^2 &= \text{Var}[R(v)] = v^2 \text{Var}[r_V] + k^2 \text{Var}[r_B] + 2vk \text{Cov}(r_V, r_B) \\ &= v^2 \sigma_V^2 + k^2 \sigma_B^2 + 2vk \sigma_{VB}. \end{aligned}$$

Dabei bezeichnet

σ_V^2 Varianz der Dividendenrendite

σ_B^2 Varianz des Zinssatzes

σ_{VB} Kovarianz zwischen Dividendenrendite und Zinssatz

wobei

$$\sigma_\eta^2(T) = \sum_{t=t_p}^T [\xi(t)r_\eta(t) - \bar{r}_\eta]^2 \quad \text{mit} \quad \bar{r}_\eta(T) = \sum_{t=t_p}^T \xi(t)r_\eta(t) \quad \text{für } \eta = V, B$$

$$\sigma_{VB}(T) = \sum_{t=t_p}^T (\xi(t)r_V(t) - \bar{r}_V) (\xi(t)r_B(t) - \bar{r}_B).$$

Abbildung 1.4 veranschaulicht die Budgetbeschränkung, die erwartete Rendite und die erwartete Varianz der Rendite in einem (k, v) -Diagramm. Dabei wurde unterstellt, daß $E(r_V) > E(r_B) > 0$, so daß die Steigung der Funktion erwartete Rendite des Portfolios absolut betrachtet größer als eins ist.⁵ In der Abbildung werden drei erwartete Renditen des Portfolios dargestellt. Dabei gilt: $\bar{\mu}_1 < \bar{\mu}_2 < \bar{\mu}_3$.

Für die Konstruktion der Varianz wurde unterstellt, daß die Determinante der Kovarianzmatrix größer Null ist und somit die Varianzkontur eine Ellipse beschreibt.⁶ Löst man die Varianzkontur nach dem Anteil der Ersparnis auf, der in Bankeinlagen angelegt wird, folgt:

$$k_{1/2} = -v \frac{\sigma_{VB}}{\sigma_B^2} \pm \sqrt{\left[v \frac{\sigma_{VB}}{\sigma_B^2} \right]^2 - \frac{v^2 \sigma_V^2}{\sigma_B^2} + \frac{\bar{\sigma}^2}{\sigma_B^2}}.$$

In Abbildung 1.4 werden zwei Varianzkonturen dargestellt. Dabei gilt: $\bar{\sigma}_1^2 < \bar{\sigma}_2^2$.

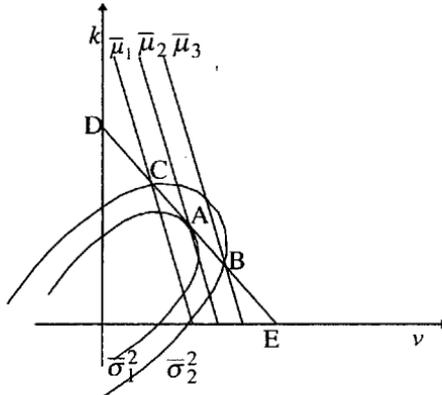
Die Kombination von v und k des Punktes A, der sich als Tangentialpunkt aus der Budgetgleichung \overline{DE} und der Varianzkontur $\bar{\sigma}_1^2$ ergibt, gibt das risikominimierende Portfolio an. Alle Portfolios, die auf der Strecke \overline{AD} liegen, werden von diesem Portfolio dominiert, da das Risiko, d.h. die Varianz dieser Portfolios größer ist als die Varianz des Portfolios A und die erwartete Rendite der Portfolios geringer ist als die des Portfolios A. Die Portfolios auf der Strecke \overline{AE}

⁵ Ist $E(r_B) < 0$ und $E(r_V) > 0$, existiert nur ein mögliches Portfolio; die gesamte Ersparnis wird in den VC-Fonds investiert. Analog folgt eine vollständige Anlage in Bankeinlagen, wenn $E(r_B) > 0$ und $E(r_V) < 0$.

⁶ Zur Bestimmung der funktionalen Form der Varianz vgl. Anhang.

zeichnen sich hingegen durch eine höhere erwartete Rendite und eine höhere erwartete Varianz aus.

Abbildung 1.4 – Mögliche Portfolios: (k, v) -Diagramm

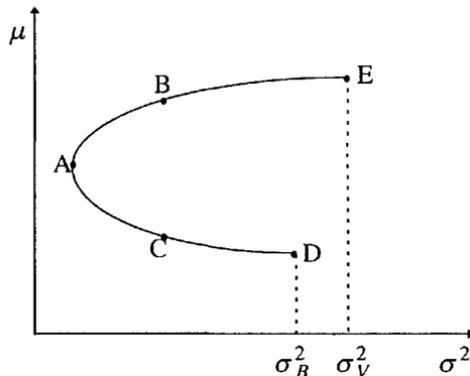


Die durch die Kombination von v und k erhaltenen Portfolios der Strecke \overline{DE} , also aller Portfolios, die die Budgetbeschränkung erfüllen, werden in Abbildung 1.5 in einem (μ, σ^2) -Diagramm dargestellt.⁷ Das Portfolio A ist dabei das risikominimierende Portfolio. Die Portfolios B und C weisen die gleiche Varianz auf, da beide auf der Varianzkontur $\bar{\sigma}_2^2$ in Abbildung 1.4 liegen. Das Portfolio B weist jedoch im Vergleich zum Portfolio C eine höhere erwartete Rendite auf. Um das Portfolio D zu realisieren, würde der Anleger seine Ersparnisse ausschließlich bei der Bank anlegen. Die Varianz des Portfolios D ist somit durch die Varianz der Zinssätze gegeben. Analog erhält man das Portfolio E

⁷ Da die Quadrierung einer Funktion eine monotone Transformation ist, sind die Konturen von $\sigma^2(k, v)$ identisch mit den Konturen von $\sigma(k, v)$.

durch eine vollständige Investition der Ersparnisse in den VC-Fonds. Die Varianz des Portfolios E ist mit der Varianz der Dividendenrendite gegeben.

Abbildung 1.5 – Mögliche Portfolios: (μ, σ) -Diagramm



Aus der Menge der möglichen Portfolios wird die Menge der effizienten Portfolios bestimmt, indem alle dominierten Portfolios eliminiert werden. Dominante Portfolios sind die Portfolios A und E sowie alle zwischen diesen auf dem Kurvenzug liegende.

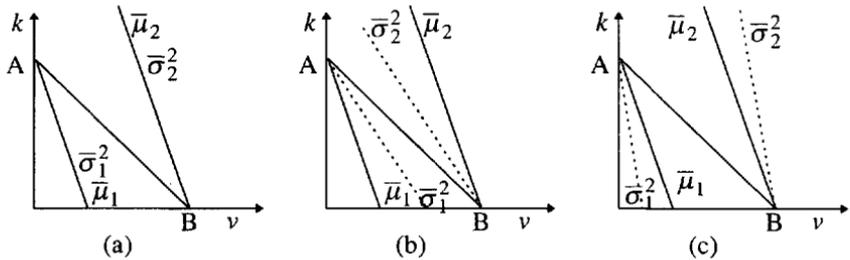
Man erhält für die $\bar{\sigma}^2$ -Kontur Geraden, wenn die Determinante der Kovarianzmatrix gleich Null ist:⁸

$$k = \frac{\bar{\sigma}}{\sigma_B} - v \frac{\sigma_{VB}}{\sigma_B^2} = \frac{\bar{\sigma}}{\sigma_B} - v \frac{\sigma_V}{\sigma_B}$$

⁸ Dabei wird nur die Lösung der quadratischen Gleichung mit positiven Ordinatenabschnitt betrachtet.

Die σ -Kontur ist dann eine Gerade mit negativer Steigung. Eine Portfolio-diversifizierung, also die Verteilung auf zwei Anlagearten, führt nicht zu einer geringeren Varianz im Vergleich zu der Summe der Varianzen der einzelnen Anlagearten. Es kommt somit nicht zu Diversifikationseffekten. Ist $E(r_V) > E(r_B)$ und $\sigma_V = \sigma_B$, werden alle Portfolios durch das Portfolio $k^* = 0$ und $v^* = 1$ dominiert, da alle Portfolios die gleiche Varianz besitzen und das Portfolio, bei dem die Ersparnis ausschließlich in den VC-Fonds investiert wird, die höchste erwartete Rendite aufweist. Gilt hingegen $E(r_V) > E(r_B)$, $\sigma_V > \sigma_B$ können drei Fälle unterschieden werden, bei denen die Menge der dominanten Portfolios in einem (μ, σ) -Diagramm durch die gleiche Gerade beschrieben werden. Abbildung 1.6 skizziert in (a) den Fall $\sigma_V/\sigma_B = E(r_V)/E(r_B)$, in (b) den Fall $\sigma_V/\sigma_B < E(r_V)/E(r_B)$ und in (c) den Fall $\sigma_V/\sigma_B > E(r_V)/E(r_B)$. Die Strecke \overline{AB} stellt die Budgetbeschränkung dar.

Abbildung 1.6 – Mögliche Portfolios bei einer Determinante der Kovarianzmatrix von Null



Wiederum können die Portfolios in ein (μ, σ) -Diagramm übertragen werden. Da bei einer Determinante der Kovarianz von Null keine Risikodiversifikationseffekte ausgenutzt werden können, liegen die Portfolios auf einer Geraden mit positiver Steigung. Je mehr von der Ersparnis der Bank zur Verfügung gestellt wird, desto geringer ist die Varianz und die erwartete Rendite des Portfolios. In Abbildung 1.6 ist das risikominimierende Portfolio durch das Portfolio A ge-

ben; die Ersparnisse werden ausschließlich bei der Bank angelegt. Die höchste erwartete Rendite ist mit dem Portfolio B gegeben; die Ersparnis würde bei Wahl dieses Portfolios ausschließlich in den VC-Fonds investiert.

1.2.2.2 Optimales Portfolio

Die zu spezifizierende Nutzenfunktion eines risikoaversen Investors mit den Argumenten erwartete Rendite und deren Streuung hat einen konvexen Verlauf im (μ, σ) -Diagramm. Außerdem soll der Grenznutzen bei marginaler Erhöhung der erwarteten Rendite positiv, bei marginaler Erhöhung der Streuung negativ sein.

Als Nutzenfunktion⁹ wird eine exponentielle Risikonutzenfunktion¹⁰ verwendet:

$$U(\mu, \sigma) = \mu - q\sigma^\omega \quad \omega > 1, \quad q > 0.$$

Einsetzen der erwarteten Rendite und der Streuung der erwarteten Rendite liefert:

$$U(\mu, \sigma) = vE(r_V) + kE(r_B) - q \left[v^2 \sigma_V^2 + k^2 \sigma_B^2 + 2vk \sigma_{VB} \right]^{\frac{\omega}{2}}.$$

⁹ Für die Überprüfung der Konvexität bildet man das totale Differential: $dU(\mu, \sigma) = d\mu - q\omega\sigma^{\omega-1}d\sigma = 0$ und erhält $\frac{d\mu}{d\sigma} = q\omega\sigma^{\omega-1} > 0$. Ist die partielle Ableitung dieses Ausdrucks nach der Varianz positiv, hat die Funktion einen konvexen Verlauf: $\frac{\partial(\frac{d\mu}{d\sigma})}{\partial\sigma} = (\omega-1)q\omega\sigma^{\omega-2} > 0$, wenn $q > 0$ und $\omega > 1$.

¹⁰ Der Parameters q ist dabei der von-Neumann Morgenstern Nutzenindex dividiert durch zwei.

Diese Funktion wird unter den folgenden Nebenbedingungen maximiert:¹¹

$$1 = v + k \quad \text{und} \quad v \geq 0, k \geq 0.$$

Vereinfachend wird $\omega = 2$ angenommen.

Als Bedingung erster Ordnung folgt aus dem Nutzenmaximierungskalkül für den Anteil der Ersparnis, der in den VC-Fonds investiert wird:

$$[1.7] \quad v^* = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E(r_B) - E(r_V) + 2q[\sigma_V^2 - \sigma_{VB}] \leq 0 \\ \frac{E(r_V) - E(r_B) + 2q[\sigma_B^2 - \sigma_{VB}]}{2q[\sigma_V^2 + \sigma_B^2 - 2\sigma_{VB}]} & \text{sonst} \\ 0 & \text{wenn } E(r_V) - E(r_B) + 2q[\sigma_B^2 - \sigma_{VB}] \leq 0 \end{cases}$$

Für den Anteil der Ersparnis, der in Bankeinlagen angelegt wird, folgt aus dem Nutzenmaximierungskalkül:

$$[1.8] \quad k^* = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E(r_V) - E(r_B) + 2q[\sigma_B^2 - \sigma_{VB}] \leq 0 \\ \frac{E(r_B) - E(r_V) + 2q[\sigma_V^2 - \sigma_{VB}]}{2q[\sigma_V^2 + \sigma_B^2 - 2\sigma_{VB}]} & \text{sonst} \\ 0 & \text{wenn } E(r_B) - E(r_V) + 2q[\sigma_V^2 - \sigma_{VB}] \leq 0 \end{cases}$$

Das Wirtschaftssubjekt wählt die Alternative $k^* = 0$ und $v^* = 0$, also ausschließlich Barkassen-Haltung nur dann, wenn die erwartete Dividendenrendite und der erwartete Zinssatz nicht positiv ist.

¹¹ Die Nichtnegativitätsbedingungen stellen sicher, daß Leerverkäufe nicht möglich sind, d.h. v und k können nur Werte aus dem Intervall $[0,1]$ annehmen.

2. Die Produktion der Konsumgüter

Unter den Produzenten des traditionellen und des High-Tech-Gutes herrscht jeweils vollständige Konkurrenz. Die auf diesen Märkten agierenden Unternehmen verhalten sich als Preisnehmer auf den Faktor- sowie auf den Absatzmärkten. Betrachtet wird eine kleine offene Volkswirtschaft, in der die Preise für die beiden Endgüter durch die Weltmarktpreise gegeben sind. Alle in der Produktion eingesetzten Faktoren werden nach ihrem Wertgrenzprodukt entlohnt.

2.1 Die Kostenfunktionen

In der Produktion des traditionellen Gutes werden die Primärfaktoren Arbeit ℓ und Humankapital h und die Maschinerien M_1 und M_2 eingesetzt. Die Produktionsfunktion des traditionellen Sektors ist durch die folgende Funktion gegeben:

$$[2.1] \quad Y_T = A_T \ell_T^{a_1} h_T^{a_2} M_{1,T}^{a_3} M_{2,T}^{a_4},$$

mit $0 < a_1, a_2, a_3, a_4 < 1$ und $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1$.

Die gleichen Produktionsfaktoren werden in der Produktion des High-Tech-Gutes verwendet:

$$[2.2] \quad Y_H = A_H \ell_H^{b_1} h_H^{b_2} M_{1,H}^{b_3} M_{2,H}^{b_4},$$

mit $0 < b_1, b_2, b_3, b_4 < 1$ und $b_1 + b_2 + b_3 + b_4 = 1$.

Die Maschinerien setzen sich aus Komponenten zusammen, die auf monopolisierten Märkten produziert werden.

Das Kostenminimierungskalkül in der Produktion des traditionellen Gutes lautet:

$$\text{Min}_{\ell_T, h_T, M_{1,T}, M_{2,T}} \quad w_L \ell_T + w_H h_T + p_{M_1} M_{1,T} + p_{M_2} M_{2,T}$$

unter der Nebenbedingung

$$Y_T \leq A_T \ell_T^{a_1} h_T^{a_2} M_{1,T}^{a_3} M_{2,T}^{a_4}.$$

Ohne Allgemeingültigkeitsverlust ergibt sich mit (Varian 1992)

$$A_T = \left[\left(\frac{a_1}{a_2} \right)^{a_2} \left(\frac{a_1}{a_3} \right)^{a_3} \left(\frac{a_1}{a_4} \right)^{a_4} + \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^{a_1} \left(\frac{a_2}{a_3} \right)^{a_3} \left(\frac{a_2}{a_4} \right)^{a_4} + \left(\frac{a_3}{a_1} \right)^{a_1} \left(\frac{a_3}{a_2} \right)^{a_2} \left(\frac{a_3}{a_4} \right)^{a_4} + \left(\frac{a_4}{a_1} \right)^{a_1} \left(\frac{a_4}{a_2} \right)^{a_2} \left(\frac{a_4}{a_3} \right)^{a_3} \right] = \frac{1}{a_1^{a_1} a_2^{a_2} a_3^{a_3} a_4^{a_4}}$$

die Kostenfunktion des traditionellen Gutes als:

$$[2.3] \quad C_T = w_L^{a_1} w_H^{a_2} p_{M_1}^{a_3} p_{M_2}^{a_4} Y_T.$$

Analog ergibt sich bei entsprechender Wahl von A_H die Kostenfunktion des High-Tech-Gutes als:

$$[2.4] \quad C_H = w_L^{b_1} w_H^{b_2} p_{M_1}^{b_3} p_{M_2}^{b_4} Y_H.$$

2.2 Produktivitätsunterschiede als Quelle komparativer Vorteile

Für die Untersuchung der Fragestellung, ob sich die Spezialisierung einer Ökonomie auf das VC-Angebot auswirkt, ist es notwendig, daß die Maschinerien unterschiedliche Produktivitätswirkungen in den beiden Endgutsektoren haben. Die Maschinerie 1 soll eine höhere Produktivität in der traditionellen Gutproduktion, die Maschinerie 2 in der Produktion des High-Tech-Gutes aufweisen.

