Technischer Fortschritt bei monopolistischem Wettbewerb

Eine theoretische Analyse des Innovationsverhaltens im Chamberlinschen Modell des monopolistischen Wettbewerbs bei differenzierten Gütern

Georg Götz

Vorwort

Bei der hier vorgelegten Studie handelt es sich um die geringfügig veränderte Version einer Arbeit, die im Mai 1995 von der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Regensburg als Dissertation angenommen wurde. Sie entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am dortigen Institut für Volkswirtschaftslehre. Für zahlreiche Hinweise und Denkanstöße möchte ich Gerhard Clemenz, Max Frank, Joachim Grosser, Martin Husz, Gisela Kubon-Gilke, Mona Ritthaler und Winfried Vogt danken. Widmen möchte ich diese Arbeit meiner Frau Petra Tatsch, die im Produktionsprozeß gleichzeitig Beistand und notwendiges Korrektiv war.

Wien, Juli 1996 *Georg Götz*

Inhaltsverzeichnis

„In spite of many - and important - differences between his [Schumpeters] system and my own, the two systems have always seemed to me essentially harmonious in the sense that their differences could easily be resolved, and that a marriage between them would be most fruitful, at least in congenial day-to-day living, and possibly even in the production of economically handsome offspring.“
(Chamberlin 1957, S. 225)

Kapitel 1: Einleitung

Technischer Fortschritt war und ist in einer Welt, in der eine Vielzahl von Ressourcen nicht beliebig vermehrbar sind, eine wichtige Kraft im Streben nach einem Anstieg der Wohlfahrt der Nationen. Die durch ihn induzierten Produktivitätssteigerungen sind qualitativ gesehen von ähnlicher Bedeutung für die Entwicklung der Pro-Kopf-Einkommen wie die Kapitalakkumulation und die verbesserte Qualifikation der Arbeitskräfte. Boskin und Lau kommen in einer neueren Studie (Boskin und Lau (1992)) zu dem Ergebnis, daß der Beitrag des technischen Fortschritts zum Wachstum des Bruttoinlandsproduktes je nach betrachtetem Land und verwendeter Abgrenzung zwischen 23 und 78 v.H. liegt (s. Tabelle 2.6, S.47)[1]. Die Entwicklung der Rate des technischen Fortschritts beeinflußt den Umfang der produzierbaren Gütermengen also in hohem Maß. Insbesondere für entwickelte Länder entscheidet sich damit auch die Frage, inwieweit konstanter materieller Wohlstand mit einer geringeren Beanspruchung der natürlichen Umwelt einhergehen kann.

[1] Boskin und Lau untersuchen die Entwicklung in Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Japan und in den USA. Die Bedeutung des technischen Fortschritts für den Wachstumsprozeß wird auch ausführlich in Grossman und Helpman (1991), Kap. 1 geschildert. Dabei wird auch auf eine Vielzahl empirischer Untersuchungen und deren Ergebnisse hingewiesen. Die Konzentration auf technischen Fortschritt impliziert in keiner Weise, daß dieser die einzige wesentliche Bestimmungsgröße in der Entwicklung von Volkswirtschaften ist. Eine Auflistung und Diskussion anderer Faktoren findet sich z. B. in Stern (1991). Er führt unter anderem die Entwicklung von Management und Organisationen, aber auch die der Infrastruktur als wichtige Determinanten des Wachstumsprozesses an.

Neben Einflußgrößen wie der staatlichen Grundlagenforschung stellen die auf Forschung und Entwicklung (F&E) gerichteten Aktivitäten privatwirtschaftlicher Unternehmen eine wichtige Determinante der gesamtwirtschaftlichen Rate des technischen Fortschritts dar. Empirische Studien weisen einen signifikanten Einfluß der F&E Ausgaben auf die aggregierten Produktivitätssteigerungen nach.[2] Die Bedeutung, die damit dem Innovationsverhalten der Firmen im Hinblick auf die wirtschaftliche Entwicklung zukommt, wurde schon früh und nachhaltig von Joseph A. Schumpeter unterstrichen (vgl. Schumpeter 1993, insb. Kap. 7). In seinem Spätwerk „Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie“ stellte er fest: „Der fundamentale Antrieb, der die kapitalistische Maschine in Bewegung setzt und hält, kommt von den neuen Konsumgütern, den neuen Produktions- oder Transportmethoden, den neuen Märkten, den neuen Formen der industriellen Organisation, welche die kapitalistische Unternehmung schafft“ (ebd., S. 137). Mit dieser Einschätzung der Innovationstätigkeit geht bei Schumpeter eine Vorstellung von „Konkurrenz“ einher, die deutlich vom Bild eines Preis- oder Mengenwettbewerbs bei gegebenen Produktionsmöglichkeiten abweicht: „In der kapitalistischen Wirklichkeit [...] zählt [...] die Konkurrenz der neuen Ware, der neuen Technik, der neuen Versorgungsquelle, des neuen Organisationstyps [...]“ (ebd., S. 140). Eine wichtige Vorbedingung für derartigen Wettbewerb und für Innovationen allgemein ist seiner Ansicht nach die Existenz von Marktmacht. Zum Ausdruck kommt dies zum Beispiel in folgendem Zitat: „Die Einführung neuer Produktionsmethoden und neuer Waren ist bei einer von Anfang an vollkommenen - und ganz sofortigen - Konkurrenz kaum denkbar. Dies bedeutet aber, daß die große Masse dessen, was wir technischen Fortschritt nennen, hiermit nicht vereinbar ist“ (ebd., S. 172). Die mit den Marktstrukturen unvollkommenen Wettbewerbs einhergehenden, statischen Effizienzverluste werden seiner Meinung nach bei weitem durch langfristige Gewinne aufgewogen, die bei einer Ausdehnung der Produktionsmöglichkeiten infolge von Innovationen realisiert werden können (vgl. ebd., insb. Kap. 8).

Die Aussagen Schumpeters zum Zusammenhang von Marktstruktur, Unternehmensorganisation und von technologischem Wandel bilden in Form ver-

---

[2] Vgl. dazu Link (1987), insb. seine "definite conclusions" S. 58. Auf die Schwierigkeiten, die bei der empirischen Überprüfung dieses Zusammenhanges aufgrund von Meß- und Datenproblemen auftreten, weist nachdrücklich Griliches (1994) hin.

schiedener „Schumpeter-Hypothesen“ den Ausgangspunkt vieler theoretischer und empirischer Analysen des Innovationsverhaltens von Unternehmen. Die besondere Bedeutung des Schumpeterschen Werkes unterstreichen zum Beispiel Baldwin und Scott (1987); sie beginnen ihren umfassenden Literaturüberblick zum Zusammenhang von Marktstruktur und technologischem Wandel mit den Sätzen: „Any systematic treatment of the literature on the relationship between the organization of industry and technological progress must begin with the pioneering work of Joseph A. Schumpeter. Subsequent studies, theoretical and empirical alike, often identify their topic as yet another contribution to the „Schumpeterian“ hypothesis, model, or system“ (S. 1).

Viele empirische Untersuchungen befassen sich mit dem Zusammenhang zwischen der Konzentration in einer Industrie und der Höhe der F&E Anstrengungen in dieser Industrie. Das Konzentrationsmaß dient dabei als Näherungsgröße für die Marktmacht der beteiligten Firmen. Daneben ist auch die Analyse des Einflusses der Unternehmensgröße auf die Höhe der F&E Ausgaben der einzelnen Unternehmen Gegenstand zahlreicher Analysen.[3] Gemeinsames Ziel dieser beiden Ansätze ist die Überprüfung der Schumpeterschen Behauptung, daß Großunternehmen zentralen Anteil am Vorantreiben des technischen Fortschritts hätten und in diesem Sinn besonders „innovativ“ seien. Für Schumpeter war dabei der Begriff des Großunternehmens Synonym für ein Unternehmen, das Monopolmacht auszuüben in der Lage ist (vgl. Baldwin und Scott 1987, S. 2). In (entscheidungs-)theoretischen Analysen geht es häufig um eine Überprüfung der normativen Eigenschaften der Marktergebnisse unter bestimmten Marktstrukturen oder unterschiedlichen institutionellen Arrangements[4]. Dabei geht es bei letzteren zumeist um die Frage nach der optimalen Ausgestaltung des Patentrechtes.

Die Ergebnisse dieser ökonomischen Analysen stellen ebenso wie die Einsichten Schumpeters einen „natürlichen“ Referenzpunkt für die hier vorgelegte Arbeit vor, die sich mit der Problematik des technischen Fortschritts und der

[3]Neben Baldwin und Scott (1987) geben Scherer und Ross (1990), Kap. 17 einen umfassenden Überblick über die empirischen Analysen.