Die partielle Produktionselastizität gibt die relative Veränderung der Ausbringungsmenge an, die durch die relative Veränderung der Einsatzmenge eines Faktors bei Konstanz der Einsatzmengen aller anderen Produktionsfaktoren verursacht wird. Sie ergibt sich für den Faktor Maschinerie 1 im traditionellen Sektor als:

$$\left[\frac{\partial Y_T}{\partial M_{1,T}} \frac{M_{1,T}}{Y_T} \right] = a_3.$$

Analog erhält man die partielle Produktionselastizität der Maschinerie 1 im High-Tech-Sektor als b_3 . Damit die Maschinerie 1 im traditionellen Sektor eine höhere Produktivität hat als im High-Tech-Sektor, muß $a_3 > b_3$ gewählt werden.

Für die Maschinerie 2 folgt nach analogem Vorgehen, daß sie dann eine höhere Produktivität im High-Tech-Sektor im Vergleich zum traditionellen Sektor hat, wenn $b_4 > a_4$.

In einer einfachen Heckscher-Ohlin-Welt (zwei Güter, zwei Faktoren) hängt der komparative Vorteil eines Landes von dessen relativer Faktorausstattung ab. Bei Handelsaufnahme kommt es zur Produktionsverlagerung auf jenes Gut, in dem das Land einen komparativen Vorteil aufweist. Das sich nach Handelsaufnahme eingestellte Produktionsmuster dieser Ökonomie ändert sich dann ohne exogene Einflüsse, beispielsweise durch eine Änderung der relativen Faktorausstattung, nicht mehr. Die hier entwickelte Modellwelt weist einige Übereinstimmungen mit dem einfachen Heckscher-Ohlin-Modell auf: Es existieren zwei Primärfaktoren und zwei Konsumgüter. Jedoch kann die Ökonomie noch weitere Produktionsfaktoren entwickeln, d.h. das Angebot dieser Produktionsfaktoren ist im Gegensatz zu den Primärfaktoren endogen.

Denkbar ist in diesem Modellrahmen im Fall einer kleinen offenen Volkswirtschaft folgendes Szenario: Die Ökonomie hat einen komparativen Vorteil in der Produktion des High-Tech-Gutes. In jener Periode, in der Handel aufgenommen wird, kommt es zur Produktionsverlagerung auf das High-Tech-Gut. Ob dieser komparative Vorteil im Zeitablauf erhalten bleibt, hängt davon ab, wie viele und welche Komponenten entwickelt werden und wie diese das relative Preisverhältnis beeinflussen. Wegen der stochastischen Natur technologischer Innovationen ist es möglich, daß der VC-Markt austrocknet, und sich die Volkswirtschaft auf das andere Gut spezialisiert, d.h. es kommt zur Umkehrung des ursprünglichen komparativen Vorteils.

3. Die Maschineriesektoren

3.1 Aggregation der Maschinen

Die auf monopolistischen Märkten produzierten Maschinen werden zu Maschinerien aggregiert und von den beiden Endgutsektoren nachgefragt. Für die Entwicklung einer neuen Maschine wird zuerst ein Prototyp entwickelt. Für die Entwicklung des Prototypen benötigt der Unternehmer Kapital für Sachinvestitionen (tangible Investitionen, liquidierbar) und Kapital für die Entlohnung des zur Entwicklung des Prototypen benötigten Humankapitals, also für Humankapitalinvestitionen (intangible Investitionen, nicht liquidierbar). Die für die Entwicklung des Prototypen benötigten (tangiblen und intangiblen) Investitionen werden als Entwicklungsinvestition bezeichnet. Maschinen vom Typ 1 zeichnen sich durch einen hohen Anteil an tangiblen Investitionen aus. Ein hoher Anteil an intangiblen Investitionen ist hingegen charakteristisch für Maschinen vom Typ 2. Nach der Entwicklungsperiode erfolgt die Produktion der Maschinen vom Typ 1 mit konstanten Grenzkosten des Faktors Arbeit. Maschinen vom Typ 2 werden mit konstanten Grenzkosten des Faktors Humankapital produziert.

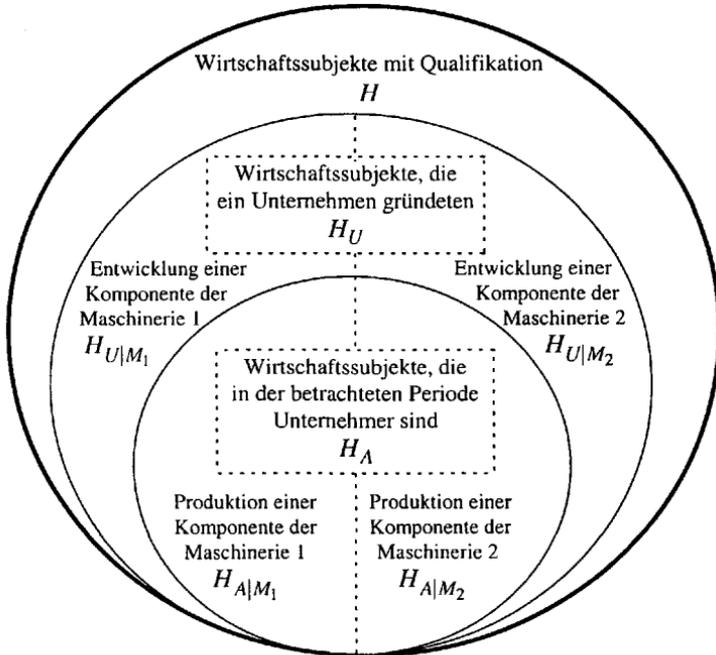
Die beiden Maschinerien werden also durch Aggregation der jeweiligen Maschinen kreiert. Dabei entstehen keinerlei Kosten. Die Maschinerien ergeben sich durch die folgenden additiv separablen Produktionsfunktionen (Kompositionsfunktionen):¹²

$$[3.1] \quad M_j = \delta_j^{\rho_j} \left[\sum_i Z_{j,i}^{\rho_j} \right]^{\frac{1}{\rho_j}} \quad \text{mit } 0 < \rho_j < 1, \quad \delta_j > 0 \quad \forall j, i \in H_{A|M_j}.$$

¹² Eine interessante Erweiterungsmöglichkeit besteht durch die Annahme unterschiedlicher Gewichte für die einzelnen Maschinen in den Kompositionsfunktionen. Diese unterschiedlichen Gewichte führen zur Obsoleszenz einzelner Maschinen durch verschärfte Konkurrenz der Unternehmer, die Maschinen der gleichen Maschinerie produzieren.

δ_j gibt das Gewicht in der Aggregationsfunktion der Maschinerie j an. Die Maschinen $Z_{j,i}$ werden durch beide Subskripte identifiziert. $Z_{j,i}$ bezeichnet die Maschine der Maschinerie j , welche vom Unternehmer i produziert wird. Die Maschinen sind also spezifisch für eine der beiden Maschinerien. Da jeder Unternehmer i eine Maschine produziert, die entweder zur Maschinerie 1 oder zur Maschinerie 2 gehört, kann die Menge der Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation für die Identifizierung der Maschinen verwendet werden. Abbildung 3.1 verdeutlicht die verwendeten Teilmengen nach Maschinerien, die aus der Menge der Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation gebildet werden.

Abbildung 3.1 – Teilmengen nach Maschinerien



Ein Unternehmer i , der in der Periode T sein Unternehmen mit der Zielsetzung gründet, eine Maschine vom Typ 1 zu entwickeln, seine Unternehmensidee jedoch technisch nicht erfolgreich umsetzen kann und somit die Produktion der Maschine nicht aufnimmt, ist zum Zeitpunkt $T + 1$ ein Element der Menge $H_{U|M_1}$ nicht jedoch ein Element der Menge $H_{A|M_1}$.

Als Kostenfunktion der beiden Maschinerien, also der Aggregation der Maschinen $Z_{j,i}$, erhält man:

$$[3.2] \quad C_{M_j} = M_j \delta_j^{-\frac{1}{\rho_j}} \left[\sum_i p_{Z_{j,i}}^{\frac{\rho_j}{\rho_j-1}} \right]^{\frac{\rho_j-1}{\rho_j}} \quad \forall j, i \in H_{A|M_j}.$$

Dabei bezeichnet $p_{Z_{j,i}}$ den Preis der i 'ten Maschine der Maschinerie j . Für die Stückkostenfunktion der Maschinerie j folgt:

$$[3.3] \quad p_{M_j} = \delta_j^{-\frac{1}{\rho_j}} \left[\sum_i p_{Z_{j,i}}^{\frac{\rho_j}{\rho_j-1}} \right]^{\frac{\rho_j-1}{\rho_j}} \quad \forall j, i \in H_{A|M_j}.$$

Die Substitutionselastizität zwischen zwei Maschinen vom Typ j ist gegeben mit:

$$\varepsilon_{M_j} = \frac{1}{1 - \rho_j} \quad \forall j.$$

Da ρ_j Werte zwischen Null und Eins annehmen kann, ist die Substitutionselastizität größer als Eins. Mit steigendem Wert von ρ_j vergrößert sich die Substitutionselastizität. Die negative Anpassung des Mengenverhältnisses auf eine 1 %-Veränderung des Preisverhältnisses wird um so größer, je näher der Parameter ρ_j an dem Wert 1 liegt.

3.2 Skaleneffekte in den Endgutsektoren

Die Produktionsfunktionen der Endgutsektoren weisen steigende Skalenerträge in bezug auf die Anzahl der eingesetzten Maschinen auf (Barro und Sala-I-Martin 1995). Diese Skalenerträge bilden die Grundlage für das Wachstum des Outputs; jede neu eingesetzte Maschine erhöht die Produktivität aller Inputs. Einsetzen der Kompositionsfunktion liefert unter Vernachlässigung des Subskripts für die Outputfunktion des traditionellen Endgutsektors:

$$Y = A \ell^{a_1} h^{a_2} \left[\delta_1 \sum_i Z_{1,i}^{\rho_1} \mid i \in H_{A|M_1} \right]^{\frac{a_3}{\rho_1}} \left[\delta_2 \sum_i Z_{2,i}^{\rho_2} \mid i \in H_{A|M_2} \right]^{\frac{a_4}{\rho_2}}.$$

Unter der Annahme, daß jede Maschine in der jeweiligen Maschinerie in der gleichen Menge eingesetzt wird ($Z_{1,1} = Z_{1,2} = \dots = Z_1$ und $Z_{2,1} = Z_{2,2} = \dots = Z_2$), diese Mengen aggregierbar sind und die Gewichtungsfaktoren mit $\delta_j = 1 \forall j$ gewählt wurden, folgt:

$$Y = A \ell^{a_1} h^{a_2} h_{A|M_1}^{\frac{a_3}{\rho_1}} Z_1^{a_3} h_{A|M_2}^{\frac{a_4}{\rho_2}} Z_2^{a_4}.$$

Die partielle Ableitung der Outputfunktion nach der Anzahl der Maschinen in der Maschinerie 1 mit der Produktregel gibt die Wirkung einer Erhöhung der Maschinenanzahl in der Maschinerie 1 auf den Output an:

$$\frac{\partial Y}{\partial h_{A|M_1}} = \frac{a_3}{\rho_1} \frac{Y}{h_{A|M_1}} > 0 \quad \text{weil } \rho_1 > 0.$$

3.3 Produktion der Maschinen

Der monopolistische Produzent maximiert seinen Gewinn bei gegebener Preis-Absatzfunktion, die er aus der Maschineriekostenfunktion erhält. Der diesen Gewinn maximierende Preis ist für alle Produzenten identisch, die eine Maschine der gleichen Maschinerie produzieren. Mit den Preisen wird anschlie-

ßend die Stückkostenfunktion der betrachteten Maschinerie bestimmt. Die nachgefragte Maschineriemenge erhält man durch die Summe der bedingten Faktornachfragen der beiden Endgutsektoren. Die Menge jeder einzelnen Maschineriekomponente erhält man durch Einsetzen des monopolistischen Preises in die Preis-Absatzfunktion. Mit den Mengen der einzelnen Maschinen können sodann die Faktornachfragen der Maschineriesektoren berechnet werden.

3.3.1 Optimale Preise

Partielle Differenzierung der Kostenfunktion der Maschinerie j nach dem Preis einer spezifischen Maschine ergibt die Preis-Absatzfunktionen der betrachteten Maschine:

$$[3.4] \quad \frac{\partial C_{M_j}}{\partial p_{Z_{j,i}}} = M_j \delta_j^{-\frac{1}{\rho_j}} p_{Z_{j,i}}^{-\varepsilon_{M_j}} \left[\sum_i p_{Z_{j,i}}^{1-\varepsilon_{M_j}} \right]^{-\frac{1}{\rho_j}} \quad i \in H_{A|M_j}.$$

Das Gewinnmaximierungskalkül für eine Maschine vom Typ j bei gegebener Preisabsatzfunktion lautet:

$$\text{Max}_{p_{Z_{1,i}}} \left(p_{Z_{1,i}} - \alpha_{M_1} w_L \right) \frac{\partial C_{M_1}}{\partial p_{Z_{1,i}}} \text{ bzw.}$$

$$\text{Max}_{p_{Z_{2,i}}} \left(p_{Z_{2,i}} - \alpha_{M_2} w_H \right) \frac{\partial C_{M_2}}{\partial p_{Z_{2,i}}}.$$

Für die Lösung dieses Maximierungsproblems werden zwei vereinfachende Annahmen getroffen. Die Output-Menge der jeweiligen Maschinerie j ist für den Produzenten eine exogene Größe. Außerdem geht der einzelne Produzent davon

aus, daß seine Preissetzung den Preisindex $\left[\sum_i p_{Z_{j,i}}^{1-\varepsilon_{M_j}} \right]^{-1/\rho_j}$ der Maschinerie

nicht beeinflußt. Somit folgt aus dem Gewinnmaximierungskalkül für Maschinen vom Typ 1:

$$\frac{\partial C_{M_1}}{\partial p_{Z_{1,i}}} + \left(p_{Z_{1,i}} - \alpha_{M_1} w_L \right) \frac{\partial^2 C_{M_1}}{\partial p_{Z_{1,i}}^2} = 0$$

$$[3.5] \quad p_{Z_{1,i}}^* = \frac{\varepsilon_{M_1}}{\varepsilon_{M_1} - 1} \alpha_{M_1} w_L = \frac{\alpha_{M_1} w_L}{\rho_1} \quad \forall i \in H_{A|M_1}$$

(Amoroso-Robinson-Relation).

Analog erfolgt die Preissetzung für Maschinen vom Typ 2:

$$[3.6] \quad p_{Z_{2,i}}^* = \frac{\alpha_{M_2} w_H}{\rho_2} \quad \forall i \in H_{A|M_2}.$$

Die Preise für die beiden Maschinerien ergeben sich durch Einsetzen der Maschinenpreise in die Stückkostenfunktionen der beiden Maschinerien:

$$[3.3a] \quad p_{M_1} = h_{A|M_1}^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \frac{\alpha_{M_1} w_L}{\frac{1}{\delta_1^{\rho_1}} \rho_1} \quad \text{und}$$

$$[3.3b] \quad p_{M_2} = h_{A|M_2}^{\frac{\rho_2-1}{\rho_2}} \frac{\alpha_{M_2} w_H}{\frac{1}{\delta_2^{\rho_2}} \rho_2}.$$

Die Preise der beiden Maschinerien sinken *ceteris paribus* mit steigender Anzahl der Maschinen in der jeweiligen Maschinerie. Nach der Bestimmung der gleichgewichtigen Löhne für Humankapital und Arbeit in Kapitel 5.1 kann der Gesamteffekt einer Maschinenerhöhung bestimmt werden.