[4] Einen Einblick in theoretische Modelle des F&E-Verhaltens geben z. B. Tirole (1988), Kap. 10 und Dasgupta (1986). Ausführliche Darstellungen verschiedenster Ansätze bieten Reinganum (1989) und Stadler (1989).

theoretischen Erklärung des Innovationsverhaltens von Firmen beschäftigt. Besondere Bedeutung hat der gemeinsame Ausgangspunkt dieser Ansätze, die Verwendung von Marktstrukturen unvollkommenen Wettbewerbs; das Auftreten von Marktmacht wird, im Zusammenspiel mit steigenden Skalenerträgen, als eines der charakteristischen Merkmale von Forschung und Entwicklung (F&E) betrachtet. [5]

Unvollkommener Wettbewerb wird auch in dieser Untersuchung unterstellt, in Abweichung vom größten Teil der theoretischen Literatur wird dabei allerdings von einer Form ausgegangen, die m. E. wie kaum eine zweite in der Lage ist die Schumpetersche Vorstellung von der Konkurrenz durch die „neue Ware" zu erfassen (vgl. Schumpeter 1993, S. 140). Es handelt sich dabei um die Marktform der monopolistischen Konkurrenz, wie sie von Chamberlin (1965) beschrieben wurde. Konstituierendes Merkmal dieser Marktform ist die Existenz von Produktdifferenzierung. Die einzelnen Firmen einer Industrie, die monopolistischen Konkurrenten, verfügen über Marktmacht, da sich die von ihnen angebotenen Varianten eines Gutes aus Sicht der Konsumenten unterscheiden und damit keine perfekten Substitute sind. Der Abbau von Extraprofiten erfolgt - freien Marktzugang vorausgesetzt - durch den Eintritt von Firmen, die ihrerseits neue Varianten auf den Markt bringen (vgl. Chamberlin 1965, Kap. 4 und 5). „Konkurrenz" ist also in erster Linie die Konkurrenz durch die neue Ware, nicht die Konkurrenz über Mengen oder Preise.

Die hier vorgelegte Arbeit versucht, das Modell der monopolistischen Konkurrenz über die Analyse von Produktinnovationen hinaus auch für die Untersuchung des Firmenverhaltens im Hinblick auf die Entwicklung und Implementation neuer Produktionsverfahren fruchtbar zu machen. Es geht um die Zusammenführung von Grundideen von Schumpeter und Chamberlin. Dabei sind in den Werken selbst bereits wechselseitige Anknüpfungspunkte zu finden. So bezeichnet Schumpeter die monopolistische Konkurrenz als eine in vielen Industriezweigen vorherrschende Marktform und verweist dabei explizit

[5] In den in Anmerkung 4 angeführten Überblicksdarstellungen werden ausschließlich Marktstrukturen des unvollkommenen Wettbewerbs behandelt. Vgl. auch die einleitenden Bemerkungen in Dixit (1988), daß F&E-Aktivitäten Eigenschaften aufweisen, die sie von walrasianischer Konkurrenz unterscheiden. Dasgupta und Stiglitz (1980b, S. 2) schreiben, daß die bei vollkommener Konkurrenz nötigen Konvexitätsannahmen niemals erfüllt sein werden, wenn es F&E-Ausgaben gibt.

auf das Werk Chamberlins (vgl. Schumpeter 1993, S. 131). Chamberlin seinerseits setzt sich in einem längeren Aufsatz mit dem Werk Schumpeters auseinander und betont dabei die Möglichkeit einer „dynamischen" Interpretation seiner eigenen Theorie als einer „theory of change", die als wichtiges Element eine sich ändernde Zahl von Produkten beinhaltet (Vgl. Chamberlin 1957, Kap. 10, insb. S. 225).

Der Stellenwert einer „Synthese" dieser beiden Ansätze tritt zu Tage, wenn man sich neben der oben angeführten Bedeutung der Innovationsaktivitäten von Firmen das Ausmaß vor Augen hält, das Produktdifferenzierung in den modernen Volkswirtschaften des ausgehenden 20. Jahrhunderts angenommen hat. Aktivitäten, die wie die Werbung darauf gerichtet sind, die Konsumenten von den tatsächlichen oder vermeintlichen speziellen Eigenschaften eines Produktes zu überzeugen, nehmen breiten Raum ein. Die unmittelbar mit dem Verkauf (im Gegensatz zur Herstellung) von Gütern verbundenen Ausgaben betrugen in den USA 1977 im Durchschnitt 7,75 Prozent der gesamten Verkaufserlöse[6]. Auf der Ebene theoretischer Analysen wurde der zunehmenden Bedeutung von Produktdifferenzierung durch die vermehrte Betrachtung von Marktstrukturen monopolistischer Konkurrenz Rechnung getragen. Als wichtiges Beispiel ist hier die Außenhandelstheorie bei unvollkommenem Wettbewerb zu nennen, aber auch in der neueren keynesianischen Makroökonomie spielt monopolistische Konkurrenz eine große Rolle[7]. Die Analyse des Innovationsverhaltens von Unternehmen im Rahmen industrieökonomischer Modelle beschränkt sich allerdings zumeist auf Cournot- und Bertrand-Wettbewerb, wobei in der Regel der Fall homogener Güter unterstellt wird[8]. Zu den wenigen Ausnahmen, die das F&E-Verhalten von Firmen bei monopolistischer Konkurrenz untersuchen, zählt Yarrow (1985). Er präsentiert ein Modell monopolistischer Konkurrenz, in dem die von den Firmen zu treffende Entscheidung als Wahl der F&E-Anstrengungen interpretiert werden könnte. Yarrow selbst tut dies nicht, er ist vor allem an strategischen Aspekten der Unternehmensentscheidung interessiert. Flam und

[6] Vgl. Scherer und Ross 1990, S. 573, Fußnote 3.

[7] Einen Einblick in die Außenhandelsanwendungen der monopolistischen Konkurrenz geben z. B. Helpman und Krugman (1985). Zur Makroökonomik siehe z. B. Blanchard und Fischer (1989), Kap. 8.

[8] Zu Quellen bezüglich der Cournot- und Bertrand-Modelle siehe Anmerkung 4, aber auch Kessler (1992), Clemenz (1992) und (1993) und Beath, Katsoulacos und Ulph (1989).

Helpman (1987) sprechen in ihrem Außenhandelsansatz, in dem ein Sektor monopolistische Konkurrenz aufweist, explizit von F&E, die von ihnen betrachteten F&E-Aufwendungen bestehen dabei aus Markteintrittskosten. Flam und Helpman interpretieren den Markteintritt also als Produktinnovation, gehen aber formal nicht über den Ansatz von Dixit und Stiglitz (1977) hinaus, die eine konsistente statische Formalisierung der Chamberlinschen Vorstellungen präsentieren. Es gibt auch im Gefolge von Judd (1985) und Romer (1990) eine Reihe von Ansätzen der sogenannten "neuen Wachstumstheorie", die den Zusammenhang von monopolistischer Konkurrenz und technischem Fortschritt untersuchen. F&E nimmt auch dabei die Form von Markteintrittsaufwendungen an[9]. Diese Modelle stellen gewissermaßen die „dynamische Version" der monopolistischen Konkurrenz dar; Wettbewerb erfolgt dabei durch einen stetigen Strom von Produktinnovationen. Nicht thematisiert wird die Problematik von Prozeßinnovationen; die einzige F&E-Entscheidung, die Unternehmen zu treffen haben, ist die bezüglich des Markteintrittes.

Ziel dieser Arbeit ist es, durch die Analyse des Innovationsverhalten von Firmen und die Bestimmung von Wohlfahrtseigenschaften der Marktlösungen bei monopolistischer Konkurrenz eine Lücke in der theoretischen Analyse sowohl des F&E-Verhaltens von Firmen als auch in der Erforschung der Marktstruktur der monopolistischen Konkurrenz zu schließen. Dabei stehen die Aktivitäten der Unternehmen im Zentrum der Untersuchung, die sich auf Prozeßinnovationen und die Übernahme neuer Technologien beziehen. Der wichtigste Antrieb für die Analyse des Innovationswettbewerbs im Rahmen des Chamberlin-Modells ist die Erfassung des für moderne Volkswirtschaften wichtigen Phänomens der Produktdifferenzierung durch diesen Ansatz. Eines der Hauptanliegen dieser Arbeit ist es zu zeigen, daß die Berücksichtigung von Produktdifferenzierung sowohl den Charakter als auch die Ergebnisse des F&E-Wettbewerbs im Vergleich zum, in vielen Analysen unterstellten Fall homogener Güter wesentlich verändert.

Zwei Implikationen von Produktdifferenzierung sind in diesem Zusammenhang zentral; sie führen dazu, daß die, in Modellen mit homogenen Gütern abgeleiteten Schlußfolgerungen nur sehr beschränkt auf die Teilbereiche des

[9] Eine Einführung in diese Ansätze bieten z. B. Flemmig und Götz (1993).

Innovationswettbewerbs in komplexen Ökonomien übertragbar sind, in denen differenzierte Güter eine große Rolle spielen. Die erste Implikation besteht dabei in einer veränderten wohlfahrtstheoretischen Beurteilung von Markteintritten, wenn die Güter differenziert sind. Bieten die unterschiedlichen Firmen verschiedene Varianten eines differenzierten Produktes an, so ist zu vermuten, daß die damit verbundene Angebotsvielfalt den Nutzen der Konsumenten durch die Ausdehnung der Wahlmöglichkeiten ansteigen läßt. Eine Zu- oder Abnahme der Firmenzahl hat damit über etwaige Preis- oder Mengeneffekte hinausgehende (Wohlfahrts-)Konsequenzen, die insbesondere das Urteil über die Effizienzeigenschaften der entsprechenden dezentralen Lösungen beeinflussen. So wurde von Dixit und Stiglitz (1977) gezeigt, daß Chamberlinsche Konkurrenz bei Berücksichtigung einer "Vorliebe für Vielfalt" zu einem Ergebnis führt, das als eingeschränkt optimal bezeichnet werden kann.

Die besondere Bedeutung einer im Vergleich zum Fall homogener Güter veränderten Beurteilung von Markteintritten rührt vor allem daher, daß Chamberlin-Konkurrenz auf ähnliche, in der Empirie anzutreffende, Formen des F&E-Wettbewerbs anwendbar ist wie Cournot-Wettbewerb. Diese Formen lassen sich am einfachsten durch die Abgrenzung von ihrem Gegenstück, einem Wettbewerb mit "alles oder nichts"-Charakter, beschreiben. Der Forschungswettbewerb nimmt dabei folgende Gestalt an: Gibt es mehrere Konkurrenten auf einem Markt, so bedient nach Durchführung einer Innovation häufig nur einer den Markt. Nur diese eine Firma erzielt einen positiven Ertrag. Dieses Resultat tritt in erster Linie auf, wenn Bertrand-Wettbewerb auf den Outputmärkten unterstellt, und ein Markt für ein homogenes Gut betrachtet wird. Wird z. B. eine Kostensenkung infolge einer Prozeßinnovation analysiert, so kommt es in diesem Szenario in der Regel dazu, daß nur die Firma mit der größten Kostensenkung im Markt bleibt[10]. Cournot-Wettbewerb hingegen impliziert eine Form des F&E-Wettbewerbs, bei der ex post nicht eindeutig Gewinner und Verlierer auszumachen sind, sondern die Unterschiede zwischen den Firmen graduell sind. Er führt dazu, daß sich auch Unternehmen mit hohen Kosten im Markt behaupten können. Die Koexistenz unterschiedlich produktiver Firmen tritt

[10] Zu anderen Ergebnissen kann man gelangen, wenn man sogenannte Superspiele betrachtet, in denen davon ausgegangen wird, daß sich die Konkurrenzsituation auf einen unendlichen Zeithorizont bezieht.

auch bei monopolistischer Konkurrenz auf, obwohl bei dieser Marktform der Preis die strategische Variable ist. Ursache dafür ist die Produktdifferenzierung. Preisunterschiede führen dann nicht unmittelbar zur Konzentration der Nachfrage auf das billigste Produkt. Für ein einfaches Beispiel von steigenden Skalenerträgen, einer Produktionsfunktion mit Fix- und konstanten Grenzkosten, kann man im Fall des Cournot-Wettbewerbs bei einem homogenen Gut ohne weitere formale Analyse eine eindeutige Aussage treffen: Eine Koexistenz von Firmen mit unterschiedlichen Kosten stellt eine ineffiziente Situation dar. Für das Modell monopolistischer Konkurrenz ist dies aufgrund der angeführten Vorliebe für Vielfalt nicht möglich. Will man (Wohlfahrts-)Aussagen über den F&E-Wettbewerb in Märkten mit differenzierten Gütern treffen, so müssen diese explizit abgeleitet werden, da durchaus andere Ergebnisse zu erwarten sind als die aus Modellen mit Cournot-Wettbewerb bekannten.

Die zweite, wichtige Implikation resultiert aus dem speziellen Charakter der Kosten, die eine Firma aufwenden muß, um ein differenziertes Gut auf dem Markt anbieten zu können. Im Hauptteil wird argumentiert, daß es sich dabei um sogenannte "Sunk costs" handelt, die in dieser Form in Märkten mit homogenen Gütern nicht zu erwarten sind. Die Berücksichtigung von Sunk costs hat ihrerseits spezielle Konsequenzen für den F&E-Wettbewerb, aber auch für die Wohlfahrtseigenschaften der unter diesen Umständen resultierenden Marktlösung. Ein Ziel dieser Arbeit ist es auch zu zeigen, daß die Einbeziehung dieser Sunk costs in die Analyse von F&E-Aktivitäten zu Ergebnissen führt, die sowohl von denen eines Modells der monopolistischen Konkurrenz ohne F&E als auch von denen der oben angeführten neuen Wachstumstheorie abweichen. Die in dieser Arbeit entwickelten Modelle können dadurch auch verschiedene Hinweise darauf geben, inwieweit die üblicherweise in der neuen Wachstumstheorie verwendeten, rudimentären Formalisierungen des F&E-Verhaltens verallgemeinert werden können.

Bevor nun ein Überblick über die vorgelegte Arbeit gegeben wird, soll der Gegenstand bzw. der Charakter dieser Untersuchung deutlich gemacht werden. Es geht hier nicht um eine umfassende, alle Aspekte erfassende Theorie des Innovationsverhaltens bei monopolistischer Konkurrenz. Absicht ist es vielmehr anhand ausgewählter Problemstellungen aufzuzeigen, daß sich durch die Analyse dieser Marktstruktur neue Erkenntnisse insbesondere über die Wohlfahrtseigenschaften des Innovationswettbewerbs in Marktwirtschaften gewinnen lassen. Die behandelten Themenstellungen umfassen ein weites Gebiet. Gemeinsam ist den Ansätzen, daß sie versuchen, verschiedene Facetten eines viel diskutierten politischen Problems zu beleuchten. Es geht dabei um die Frage, ob Industriepolitik gerade im Bereich von F&E sinnvoll ist und, wenn ja, wie sie aussehen sollte. Zur, zumindest "teilweisen", Beantwortung dieser Frage dient das im folgenden vorgestellte Forschungsprogramm.

Die Modellierung der monopolistischen Konkurrenz, hier gleichzusetzen mit der Formalisierung der von Chamberlin (1965) entwickelten Konzepte, folgt in dieser Arbeit dem Ansatz von Spence (1976) und mehr noch dem von Dixit und Stiglitz (1977). Die für die Analyse zentrale Spezifikation der Präferenzen der Haushalte geschieht über die Verwendung einer CES-Nutzenfunktion. Die konkrete Form dieser sehr speziellen Funktion wird im nächsten Kapitel vorgestellt, die Verwendung einer derart restriktiven Modellierung wird dort begründet. Auch ein zweiter Baustein des verwendeten Grundmodells, die von Dixit und Stiglitz (1977) abweichende Spezifikation des Güterraumes als Kontinuum verschiedener, jeweils von Ein-Produkt-Monopolisten angebotenen Varianten des differenzierten Gutes, wird im zweiten Kapitel diskutiert.

Nach diesen Vorarbeiten beginnt der Hauptteil der Arbeit, in dem das F&E-Verhalten von Firmen unter unterschiedlichen Ausgangsbedingungen untersucht wird.

Im *dritten* Kapitel wird der F&E-Wettbewerb analysiert, der sich im Fall einer Prozeßinnovation bei Vorliegen von monopolistischer Konkurrenz ergibt. Dabei wird eine binäre Forschungstechnologie unterstellt, bei der eine einzelne Firma nur darüber entscheiden kann, ob sie F&E-Anstrengungen macht oder nicht, das Niveau dieser Anstrengungen ist exogen festgelegt. Durch diese einfache {0,1}-F&E-Technologie wird es möglich den Einfluß von Schwellenwerten, also Mindestanstrengungsniveaus, in der F&E-Technologie zu isolieren. Der oben schon angeführten Bedeutung von Produktdifferenzierung wird durch die explizite Berücksichtigung von "Sunk costs" Rechnung getragen; es wird gezeigt, warum diese Sunk costs ihrerseits die Verwendung eines Zwei-Perioden-Modells implizieren und welche Konsequenzen das

Zusammentreffen dieser beiden Elemente für den Charakter des F&E-Wettbewerbs hat. Wie auch in den drei folgenden Kapiteln liegt der Schwerpunkt dieses Abschnittes, neben der Ableitung der Marktgleichgewichte und der Durchführung komparativ-statischer Analysen, bei wohlfahrtstheoretischen Fragestellungen. So wird z. B. demonstriert, daß die Zahl der Markteintritte unter Umständen in der dezentralen Lösung im Vergleich zu einer zweitbesten Lösung zu hoch ist und ein ineffizientes Forschungsniveau induziert. Dabei wird deutlich gemacht, daß für dieses Resultat gegensätzlich wirkende Externalitäten verantwortlich sind, ein "Konsumentenrenten-" und ein "Profitzerstörungseffekt".