3.3.2 Optimale Mengen

Die nachgefragte Menge der Maschinerie 1 erhält man durch die Summe der Faktornachfragen aus den beiden Endgutsektoren:

$$[3.7] \quad M_1^* = \frac{\partial C_T}{\partial p_{M_1}} + \frac{\partial C_H}{\partial p_{M_1}} = a_3 w_L^{a_1} w_H^{a_2} p_{M_1}^{a_3-1} p_{M_2}^{a_4} Y_T + b_3 w_L^{b_1} w_H^{b_2} p_{M_1}^{b_3-1} p_{M_2}^{b_4} Y_H.$$

Analog folgt für die nachgefragte Menge der Maschinerie 2:

$$[3.8] \quad M_2^* = \frac{\partial C_T}{\partial p_{M_2}} + \frac{\partial C_H}{\partial p_{M_2}} = a_4 w_L^{a_1} w_H^{a_2} p_{M_1}^{a_3} p_{M_2}^{a_4-1} Y_T + b_4 w_L^{b_1} w_H^{b_2} p_{M_1}^{b_3} p_{M_2}^{b_4-1} Y_H.$$

Aus der Preisabsatzfunktion ergeben sich die identischen monopolistischen Mengen durch Einsetzen des optimalen monopolistischen Preises der Maschine vom Typ 1:

$$[3.9] \quad Z_1^* = M_1^* h_{A|M_1}^{-\frac{1}{\rho_1}} \delta_1^{-\frac{1}{\rho_1}}.$$

Die optimale monopolistische Menge sinkt mit jeder neu entwickelten Maschine vom Typ 1. Analog folgt für alle Maschinen der Maschinerie 2:

$$[3.10] \quad Z_2^* = M_2^* h_{A|M_2}^{-\frac{1}{\rho_2}} \delta_2^{-\frac{1}{\rho_2}}.$$

Aus den optimalen monopolistischen Mengen der Produzenten wird die Arbeitsnachfrage bzw. die Humankapitalnachfrage abgeleitet. Für die Produktion einer Einheit werden α_{M_1} Einheiten Arbeit bzw. α_{M_2} Einheiten Humankapital benötigt, so daß die Arbeitsnachfrage durch die produzierte Menge multipliziert mit den erforderlichen Einheiten gegeben ist. Für die Gesamtarbeitsnachfrage aus der Produktion der Maschinen vom Typ 1 folgt:

$$[3.11] \quad \ell_{M_1} = \alpha_{M_1} h_{A|M_1} Z_1^* = \alpha_{M_1} h_{A|M_1}^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \delta_1^{-\frac{1}{\rho_1}} M_1^*.$$

Analog wird die Humankapitalnachfrage aus der Produktion der Maschinen vom Typ 2 ermittelt:

$$[3.12] \quad h_{M_2} = \alpha_{M_2} h_{A|M_2} Z_2^* = \alpha_{M_2} h_{A|M_2}^{\frac{\rho_2-1}{\rho_2}} \delta_2^{-\frac{1}{\rho_2}} M_2^*.$$

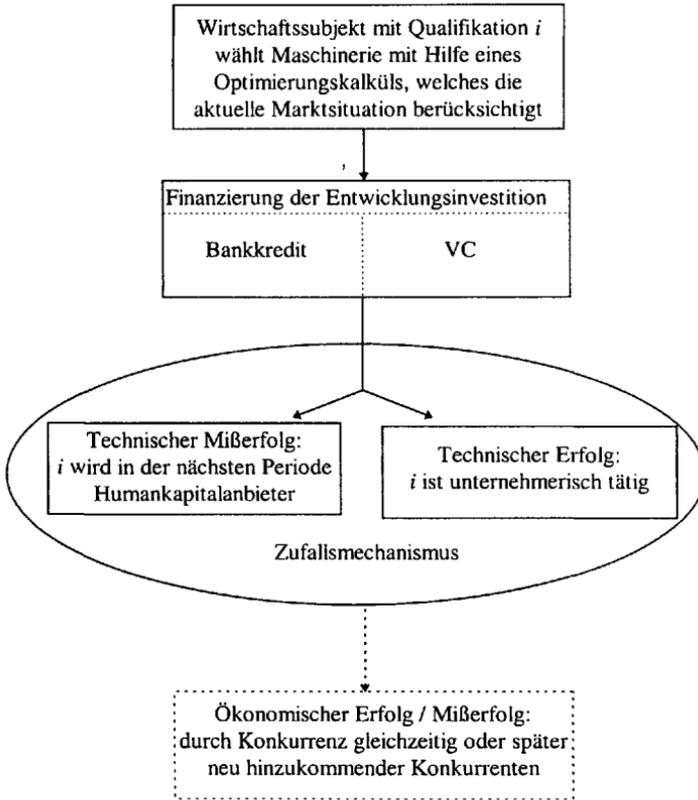
3.4 Entwicklung neuer Maschinen

3.4.1 Überblick

Den zeitlichen Ablauf einer Unternehmensgründung mit dem Ziel, eine Maschinerieskomponente zu produzieren, verdeutlicht Abbildung 3.2. Aus der Gruppe der Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation werden nacheinander Wirtschaftssubjekte bestimmt, die eine unternehmerische Tätigkeit anstreben. Der Unternehmensgründer verzichtet gänzlich darauf, das von ihm angesparte Vermögen der vergangenen Perioden in die Finanzierung seiner Idee, also in die Entwicklung der Maschine, zu investieren. Er muß demnach versuchen, sich am Finanzmarkt Geld zu beschaffen. Die am Finanzmarkt verfügbaren Finanzierungsmittel einer Periode determinieren die Anzahl der Unternehmensgründungen in dieser Periode.

Mit der Annahme identischer Gewichte in der Kompositionsfunktion hängt der ökonomische Mißerfolg eines Unternehmers, der eine Maschine vom Typ j produziert, nicht davon ab, wie viele Maschinen der Maschinerie j am Markt verfügbar sind, da der letzte Unternehmensgründer nur dann an den Markt tritt, wenn sein erwarteter Kapitalwert aus der unternehmerischen Tätigkeit den Kapitalwert der Opportunitätskosten übersteigt.

Abbildung 3.2 – Entwicklung einer Maschine



Nachdem das Wirtschaftssubjekt *i* bestimmt wurde, entscheidet es, welche Maschinieriekomponente es entwickeln möchte.¹³ In Abhängigkeit der Maschinerie

¹³ Es handelt sich also um eine nachfragegesteuerte Maschinierentwicklung (Demand Pull) und nicht um eine angebotsseitig gesteuerte (Technology Push).

sind die Höhe des tangiblen Investitionsanteils und die technische Erfolgswahrscheinlichkeit, die außerdem von der Finanzierungsform abhängt, festgelegt.

Die Wahrscheinlichkeit für die technisch erfolgreiche Entwicklung einer neuen Maschine vom Typ j ist Ψ_{M_j} , wobei die technische Erfolgswahrscheinlichkeit bei Maschinen vom Typ 1 höher ist als beim Typ 2. Wird die Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 mit VC finanziert, erhöht sich die technische Erfolgswahrscheinlichkeit aufgrund der von der VCG in das Unternehmen eingebrachten Erfahrungen auf $\Psi_{M_2}(\vartheta) > \Psi_{M_2}$. Ob die Entwicklung einer Maschine technisch erfolgreich ist, wird nach der Erstellung des Prototyps stochastisch durch Ziehen mit Zurücklegen aus der entsprechenden Bernoulli-Verteilung bestimmt. Der ex post-Ausgang des Bernoulli-Experiments ist dabei ex ante nicht beobachtbar.

3.4.2 *Modellierung der Entwicklungsinvestition*

Für die Aufnahme der Produktion muß zuerst eine Entwicklungsinvestition durchgeführt werden, um den Prototyp zu entwickeln. Die Entwicklungsinvestition kann auf verschiedene Weise modelliert werden. Für das Grundmodell ist es wiederum sinnvoll, einen sehr einfachen Ansatz zu wählen, bei dem die Höhe der Entwicklungsinvestition E_0 für alle Unternehmensgründer identisch ist, diese sich über die Zeit nicht verändert und mit ihr keine maximale Kapazitätsgrenze verbunden ist. Hierfür muß die Höhe der Entwicklungsinvestition festgelegt werden. Wird hingegen die Höhe der Entwicklungsinvestition in Abhängigkeit von einer gewünschten Kapazitätsgröße modelliert, verfügt das Unternehmen nach der Durchführung der Entwicklungsinvestition über eine maximale Kapazitätsgrenze, die es nur durch eine weitere Investition erhöhen kann. Steigt die Nachfrage nach der Maschine nach der Gründungsperiode des Unternehmens, würden dann zusätzliche Investitionsmittel benötigt. Somit wäre für die Diskussion der Wachstumsphasenfinanzierung der theoretische Rahmen geschaffen. Eine weitere Modellierungsstrategie stellt die direkte Berücksichtigung von Wissensspillover in der Entwicklung neuer Maschinen dar. Je stärker das durch andere Maschinen erschlossene Wissen bei der Entwicklung einer Maschine ausgenutzt werden kann, desto geringer wird die Entwicklungsinvestition

stition. Somit wären die durchschnittlichen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen für die Entwicklung des Prototypen in einem bestimmten Maschineriefeld von den bereits durchgeführten Forschungsaufwendungen abhängig (Young 1998).

Die Entwicklungsinvestition setzt sich aus tangiblen und intangiblen Investitionen zusammen. Die tangiblen Investitionen fließen im Fall einer erfolglosen Unternehmensgründung beziehungsweise bei Beendigung der Maschinenproduktion wieder dem Kapitalgeber zu. Sie können somit als Sicherheit für den Kapitalgeber interpretiert werden. Die intangiblen Investitionen können nicht liquidiert werden, da für sie kein Markt existiert. Intangible Investitionen werden als Humankapitalnachfrage modelliert. Ein Unternehmensgründer, der eine Maschine vom Typ 1 entwickeln will, hat eine Humankapitalnachfrage resultierend aus der Entwicklungsinvestition in Höhe von: $(1 - \varphi_{M_1})E_0$. Der Parameter φ_{M_1} gibt den Anteil der tangiblen Investitionen bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 an. Für alle in einer Periode unternommenen Unternehmensgründungen mit der Zielsetzung, eine Maschine vom Typ 1 zu entwickeln, folgt eine Humankapitalnachfrage in Höhe:

$$[3.13] \quad h_{E_1} = (1 - \varphi_{M_1})E_0(h_{U|M_1}(T) - h_{U|M_1}(T-1)).$$

Dabei bezeichnet $(h_{U|M_1}(T) - h_{U|M_1}(T-1))$ die Anzahl der Unternehmensgründungen in der Periode T , die beabsichtigen, eine Maschine vom Typ 1 zu entwickeln. Analog erfolgt eine Humankapitalnachfrage einer Unternehmensgründung, welche eine Maschine vom Typ 2 entwickeln möchte, in Höhe von: $(1 - \varphi_{M_2})E_0$. Dabei gibt φ_{M_2} den Anteil der tangiblen Investitionen bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 an. Für alle in einer Periode unternommenen Unternehmensgründungen mit der Zielsetzung, eine Maschine vom Typ 2 zu entwickeln, folgt eine Humankapitalnachfrage in Höhe:

$$[3.14] \quad h_{E_2} = (1 - \varphi_{M_2})E_0(h_{U|M_2}(T) - h_{U|M_2}(T-1)).$$

Dabei bezeichnet $(h_{U|M_2}(T) - h_{U|M_2}(T-1))$ die Anzahl der Unternehmensgründungen in der betrachteten Periode, die beabsichtigen, eine Maschine vom Typ 2 zu entwickeln. Es gilt: $\varphi_{M_1} > \varphi_{M_2}$.

3.4.3 *Maschinierewahl und Aufnahme einer unternehmerischen Tätigkeit*

In diesem Abschnitt wird modelliert, welche Alternativen dem ausgewählten Wirtschaftssubjekt i zur Verfügung stehen.¹⁴ Das Wirtschaftssubjekt mit Qualifikation kann sich zwischen den folgenden Alternativen entscheiden:

- Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 mit Bankkreditfinanzierung,
- Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 mit Bankkreditfinanzierung,
- Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 mit VC-Finanzierung,
- Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 mit VC-Finanzierung oder
- keine Aufnahme einer unternehmerischen Tätigkeit.

Das Wirtschaftssubjekt wählt die Alternative mit dem höchsten erwarteten Kapitalwert und wird versuchen ein Unternehmen zu gründen, wenn der erwartete Kapitalwert den Kapitalwert der Opportunitätskosten der unternehmerischen Tätigkeit übersteigt. In der Berechnung des Kapitalwertes bei Aufnahme einer unternehmerischen Tätigkeit wird dabei eine Periode weniger berücksichtigt als in der Berechnung des Kapitalwertes der Opportunitätskosten, da der Unternehmer in der Gründungsperiode kein Einkommen erzielt. Der Kapitalwert der Opportunitätskosten ist gegeben mit den auf den Zeitpunkt der Unternehmensgründung diskontierten Lohnsätzen für Humankapital:

¹⁴ Eine Konkretisierung der Maschinierewahl ist erst nach der Modellierung des Finanzmarktes möglich und erfolgt in Kapitel 6.

$$E[w_{H,0}] = E \left[\sum_{t=t_0}^{T_K} w_H(t) / (1+r_S)^t \right].$$

Dabei bezeichnet t_0 die Gründungsperiode des Unternehmens und T_K den Zeitpunkt, bis zu dem der Planungshorizont des Unternehmers reicht. Dieser Planungshorizont ist mit der Laufzeit des Kreditvertrages und der Beteiligungsdauer identisch.

Der Kapitalwert bei Aufnahme einer unternehmerischen Tätigkeit und Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 mit Hilfe eines Bankkredites ist gegeben mit den über den Beobachtungszeitraum aggregierten und diskontierten erwarteten Gewinnen multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit für unternehmerischen Erfolg und den Humankapitaleinkommen bei unternehmerischem Mißerfolg nach der Gründungsperiode:

$$[3.15] \quad E[\pi_{1,B,i}] = \Psi_{M_1} E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{(p_{Z_{1,i}}^*(t) - \alpha_{M_1} w_L(t)) Z_{1,i}^*(t) - r_{K_1}(t) E_0}{(1+r_S)^t} \right] \\ + (1 - \Psi_{M_1}) E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{w_H(t)}{(1+r_S)^t} \right]$$

Dabei bezeichnet

- $p_{Z_{1,i}}^*$ optimaler monopolistischer Preis einer Maschine vom Typ 1,
- $Z_{1,i}^*$ optimale monopolistische Menge einer Maschine vom Typ 1,
- r_{K_j} Fremdkapitalzinssatz bei Entwicklung einer Maschine vom Typ j ,
- α_{M_j} Arbeitseinheiten beziehungsweise Humankapitaleinheiten, die zur Produktion einer Maschine vom Typ j benötigt werden.

Für seine Entscheidungsfindung muß das Wirtschaftssubjekt i die Bedingungen am Finanzmarkt und am Gütermarkt eruieren. Die Erwartungsbildung erfolgt in Kapitel 6.

Analog ergibt sich der Kapitalwert bei Aufnahme einer unternehmerischen Tätigkeit und Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 mit Hilfe eines Bankkredit-tes als:

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{2,B,i}] &= \Psi_{M_2} E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{(p_{Z_{2,i}}^*(t) - \alpha_{M_2} w_H(t)) Z_{2,i}^*(t) - r_{K_2}(t) E_0}{(1+r_S)^t} \right] \\
 &+ (1 - \Psi_{M_2}) E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{w_H(t)}{(1+r_S)^t} \right]
 \end{aligned}
 \tag{3.16}$$

Bei einer Bankkreditfinanzierung müssen bei der Gewinnberechnung nur die Kosten des Fremdkapitals berücksichtigt werden. Hingegen wird bei einer VC-Finanzierung eine Gewinnbeteiligung zwischen der VCG und dem Unternehmer i festgelegt. Der erwartete Kapitalwert der unternehmerischen Tätigkeit bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 mit VC-Finanzierung ergibt sich als:

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{1,V,i}] &= \Psi_{M_1} E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{(p_{Z_{1,i}}^*(t) - \alpha_{M_1} w_L(t)) Z_{1,i}^*(t) \gamma_{1,i}^*(t)}{(1+r_S)^t} \right] \\
 &+ (1 - \Psi_{M_1}) E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{w_H(t)}{(1+r_S)^t} \right]
 \end{aligned}
 \tag{3.17}$$

Dabei bezeichnet

$\gamma_{j,i}^*$ Gewinnanteil des Unternehmers i bei Produktion einer Maschine vom Typ j , wobei $0 < \gamma_{j,i}^* < 1$.

Angenommen wird, daß die VCG fähig ist, die technische Erfolgswahrscheinlichkeit bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 zu erhöhen. Der erwartete Kapitalwert der unternehmerischen Tätigkeit und die Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 hängt deshalb davon ab, wie die VCG die Erfolgswahrscheinlichkeit beeinflußt:

$$[3.18] \quad E[\pi_{2,v,i}] = \Psi_{M_2}(\vartheta) E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{(p_{Z_{2,i}}^*(t) - \alpha_{M_2} w_H(t)) Z_{2,i}^*(t) \gamma_{2,i}^*(t)}{(1+r_S)^t} \right] \\ + (1 - \Psi_{M_2}(\vartheta)) E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{w_H(t)}{(1+r_S)^t} \right]$$

4. Der Kapitalmarkt

Zwei Intermediäre bieten Unternehmensgründern Finanzierungsmittel an. Während die VCG Beteiligungen an Unternehmen eingeht, vergibt die Bank Kredite. Zwei Unterschiede zwischen einer Beteiligungsfinanzierung und einer Kreditfinanzierung können identifiziert werden: Kreditfinanzierte Unternehmen können insolvent werden, beteiligungsfinanzierte hingegen nicht. Außerdem kann die technische Erfolgswahrscheinlichkeit durch eine Beteiligungsfinanzierung erhöht werden. Dieser Unterschied ist auf die unterschiedlichen Mitspracherechte der Intermediäre zurückzuführen.

Die Bank und die VCG haben kostenlosen Zugang zu den folgenden Informationen: Sie wissen, welche Maschine ein Unternehmer entwickeln will und mit welcher Wahrscheinlichkeit die Maschine technisch erschlossen wird. Die technische Erfolgswahrscheinlichkeit beider Unternehmenstypen ist für die Bank ein Datum. Die VCG kann die technische Erfolgswahrscheinlichkeit des Unternehmenstyps 2 durch Einbringen ihrer Managementfähigkeiten und ihres spezifischen Wissens positiv beeinflussen und nimmt somit nur die technische Erfolgswahrscheinlichkeit des Unternehmenstyps 1 als Datum. Da die Intermediäre die Unternehmenstypen identifizieren können, bieten sie jedem Unternehmenstyp einen Kreditvertrag beziehungsweise einen Beteiligungsvertrag an. Risikokompensierende Seitenzahlungen zwischen den Unternehmenstypen werden somit ausgeschlossen. Die Laufzeit eines Beteiligungsvertrages und eines Kreditvertrages werden als identisch angenommen.

Die Intermediäre konkurrieren auf zwei Märkten, zum einen auf dem Markt für Ersparnisse, zum anderen auf dem Markt für Finanzierungen. Die Existenz eines stabilen Gleichgewichts ist somit nicht sichergestellt, so daß die Konkurrenz auf einen Markt beschränkt werden muß. Restringiert wird der Markt für Finanzierungen, um die Informationsasymmetrie der Wirtschaftssubjekte im

Vergleich zu den Intermediären abzubilden.¹⁵ Angenommen wird, daß die Bank Finanzierungen zu Fremdkapitalzinssätzen anbietet, die den erwarteten Durchschnittskosten entsprechen. Diese Zinssätze werden von der VCG antizipiert.