Im *vierten* Kapitel wird die zweiperiodige Struktur aufrechterhalten, die binäre Forschungstechnologie wird durch die Annahme eines beliebig variierbaren Niveaus der F&E-Anstrengungen ersetzt. Die Einführung einer differenzierbaren F&E-Technologie führt zu keinen grundlegenden Änderungen in bezug auf die Wohlfahrtseigenschaften der sich in diesem Kontext einstellenden Marktgleichgewichte, sie ermöglicht aber die Ableitung von, im Vergleich zu verschiedenen Cournot-Modellen, interessanten Ergebnissen hinsichtlich der von den einzelnen Firmen gewählten Höhe der F&E-Ausgaben. Es wird gezeigt, daß die Firmen ihre F&E-Anstrengungen zwar so wählen, daß ihre Gesamtkosten minimiert werden, daß aber die F&E-Anstrengungen aufgrund der zu hohen Firmenzahl niedriger sind als in einer zweitbesten Lösung. Als Referenzpunkt wird im vierten Kapitel zudem ein einperiodiges Modell analysiert, in dem keine Sunk costs auftreten. Dieses Modell stellt eine Erweiterung des Dixit-Stiglitz-Standardmodells der monopolistischen Konkurrenz um die endogene Wahl der Technologie dar.

Die zuletzt angeführte Variante bildet den Ausgangspunkt für das *fünfte* Kapitel. Dort wird die Wirkung wirtschafts- und insbesondere handelspolitischer Maßnahmen in einem totalanalytischen zwei-Länder, zwei-Sektoren Modell untersucht. Fragestellungen aus dem Bereich der Außenhandelstheorie stehen hier im Mittelpunkt. In den Modellökonomien werden mit Hilfe eines Produktionsfaktors ein differenziertes, handelbares und ein homogenes, nicht-handelbares Gut hergestellt; die Firmen, die differenzierte Güter herstellen, können durch die Höhe ihrer F&E-Anstrengungen die Höhe ihrer variablen Produktionskosten bestimmen. Dieser Rahmen liefert unter anderem das, von Modellen vollkommener Konkurrenz deutlich abweichende Resultat, daß ein großes Land durch die Einführung eines kleinen Zolls eine Wohlfahrtseinbuße erleiden kann.

Eine Verlagerung des Schwerpunkts der Analyse findet im *sechsten* Kapitel statt. Es geht nicht mehr um die F&E-Entscheidung an sich, sondern um die Frage, wieviel Zeit verstreicht, bevor eine Firma ein neu auf dem Markt befindliches Produktionsverfahren einsetzt. Dieses als Adoption neuer Technologien bezeichnete Verhalten ist für die ökonomieweite Rate des technischen Fortschritts von ähnlicher Bedeutung wie F&E selbst. Bezogen auf die formale Analyse läßt sich feststellen, daß die Unterschiede zwischen beiden Aktivitäten eher interpretatorischer als prinzipieller Natur sind. Die Analyse erfolgt in einem Modell in stetiger Zeit. Unter Zugrundelegung einer „Adoptionstechnologie", bei der ein späterer Adoptionszeitpunkt mit niedrigeren diskontierten Kosten einhergeht, wird abgeleitet, daß von a priori identischen Firmen trotz deterministischer Technologien kein einheitlicher Adoptionszeitpunkt gewählt wird. Es stellt sich vielmehr ein, dem aus der Empirie bekannten Diffusionsmuster vergleichbares Ergebnis ein. Der Einfluß der Wettbewerbsintensität auf dieses Diffusionsmuster wird in diesem Kapitel ebenso untersucht wie die Frage nach der Effizienz der in einem Marktsystem resultierenden Diffusionskurve.

Den Abschluß der Arbeit bilden einige allgemeine Schlußfolgerungen aus den im Hauptteil abgeleiteten Ergebnissen. Dabei wird auf die Bedeutung des Auftretens von technologischen Externalitäten und von Unsicherheit für den Bereich der Forschung und Entwicklung eingegangen. Die kurze Diskussion dieser, in der hier vorgestellten Analyse vernachlässigten Aspekte soll weniger die abgeleiteten Ergebnisse relativieren als vielmehr aufzeigen, daß diese Elemente in die hier entwickelte Modellwelt integriert werden können. Der vorgestellte Modellrahmen eröffnet damit m. E. ein erfolgversprechendes Gebiet für zukünftige Forschung.

Kapitel 2: Bausteine des Grundmodells

In der Einleitung wurde schon kurz auf das hier verwendete Modell der monopolistischen Konkurrenz eingegangen. In diesem Abschnitt soll dies fortgesetzt werden, wobei besonderes Augenmerk auf zwei Bestandteile des Modells gerichtet wird: zum einen auf die Modellierung der Nachfrageseite - deren besondere Eigenschaften sollen durch die Gegenüberstellung mit anderen Modellen monopolistischer Konkurrenz verdeutlicht werden -, zum anderen auf die Spezifikation des Güterraumes und den damit verbundenen Konsequenzen für die Industriestruktur.

1. Die Präferenzen der Haushalte und die daraus resultierende Güternachfrage

1.1 Die (Spence-)Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion

Die Nachfrageseite wird modelliert über einen repräsentativen Konsumenten, der symmetrische Präferenzen hinsichtlich der verschiedenen Varianten des differenzierten Gutes hat. Diese Vorgehensweise folgt insbesondere dem Ansatz von Dixit und Stiglitz (1977). Es wird deren einfachste Version verwendet, eine CES-Nutzenfunktion, die sich durch eine konstante Substitutionselastizität zwischen jeweils zwei Varianten auszeichnet. Die konkrete Form der Funktion ist

$$(2.1) \qquad U = \left\{ \sum_{j=1}^{\infty} x_j^{\alpha} \right\}^{1/\alpha}, \qquad 0 < \alpha < 1 .$$

Dabei gibt x_j an, welche Menge der Variante j konsumiert wird, α ist ein Parameter der Nutzenfunktion. Bei der Festlegung des oberen Summationsindexes wird davon ausgegangen, daß die Präferenzen auf dem Raum aller möglichen Varianten definiert sind, wobei die Menge der möglichen Varianten mit der Menge der natürlichen Zahlen gleichgesetzt wird. Da im Gleichgewicht immer nur eine Teilmenge der möglichen Varianten bereitgestellt wird und da nur diese tatsächlich produzierten Varianten für die Entscheidungen des Haushalts von Bedeutung sind, wird zukünftig n, die Zahl der verfügbaren Varianten, als oberer Summationsindex verwendet.

In der Arbeit wird nicht genau die in (2.1) zugrunde gelegte Spezifikation des Güterraumes übernommen, es wird vielmehr eine Version verwendet, in der der Raum der Varianten als Kontinuum modelliert wird. Die Gestalt der Nutzenfunktion ist dann:

$$U = \left(\int_0^n x(j)^\alpha \, dj \right)^{1/\alpha} . \tag{2.2}$$

Das Intervall $[0, n]$ repräsentiert die Menge der tatsächlich produzierten Varianten, die Länge n dieses Intervalls ist ein Maß für diese Menge[11]. Da dieses Maß eine Zunahme bzw. Abnahme der Menge der verfügbaren Varianten in einer analogen Weise mißt, wie dies die Zahl n im diskreten Fall macht, werde ich im weiteren Text auch für den kontinuierlichen Güterraum von der "Zahl" der produzierten Varianten sprechen. Bevor diese Spezifikation diskutiert und anderen Ansätzen gegenübergestellt wird, sollen zunächst die aus der Nutzenfunktion resultierende Nachfragefunktion und einige ihrer Eigenschaften abgeleitet werden.