4.1 Die Bank

Die Bank hat die Aufgabe, das Portfolio, also die Ersparnisse der Wirtschaftssubjekte, zu verwalten und das Kapital in den Unternehmensgründungsprozeß einzubringen. Für das Optimierungsproblem der Bank werden im Abschnitt 4.1.1 der erwartete Ertrag einer Krediteinheit und im Abschnitt 4.1.2 die erwarteten Kosten einer Krediteinheit spezifiziert (Baltensperger und Milde 1987).

4.1.1 Erwarteter Ertrag einer Krediteinheit

In der Gründungsperiode t_0 schließt die Bank mit einem Unternehmer vom Typ j einen Kreditvertrag. In diesem werden die Laufzeit des Kreditvertrages, der Fremdkapitalzinssatz r_{Kj} , die Rückzahlungsmodalitäten des Kredites bei erfolgreicher sowie nicht erfolgreicher Unternehmensgründung spezifiziert.¹⁶

¹⁵ Besteht zwischen den Ersparnisanlegern und den Intermediären keine asymmetrische Information, folgt: Die Bank verliert ihre Existenzberechtigung; die Ersparnis Anleger stellen der VCG nur so viel Ersparnisse zur Verfügung, wie diese zur Befriedigung der Eigenkapitalnachfrage benötigt.

¹⁶ Das Kapital ist in den Lebensphasen der Unternehmung verschiedenen Risiken ausgesetzt: In der Gründungsperiode besteht das technische Mißerfolgsrisiko. Dieses Risiko ist durch die technische Erfolgswahrscheinlichkeit des Unternehmenstyps j für beide Intermediäre kalkulierbar. In der Produktionsphase könnte ein ökonomisches Risiko durch die potentielle Möglichkeit der Insolvenz der Unternehmen bestehen. Zur Insolvenz kann es jedoch nur unter ganz bestimmten Umständen kommen, beispielsweise, wenn es durch eine stark steigende Maschinenanzahl der Maschinerie 2 zur Spezialisierung auf das High-Tech-Gut kommt. Von diesem möglichen Risiko wird beim Modellieren der Finanzmarktintermediäre abstrahiert. In der Simulation muß deshalb sichergestellt werden, daß dieses Risiko von den Ersparnisanlegern getragen wird.

Eine von der Bank vergebene Krediteinheit befindet sich mit der Wahrscheinlichkeit Ψ_{M_j} in einer erfolgreichen Unternehmensgründung und mit der Wahrscheinlichkeit $(1 - \Psi_{M_j})$ in einer erfolglosen Unternehmensgründung.

Erfolgreiche Unternehmensgründer bedienen den Kredit für die Dauer des Kreditvertrages mit Ausnahme der Gründungsperiode, d.h. die Bank erhält von erfolgreichen Unternehmensgründern eine Fremdkapitalzahlung für eine Krediteinheit in Höhe von: $\sum_{t=t_0+1}^{T_K} r_{K_j} / (1 + r_S)^t$. Erfolgreiche Unternehmensgründer zahlen den Kredit am Ende der Kreditlaufzeit zurück.¹⁷

Erfolgslose Unternehmensgründer zahlen am Ende der Gründungsperiode die tangiblen Investitionen φ_{M_j} unverzinst an die Bank zurück. Die intangiblen Investitionen $(1 - \varphi_{M_j})$ der erfolglosen Unternehmensgründer stellen für die Bank einen negativen erwarteten Ertrag dar. Dieser wird am Ende der Gründungsperiode bilanziert.

Zusammenfassend folgt für den erwarteten Ertrag pro Krediteinheit in einer Unternehmung vom Typ j :

$$\begin{aligned}
 E(R_{B,j}) = & \Psi_{M_j} \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{r_{K_j}}{(1+r_S)^t} + \frac{\Psi_{M_j}}{(1+r_S)^{T_K}} \\
 [4.1] \quad & + \frac{(1-\Psi_{M_j})\varphi_{M_j}}{(1+r_S)} - \frac{(1-\Psi_{M_j})(1-\varphi_{M_j})}{(1+r_S)}.
 \end{aligned}$$

¹⁷In der Periode $(T_K + 1)$ kann die Bank erneut einen Kreditvertrag mit dem Unternehmer schließen.

Dabei bezeichnet der erste Term die erwarteten Fremdkapitaleinnahmen pro Krediteinheit der erfolgreichen Unternehmensgründer, der zweite die erwartete Kreditrückzahlung der erfolgreichen Unternehmensgründungen am Ende des Kreditvertrages, der dritte die an die Bank zurückfließenden tangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer und der vierte Term die am Ende der Gründungsperiode bilanzierten Verluste durch die intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer. Der Fremdkapitalzinssatz r_{K_j} kann in den sicheren Zinssatz r_S und die Risikoprämie r_{R_j} zerlegt werden. Aktionsparameter der Bank ist die Risikoprämie r_{R_j} .

4.1.2 Erwartete Kosten einer Krediteinheit

Die Bank hat intern eine Mindestanforderung an den Zinssatz in Höhe r_S . Diese Mindestanforderung wird als sicherer Zinssatz bezeichnet und ist im vorliegenden Modell exogen gegeben. Er gibt den Wert an, den die Bank den Wirtschaftssubjekten für ihre Ersparnisse zahlen möchte.¹⁸

Die erwarteten Kosten einer Krediteinheit setzen sich aus den gleichen Bestandteilen zusammen wie der erwartete Ertrag.

¹⁸ Ein endogener risikoloser Zinssatz in einer offenen Volkswirtschaft kann auf unterschiedliche Weise modelliert werden: Beispielsweise kann man eine alternative risikolose Anlage einführen (Staatspapiere). Dann muß jedoch auch ein Staat eingeführt werden, der diese Zinszahlungen mit Steuereinnahmen begleicht. Nimmt man hingegen an, daß der risikolose Zinssatz auf dem Weltmarkt festliegt, würde es zu massiven Kapitalabflüssen nach der Wachstumsphase der Volkswirtschaft kommen. Beide alternativen Modellierungen implizieren eine Zunahme der Modellkomplexität, die an dieser Stelle, insbesondere im Hinblick auf eine Modellierung des Zwei-Länder-Falls, nicht angemessen erscheint. In einem Zwei-Länder-Modell kann die Grenzproduktivität des Kapitals durch ein drittes, nicht handelbares Konsumgut festgelegt werden. Deshalb wird angenommen, daß es nur in der Wachstumsphase der Ökonomie zu einer positiven Ersparnis von seiten der Wirtschaftssubjekte kommt. Erreicht die Ökonomie einen Zustand, in dem es nicht mehr zu Unternehmensgründungen kommt, konsumieren die Wirtschaftssubjekte ihr gesamtes Einkommen. Für die Simulation des Modells sind somit ausschließlich die Wachstumsphase und der erreichte Endzustand von Interesse. Der sichere Zinssatz r_S ist ein hypothetischer Wert, der für beide Intermediäre eine exogene Größe darstellt.

Für eine Krediteinheit in einem erfolgreichen Unternehmen erwartet die Bank Kosten in Höhe von $\sum_{t=t_0}^{T_K} r_S / (1 + r_S)^t$. Am Ende der Kreditlaufzeit muß die Bank das Kreditvolumen der erfolgreichen Unternehmensgründer an die Ersparnisanleger zurückzahlen.

Außerdem berücksichtigt die Bank für die Gründungsperiode Zinskosten für den tangiblen Anteil, der sich in erfolglosen Unternehmen befindet. Am Ende der Gründungsperiode muß es der Bank möglich sein, die tangiblen Investitionen in erfolglosen Unternehmensgründungen an die Ersparnisanleger zurückzahlen. Für den intangiblen Anteil, der sich in erfolglosen Unternehmensgründungen befindet, müssen Zinskosten für die Laufzeit des Kreditvertrages berücksichtigt werden. Diese intangiblen Investitionen müssen am Ende des Kreditvertrages an die Ersparnisanleger zurückgezahlt werden.

Zusammenfassend ergeben sich die erwarteten Kosten pro Krediteinheit im Unternehmen vom Typ j als:

$$\begin{aligned}
 E(C_{B,j}) &= \Psi_{M_j} \sum_{t=t_0}^{T_K} \frac{r_S}{(1+r_S)^t} + \frac{\Psi_{M_j}}{(1+r_S)^{T_K}} \\
 [4.2] \quad &+ \frac{(1-\Psi_{M_j})\varphi_{M_j} r_S}{(1+r_S)} + \frac{(1-\Psi_{M_j})\varphi_{M_j}}{(1+r_S)} \\
 &+ (1-\Psi_{M_j})(1-\varphi_{M_j}) \sum_{t=t_0}^{T_K} \frac{r_S}{(1+r_S)^t} + \frac{(1-\Psi_{M_j})(1-\varphi_{M_j})}{(1+r_S)^{T_K}}.
 \end{aligned}$$

Dabei bezeichnen die Terme der ersten Zeile die erwarteten Kosten für Kredite der erfolgreichen Unternehmensgründungen, die Terme der zweiten Zeile die erwarteten Kosten für die tangiblen Investitionen in erfolglosen Unternehmensgründungen und die Terme der dritten Zeile die erwarteten Kosten für die intangiblen Investitionen in erfolglosen Unternehmensgründungen. Der erste

Term in jeder Zeile bezeichnet die erwarteten Zinskosten, der zweite Term in jeder Zeile die Kosten des Rückzahlungsvolumens an die Ersparnisanleger.

4.1.3 Die Gewinnfunktion

Der erwartete Gewinn der Bank ergibt sich als die Summe der erwarteten Erträge pro Krediteinheit multipliziert mit den Kreditnachfragen K_j^N abzüglich der Summe der erwarteten Kosten pro Krediteinheit multipliziert mit den Kreditvergebavolumen $B_{l,j}$:

$$[4.3] \quad E(G_B) = \sum_j E(R_{B,j})K_j^N - \sum_j E(C_{B,j})B_{l,j}.$$

Damit die Bank auch am Ende der Gründungsperiode an die Wirtschaftssubjekte Zinsen zahlen kann, bildet sie hierfür eine Reserve $Q_{B_l(T)}$. Angenommen wird, daß die Reserve für das Kreditvergebavolumen eine Verzinsung in Höhe von r_S am Ende der Gründungsperiode garantiert. Außerdem muß die Bilanzrestriktion erfüllt sein, d.h. $\sum_j K_j^N + Q_{B_l} = \sum_j B_{l,j} = B_l$.

$$[4.4] \quad r_{K_j} = \frac{\left(1 + \varphi_{M_j}(\Psi_{M_j} - 1)\right) \sum_{t=t_0}^{T_K} \frac{r_S}{(1+r_S)^t} + \frac{(1 - \Psi_{M_j})(1 - \varphi_{M_j}) + r_S \Psi_{M_j}}{(1+r_S)^{T_K}}}{(1-r_S)\Psi_{M_j} \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}}$$

$$+ \frac{\left(\frac{1 - \Psi_{M_j}}{1+r_S}\right)(1 + 3\varphi_{M_j}r_S - r_S - \varphi_{M_j})}{(1-r_S)\Psi_{M_j} \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}}.$$

Je höher die technische Erfolgswahrscheinlichkeit des Unternehmenstyps, desto niedriger ist der von der Bank geforderte Fremdkapitalzinssatz bei einem erwarteten Gewinn von Null. Analog sinkt der Fremdkapitalzinssatz mit steigendem Anteil der tangiblen Investitionen. Die Entwicklungsinvestition des Unternehmenstyps 2 wird demnach im Vergleich zur Entwicklungsinvestition des Unternehmenstyps 1 von der Bank nur zu einem höheren Fremdkapitalzinssatz finanziert. Der Fremdkapitalzinssatz hängt von bestehenden Risiken ab, d.h. von der für die Bank beobachtbaren technischen Erfolgswahrscheinlichkeit und der Höhe der intangiblen Investitionen. Er hat keinen Einfluß auf die technische Erfolgswahrscheinlichkeit beziehungsweise auf die Höhe der intangiblen Investitionen.

4.2 Die Venture Capital Gesellschaft

Im folgenden wird das Gewinnmaximierungsproblem der VCG aufgestellt. Die VCG wird ebenfalls eine Reserve bilden, die sie als Dividende am Ende der Gründungsperiode an ihre Kunden ausschüttet.

4.2.1 Beteiligung am Unternehmenstyp 1

Die VCG vereinbart in der Gründungsperiode eine Beteiligung mit dem Unternehmensgründer. Bei einem Beteiligungsvolumen in Höhe von E_0 bekommt die VCG den Anteil $(1 - \gamma_1^*)$ vom Gewinn des erfolgreich gegründeten Unternehmens. Die erfolgreich gegründeten Unternehmen zahlen das Beteiligungskapital am Ende des Beteiligungsverhältnisses an die VCG zurück. Die tangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer fließen am Ende der Gründungsperiode an die VCG zurück, während die intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer für die VCG einen Verlust darstellen, den diese am Ende der Gründungsperiode bilanziert.

Der erwartete Ertrag aus der Beteiligung an einem Unternehmen des Typs 1 bei einem Beteiligungsvolumen von E_0 ergibt sich somit pro Beteiligungseinheit als:

$$\begin{aligned}
 [4.5] \quad E(R_{V,1}) = & \frac{\Psi_{M_1}}{E_0} E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{\frac{1-\rho_1}{\rho_1} w_L(t) Z_{1,i}^*(t) (1-\gamma_{1,V_i})}{(1+r_S)^t} \right] + \frac{\Psi_{M_1}}{(1+r_S)^{T_K}} \\
 & + \frac{(1-\Psi_{M_1})\varphi_{M_1}}{(1+r_S)} - \frac{(1-\Psi_{M_1})(1-\varphi_{M_1})}{(1+r_S)}.
 \end{aligned}$$

Dabei bezeichnet der erste Term den erwarteten Gewinn pro Beteiligungseinheit im erfolgreichen Unternehmen, der zweite die erwartete Beteiligungsrückzahlung der erfolgreichen Unternehmer am Ende des Beteiligungsvertrages, der dritte die an die VCG zurückfließenden tangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer und der vierte Term die am Ende der Gründungsperiode bilanzierten Verluste durch die intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer.

Die von der VCG zu berücksichtigenden erwarteten Kosten pro Beteiligungseinheit an einem Unternehmen vom Typ 1 entsprechen den erwarteten Kosten pro Krediteinheit der Bank bei Finanzierung eines Unternehmens vom Typ 1.

4.2.2 *Beteiligung am Unternehmenstyp 2*

Der erwartete Ertrag aus der Beteiligung an einem Unternehmen des Typs 2 setzt sich aus den gleichen Bestandteilen zusammen wie der erwartete Ertrag aus einer Beteiligung an einem Unternehmen des Typs 1. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß eine Beteiligung der VCG an einem Unternehmen vom Typ 2 die technische Erfolgswahrscheinlichkeit dieser Unternehmung erhöht. Für den erwarteten Ertrag folgt:

$$\begin{aligned}
 E(R_{V,2}) = & \frac{\Psi_{M_2}(\vartheta)}{E_0} E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1-\rho_2}{\rho_2} \frac{w_H(t) Z_{2,i}^*(t) (1-\gamma_{2,V_i})}{(1+r_S)^t} \right] + \frac{\Psi_{M_2}(\vartheta)}{(1+r_S)^{T_K}} \\
 & + \frac{(1-\Psi_{M_2}(\vartheta))\varphi_{M_2}}{(1+r_S)} - \frac{(1-\Psi_{M_2}(\vartheta))(1-\varphi_{M_2})}{(1+r_S)}.
 \end{aligned}
 \tag{4.6}$$

Gleichermaßen werden die erwarteten Kosten einer Beteiligung beeinflusst:

$$\begin{aligned}
 E(C_{V,2}) = & \Psi_{M_2}(\vartheta) \sum_{t=t_0}^{T_K} \frac{r_S}{(1+r_S)^t} + \frac{\Psi_{M_2}(\vartheta)}{(1+r_S)^{T_K}} \\
 & + \frac{(1-\Psi_{M_2}(\vartheta))\varphi_{M_2} r_S}{(1+r_S)} + \frac{(1-\Psi_{M_2}(\vartheta))\varphi_{M_2}}{(1+r_S)} \\
 & + (1-\Psi_{M_2}(\vartheta))(1-\varphi_{M_2}) \sum_{t=t_0}^{T_K} \frac{r_S}{(1+r_S)^t} + \frac{(1-\Psi_{M_2}(\vartheta))(1-\varphi_{M_2})}{(1+r_S)^{T_K}}.
 \end{aligned}
 \tag{4.7}$$

Dabei bezeichnen die Terme der ersten Zeile die erwarteten Kosten für Beteiligungen an erfolgreichen Unternehmensgründungen, die Terme der zweiten Zeile die erwarteten Kosten für die tangiblen Investitionen in erfolglosen Unternehmensgründungen und die Terme der dritten Zeile die erwarteten Kosten für die intangiblen Investitionen in erfolglosen Unternehmensgründungen. Der erste Term in jeder Zeile bezeichnet die erwarteten Zinskosten, der zweite Term in jeder Zeile die Kosten des Rückzahlungsvolumens an die Ersparnis Anleger.