1.2 Die Ableitung der Nachfragefunktion

Das Optimierungsproblem des Haushalts hat folgende Gestalt:

$$\begin{aligned} &\max_{x(j)} \quad U = \left(\int_0^n x(j)^\alpha \, dj \right)^{1/\alpha} \\ &\text{u. d. NB} \quad \int_0^n p(j)x(j)dj \le E . \end{aligned} \tag{2.3}$$

Dabei steht *p(j)* für den Preis einer Variante und *E* für die auf die differenzierten Güter insgesamt entfallenden Ausgaben[12]. Das Maximierungsproblem

---

[11] Anstelle der Definition der Nutzenfunktion auf dem Intervall $[0,n]$ könnte sie allgemeiner auch auf der Menge der tatsächlich produzierten Varianten definiert werden. Die Zahl der Varianten wäre dann das Lebesgue-Maß dieser Menge. Diese Vorgehensweise, die z. B. von Chou und Shy (1991) gewählt wurde, bringt hier m. E. keinen besonderen Erkenntnisgewinn, da, wie später ausgeführt wird, die Frage, welche Varianten produziert werden, aus Sicht der Konsumenten irrelevant ist, sie sind nur an der insgesamt verfügbaren Zahl interessiert. Aus diesem Grund können alle produzierten Varianten ohne Einschränkung der Allgemeinheit auf dem oben angeführten Intervall angeordnet werden, n ist dann gerade das entsprechende Lebesgue-Maß.

[12] Im Zusammenhang mit den Gesamtausgaben E sind einige Anmerkungen dazu nötig, wie diese zu interpretieren sind, bzw. darüber, unter welchen Umständen davon ausgegangen werden

wird unter Verwendung der Variationsrechnung gelöst, dabei handelt es sich hier um ein sehr einfaches Kontrollproblem, da keine Zustandsvariable enthalten ist. Es muß lediglich der optimale Pfad der "Kontrollvariablen" x auf dem Raum der verfügbaren Varianten bestimmt werden, man erhält die Funktion $x(j)$ als Resultat, sie gibt die von jeder Variante j nachgefragte Menge an. Die Funktion $x(j)$ selbst kann in Anlehnung an Pascoa (1993a, insb. S. 343) als Profilfunktion bezeichnet werden.

Bei der Lösung des Optimierungsproblems wird nun zunächst unter Verwendung des Lagrangemultiplikators λ eine neue Zielfunktion definiert, in der die Nebenbedingung bereits berücksichtigt ist[13]. Diese mit **J** bezeichnete Zielfunktion lautet:

$$\mathbf{J} = \left(\int_0^n x(j)^{\alpha} dj \right)^{1/\alpha} - \lambda \left(\int_0^n p(j)x(j)dj - E \right). \tag{2.4}$$

Zusätzlich wird eine Variation

$$z(j) = x(j) + \varepsilon\eta(j)$$

um die optimale Profilfunktion $x(j)$ eingeführt. Die Funktion $\eta(j)$ ist eine beliebige stetige Funktion mit einer abschnittsweise stetigen Ableitung und mit $\eta(0) = \eta(n) = 0$. Der Parameter ε mißt den "Abstand" zwischen der optimalen Profilfunktion $x(j)$ und der Variation $z(j)$, geht ε gegen 0, dann verschwindet der Abstand. Da die Funktion $x(j)$ definitionsgemäß die optimale Profilfunktion ist, muß $\mathbf{J}(\varepsilon)$ an der Stelle $\varepsilon = 0$ maximal sein und die Bedingung

---

kann, daß sie konstant sind, wenn der betrachtete Sektor nur einer von mehreren ist. Letzteres wird in den folgenden Kapiteln unterstellt. Die Gesamtausgaben E sind in diesem Fall konstant, d. h. unabhängig von den Preisen, wenn man separable Präferenzen in Form einer Cobb-Douglas Nutzenfunktion hinsichtlich der Güter aus den verschiedenen Sektoren annimmt; auf jeden Sektor entfällt dann ein von den Relativpreisen unabhängiger Ausgabenanteil. Das formale Vorgehen in diesem Fall wird z. B. von Dixit und Stiglitz (1977) oder von Helpman und Krugman (1985, Kap. 6) geschildert. Auch in der vorliegenden Arbeit wird im fünften Kapitel ein entsprechender Fall behandelt. Dabei wird allerdings auch gezeigt, daß die verschiedenen in dieser Arbeit vorgestellten Modelle ohne Schwierigkeiten als Totalmodelle interpretiert werden können, in denen es nur einen Sektor gibt, die Gesamtausgaben E würden in diesem Fall dem Volkseinkommen entsprechen. Auf die verschiedenen Konsequenzen der beiden möglichen Interpretationen wird an den entsprechenden Stellen hingewiesen.

[13] Die Vorgehensweise folgt hier Intriligator (1971, Kap. 12). Zur Einbeziehung einer Nebenbedingung in Form eines Integrals siehe S. 317ff., auf den Seiten 308ff. wird geschildert, wie die Bedingung erster Ordnung für ein Optimierungsproblem vom hier vorliegenden Typ durch die Verwendung einer Variation $z(j)$ bestimmt werden kann.

(2.5) $$\frac{d\mathbf{J}(0)}{d\varepsilon} = 0$$

erfüllen. Aus dieser Ableitung ergibt sich dann eine Bedingung erster Ordnung, die die optimale Profilfunktion erfüllen muß. Die Ableitung lautet:

(2.6) $$\frac{d\mathbf{J}(0)}{d\varepsilon} = \frac{1}{\alpha}\left(\int_0^n x(j)^\alpha\,dj\right)^{(1/\alpha)-1} \int_0^n \alpha x(j)^{\alpha-1}\eta(j)dj - \lambda\int_0^n p(j)\eta(j)dj\ .$$

Dieser Term wird umgeformt zu:

(2.7) $$\frac{d\mathbf{J}(0)}{d\varepsilon} = \int_0^n \left[x(j)^{\alpha-1}\left(\int_0^n x(j)^\alpha\,dj\right)^{(1-\alpha)/\alpha} - \lambda p(j)\right]\eta(j)dj\ .$$

Das Fundamentallemma der Variationsrechnung besagt nun, daß der Term in eckigen Klammern für alle *j* verschwinden muß, damit die Ableitung für alle Funktionen $\eta(j)$, die die Rand- und Stetigkeitsbedingungen erfüllen, Null wird (siehe Intriligator (1971, S. 310).

Die optimale Profilfunktion *x*(*j*) muß somit folgende Bedingung erster Ordnung erfüllen[14]:

(2.8) $$x(j)^{\alpha-1}\left(\int_0^n x(j)^\alpha\,dj\right)^{(1-\alpha)/\alpha} - \lambda p(j) = 0 \qquad \text{für alle } j.$$

Diese Bedingung wird umgeformt zu:

(2.9) $$x(j) = \left(\lambda p(j)\right)^{1/(\alpha-1)}\left(\int_0^n x(j)^\alpha\,dj\right)^{1/\alpha}\ .$$

Setzt man diesen Ausdruck in die Budgetbeschränkung (aus dem Kalkül (2.3)) ein, die im Optimum ja auch erfüllt sein muß, dann erhält man:

(2.10) $$\int_0^n p(j)\left(\lambda p(j)\right)^{1/(\alpha-1)}\left(\int_0^n x(j)^\alpha\,dj\right)^{1/\alpha} dj = E\ .$$

---

[14] Unter Verwendung der Schwarzschen Integralungleichung (s. z. B. Heuser (1991), S. 475) läßt sich zeigen, daß die zweite Ableitung der Zielfunktion nach ε kleiner oder gleich 0 ist. Die Bedingungen zweiter Ordnung für ein Maximum sind damit erfüllt. Vgl. dazu auch Intriligator (1971, S. 312).

Durch Herausziehen der konstanten Terme aus dem Integral und weiteres Vereinfachen ergibt sich:

$$\lambda^{1/(\alpha-1)}\left(\int_0^n x(j)^\alpha \, dj\right)^{1/\alpha} = \frac{E}{\int_0^n p(j)^{\alpha/(\alpha-1)} \, dj} . \tag{2.11}$$

Ersetzt man mit Hilfe dieser Bedingung den entsprechenden Term auf der rechten Seite in Gleichung (2.9), so resultiert die von jeder Variante nachgefragte Menge in Abhängigkeit vom Laufindex *j*, also die gesuchte Profilfunktion. Sie hat folgende Gestalt[15]:

$$x(j) = \frac{p(j)^{1/(\alpha-1)}}{\int_0^n p(z)^{\alpha/(\alpha-1)} \, dz} E \quad . \tag{2.12}$$

Die Nachfrage nach einer Variante ist isoelastisch, für die Preiselastizität der Nachfrage σ gilt: $\sigma \equiv -\left(\partial x(j) / \partial p(j)\right) / \left(x(j) / p(j)\right) = 1/(1-\alpha)$. Die Substitutionselastizität zweier Varianten, definiert als:

$$-\frac{\partial\left(x(i)/x(j)\right)}{\partial\left(p(i)/p(j)\right)} \frac{p(i)/p(j)}{x(i)/x(j)} ,$$

ist in bezug auf jedes Paar von Varianten konstant und hat ebenfalls den Wert σ.

1.3 Inhaltliche Konsequenzen der Spezifikation der Nachfrageseite

Die im letzten Abschnitt abgeleiteten formalen Eigenschaften, die aus der symmetrischen Spezifikation der Nutzenfunktion resultieren, haben vor allem zwei inhaltliche Konsequenzen. Zum einen gibt es keine "Nachbargüter", d.h.:

---

[15] Zur Ableitung dieser Nachfragefunktion und zum Ergebnis vgl. z. B. Grossman und Helpman (1991, S.45ff) und Helpman und Krugman (1985, Kap. 6). An dieser Stelle soll noch auf ein technisches Problem hingewiesen werden, das hier durch die Verwendung eines kontinuierlichen Güterraumes auftaucht. Die ganze Vorgehensweise ist nur zulässig, wenn die Profilfunktion für die Preise *p(j)* abschnittsweise integrierbar ist, da sonst die entsprechenden Integrale nicht definiert sind. Diese Anforderung stellt aufgrund der symmetrischen Nutzenfunktion kein Problem dar, wenn alle Firmen identische (Grenz-)Kosten aufweisen (vgl. dazu auch die Anmerkung bei Romer (1990), S. S86). Im dritten Kapitel wird gezeigt, auf welche Weise das Auftreten von Problemen auch bei unterschiedlichen Kosten umgangen werden kann (vgl. Anmerkung 26).

zwei verschiedene, beliebig aus dem Güterspektrum herausgegriffene Varianten sind immer in gleichem Maße substituierbar, eine Variante steht in unmittelbarer Konkurrenz mit jeder anderen Variante. Senkt eine Firma bzw., in der kontinuierlichen Spezifikation, ein positives Maß von Firmen den Preis, so verringert sich die Nachfrage nach den Varianten jedes Konkurrenzunternehmens im gleichen Ausmaß. Diese Eigenschaften unterscheiden das hier vorliegende Modell von Modellen räumlicher Produktdifferenzierung[16]. In solchen Modellen kann ein Abstand oder eine Entfernung zwischen zwei Varianten definiert werden. Ihren Niederschlag findet diese räumliche Dimension im Index, der der einzelnen Variante zugeordnet wird. Varianten mit geringerem Abstand stehen in stärkerem Wettbewerb untereinander als weiter voneinander entfernte Varianten. Die Art der Indexierung der Güter spielt im Gegensatz dazu im symmetrischen Modell keine Rolle, für die Konsumenten ist unerheblich, welche Varianten aus der Menge der möglichen Varianten produziert werden, wichtig ist nur deren Zahl, also die Produktvielfalt.

Zum anderen läßt sich der Grad der Substituierbarkeit der Varianten an nur einem Parameter, der Höhe der Substitutionselastizität, ablesen. Dadurch wird auch die Bedeutung, die der Produktvielfalt durch die Konsumenten zugemessen wird, auf sehr einfache Weise erfaßt: Je höher die Substitutionselastizität, desto geringer die "Vorliebe" für Vielfalt. Diese Vorliebe selbst kommt in einem Anstieg des Nutzenniveaus zum Ausdruck, wenn für ein gegebenes Budget und für gegebene Preise die Zahl der verfügbaren Varianten ansteigt. Formal läßt sich diese Eigenschaft am einfachsten für den Fall zeigen, in dem die Preise und damit auch die nachgefragten Mengen aller Varianten gleich sind. Die Budgetbeschränkung hat dann die Form: $npx = E$; für gegebene Preise und gegebenes Budget erhält man die Nachfrage in Abhängigkeit von der Zahl der Varianten. Setzt man diesen Zusammenhang in die Nutzenfunktion (2.2) ein, so ergibt sich:

$$U = \left(\int_0^n \left(\frac{E}{np} \right)^\alpha dj \right)^{1/\alpha} = \frac{n^{(1-\alpha)/\alpha} E}{p} \quad . \tag{2.13}$$

Da gilt: $\alpha < 1$, steigt das Nutzenniveau mit steigender Produktvielfalt.

---

[16] Eine Einführung in Modelle räumlicher Produktdifferenzierung bieten z. B. Beath und Katsoulacos (1991, Kap. 2) und Tirole (1988, Kap. 7).

1.4 Diskussion der Implikationen der (Spence-)Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion

Die hier vorgestellte Modellierung der Haushaltsseite, die dem Ansatz von Dixit und Stiglitz (1977) folgt, wurde vor allem aufgrund zweier Eigenschaften kritisiert. Dies ist zum einen das oben schon angeführte Fehlen von Nachbargütern; es gibt keine Rangfolge in der Wertschätzung der Varianten und alle Güter konkurrieren in gleicher Weise miteinander. Die Konsequenz daraus ist die Vorliebe für Vielfalt, die die extreme Gestalt annimmt, daß der repräsentative Konsument alle hergestellten Varianten auch nachfragt, selbst wenn dadurch die von jeder einzelnen Variante konsumierte Menge verschwindend klein wird. Diese Kritik, geäußert zum Beispiel von Pettengill (1979), trifft m. E. nur zu, wenn man die Fiktion des repräsentativen Konsumenten in dem Sinn wörtlich versteht, daß man allen Konsumenten eine derartige Nutzenfunktion zuschreibt. Schon in ihrer Antwort auf die Kritik Pettengills betonen Dixit und Stiglitz (1979), daß die Nutzenfunktion des repräsentativen Konsumenten als soziale Wohlfahrtsfunktion einer Ökonomie interpretiert werden kann, die sich aus Konsumenten mit heterogenen Präferenzen bezüglich der verschiedenen Varianten des differenzierten Gutes zusammensetzt. Eine derartige 'Mikrofundierung' der entsprechenden Nachfragefunktionen wurde später auch von verschiedenen Autoren unternommen; so schreiben z. B. Deneckere und Rothschild (1992), daß die aggregierten CES-Nachfragefunktionen mit Hilfe ihres Ansatzes aus heterogenen Präferenzen einzelner Konsumenten abgeleitet werden können (vgl. insb. S. 367). Anderson, de Palma und Thisse (1992) stellen eine Spezifikation der Präferenzen heterogener Konsumenten vor, die unter bestimmten Verteilungsannahmen auf aggregierter Ebene die CES-Nutzenfunktion generiert (vgl. Abschnitt 3.7). Weitzman (1994) konstruiert ein spezielles Modell räumlicher Produktdifferenzierung und zeigt, daß sein Modell und der Ansatz von Dixit und Stiglitz (1977) isomorph sind. Damit können die unter Verwendung des zuletzt angeführten Absatzes abgeleiteten Ergebnisse im Sinne der räumlichen Produktdifferenzierung interpretiert werden.

Die zweite kritisierte Eigenschaft ist das Verhalten der Nachfrageelastizität für den Fall, daß die einzelnen Firmen, die jeweils eine Variante herstellen, im Vergleich zum Gesamtmarkt verschwindend klein werden, ihr Verhalten also keinen Einfluß auf den Gesamtmarkt hat. In der kontinuierlichen Spezifikation liegt dieser Fall immer vor und die Nachfrageelastizität ist unabhängig von der

"Firmenzahl" konstant. In der diskreten Modellierung verschwindet der Einfluß, wenn die Firmenzahl *n* aufgrund sinkender Fixkosten oder einer Marktvergrößerung gegen unendlich geht, die Nachfrageelastizität geht dann gegen einen konstanten, endlichen Wert. In vielen Modellen unvollkommenen Wettbewerbs wie z. B. im Textbuchmodell des Oligopols bei Cournot-Wettbewerb geht die Nachfrageelastizität, der sich eine einzelne Firma gegenübersieht, unter diesen Umständen gegen unendlich, die Marktmacht einer einzelnen Firma verschwindet. Wiederum Pettengill (1979) ist der Meinung, daß auch ein Modell monopolistischen Wettbewerbs diese Eigenschaft aufweisen sollte. Dixit und Stiglitz (1979) halten dieser Meinung m. E. zurecht entgegen, daß es in der Realität durchaus Situationen gibt, in denen die beobachteten Gleichgewichte keinen vollkommenen Wettbewerb aufweisen. Zur idealisierten Beschreibung einer solchen Situation mit Hilfe der Fiktion von z. B. unendlich vielen Firmen könne dann ihr Ansatz verwendet werden, in dem auch im Limit die Marktmacht der einzelnen Firmen nicht verschwindet, "since the numbers of commodities and characteristics are of the same order of magnitude as the number of firms" (Dixit und Stiglitz, 1979, S. 963). Indirekt unterstützt wird dieses Argument auch von Pascoa (1993a). Dieser hält die Idee Chamberlins, daß im Fall von Produktdifferenzierung eine aus gesamtwirtschaftlicher Sicht vernachlässigbare Größe einer Firma mit Marktmacht einhergehen kann, für einen sehr wichtigen Beitrag zur Wirtschaftstheorie.