4.2.3 Die Gewinnfunktion

Der erwartete Gewinn ergibt sich als die Summe der erwarteten Erträge pro Beteiligungseinheit multipliziert mit der die Eigenkapitalnachfrage E_j^N abzüg-

lich der Summe der erwarteten Kosten pro Beteiligungseinheit multipliziert mit dem verfügbaren Fondsvolumen $V_{I,j}$:

$$[4.8] \quad E(G_V) = \sum_j E(R_{V,j})E_j^N - \sum_j E(C_{V,j})V_{I,j}.$$

Von dem zur Verfügung stehenden Fondsvolumen $V_I(T)$ bildet die VCG eine Reserve $Q_{V_I(T)}$, um am Ende der Periode T für das verfügbare Fondsvolumen eine Dividende ausschütten zu können. Die VCG berücksichtigt ebenfalls ihre Bilanzrestriktion:

$$\sum_j E_j^N + Q_{V_I} = \sum_j V_{I,j} = V_I$$

Aufgrund der Linearität der Gewinnfunktion sind die Nebenbedingungen dieser Funktion bei der Optimierung bindend. Für das Gewinnmaximierungsproblem der Bank wurde die Nebenbedingung auferlegt, daß sie Kredite zu Fremdkapitalzinssätzen anbietet, die den erwarteten Durchschnittskosten entsprechen. Diese Nebenbedingung kann auch für das Gewinnmaximierungsproblem der VCG auferlegt werden. Es stehen jedoch noch zwei weitere Spezifikationen der Nebenbedingungen zur Verfügung: Die VCG maximiert ihren erwarteten Gewinn unter der Nebenbedingung, daß die Gewinnbeteiligung den Fremdkapitalkosten entspricht. Oder die VCG maximiert ihren erwarteten Gewinn unter der Nebenbedingung, daß der erwartete Kapitalwert der Unternehmensgründung vom Typ j mit Beteiligungsfinanzierung dem erwarteten Kapitalwert der Unternehmensgründung vom Typ j mit Bankkreditfinanzierung entspricht. Die Spezifizierung der Nebenbedingung hat unterschiedliche Implikationen auf die Verteilung des verfügbaren Fondsvolumens über die Unternehmenstypen, auf die optimalen Gewinnbeteiligungen und auf die Komplexität der Erwartungswertbildung.

Im Gleichgewicht fordert die VCG von Unternehmen des Typs 1 eine Gewinnbeteiligung, die den Fremdkapitalkosten eines Bankkredites entspricht, unabhängig von der Spezifikation der Nebenbedingung.

Bietet die VCG Finanzierungen zu erwarteten Durchschnittskosten an, fordert sie vom Unternehmer des Typs 2 eine über die Beteiligungsdauer aufsummierte Gewinnbeteiligung, die geringer ist als die aufsummierten Fremdkapitalkosten. Sie ist dann zwischen der Finanzierung eines Unternehmens vom Typ 1 und vom Typ 2 indifferent. Die Verwendung dieser Nebenbedingung erfordert keine Erwartungswertbildung über die zukünftigen Gewinnströme.

Maximiert die VCG ihren erwarteten Gewinn unter der zweiten Spezifikation der Nebenbedingung, bietet sie Kapital zum gleichen Fremdkapitalzinssatz für Unternehmen vom Typ 2 an wie die Bank. Da dieser von ihr geforderte Zinssatz ihre erwarteten Durchschnittskosten übersteigt, wird sie ihr verfügbares Fondsvolumen ausschließlich in Unternehmen des Typs 2 einbringen wollen. Für die Verwendung dieser Nebenbedingung ist ebenfalls keine Erwartungswertbildung erforderlich. Haben Unternehmer vom Typ 2 die Wahl zwischen Beteiligungs- und Kreditfinanzierung, werden sie sich für die Beteiligungsfinanzierung entscheiden, da die Kosten des Kapitals bei beiden Finanzierungsformen identisch sind, jedoch die Beteiligungsfinanzierung die technische Erfolgswahrscheinlichkeit positiv beeinflusst und somit der erwartete Kapitalwert der Unternehmensgründung mit Beteiligungsfinanzierung höher ist als mit Bankkreditfinanzierung.

Maximiert die VCG ihren erwarteten Gewinn unter der dritten Spezifikation der Nebenbedingung, fordert sie eine Gewinnbeteiligung, die die folgende Ungleichung erfüllt:

$$[4.9] \quad \gamma_2^* \geq \frac{\Psi_{M_2}}{\Psi_{M_2}(\vartheta)} \frac{\Psi_{M_2} E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{r_{K_{B,2}} E_0}{(1+r_S)^t} \right]}{\Psi_{M_2}(\vartheta) E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{\frac{1-\rho_2}{\rho_2} w_H(t) Z_{2,i}^*(t)}{(1+r_S)^t} \right]}$$

Für die Bestimmung dieser Gewinnbeteiligung muß die VCG Erwartungen über die zukünftigen Gewinne des Unternehmens bilden. Diese Gewinnbeteiligung

liegt wiederum über den erwarteten Durchschnittskosten der VCG, so daß diese ihr verfügbares Fondsvolumen ausschließlich in Unternehmen vom Typ 2 einbringen möchte.

4.3 Zinszahlungen, Dividenden und verfügbare Volumina

Zins- und Dividendenzahlungen erfolgen am Ende jeder Periode. Sie setzen sich aus den periodischen Zins- und Dividendenzahlungen zusammen, die auf Basis der periodischen Finanzierungsmittel berechnet werden. Die verfügbaren Finanzierungsmittel einer Periode, d.h. das verfügbare Fondsvolumen und das Kreditvergabevolumen, bestimmen die Zahl der Unternehmensgründungen in dieser Periode.

4.3.1 Zinszahlungen an die Ersparnis Anleger

Für das Kreditvergabevolumen B_I , über das die Bank am Anfang der Periode T verfügt, zahlt diese am Ende der Periode T Zinsen in Höhe von $r_S B_I(T)$; sie löst hierfür die von ihr gebildete Reserve auf.

Mit den Fremdkapitaleinnahmen für das Kreditvergabevolumen $B_I(T)$ der Periode $(T+1)$ bis zur letzten Periode des Kreditvertrages $(T+T_K)$ deckt die Bank zum einen die Reserve, zum anderen die verlorengegangenen intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmen, damit sie zu einem späteren Zeitpunkt die Depositen an die Anleger zurückzahlen kann. Die verbleibenden Fremdkapitaleinnahmen werden am Ende jeder Periode an die Anleger ausgezahlt. Die Zinszahlungen für das Kreditvergabevolumen der Periode T am Ende der Periode $(T+1)$ bis zur Periode $(T+T_K)$ sind gegeben mit:

$$\begin{aligned}
 D_{B_I(T)} = & \sum_j r_{K_j} E_0 A_{B|M_j}(T) - \frac{Q_{B_I(T)}}{T_K - 1} \\
 & - \frac{1}{T_K - 1} \sum_j (1 - \varphi_{M_j}) E_0 (U_{B|M_j}(T) - A_{B|M_j}(T))
 \end{aligned}
 \tag{4.10}$$

Dabei bezeichnet

$A_{B|M_j}(T)$ mit dem Kreditvergabevolumen $B_I(T)$ erfolgreich gegründete Unternehmen des Typs j ,

$Q_{B_I(T)}$ für die Zinszahlung des Kreditvergabevolumens $B_I(T)$ gebildete Reserve,

$U_{B|M_j}(T)$ mit dem Kreditvergabevolumen gegründete Unternehmen des Typs j .

Von den erhaltenen Fremdkapitalzahlungen der beiden Unternehmenstypen $r_{K_j} E_0 A_{B|M_j}$ behält die Bank einen Teil ein, um die Reserven und die verlorengegangenen intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründungen zu decken. Dabei werden die Reserve und die verlorengegangenen intangiblen Investitionen gleichmäßig über die Kreditlaufzeit verteilt. Da in der Gründungsperiode keine Fremdkapitalzahlungen erfolgen, stehen für die Verteilung $T_K - 1$ Perioden zur Verfügung.

Am Ende der Periode $T + T_K$ wird mit den Unternehmen, die mit Depositen der Periode T gegründet wurden, ein neuer Kreditvertrag ausgehandelt. Da dieses Unternehmen kein technisches Mißerfolgsrisiko aufweist, erhält es Kapital zum Zinssatz r_S . Somit ist $D_{B_I(T)}$ für alle Perioden $t > T + T_K$ mit

$$D_{B_I(T)} = \sum_j \left[r_S E_0 A_{B|M_j}(T) \right] \text{ gegeben.}$$

Die Zinszahlung, die in der Periode T an die Anleger fließt, setzt sich aus der Summe der periodischen Zinszahlungen und der für $B_I(T)$ gebildeten Reserve $Q_{B_I(T)}$ zusammen:

$$[4.11] \quad D_B(T) = \sum_{t=1}^{T-1} D_{B_I(t)} + Q_{B_I(T)}.$$

4.3.2 Kreditvergevolumen

Das Kreditvergevolumen am Anfang der Periode T $B_I(T)$ setzt sich zusammen aus den Bankeinlagen der Anleger $B(T)$ in der Periode T , den tangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmer der Vorperiode und den nicht an die Anleger ausgezahlten Fremdkapitaleinnahmen, die die Bank zur Deckung der Reserve und den verlorengegangenen intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmer einbehält.

Zusammenfassend folgt für das Kreditvergevolumen der Periode T :

$$\begin{aligned}
 B_I(T) = & B(T) + \sum_j \varphi_{M_j} E_0 \left[U_{B|M_j}(T-1) - A_{B|M_j}(T-1) \right] \\
 [4.12] \quad & + \sum_{t=T-T_K-1}^{T-2} \frac{Q_{B_I(t)}}{T_K-1} \\
 & + \frac{1}{T_K-1} \sum_{t=T-T_K-1}^{T-2} \sum_j \left(1 - \varphi_{M_j} \right) E_0 \left[U_{B|M_j}(t) - A_{B|M_j}(t) \right].
 \end{aligned}$$

Dabei bezeichnet der erste Summand die von den Anlegern erhaltenen Bankeinlagen der Periode T , der zweite Summand die an die Bank zurückfließenden tangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer der Vorperiode, der dritte die gedeckten Reserven aus den Kreditvergevolumen der vergangenen Perioden und der vierte Summand die gedeckten verlorengegangenen intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer der vergangenen Perioden.

4.3.3 Dividende

Analog zu den Zinszahlungen setzt sich die Dividende, die in der Periode T an die Ersparisanleger ausgeschüttet wird, aus den Dividenden für die einzelnen periodischen Fonds zusammen. Am Ende der Periode T zahlt die VCG an die Ersparisanleger für das am Anfang der Periode T zur Verfügung stehende Fondsvolumen $V_I(T)$ eine Dividende in Höhe von $r_S V_I(T)$. Sie löst hierfür die

von ihr gebildete Reserve auf. Mit den Gewinnbeteiligungen des Fondsvolumen $V_j(T)$ aller folgenden Perioden bis zum Ende des Beteiligungsvertrages muß die VCG ebenfalls zum einen die Reserve, zum anderen die verlorengegangenen intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmen decken, damit sie zu einem späteren Zeitpunkt das von den Sparern angelegte Kapital zurückzahlen kann. Als Dividende $D_{V_j(T)}$ für das Fondsvolumen der Periode T $V_j(T)$ erhält man für die Perioden $(T+1)$ bis $(T+T_K)$:

$$[4.13] \quad D_{V_j(T)} = \sum_j r_{K_j} E_0 A_{V|M_j}(T) - \frac{Q_{V_j(T)}}{T_K - 1} - \frac{1}{T_K - 1} \sum_j (1 - \varphi_{M_j}) E_0 (U_{V|M_j}(T) - A_{V|M_j}(T))$$

Dabei bezeichnet

$A_{V|M_j}(T)$ mit den Fonds der Periode T erfolgreich gegründete Unternehmen vom Typ j ,

$Q_{V_j(T)}$ für die Dividende am Ende der Gründungsperiode gebildete Reserve,

$U_{V|M_j}(T)$ mit den Fonds der Periode T gegründete Unternehmen.

Am Ende der Periode $(T+T_K)$ wird mit den Unternehmen, die mit dem Fondsvolumen $V_j(T)$ gegründet wurden, ein neuer Beteiligungsvertrag vereinbart. Die Dividende an die Ersparnis Anleger in der Periode T setzt sich zusammen aus der Summe der Dividenden für das Fondsvolumen der vergangenen Perioden und der Reserve für das Fondsvolumen der aktuellen Periode:

$$[4.14] \quad D_V(T) = \sum_{t=1}^{T-1} D_{V_j(t)} + Q_{V_j(T)}$$

4.3.4 Verfügbares Fondsvolumen

Das verfügbare Fondsvolumen der Periode T setzt sich zusammen aus den neuen Fonds, die die Anleger in dieser Periode der VCG zuführen, den an die VCG zurückfließenden tangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründungen der Vorperiode sowie den wiederhergestelltem Anteil der Reserven und intangiblen Investitionen. Für das verfügbare Fondsvolumen der Periode T folgt:

$$\begin{aligned}
 V_I(T) = & V(T) + \sum_j \varphi_{M_j} E_0 \left[U_{V|M_j}(T-1) - A_{V|M_j}(T-1) \right] \\
 [4.15] \quad & + \sum_{t=T-T_K-1}^{T-2} \frac{Q_{V_I(t)}}{T_K - 1} \\
 & + \frac{1}{T_K - 1} \sum_{t=T-T_K-1}^{T-2} \sum_j \left(1 - \varphi_{M_j} \right) E_0 \left[U_{V|M_j}(t) - A_{V|M_j}(t) \right].
 \end{aligned}$$

Dabei bezeichnet der erste Summand die von den Anlegern erhaltenen neuen Fonds der Periode T , der zweite Summand die an die VCG zurückfließenden tangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer der Vorperiode, der dritte die gedeckten Reserven aus den Fondsvolumen der vergangenen Perioden und der vierte Summand die gedeckten verlorengegangenen intangiblen Investitionen der erfolglosen Unternehmensgründer der vergangenen Perioden.

Als Ergebnis dieses Modellabschnitts läßt sich festhalten, daß bei positiven Kreditvergabevolumen und positiven verfügbaren Fondsvolumen die Bank Kredite an Unternehmen vom Typ 1 vergibt, während die VCG Beteiligungen mit Unternehmen des Typs 2 eingeht.

5. Die Gleichgewichtsbedingungen

Die gleichgewichtigen Löhne für Humankapital und Arbeit und die gleichgewichtigen Mengen des traditionellen und des High-Tech-Gutes werden am Ende jeder Periode so festgelegt, daß die Märkte der Primärfaktoren geräumt sind.

5.1 Gleichgewichtige Faktorpreise

Ausgangspunkt für die Berechnung der gleichgewichtigen Preise der Primärfaktoren Arbeit und Humankapital bilden die Stückkostenfunktionen der beiden Endgutsektoren:

$$[5.1] \quad p_T = w_L^{a_1} w_H^{a_2} p_{M_1}^{a_3} p_{M_2}^{a_4} \quad (\text{Stückkostenfunktion, traditionelles Gut}) \text{ und}$$

$$[5.2] \quad p_H = w_L^{b_1} w_H^{b_2} p_{M_1}^{b_3} p_{M_2}^{b_4} \quad (\text{Stückkostenfunktion, High-Tech-Gut}).$$

Dabei sind die Preise der beiden Maschinerien gegeben mit

$$[3.3a] \quad p_{M_1} = h_{A|M_1}^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \frac{\alpha_{M_1} w_L}{\rho_1 \delta_1^{1/\rho_1}} \text{ und}$$

$$[3.3b] \quad p_{M_2} = h_{A|M_2}^{\frac{\rho_2-1}{\rho_2}} \frac{\alpha_{M_2} w_H}{\rho_2 \delta_2^{1/\rho_2}}.$$

Der Preis des traditionellen Gutes und des High-Tech-Gutes wird auf dem Weltmarkt festgelegt, so daß die Primärfaktorpreise allein durch die Konsumgüterpreise, die Parameter der Produktionsfunktionen der Endgutsektoren sowie der Maschineriesektoren und der Maschinenanzahl der Maschinerien ausgedrückt werden können. Für die gleichgewichtigen Lohnsätze folgt:

$$[5.3] \quad w_L^* = \left[\frac{p_H^{a_1+a_3-1} p_T^{(b_2+b_4)} \left(\frac{\rho_1-1}{\rho_1 \delta_1^{\sqrt{\rho_1}}} \right)^{b_3(1-a_1)+(b_1-1)a_3}}{\left(\frac{\rho_2-1}{\rho_2 \delta_2^{\sqrt{\rho_2}}} \right)^{-a_2 b_4 + b_2 a_4}} \right]^{\frac{1}{a_1+a_3-b_1-b_3}}$$

$$[5.4] \quad w_H^* = \left[\frac{p_H^{a_1+a_3} p_T^{-(b_1+b_3)} \left(\frac{\rho_1-1}{\rho_1 \delta_1^{\sqrt{\rho_1}}} \right)^{a_3 b_1 - b_3 a_1}}{\left(\frac{\rho_2-1}{\rho_2 \delta_2^{\sqrt{\rho_2}}} \right)^{b_4(a_1+a_3) - a_4(b_1+b_3)}} \right]^{\frac{1}{a_1+a_3-b_1-b_3}}$$

Eine steigende Maschinenanzahl der Maschinerie j führt, je nach Parameterisierung, zu steigenden, sinkenden oder unveränderten gleichgewichtigen Löhnen für Arbeit und Humankapital.¹⁹ Im folgenden werden Restriktionen für die Wahl der Parameter aufgestellt, die zu ökonomisch plausiblen Effekten bei einer steigenden Maschinenanzahl führen.

¹⁹ Dabei wird angenommen, daß die Maschinenanzahl eine stetige Variable ist.