Nachdem verschiedene Kritikpunkte an der Modellierung von monopolistischer Konkurrenz entsprechend dem Ansatz von Dixit und Stiglitz (1977) vorgestellt wurden, soll das eher pragmatische Argument dargelegt werden, das den Anstoß gab, diese Spezifikation in dieser Arbeit dennoch zu verwenden. Die restriktive Spezifikation erleichtert einerseits die formale Handhabung der Modelle und läßt andererseits aber durch die restriktiven Annahmen konkrete Ergebnisse bzw. Vorhersagen erwarten. Gerade die Bedeutung dieses zweiten Arguments wird von Anderson und de Palma (1992) (S. 52) herausgestellt, wenn sie ihr Logit-Modell allgemeineren Modellen der Produktdifferenzierung gegenüberstellen[17]. Die Verwendung des Ansatzes von Dixit und Stiglitz in

[17] Ihr Ansatz, in dem jedes Mitglied einer Population heterogener Konsumenten genau eine oder keine Einheit genau einer Variante wählt, läßt sich auf eine aggregierte Nutzenfunktion reduzieren,

verschiedenen Bereichen der Wirtschaftstheorie zeugt zugleich davon, daß dieser Ansatz einerseits Phänomene erfaßt, die in vielen Gebieten von Bedeutung sind, andererseits aber doch handhabbar ist. Anwendungen sind in der Außenhandelstheorie, in der neuen keynesianischen Makroökonomik und in der Wachstumstheorie zu finden. Nicht zuletzt die Verwendung im letztgenannten Gebiet, in dem Fragen des technischen Fortschritts im Mittelpunkt stehen, gaben den Ausschlag für die analoge Modellierung in der hier vorliegenden Arbeit.

2. Der Firmensektor als Kontinuum von Ein-Produkt Monopolisten

In den folgenden Kapiteln wird davon ausgegangen, daß jede einzelne im Gleichgewicht bereitgestellte Variante des differenzierten Gutes von nur einer Firma produziert wird und daß sich gleichzeitig jede einzelne Firma auf die Herstellung einer Variante beschränkt. Zusammen mit der Spezifikation des Güterraumes als Kontinuum ergibt sich damit ein Firmensektor, der von einem Kontinuum von Ein-Produkt Monopolisten gebildet wird.

Die Modellierung über ein Kontinuum sowohl von Gütern als auch von Firmen ist bei vielen Ansätzen, die eine Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion verwenden, anzutreffen, so zum Beispiel bei Romer (1990), Grossman und Helpman (1991), Judd (1985) und Ball und D. Romer (1990). In den Fällen, in denen die Verwendung dieser Spezifikation überhaupt begründet wird (siehe z. B. Romer (1990), S. 82f.), wird auf die Vermeidung des Ganzzahligkeitsproblems verwiesen, das bei einer diskreten Modellierung bei der Berücksichtigung einer Nullprofitbedingung auftreten würde. Die Bereitstellung einer einzelnen Variante durch höchstens eine Firma läßt sich über die, bei Produktdifferenzierung zu erwartende, Existenz von Fixkosten motivieren. Dieser Zusammenhang wird unter anderem im nächsten Kapitel begründet. Geht man zudem, wie in Modellen monopolistischer Konkurrenz üblich, davon aus, daß für die Firmen der fallende Bereich der Durchschnittskosten relevant ist, dann folgt aus der Annahme von Bertrand-Wettbewerb sofort, daß nur eine

---

die eine Präferenz für Vielfalt aufweist. Er beruht unter anderem auch auf speziellen Verteilungsannahmen.

Firma den Markt für die jeweilige Variante bedient (siehe dazu auch Grossman und Helpman (1991), S. 49).

Neben diesem Argument lassen sich aber noch wichtige, zusätzliche Gründe für die stetige Modellierung und speziell für die Unterstellung von Ein-Produkt Monopolisten anführen. So wird durch das Kontinuum die Idee Chamberlins *exakt* erfaßt, daß die einzelne Firma keinen Einfluß auf den Gesamtmarkt hat. Dies betont zum Beispiel Pascoa (1993a, siehe S. 336). Die Exaktheit äußert sich nicht zuletzt darin, daß man die vorne bestimmten Elastizitäten exakt und nicht nur näherungsweise für großes n wie im diskreten Fall erhält[18]. Ursache dafür ist, daß die einzelne Firma auf den im Nenner der Nachfragefunktion (2.12) auftretenden Industriepreisindex keinen Einfluß hat. Diese Aussage macht gleichzeitig deutlich, daß es keinen Sinn macht, Firmen zu betrachten, die mehrere Varianten produzieren. Eine solche Firma (die ein positives Maß von Varianten produziert) hätte gerade wieder einen Einfluß auf den Gesamtmarkt, die erwünschte Wirkung der Kontinuumsannahme wäre konterkariert.

Ein zweites, eher technisches Argument soll hier nur kurz angeschnitten werden, seine Bedeutung wird erst im Rahmen der in den folgenden Kapiteln (siehe v. a. Kap. 3 und Kap. 6) vorgestellten Modelle ausführlich diskutiert. Es geht dabei darum, daß bei der Betrachtung von Spielen mit einem Kontinuum von Akteuren auf die Analyse von Gleichgewichten in gemischten Strategien verzichtet werden kann. Dies ist vor allem in den Fällen von Bedeutung, in denen die Verwendung des Nash-Gleichgewichtskonzepts nicht zu einem symmetrischen Gleichgewicht in reinen Strategien führt, obwohl die Akteure symmetrische Ausgangspositionen haben. Nash-Gleichgewichte in reinen Strategien führen dann - so sie denn existieren - zu dem unplausiblen Ergebnis, daß identische Akteure im Gleichgewicht verschiedene Auszahlungen erhalten. Durch die Einführung von gemischten Strategien, bei denen die einzelnen Akteure über mögliche Aktionen randomisieren, wird es in der Regel möglich, Gleichgewichte mit identischen erwarteten Auszahlungen abzuleiten. Geht man von einem Kontinuum von Akteuren aus, lassen sich auch Gleichgewichte in reinen Strategien ableiten, in denen die Pay-offs aller Spieler gleich sind. Die

[18] Vgl. auch die Bemerkung von Krugman (1989, S. 1215), daß die Verwendung eines Kontinuums genauer ist als die eines diskreten Güterraumes.

Randomisierung geschieht hier nicht mehr durch den einzelnen Agenten, sondern sozusagen auf aggregierter Ebene, indem eine Verteilung über die einzelnen Akteure gelegt wird, die ihrerseits jeweils eine reine Strategie spielen. Im Fall von nur zwei möglichen Aktionen bedeutet dies, daß die Anteile der Akteure bestimmt werden, die die jeweilige Aktion als reine Strategie wählen. Eine ausführlichere Diskussion solcher Gleichgewichte findet sich später[19].

Zum Schluß dieser Ausführungen über die Konsequenzen der Verwendung eines Kontinuums von Firmen stellt sich natürlich die Frage, auf welche in der Realität anzutreffenden Fälle die auf diesem Konzept basierenden Modelle anzuwenden sind. Ich möchte diese Frage mit einem Zitat aus Dixit (1988) beantworten. Dixit schreibt in dem Aufsatz, in dem er F&E-Anstrengungen im Rahmen eines Patentrennen-Ansatzes untersucht: "There are many firms engaged in the R&D competition; for simplicity I shall treat them as a continuum." Diesem Satz fügt er die Fußnote 2 hinzu mit folgendem Inhalt: "This is an acceptable approximation for most R&D races in semiconductor and biotechnology industries that have a dozen or more starters, but there are exceptions such as the jet aircraft industry." (S. 318).

[19] Zu Spielen mit einem Kontinuum von Akteuren und den dabei möglichen Gleichgewichten in reinen Strategien s. z. B. Mas-Colell (1984) und Pascoa (1993b).