In Kapitel 2 wurden die Annahmen getroffen, daß die Maschinerie 1 in der Produktion des traditionellen Gutes intensiver verwendet wird, während die Maschinerie 2 intensiver in der Produktion des High-Tech-Gutes eingesetzt wird [$a_3 > b_3$; $a_4 < b_4$]. Für die Intensität des Faktors Humankapital wird vereinbart, daß dieser in der Produktion des High-Tech-Gutes mindestens der Intensität im traditionellen Sektor entspricht [$a_2 \leq b_2$]. Die Intensität des Faktors Arbeit ℓ in der Produktion des traditionellen Gutes entspricht mindestens der Intensität in der Produktion des High-Tech-Gutes [$a_1 \geq b_1$]. Von einer steigenden Maschinenanzahl ausgehende Effekte können direkter und indirekter Natur sein. Dabei werden jene Effekte als direkte bezeichnet, die in dem Maschineriesektor durch die zusätzliche Konkurrenz unter Konstanz aller anderen Variablen, also der Preise der Primärfaktoren, entstehen. Die von der veränderten Situation im Maschineriesektor ausgehenden Effekte auf andere Märkte werden als indirekte bezeichnet.

Direkte Effekte

Eine steigende Maschinenanzahl der Maschinerie 1 führt zu einem Sinken des Maschineriepreises (Gleichung 3.3), zum anderen zum Sinken der Nachfrage des Maschineriesektors nach Arbeit (Gleichung 3.11).²⁰

Indirekte Effekte

Das Sinken des Maschineriepreises führt in den Endgutsektoren zu einer Faktorsubstitution. Die Faktoren Humankapital, Arbeit und die Maschinerie 2 werden durch den relativ preiswerteren Faktor, also durch die Maschinerie 1, substituiert. Diese Substitution führt zu einer sinkenden Nachfrage der Endgutsektoren nach den eben genannten Faktoren und zu einer steigenden Nachfrage nach dem Faktor Maschinerie 1. Neben diesem Substitutionseffekt kommt es zu einem Niveaueffekt. Der Output jenes Gutes steigt, der den Faktor, dessen Preis relativ gesunken ist, intensiver nutzt. Die Nachfrage des expandierenden Sek-

²⁰ Aufgrund der Symmetrie erfolgt die Argumentation bei Erhöhung der Maschinenanzahl vom Typ 2 in analoger Weise.

tors nach Produktionsfaktoren steigt, hingegen sinkt die Faktornachfrage des anderen Sektors. Zusammenfassend folgt, daß die Nachfrage nach der Maschinerie 1 steigt, während die Änderung der Nachfrage nach den anderen Faktoren nicht eindeutig bestimmt ist.

Überwiegt der Outputeffekt, steigt die Nachfrage nach Humankapital, Arbeit und Maschinerie 2 in dem expandierenden Sektor. Der schrumpfende Sektor, der diese Faktoren mit anderen Intensitäten verwendet, weist dementsprechend eine sinkende Nachfrage nach diesen Faktoren auf. Die Änderung der Nachfrage nach Arbeit des expandierenden Sektors übersteigt die Änderung der Nachfrage nach Arbeit des schrumpfenden Sektors. Es folgt eine Änderung des Lohnsatzes des Primärfaktors Arbeit.

Egalisieren sich Substitutionseffekt und Outputeffekt bezüglich der Nachfrage nach Humankapital, Arbeit und der Maschinerie 2 gerade, so verändert sich nur die Nachfrage nach der Maschinerie 1. Diese Nachfrageänderung erhöht die Nachfrage nach Arbeit im Maschineriesektor. Somit wird die Nachfrage nach Arbeit des Maschineriesektors negativ durch den direkten Effekt und positiv durch einen indirekten Effekt beeinflusst. Steigt die Nachfrage, muß es wiederum zur Anpassung des Lohnes für den Faktor Arbeit kommen. Kompensiert die Änderung der Nachfrage nach der Maschinerie 1 aus den Endgutsektoren den negativen direkten Effekt in dem Maschineriesektor, findet auch in diesem keine Änderung der Nachfrage nach Arbeit statt. Es würde dann zu keiner Anpassung der Löhne kommen.

Für die oben festgelegten Intensitäten kommt es jedoch zu einem indirekten Effekt auf den Lohn für Arbeit. Der Lohn für Arbeit steigt, was wiederum die indirekten Effekte in den Endgutsektoren durch den gesunkenen Maschineriepreis mindert. Der von dem Lohn für Arbeit ausgehende Effekt auf den Maschineriepreis kompensiert nicht den direkten negativen Effekt durch die Erhöhung der Maschinenanzahl der Maschinerie. Der Effekt auf den gleichgewichtigen Humankapitallohn und somit auf den Preis der Maschinerie 2, hängt von den Intensitäten der Maschinerie 1 und Arbeit in der Produktion des traditionellen Gutes und in der Produktion des High-Tech-Gutes ab. Abbildung 5.1 faßt die

gesuchten partiellen Ableitungen nach der Maschinenanzahl der Maschinerie 1 zusammen.

Abbildung 5.1 – Effekte einer Erhöhung in der Maschinenanzahl der Maschinerie 1

Variable	Effekte und Parameterbereiche
Lohn für Arbeit	$\frac{\partial w_L^*}{\partial h_{A M_1}} = \frac{[\rho_1 - 1][b_3(1 - a_1) + (b_1 - 1)a_3]w_L^*}{\rho_1(a_1 + a_3 - b_1 - b_3)h_{A M_1}} > 0 \text{ wenn}$ $b_3(1 - a_1) < (1 - b_1)a_3 \text{ und } a_1 + a_3 > b_1 + b_3$
Lohn für Humankapital	$\frac{\partial w_H^*}{\partial h_{A M_1}} = \frac{[\rho_1 - 1][a_3b_1 - b_3a_1]w_H^*}{\rho_1(a_1 + a_3 - b_1 - b_3)h_{A M_1}} < 0 \text{ wenn}$ $a_3b_1 > b_3a_1 \text{ und } a_1 + a_3 > b_1 + b_3$
Preis der Maschinerie 1	$\frac{\partial p_{M_1}}{\partial h_{A M_1}} = \frac{[\rho_1 - 1]p_{M_1}}{\rho_1 h_{A M_1}} + \frac{\partial w_L^*}{\partial h_{A M_1}} \text{ oder}$ $\frac{\partial p_{M_1}}{\partial h_{A M_1}} = \frac{[\rho_1 - 1][a_1(1 - b_3) - b_1(1 - a_3)]p_{M_1}}{\rho_1(a_1 + a_3 - b_1 - b_3)h_{A M_1}} < 0 \text{ wenn}$ $a_1(1 - b_3) > b_1(1 - a_3) \text{ und } a_1 + a_3 > b_1 + b_3$
Preis der Maschinerie 2	$\frac{\partial p_{M_2}}{\partial h_{A M_1}} = \frac{[\rho_1 - 1][a_3b_1 - b_3a_1]p_{M_2}}{\rho_1(a_1 + a_3 - b_1 - b_3)h_{A M_1}} < 0 \text{ wenn}$ $a_3b_1 > b_3a_1 \text{ und } a_1 + a_3 > b_1 + b_3$

Damit der gleichgewichtige Humankapitallohn und somit der Preis der Maschinerie 2 durch eine Erhöhung der Maschinenanzahl der Maschinerie 1 negativ beeinflusst wird, muß das Verhältnis der Faktorintensitäten der Maschinerie 1 in der Produktion des traditionellen und des High-Tech-Gutes $[a_3/b_3]$ größer sein als das Verhältnis der Faktorintensitäten des Faktors Arbeit in den beiden Endgutsektoren $[a_1/b_1]$. In Abbildung 5.2 sind die Effekte einer Erhöhung in der Maschinenanzahl der Maschinerie 2 angegeben.

Abbildung 5.2 – Effekte einer Erhöhung in der Maschinenanzahl der Maschinerie 2

Variable	Effekte und Parameterbereiche
Lohn für Arbeit	$\frac{\partial w_L^*}{\partial h_{A M_2}} = \frac{[\rho_2 - 1][a_2 b_4 - b_2 a_4] w_L^*}{\rho_2 (a_1 + a_3 - b_1 - b_3) h_{A M_2}} < 0 \text{ wenn}$ $a_2 b_4 > b_2 a_4 \text{ und } a_1 + a_3 > b_1 + b_3$
Lohn für Humankapital	$\frac{\partial w_H^*}{\partial h_{A M_2}} = \frac{[\rho_2 - 1][a_4 (b_1 + b_3) - b_4 (a_1 + a_3)] w_H^*}{\rho_2 (a_1 + a_3 - b_1 - b_3) h_{A M_2}} > 0 \text{ wenn}$ $a_4 (b_1 + b_3) < b_4 (a_1 + a_3) \text{ und } a_1 + a_3 > b_1 + b_3$
Preis der Maschinerie 1	$\frac{\partial p_{M_1}}{\partial h_{A M_2}} = \frac{[\rho_2 - 1][a_2 b_4 - b_2 a_4] p_{M_1}}{\rho_2 (a_1 + a_3 - b_1 - b_3) h_{A M_2}} < 0$
Preis der Maschinerie 2	$\frac{\partial p_{M_2}}{\partial h_{A M_2}} = \frac{[\rho_2 - 1][b_2 (a_1 + a_3) - a_2 (b_1 + b_3)] p_{M_2}}{\rho_2 (a_1 + a_3 - b_1 - b_3) h_{A M_2}} < 0 \text{ wenn}$ $b_2 (a_1 + a_3) > a_2 (b_1 + b_3) \text{ und } a_1 + a_3 > b_1 + b_3$

Eine Erhöhung der Maschinenanzahl der Maschinerie 2 hat nur dann einen negativen Effekt auf den gleichgewichtigen Lohn für Arbeit und somit auf den Preis der Maschinerie 1, wenn das Verhältnis der Faktorintensitäten der Maschinerie 2 in der Produktion des High-Tech-Gutes und des traditionellen Gutes größer ist, als das Verhältnis der Faktorintensitäten des Humankapitals in den Endgutsektoren.

5.2 Gleichgewichtige Outputniveaus

Die gleichgewichtigen Outputniveaus der beiden Konsumgüter ergeben sich durch Räumung der Primärfaktormärkte. Dabei muß das vollkommen inelastische Arbeitsangebot ℓ der Arbeitsnachfrage entsprechen. Diese ist gleich der Summe der eingesetzten Arbeit in der Produktion der beiden Endgutsektoren $[\partial C_T / \partial w_L, \partial C_H / \partial w_L]$ und der eingesetzten Arbeit in der Produktion der Maschinen vom Typ 1 ℓ_{M_1} :

$$[5.5] \quad \ell = \frac{\partial C_T}{\partial w_L} + \frac{\partial C_H}{\partial w_L} + \ell_{M_1} = \frac{a_1}{w_L} p_T Y_T + \frac{b_1}{w_L} p_H Y_H + \alpha_{M_1} h_A^{\frac{\rho_1-1}{\rho_1}} \delta_1^{-\frac{1}{\rho_1}} M_1^*$$

mit
$$M_1^* = \frac{a_3}{p_{M_1}} p_T Y_T + \frac{b_3}{p_{M_1}} p_H Y_H.$$

Analog muß der Markt für Humankapital geräumt sein. Die Humankapitalnachfrage ergibt sich aus dem eingesetzten Humankapital in der Produktion der beiden Endgutsektoren $[\partial C_T / \partial w_H, \partial C_H / \partial w_H]$, der Produktion von Maschinen vom Typ 2 h_{M_2} und der Nachfrage nach Humankapital für die Entwicklungsinvestition h_{E_1} und h_{E_2} . Das Humankapitalangebot ist gegeben mit der Anzahl der Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation h abzüglich der als Unternehmer tätigen Wirtschaftssubjekte mit Qualifikation h_A . Der Markt für Humankapital ist geräumt, wenn gilt:

$$\begin{aligned}
 [5.6] \quad h - h_A &= \frac{\partial C_H}{\partial w_H} + \frac{\partial C_T}{\partial w_H} + h_{M_2} + h_{E_1} + h_{E_2} \\
 &= \frac{a_2}{w_H} p_T Y_T + \frac{b_2}{w_H} p_H Y_H + \alpha_{M_2} h_{A|M_2} \frac{\rho_2 - 1}{\rho_2^2} \delta_2^{-1} M_2^* + h_{E_1} + h_{E_2},
 \end{aligned}$$

$$\text{mit} \quad M_2^* = \frac{a_4}{p_{M_2}} p_T Y_T + \frac{b_4}{p_{M_2}} p_H Y_H.$$

Einsetzen der Stückkostenfunktionen der Maschinerien p_{M_1} und p_{M_2} und der Maschineriennachfragen aus den Endgutsektoren M_1^* und M_2^* und Zusammenfassen liefert:

$$[5.5a] \quad \ell = \frac{p_T}{w_L} \underbrace{(a_1 + a_3 \rho_1)}_{:=a} Y_T + \frac{p_H}{w_L} \underbrace{(b_1 + b_3 \rho_1)}_{:=b} Y_H \quad \text{und}$$

$$[5.6a] \quad \underbrace{h - h_A - h_{E_1} - h_{E_2}}_{:=\bar{h}} = \frac{p_T}{w_H} \underbrace{(a_2 + a_4 \rho_2)}_{:=c} Y_T + \frac{p_H}{w_H} \underbrace{(b_2 + b_4 \rho_2)}_{:=d} Y_H.$$

Somit folgt für die gleichgewichtigen Outputniveaus:

$$Y_T^* = \frac{\ell w_L^* - p_H b Y_H^*}{p_T a} = \frac{\ell d w_L^* - \bar{h} b w_H^*}{p_T (da - cb)} \quad \text{und}$$

$$Y_H^* = \frac{\bar{h} w_H^* - p_T c Y_T^*}{p_H d} = \frac{\bar{h} a w_H^* - c \ell w_L^*}{p_H (da - cb)}.$$

Da negative Werte für die Outputmengen ausgeschlossen werden müssen, sind die oben berechneten Gleichgewichtswerte für die Outputmengen Y_T^* und Y_H^* nur für bestimmte Parameterbereiche gültig. Diese Parameterbereiche legen fest, wann die Ökonomie sich vollständig auf die Produktion des traditionellen oder

des High-Tech-Gutes spezialisiert. Die Parameterbereiche enthalten neben den Parametern der Produktionsfunktionen der Endgutsektoren und der Maschineriesektoren die Maschinenanzahl der Maschinerie 1 und der Maschinerie 2. Die Spezialisierungsbedingungen werden im Anhang bestimmt.

Ist das Preisverhältnis des traditionellen Gutes und des High-Tech-Gutes $[p_T/p_H]$ kleiner oder gleich einem im Anhang definierten Preisverhältnis $[p_T/p_H]_H$, spezialisiert sich die Volkswirtschaft vollständig auf die Produktion des High-Tech-Gutes. Ist das Preisverhältnis des traditionellen Gutes größer oder gleich dem im Anhang definierten Preisverhältnis $[p_T/p_H]_T$, spezialisiert sich die Volkswirtschaft vollständig auf die Produktion des traditionellen Gutes.

Die Outputmengen der beiden Endgutsektoren können nun angegeben werden als:

$$[5.7] \quad Y_T^* = \begin{cases} \frac{\ell w_L^*}{a p_T} & \text{wenn } \frac{p_T}{p_H} \geq \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_T \\ \frac{\ell d w_L^* - \bar{h} b w_H^*}{p_T (da - cb)} & \text{wenn } \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_H < \frac{p_T}{p_H} < \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_T \\ 0 & \text{wenn } \frac{p_T}{p_H} \leq \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_H \end{cases}$$

$$[5.8] \quad Y_H^* = \begin{cases} \frac{\bar{h} w_H^*}{p_H d} & \text{wenn } \frac{p_T}{p_H} \leq \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_H \\ \frac{\bar{h} a w_H^* - c \ell w_L^*}{p_H (da - cb)} & \text{wenn } \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_H < \frac{p_T}{p_H} < \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_T \\ 0 & \text{wenn } \frac{p_T}{p_H} \geq \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_T \end{cases}$$

5.3 Gewinnfunktionen der Unternehmer

Die Gewinne der Unternehmer vom Typ j müssen mit steigender Maschinenanzahl vom Typ j sinken, da die Maschinen in jeder Maschinerie in einer substitutionellen Beziehung zueinander stehen. Im folgenden werden Restriktionen für die Parameterwahl abgeleitet, unter denen eine steigende Maschinenanzahl zu sinkenden Gewinnen führt. Dabei werden nur die Bankkredit-finanzierten Unternehmen betrachtet, da die Gewinnfunktionen der VC-finanzierten Unternehmen die gleichen Effekte bei einer steigenden Maschinenanzahl aufweisen, wie die Bankkredit-finanzierten Unternehmen.

Die Gewinnfunktionen der Unternehmer ergeben sich bei vollständiger Spezialisierung der Ökonomie auf die Produktion des High-Tech-Gutes als:²¹

$$[5.9] \quad \pi_{1,B} = \frac{1-\rho_1}{h_{A|M_1}d} b_3 \bar{h} w_H^* - r_{K_1} E_0 \quad \text{und} \quad \pi_{2,B} = \frac{1-\rho_2}{h_{A|M_2}d} b_4 \bar{h} w_H^* - r_{K_{B,2}} E_0.$$

Gesucht wird der Effekt einer Erhöhung der Maschinenanzahl vom Typ j auf $\bar{h} w_H^*/h_{A|M_1}$ beziehungsweise auf $\bar{h} w_H^*/h_{A|M_2}$. Zu berücksichtigen ist dabei, daß in \bar{h} neben anderen Termen auch $-h_{A|M_1}$ beziehungsweise $-h_{A|M_2}$ enthalten sind.

Durch die in Kapitel 5.1 formulierten Restriktionen für die Parameterwahl sinken die Gewinne der Unternehmer vom Typ 1 mit zunehmender Maschinenanzahl der Maschinerie 1. Die Gewinne der Unternehmer vom Typ 2 sinken mit steigender Maschinenanzahl der Maschinerie 2, wenn die Parameter folgende Ungleichung erfüllen:

$$(\rho_2 - 1)[a_4(b_1 + b_3) - b_4(a_1 + a_3)] < \rho_2(a_1 + a_3 - b_1 - b_3).$$

²¹ Die Herleitung befindet sich im Anhang.

Spezialisiert sich die Volkswirtschaft auf die Produktion des traditionellen Gutes, folgt für die beiden Gewinnfunktionen:

$$[5.10] \quad \pi_{1,B} = \frac{1-\rho_1}{h_{A|M_1} a} a_3 \ell w_L^* - r_{K_1} E_0 \quad \text{und} \quad \pi_{2,B} = \frac{1-\rho_2}{h_{A|M_2} a} a_4 \ell w_L^* - r_{K_{B,2}} E_0.$$

Der Gewinn der Unternehmer vom Typ 2 sinkt mit steigender Maschinenanzahl der Maschinerie 2. Der Gewinn der Unternehmer vom Typ 1 sinkt mit steigender Maschinenanzahl vom Typ 1, wenn die Parameter die folgende Ungleichung erfüllen:

$$(\rho_1 - 1)[b_3(1 - a_1) + a_3(b_1 - 1)] < \rho_1(a_1 + a_3 - b_1 - b_3).$$

Diese Ungleichung stellt also an die Parameter die Anforderung, daß der von einer Erhöhung der Maschinenanzahl ausgehende Effekt auf den gleichgewichtigen Lohn für Arbeit kleiner als eins ist. In Kapitel 5.1 wurde bereits vereinbart, daß er größer als Null ist.

Die Gewinnfunktionen in einer nicht spezialisierten Ökonomie ergeben sich als:

$$[5.11] \quad \pi_{1,B} = \frac{(1-\rho_1)[\ell w_L^*(a_3 d - b_3 c) + \bar{h} w_H^*(b_3 a - a_3 b)]}{h_{A|M_1}(da - cb)} - r_{K_1} E_0 \quad \text{und}$$

$$\pi_{2,B} = \frac{(1-\rho_2)[\ell w_L^*(a_4 d - b_4 c) + \bar{h} w_H^*(b_4 a - a_4 b)]}{h_{A|M_2}(da - cb)} - r_{K_{B,2}} E_0.$$

Mit den oben formulierten Bedingungen an die Parameter ist auch für den Fall einer nicht spezialisierten Ökonomie sichergestellt, daß die Gewinne der Unternehmer beider Typen bei einer Erhöhung der jeweiligen Maschinenanzahl sinken.

6. Erwartungsbildung und Entscheidungsfindung

Das Wirtschaftssubjekt mit Qualifikation, welches vor der Entscheidung steht, eine unternehmerische Tätigkeit aufzunehmen, vergleicht die erwarteten Kapitalwerte bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 und bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 2. Dabei berücksichtigt es, welche Finanzierungsformen zur Verfügung stehen. Verfügt die VCG nicht über ein positives Fondsvolumen, stehen dem Wirtschaftssubjekt zwei Alternativen zur Verfügung: die Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 mit Bankkreditfinanzierung und die Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 mit Bankkreditfinanzierung. Verfügt die Bank über ein positives Kreditvergabevolumen und die VCG über ein positives Fondsvolumen, entscheidet sich das Wirtschaftssubjekt zwischen der Gründung eines Unternehmens vom Typ 1 mit Bankkreditfinanzierung und der Gründung eines Unternehmens vom Typ 2 mit VC-Finanzierung. In dieser Situation ist es für das Wirtschaftssubjekt nicht notwendig zu überprüfen, ob es bei Gründung eines Unternehmens vom Typ 2 und Bankkreditfinanzierung einen höheren Kapitalwert erwarten würde, da die Bedingungen der Bank für die Finanzierung eines Unternehmens vom Typ 2 für den Unternehmer mehr Kosten verursachen als eine VC-Finanzierung. Für die Entscheidungsfindung des Wirtschaftssubjektes ist neben den erwarteten Kapitalwerten der unternehmerischen Tätigkeiten auch der Kapitalwert der Opportunitätskosten der unternehmerischen Tätigkeit $E(w_{H,0})$ entscheidend. Übersteigt der erwartete Kapitalwert bei Gründung eines Unternehmens vom Typ 1 den erwarteten Kapitalwert bei Gründung eines Unternehmens vom Typ 2, wird sich das Wirtschaftssubjekt nur zur Gründung eines Unternehmens vom Typ 1 entscheiden, wenn der erwartete Kapitalwert bei Gründung eines Unternehmens vom Typ 1 den erwarteten Kapitalwert der Opportunitätskosten übersteigt. Abbildung 6.1 faßt die Entscheidungssituationen in Abhängigkeit des Kreditvergabevolumens und des verfügbaren Fondsvolumens zusammen.

Abbildung 6.1 – Entscheidungsverhalten in Abhängigkeit der verfügbaren Finanzierungsmittel

	Kreditfinanzierung möglich	Kreditfinanzierung unmöglich
Beteiligung möglich	<ul style="list-style-type: none"> - wenn $E[\pi_{1,B}] > E[w_{H,0}]$ und $E[\pi_{1,B}] > E[\pi_{2,V}]$ wähle Typ 1 mit Bankkredit - wenn $E[\pi_{2,V}] > E[w_{H,0}]$ und $E[\pi_{2,V}] > E[\pi_{1,B}]$ wähle Typ 2 mit VC - sonst bleibe Humankapitalanbieter 	<ul style="list-style-type: none"> - wenn $E[\pi_{1,V}] > E[w_{H,0}]$ und $E[\pi_{1,V}] > E[\pi_{2,V}]$ wähle Typ 1 mit VC - wenn $E[\pi_{2,V}] > E[w_{H,0}]$ und $E[\pi_{2,V}] > E[\pi_{1,V}]$ wähle Typ 2 mit VC - sonst bleibe Humankapitalanbieter
Beteiligung unmöglich	<ul style="list-style-type: none"> - wenn $E[\pi_{1,B}] > E[w_{H,0}]$ und $E[\pi_{1,B}] > E[\pi_{2,B}]$ wähle Typ 1 mit Bankkredit - wenn $E[\pi_{2,B}] > E[w_{H,0}]$ und $E[\pi_{2,B}] > E[\pi_{1,B}]$ wähle Typ 2 mit Bankkredit - sonst bleibe Humankapitalanbieter 	<ul style="list-style-type: none"> - bleibe Humankapitalanbieter

6.1 Erwarteter Kapitalwert bei Maschinerie 1

Der erwartete Kapitalwert bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 mit Bankkreditfinanzierung ergibt sich für die Laufzeit des Kreditvertrages als:

$$E[\pi_{1,B}] = \Psi_{M_1} E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{\frac{1-\rho_1}{h_{A|M_1}} (a_3 p_T Y_T^*(t) + b_3 p_H Y_H^*(t)) - r_{K_1} E_0}{(1+r_S)^t} \right] + (1 - \Psi_{M_1}) E \left[\sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{w_H(t)}{(1+r_S)^t} \right].$$

Dabei wurde der Index des Wirtschaftssubjektes nicht berücksichtigt, da es sich um homogene Wirtschaftssubjekte während der Entscheidungsphase handelt.

Das Wirtschaftssubjekt geht davon aus, daß die Ökonomie ihren eingeschlagenen Pfad nicht ändert, d.h., hat die Ökonomie sich bis zur Entscheidungsperiode des Wirtschaftssubjektes noch nicht spezialisiert, wird sie dies auch danach nicht tun. Eine Erwartungswertbildung über die Spezialisierungsdynamik ist nicht angemessen, da eine vollständige Spezialisierung der Ökonomie bei entsprechender Wahl der für die Spezialisierungsbereiche relevanten Parameter nur durch den Einfluß der Zufallsvariablen (also durch die technische Erfolgswahrscheinlichkeit) entsteht. Deshalb wird die Erwartungswertbildung durch eine zusätzliche Annahme vereinfacht: Jedes Wirtschaftssubjekt, das vor der Entscheidung steht eine unternehmerische Tätigkeit aufzunehmen, geht davon aus, daß es das letzte Wirtschaftssubjekt ist, welches eine unternehmerische Tätigkeit aufnimmt.

Mit der Annahme, daß nach dem betrachteten Wirtschaftssubjekt keine weiteren Unternehmen gegründet werden, folgt, daß die Löhne der Primärfaktoren für alle weiteren Perioden konstant sind. Die erwarteten Löhne der Primärfaktoren in dem erwarteten Kapitalwert bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 werden dabei unter der Annahme ermittelt, daß sich die Anzahl der Maschinen

vom Typ 1 um eins erhöht, die Anzahl der Maschinen vom Typ 2 hingegen unverändert bleibt. Der erwartete Kapitalwert kann somit angegeben werden als:

- wenn die Ökonomie sich vollständig auf das High-Tech-Gut spezialisiert

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{1,B}] = & \Psi_{M_1} \left(\frac{1 - \rho_1}{h_{A|M_1} d} b_3 \bar{h} E[w_H^*] - r_{K_1} E_0 \right) \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + (1 - \Psi_{M_1}) E[w_H^*] \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}
 \end{aligned}
 \tag{6.1}$$

- wenn die Ökonomie sich vollständig auf das traditionelle Gut spezialisiert

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{1,B}] = & \Psi_{M_1} \left(\frac{1 - \rho_1}{h_{A|M_1} a} a_3 \ell E[w_L^*] - r_{K_1} E_0 \right) \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + (1 - \Psi_{M_1}) E[w_H^*] \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}
 \end{aligned}
 \tag{6.2}$$

- wenn es zu keiner Spezialisierung kommt

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{1,B}] = & \Psi_{M_1} \frac{(1 - \rho_1) \ell E[w_L^*] (a_3 d - b_3 c)}{h_{A|M_1} (da - cb)} \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + \Psi_{M_1} \frac{(1 - \rho_1) \bar{h} E[w_H^*] (b_3 a - a_3 b)}{h_{A|M_1} (da - cb)} \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & - \Psi_{M_1} r_{K_1} E_0 \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + (1 - \Psi_{M_1}) E[w_H^*] \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} .
 \end{aligned}
 \tag{6.3}$$

Nachdem das Wirtschaftssubjekt den erwarteten Kapitalwert bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 mit Bankkreditfinanzierung kennt, wird es zunächst prüfen, ob dieser erwartete Kapitalwert den Kapitalwert der Opportunitätskosten $E[w_{H,0}]$ übersteigt.

Der erwartete Kapitalwert bei VC-Finanzierung stimmt mit dem Kapitalwert bei Bankkreditfinanzierung überein.

6.2 Erwarteter Kapitalwert bei Maschinerie 2

Für die Ermittlung des erwarteten Kapitalwertes bei Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 werden die erwarteten Löhne der beiden Primärfaktoren unter der Annahme bestimmt, daß die Maschinenanzahl der Maschinerie 2 sich um eins erhöht, und nun die Anzahl der Maschinen vom Typ 1 unverändert bleibt.

Verfügt die VCG über ein positives Fondsvolumen, ist der erwartete Kapitalwert bei Gründung eines Unternehmens vom Typ 2 gegebenen mit:

- wenn die Ökonomie sich vollständig auf das High-Tech-Gut spezialisiert

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{2,V}] &= \Psi_{M_2}(\vartheta) \left(\frac{1-\rho_2}{h_{A|M_2} d} b_4 \bar{h} E[w_H^*] - r_{K_{V,2}} E_0 \right) \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 &+ (1 - \Psi_{M_2}(\vartheta)) E[w_H^*] \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}
 \end{aligned}
 \tag{6.4}$$

- wenn die Ökonomie sich vollständig auf das traditionelle Gut spezialisiert

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{2,V}] &= \Psi_{M_2}(\vartheta) \left(\frac{1-\rho_2}{h_{A|M_2} a} a_4 \ell E[w_L^*] - r_{K_{V,2}} E_0 \right) \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 &+ (1 - \Psi_{M_2}(\vartheta)) E[w_H^*] \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}
 \end{aligned}
 \tag{6.5}$$

- wenn es zu keiner Spezialisierung kommt

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{2,V}] = & \Psi_{M_2}(\vartheta) \frac{(1-\rho_2)\ell E[w_L^*](a_4d - b_4c)}{h_{A|M_2}(da - cb)} \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + \Psi_{M_2}(\vartheta) \frac{(1-\rho_2)\bar{h} E[w_H^*](b_4a - a_4b)}{h_{A|M_2}(da - cb)} \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & - \Psi_{M_2}(\vartheta) r_{K_{V,2}} E_0 \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + (1 - \Psi_{M_2}(\vartheta)) E[w_H^*] \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}.
 \end{aligned}
 \tag{6.6}$$

Verfügt die VCG hingegen nicht über ein positives verfügbares Fondsvolumen, entscheidet sich das Wirtschaftssubjekt zwischen der Entwicklung einer Maschine vom Typ 1 mit Bankkreditfinanzierung und der Entwicklung einer Maschine vom Typ 2 mit Bankkreditfinanzierung. Der erwartete Kapitalwert bei Gründung eines Unternehmens vom Typ 2 ist dann gegeben mit:

- wenn die Ökonomie sich vollständig auf das High-Tech-Gut spezialisiert

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{2,B}] = & \Psi_{M_2} \left(\frac{1-\rho_2}{h_{A|M_2}d} b_4\bar{h} E[w_H^*] - r_{K_{B,2}} E_0 \right) \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + (1 - \Psi_{M_2}) E[w_H^*] \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}
 \end{aligned}
 \tag{6.7}$$

- wenn die Ökonomie sich vollständig auf das traditionelle Gut spezialisiert

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{2,B}] = & \Psi_{M_2} \left(\frac{1-\rho_2}{h_{A|M_2} a} a_4 \ell E[w_L^*] - r_{K_{B,2}} E_0 \right) \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + (1-\Psi_{M_2}) E[w_H^*] \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}
 \end{aligned}
 \tag{6.8}$$

- wenn es zu keiner Spezialisierung kommt

$$\begin{aligned}
 E[\pi_{2,B}] = & \Psi_{M_2} \frac{(1-\rho_2) \ell E[w_L^*] (a_4 d - b_4 c)}{h_{A|M_2} (da - cb)} \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + \Psi_{M_2} \frac{(1-\rho_2) \bar{h} E[w_H^*] (b_4 a - a_4 b)}{h_{A|M_2} (da - cb)} \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & - \Psi_{M_2} r_{K_{B,2}} E_0 \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t} \\
 & + (1-\Psi_{M_2}) E[w_H^*] \sum_{t=t_0+1}^{T_K} \frac{1}{(1+r_S)^t}.
 \end{aligned}
 \tag{6.9}$$

Wiederum überprüft das Wirtschaftssubjekt, ob der erwartete Kapitalwert der Opportunitätskosten den erwarteten Kapitalwert übersteigt.

7. Abschließende Bemerkungen

Diese Arbeit hat gezeigt, daß die theoretische Analyse des VC-Marktes und seiner Interdependenzen mit anderen Märkten in einer offenen Volkswirtschaft schon bei relativ einfachen Annahmen zu einem komplexen Modell führt. Dieses Modell kann analytisch nicht mehr gelöst werden und muß mit Hilfe von Computersimulationen untersucht werden. Das Einsetzen der Methode der Computersimulation ermöglicht die Abbildung von heterogenen Agenten. Dabei steht allen Agenten, beispielsweise allen Unternehmensgründern, ex ante eine identische Entscheidungsmenge zur Verfügung, in den konkreten Entscheidungssituation jedoch differieren die Entscheidungsmengen der Agenten. Einem Unternehmensgründer stehen vor der Entscheidungsphase hypothetisch eine Bankkredit- und eine VC-Finanzierung zur Verfügung. Befindet sich der Unternehmensgründer jedoch in der Entscheidungsphase, muß er erst eruieren, ob beide Finanzintermediäre in der Lage sind, seine Unternehmensgründung zu finanzieren, oder ob einer schon nicht mehr über ein positives Finanzierungsvolumen verfügt und somit die Entscheidungsmenge des Unternehmensgründers restringiert wird.

Das in dieser Arbeit beschriebene Modell bildet die wesentlichen Charakteristiken des Innovationsprozesses ab: Zum einen die fundamentale Unsicherheit von Innovationen, zum anderen die diskreten Entscheidungen heterogener Agenten. Das Modell weist einige Ähnlichkeiten mit einer einfachen Heckscher-Ohlin-Welt auf: Für den Produktionsprozeß stehen zwei Primärfaktoren zur Verfügung, und es werden zwei Konsumgüter produziert. Die aus der Heckscher-Ohlin-Welt bekannten Effekte bleiben tendenziell erhalten, jedoch bestehen neben diesen durch die endogen produzierten weiteren Produktionsfaktoren noch andere Effekte. Eine Erhöhung in der Verfügbarkeit einer Maschinerie beispielsweise verursacht neben einem Substitutionseffekt und einem Niveaueffekt auch ein Expandieren jenes Sektors, der diesen Faktor intensiv nutzt. Jedoch bestehen in diesem Modell auch gegenläufige Effekte, so daß nur unter bestimmten Parameterkonstellationen ein Expandieren in jenem Sektor verursacht wird.

Mit einer großen Anzahl von Simulationsläufen können Wahrscheinlichkeiten für das Erreichen bestimmter Zustände ermittelt werden. Die Simulation des

Modells gibt dabei Aufschluß darüber, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich die Ökonomie so spezialisiert, daß es nicht zu einem entwickelten VC-Markt kommt. Dabei können zwei Szenarien untersucht werden: Erstens, wie hoch diese Wahrscheinlichkeit ist, wenn keine asymmetrische Information vorliegt, d.h. wenn die Ersparnis Anleger Zugang zu den gleichen Informationen besitzen wie die Intermediäre. Der VCG fließen dann nur so viele Ersparnisse zu, wie sie zur Finanzierung aller Unternehmer, die eine Maschine vom Typ 2 entwickeln wollen, benötigt, während die Ersparnis Anleger selbst die Finanzierung der Unternehmer übernehmen, die eine Maschine vom Typ 1 entwickeln wollen. Zweitens, wie hoch diese Wahrscheinlichkeit ist, wenn asymmetrische Informationen zwischen den Ersparnis Anlegern und den Intermediären bestehen. Dabei können nicht nur die Wahrscheinlichkeiten für die Erreichung bestimmter Zustände ermittelt werden, sondern es lassen sich auch die Entwicklungspfade der Ökonomie sowie die Dauer der Wachstumsphase abbilden.

Das Modell wurde so konzipiert, daß es durch geringfügige Modifikationen für eine Vielzahl von Fragestellungen verwendet werden kann. Theoretisch sind zwei Fragestellungen von besonderem Interesse: Erstens, das Modellieren des Zwei-Länder-Falls mit der Implikation eines endogenen risikolosen Zinssatzes, um zu analysieren, ob die aus der Simulation der kleinen offenen Volkswirtschaft erhaltenen Ergebnisse auch für große Volkswirtschaften zutreffen. Zweitens, das Wirken von asymmetrischen Informationen zwischen den Intermediären und den Unternehmensgründern in Form von Moral Hazard oder adverser Selektion auf die Spezialisierungsdynamik und das VC-Angebot.

Das Modell eignet sich außerdem für die Analyse wirtschaftspolitischer Fragestellungen. Verschiedene Programme zur Unterstützung des VC-Marktes können analysiert und unter Effizienzgesichtspunkten bewertet werden. Dabei sind zwei Typen von Programmen zur Unterstützung des VC-Marktes von besonderem Interesse: Erstens, die Vergabe von langfristigen Krediten an VCG beziehungsweise die Aktivität des Staates als Fondsmanager und zweitens, die Übernahme von realisierten Verlusten der VCG beziehungsweise der Ersparnis Anleger von seiten des Staates. Neben dem Ermitteln des effizienteren Programmtyps können die Kosten einer Spezialisierungsänderung durch öffentliche Programme bestimmt werden.

Anhang 1: Bestimmung der Varianzkontur

Die Varianz des Portfolios $R(v)$ ist gegeben mit:

$$\sigma^2 = k^2 \sigma_B^2 + v^2 \sigma_V^2 + 2vk \sigma_{BV}.$$

Bestimmt werden muß die Kontur für eine fixe Varianz $\bar{\sigma}^2$. Die Funktion der Varianz ist ein Spezialfall einer allgemeinen quadratischen Gleichung (Eichberger und Harper 1997):

$$a_{11}k^2 + a_{22}v^2 + 2a_{12}vk + 2a_{01}v + 2a_{02}k + a_{00} = 0,$$

wobei $a_{11} = \sigma_B^2$, $a_{22} = \sigma_V^2$, $a_{12} = \sigma_{V,B}$, $a_{00} = -\bar{\sigma}^2$ und $a_{01} = a_{02} = 0$.

Seien

$$D = \det \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{01} \\ a_{12} & a_{22} & a_{02} \\ a_{01} & a_{02} & a_{00} \end{bmatrix} = -\sigma_B^2 \sigma_V^2 \bar{\sigma}^2 + \sigma_{BV} \sigma_{BV} \bar{\sigma}^2 \text{ und}$$

$$\Delta = \det \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{12} & a_{22} \end{bmatrix} = \sigma_B^2 \sigma_V^2 - \sigma_{BV}^2$$

die Determinanten der Koeffizientenmatrix dieser Gleichung. Aufgrund der Cauchy-Schwarz-Ungleichung (Mood, Graybill und Boes 1974) gilt, daß die Determinante der Kovarianzmatrix nicht negativ ist $\Delta \geq 0$. Für die Determinante der Koeffizientenmatrix folgt dann: $D = -\bar{\sigma}^2 \Delta \leq 0$. Wenn $\Delta > 0$ und somit $D < 0$, handelt es sich bei der Varianzkontur um eine Ellipse. Wenn $\Delta = 0$ und somit $D = 0$ handelt es sich bei der Varianzkontur um eine Gerade mit positiver Steigung.

Anhang 2: Herleitung der Spezialisierungsbedingungen

Der Nenner der optimalen Outputniveaus ist positiv, sofern gilt:

$$\frac{a_1 + a_3 \rho_1}{b_1 + b_3 \rho_1} > \frac{a_2 + a_4 \rho_2}{b_2 + b_4 \rho_2}.$$

Spezialisierung auf das High-Tech-Gut

Der Output des traditionellen Gutes ist nur positiv, wenn der Zähler von Y_T^* positiv ist, d.h. wenn $\ell w_L^* - p_H b Y_H^* > 0$ und somit $w_L^* \ell / w_H^* \bar{h} > \frac{b}{d}$. Einsetzen und Auflösen liefert die folgende Ungleichung:

$$\frac{w_L^* \ell}{w_H^* \bar{h}} > \frac{b_1 + b_3 \rho_1}{b_2 + b_4 \rho_2}.$$

Einsetzen des Lohnverhältnisses der beiden Primärfaktoren Arbeit und Humankapital liefert eine Ungleichung für das Preisverhältnis p_T/p_H , die exogene Parameter und die Anzahl der Maschinen enthält:

$$\frac{p_T}{p_H} > \underbrace{\left[\frac{\bar{h}(b_1 + b_3 \rho_1)}{\ell(b_2 + b_4 \rho_2)} \right]^{a_1 + a_3 - b_1 - b_3} \left(\frac{\alpha_{M_1} h_{A|M_1}^{\rho_1}}{\rho_1 \delta_1^{1/\rho_1}} \right)^{a_3 - b_3} \left(\frac{\alpha_{M_2} h_{A|M_2}^{\rho_2}}{\rho_2 \delta_2^{1/\rho_2}} \right)^{a_4 - b_4}}{=: \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_H}.$$

Gilt $\frac{p_T}{p_H} \leq \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_H$, spezialisiert die Ökonomie sich vollständig auf die Produktion des High-Tech-Gutes. In der Maschinenanzahl des Types 1 und des Types 2 ausgedrückt, findet diese Spezialisierung statt, wenn

$$\frac{p_T}{p_H} \left[\frac{b_1 + b_3 \rho_1}{\ell(b_2 + b_4 \rho_2)} \right]^{b_1 + b_3 - a_1 - a_3} \left(\frac{\alpha_{M_1}}{\rho_1 \delta_1^{1/\rho_1}} \right)^{b_3 - a_3} \left(\frac{\alpha_{M_2}}{\rho_2 \delta_2^{1/\rho_2}} \right)^{b_4 - a_4}$$

$$\leq \bar{h}^{a_1 + a_3 - b_1 - b_3} \left(h_{A|M_1}^{\rho_1 - 1/\rho_1} \right)^{a_3 - b_3} \left(h_{A|M_2}^{\rho_2 - 1/\rho_2} \right)^{a_4 - b_4}$$

Der Exponent der Maschinenanzahl vom Typ 1 ist negativ, da die Faktorintensität der Maschinerie 1 in der Produktion des traditionellen Gutes höher ist als in der Produktion des High-Tech-Gutes. Der Exponent der Maschinenanzahl vom Typ 2 ist hingegen positiv. Abstrahiert man von dem Einfluß, der von \bar{h} ausgeht, findet eine Spezialisierung auf das High-Tech-Gut statt, wenn die Anzahl der Maschinen vom Typ 2 im Vergleich zu der Anzahl der Maschinen vom Typ 1 ansteigt. Die Differenz zwischen den Maschinenanzahlen, die ausschlaggebend für eine vollständige Spezialisierung ist, hängt natürlich von den gewählten Faktorintensitäten der Maschinerie 1 und der Maschinerie 2 in den Endgutsektoren sowie von den Parametern der Kompositionsfunktion der Maschineriesektoren ab.

Spezialisierung auf das traditionelle Gut

Der Output des High-Tech-Gutes ist nur positiv, wenn der Zähler von Y_H^* positiv ist, d.h. wenn:

$$\frac{w_L^* \ell}{w_H^* \bar{h}} < \frac{a_1 + a_3 \rho_1}{a_2 + a_4 \rho_2}.$$

Wiederum erhält man durch Einsetzen des Lohnverhältnisses der beiden Primärfaktoren Arbeit und Humankapital eine Ungleichung für das Preisverhältnis p_T/p_H , die nur exogene Parameter und die Anzahl der Maschinen enthält:

$$\frac{p_T}{p_H} < \underbrace{\left[\frac{\bar{h}(a_1 + a_3 \rho_1)}{\ell(a_2 + a_4 \rho_2)} \right]^{a_1 + a_3 - b_1 - b_3} \left(\frac{\alpha_{M_1} h_{A|M_1}^{\rho_1}}{\rho_1 \delta_1^{1/\rho_1}} \right)^{a_3 - b_3} \left(\frac{\alpha_{M_2} h_{A|M_2}^{\rho_2}}{\rho_2 \delta_2^{1/\rho_2}} \right)^{a_4 - b_4}}_{=: \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_T}$$

Gilt $\frac{p_T}{p_H} \geq \left[\frac{p_T}{p_H} \right]_T$, spezialisiert die Ökonomie sich vollständig auf die Produktion des traditionellen Gutes. In der Anzahl der Maschinen vom Typ 1 und vom Typ 2 ausgedrückt, kommt es zu dieser Spezialisierung, wenn:

$$\begin{aligned} & \frac{p_T}{p_H} \left[\frac{a_1 + a_3 \rho_1}{\ell(a_2 + a_4 \rho_2)} \right]^{b_1 + b_3 - a_1 - a_3} \left(\frac{\alpha_{M_1}}{\rho_1 \delta_1^{1/\rho_1}} \right)^{b_3 - a_3} \left(\frac{\alpha_{M_2}}{\rho_2 \delta_2^{1/\rho_2}} \right)^{b_4 - a_4} \\ & \leq \bar{h}^{a_1 + a_3 - b_1 - b_3} \left(\frac{\rho_1 - 1}{h_{A|M_1} / \rho_1} \right)^{a_3 - b_3} \left(\frac{\rho_2 - 1}{h_{A|M_2} / \rho_2} \right)^{a_4 - b_4} \end{aligned}$$

Anhang 3: Gewinnfunktionen der Unternehmer

Die Gewinnfunktion der Unternehmer vom Typ 1 ist gegeben mit:

$$\pi_{1,B,i} = [p_{Z_{1,i}}^* - \alpha_{M_1} w_L^*] Z_1^* - r_{K_1} E_0$$

wobei

$$p_{Z_{1,i}}^* = \frac{\alpha_{M_1} w_L}{\rho_1}$$

$$Z_1^* = M_1^* \delta_1^{-\frac{1}{\rho_1}} h_{A|M_1}^{\frac{\rho_1}{\rho_1-1}} \text{ und}$$

$$M_1^* = \frac{a_3 \rho_1}{p_{M_1}} p_T Y_T^* + \frac{b_3 \rho_1}{p_{M_1}} p_H Y_H^* = \frac{\rho_1 \delta_1^{\frac{1}{\rho_1}}}{\alpha_{M_1} w_L^* h_{A|M_1}^{\frac{\rho_1}{\rho_1-1}}} [a_3 p_T Y_T^* + b_3 p_H Y_H^*].$$

Somit folgt:

$$Z_1^* = \frac{\rho_1}{\alpha_{M_1} w_L^* h_{A|M_1}} [a_3 p_T Y_T^* + b_3 p_H Y_H^*]$$

Einsetzen in die Gewinnfunktion liefert:

$$\pi_{1,B,i} = \frac{1 - \rho_1}{h_{A|M_1}} (a_3 p_T Y_T^*(t) + b_3 p_H Y_H^*(t)) - r_{K_1} E_0.$$

Einsetzen der drei möglichen Outputkombinationen liefert die in Kapitel 5.3 angegebenen Gewinnfunktionen.

Anhang 4: Verhalten der Gewinnfunktionen

Vollständige Spezialisierung auf das High-Tech-Gut

Gesucht wird die partielle Ableitung des Ausdrucks $\bar{h} w_H^* / h_{A|M_1}$ bzw. $\bar{h} w_H^* / h_{A|M_2}$ nach der jeweiligen Maschinenanzahl der Maschinerie. Sei $\bar{h} = \bar{h}_{R_1} - h_{A|M_1}$ und $\bar{h} = \bar{h}_{R_2} - h_{A|M_2}$, dann liefert partielle Differenzierung des Ausdruck $\bar{h} w_H^* / h_{A|M_1}$ aus der Gewinnfunktion der Unternehmer vom Typ 1:

$$\frac{\partial \frac{\bar{h}_{R_1} - h_{A|M_1}}{h_{A|M_1}} w_H^*}{\partial h_{A|M_1}} = \left(\frac{\bar{h}_{R_1} - h_{A|M_1}}{h_{A|M_1}} \right) \frac{\partial w_H^*}{\partial h_{A|M_1}} - \frac{\bar{h}_{R_1} w_H^*}{h_{A|M_1}^2}$$

Diese Ableitung ist negativ, wenn $\bar{h}_{R_1} > h_{A|M_1}$, d.h. wenn das in der Produktion beschäftigte Humankapital größer ist als die Anzahl der Unternehmer vom Typ 1. Für den Ausdruck aus der Gewinnfunktion der Unternehmer vom Typ 2 folgt:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \frac{\bar{h}_{R_2} - h_{A|M_2}}{h_{A|M_2}} w_H^*}{\partial h_{A|M_2}} &= \frac{\left(\bar{h}_{R_2} - h_{A|M_2} \right) \frac{\partial w_H^*}{\partial h_{A|M_2}} - \bar{h}_{R_2} w_H^*}{h_{A|M_2}^2} \\ &= \frac{\bar{h}_{R_2} h_{A|M_2} \frac{\partial w_H^*}{\partial h_{A|M_2}} - \bar{h}_{R_2} w_H^*}{h_{A|M_2}^2} - \frac{\partial w_H^*}{\partial h_{A|M_2}} \end{aligned}$$

Damit der Gewinn der Unternehmer vom Typ 2 mit steigender Maschinenanzahl der Maschinerie 2 sinkt, muß die Parameterwahl weiter restringiert werden. Der Gewinn wird negativ beeinflusst, wenn $h_{A|M_2} \frac{\partial w_H^*}{\partial h_{A|M_2}} < w_H^*$.

Einsetzen von $\frac{\partial w_H^*}{\partial h_{A|M_2}}$ aus Kapitel 5.1 liefert:

$$w_H^* \left[\frac{(\rho_2 - 1)[a_4(b_1 + b_3) - b_4(a_1 + a_3)]}{\rho_2(a_1 + a_3 - b_1 - b_3)} \right] < w_H^*.$$

Somit folgt als weitere Restriktion für die Parameterwahl:

$$[\rho_2 - 1][a_4(b_1 + b_3) - b_4(a_1 + a_3)] < \rho_2(a_1 + a_3 - b_1 - b_3).$$

Vollständige Spezialisierung auf das traditionelle Gut

Gesucht wird die partielle Ableitung von $w_L^*/h_{A|M_1}$ nach der Maschinenanzahl der Maschinerie 1:

$$\frac{\partial \frac{w_L^*}{h_{A|M_1}}}{\partial h_{A|M_1}} = \frac{\frac{\partial w_L^*}{\partial h_{A|M_1}} h_{A|M_1} - w_L^*}{h_{A|M_1}^2} < 0.$$

Einsetzen von $\frac{\partial w_L^*}{\partial h_{A|M_1}}$ aus Kapitel 5.1 liefert die folgende Ungleichung:

$$\frac{w_L^*}{h_{A|M_1}^2} \left[\frac{(\rho_1 - 1)[b_3(1 - a_1) + (b_1 - 1)a_3]}{\rho_1(a_1 + a_3 - b_1 - b_3)} - 1 \right] < 0.$$

Hieraus folgt als Restriktion für die Parameterwahl:

$$(\rho_1 - 1)[b_3(1 - a_1) + (b_1 - 1)a_3] < \rho_1(a_1 + a_3 - b_1 - b_3).$$

Literatur

- Amit, R., Brander, J. und Ch. Zott (1998). Why do Venture Capital Firms Exist? Theory and Canadian Evidence. *Journal of Business Venturing* 13, 441–466.
- Baltensperger, E. und H. Milde (1987). *Theorie des Bankverhaltens*. Springer, Berlin.
- Barro, R.J., und X. Sala-I-Martin (1995). *Economic Growth*. McGraw-Hill, Inc., New York.
- Bergemann, D. und U. Hege (1998), Venture Capital Financing, Moral Hazard, and Learning. *Journal of Banking & Finance* 22, 703–735.
- Eichberger, J. und I.R. Harper (1997). *Financial Economics*, Oxford University Press, Oxford, N.Y.
- Mood, A.M., Graybill, F.A. und D.C. Boes (1974). *Introduction to the Theory of Statistics*. McGraw-Hill, Singapore.
- Trester, J.J. (1998). Venture capital contracting under asymmetric information. *Journal of Banking & Finance* 22, 675–699.
- Varian, H.R. (1992). *Microeconomic Analysis*. W.W. Norton & Company, New York.
- Young, A. (1998). Growth without Scale Effects. *Journal of Political Economy* 106 (19) 41–63.