Kapitel 3: Die Bedeutung von Sunk costs und einer binären Forschungstechnologie für den F&E-Wettbewerb bei monopolistischer Konkurrenz

1. Einleitung

Im ersten Kapitel wird ebenso wie bei Beath und Katsoulacos (1991, S. 1) argumentiert, daß in hochentwickelten Volkswirtschaften Produktdifferenzierung vorherrschend ist. Akzeptiert man diesen Ausgangspunkt, so müssen auch in der Analyse des F&E-Verhaltens von Firmen die Konsequenzen einbezogen werden, die mit diesem Phänomen einhergehen. Bei horizontaler Produktdifferenzierung ist insbesondere zu berücksichtigen, daß sie, so wird im folgenden argumentiert, Markteintrittskosten in Form von Produktentwicklungskosten impliziert, die nach erfolgtem Markteintritt "versunken" sind. Eine einfache Überlegung macht deutlich, daß die Existenz derartiger Sunk costs weitreichende Folgen für das Verhalten der Firmen und die resultierenden Marktgleichgewichte nach sich zieht: Eine Firma, die sich bereits (einen gewissen Zeitraum) im Markt befindet, hat, da ein Teil ihrer Kosten eben "versunken" ist, eine andere Kostenstruktur als eine Firma, die vor der Entscheidung steht, in den Markt einzutreten. Eröffnen sich nun in einem bestimmten Zeitpunkt profitable Investitionsmöglichkeit z. B. in Form einer Prozeßinnovation, so haben die im Markt aktiven Firmen eine bessere Ausgangsposition als potentielle Unternehmen; es ist nicht notwendigerweise der Fall, daß auftretende Profite durch Markteintritte abgebaut werden. Rationale Wirtschaftssubjekte werden die asymmetrische Situation und eventuell in späteren Zeitpunkten erwachsende Überschußprofite schon zu dem Zeitpunkt vorhersehen, in dem Markteintritt erstmals möglich ist, und ihr Verhalten entsprechend anpassen.

Geht man von der m. E. empirisch plausiblen Annahme aus, daß zum Zeitpunkt des Markteintritts noch nicht alle Innovationsmöglichkeiten verfügbar sind und daß insbesondere die hier näher analysierten Prozeßinnovationen erst eine gewisse Zeit nach dem Markteintritt durchgeführt werden, dann hat die Existenz von Sunk costs auch Einfluß auf die Art und Weise, wie F&E-Wettbewerb zu modellieren ist. Man kann die Analyse einer Prozeßinnovation bei freiem Marktzutritt in diesem Fall nicht mehr in einem einperiodigen Modell durchführen wie dies z. B. Dasgupta und Stiglitz (1980a) tun, es muß vielmehr die Möglichkeit berücksichtigt werden, daß Firmen schon vor Durchführung der Prozeßinnovation in den Markt eintreten und Güter produzieren und verkaufen. Für die Analyse der Innovationstätigkeit bedeutet dies, daß die Ergebnisse, die für Märkte mit homogenen Gütern abgeleitet wurden, aus *zwei* Gründen nicht ohne weiteres auf Märkte mit differenzierten Gütern übertragen werden können:

1. Produktvielfalt in Form vieler verschiedener Varianten des differenzierten Gutes kann ein Wert an sich sein, Markteintritte haben demnach bei Vorherrschen von Produktdifferenzierung andere Konsequenzen als im Fall eines homogenen Gutes. Deutlich wird dieser Unterschied schon in den einfachen Modellen, die keine F&E-Aktivitäten berücksichtigen: Während die Marktform der monopolistischen Konkurrenz (in der Spezifikation von Dixit und Stiglitz (1977)) trotz der Existenz von unvollkommenem Wettbewerb und steigenden Skalenerträgen zu einem aus sozialer Sicht eingeschränkt optimalen Ergebnis führt (vgl. dazu z. B. Beath und Katsoulacos (1991), Kap. 4 und Dixit und Stiglitz (1977)), gilt dies nicht für den Cournot-Wettbewerb auf einem Markt für ein homogenes Gut, dort ist die Zahl der Markteintritte ineffizient hoch (vgl. dazu Mankiw und Whinston (1986)).

2. Infolge des mit der Produktdifferenzierung einhergehenden Auftretens von Sunk costs hat insbesondere der Wettbewerb zwischen den im Markt aktiven Firmen und potentiellen Unternehmen bei dieser Marktform einen anderen Charakter, die konkrete Zeitstruktur von Markteintritt und möglichen Innovationsaktivitäten kann nicht wie in Modellen ohne Sunk costs vernachlässigt werden.

Aus diesen beiden Eigenschaften ergeben sich im Hinblick auf den F&E-Wettbewerb bei Produktdifferenzierung und monopolistischer Konkurrenz eine Reihe von Fragen. Aus wohlfahrtstheoretischer Sicht ist vor allem bedeutsam, ob die für das Dixit-Stiglitz-Standardmodell abgeleitete eingeschränkte Optimalität auch gilt, wenn F&E-Aktivitäten möglich sind? Eng damit verknüpft ist die Frage, inwiefern die Chamberlinsche, monopolistische Konkurrenz zu anderen (Wohlfahrts-)Ergebnissen als andere Marktstrukturen führt. Interessant ist dabei eine Gegenüberstellung mit dem Cournot-Modell, da dieses, wie im ersten Kapitel ausgeführt wurde, ähnliche Modelleigenschaften wie das Chamberlin-Modell aufweist. Die durch die Sunk costs bewirkte Asymmetrie zwischen aktiven und potentiellen Firmen wirft zudem die Frage auf, welchen Einfluß sich eröffnende Investitionschancen auf zukünftige Markteintritte haben. Von Bedeutung ist dies z. B. für die Ansätze der neuen Wachstumstheorie, die einen kontinuierlichen Strom von Markteintritten im Zeitablauf aufweisen, aber - bisher - keine weitergehenden Innovationsmöglichkeiten zulassen (vgl. z. B. Romer (1990)).

Um diese Fragen - zumindest in Ansätzen - beantworten zu können, werden in diesem und dem nächsten Kapitel die Konsequenzen einer Prozeßinnovation analysiert, wobei sich letztere in den beiden Kapiteln durch unterschiedliche Forschungstechnologien auszeichnet. Es wird dabei jeweils ein Zwei-Perioden-Modell zugrunde gelegt, die einfachste Möglichkeit, die Zeitstruktur von Markteintritt und Prozeßinnovation bei Existenz von Sunk costs zu formalisieren. In einem partialanalytischen Rahmen wird dann untersucht, welche Merkmale der F&E-Wettbewerb im Fall Chamberlinscher, monopolistischer Konkurrenz aufweist und welche wohlfahrtstheoretischen Aussagen im Hinblick auf die resultierenden dezentralen Lösungen gemacht werden können, wenn die verschiedenen Prozeßinnovationen verfügbar sind. Die besondere Zeitstruktur, die nicht nur hinsichtlich des Markteintritts und der F&E-Anstrengungen sondern auch in Bezug auf die Produktion zu unterstellen ist, wird offen gelegt und die Zahl der im Markt aktiven Unternehmen wird auf einfache Weise endogenisiert. Es wird gezeigt, daß durch die Analyse des F&E-Verhaltens der Unternehmen in dieser Marktform die Modellierung einer Form von Konkurrenz möglich wird, die wie folgt beschrieben werden könnte:

Die einzelnen Unternehmer sind zu 'Innovationsanstrengungen' gezwungen, da sonst, wegen der Anstrengungen ihrer Konkurrenten, ihre Existenz gefährdet ist bzw. ihre Profite sinken. Gleichzeitig führt dieser 'Innovationswettlauf' aber dazu, daß die Profite aller beteiligten Firmen sinken. Aus Sicht der Unternehmen befindet man sich im Hinblick auf die Entscheidung über die F&E-Anstrengungen in einem Gefangenendilemma.

Ein Vergleich mit Cournot-Modellen, in denen der F&E-Wettbewerb einen ähnlichen Charakter aufweisen kann, wird im wesentlichen erst im nächsten

Kapitel durchgeführt, da die dort unterstellte stetig differenzierbare Forschungstechnologie auch in den entsprechenden Ansätzen gebräuchlich ist[20]. In diesem Kapitel wird hingegen eine einfache, binäre Forschungstechnologie unterstellt. Die Analyse der damit verbundenen Prozeßinnovation, bei der die Höhe der Forschungsanstrengungen fix ist und die einzige Wahlentscheidung darin besteht, ob geforscht wird oder nicht, fördert im Zwei-Perioden-Modell mit Sunk costs nicht-trivale Ergebnisse zu Tage. In einem Ein-Perioden-Modell würde sich die Problemstellung auf die Wahl der kostengünstigeren aus zwei möglichen Technologien reduzieren. Die Annahme einer binären Forschungstechnologie ermöglicht die Analyse von Situationen, in denen F&E-Anstrengungen einen gewissen Schwellenwert überschreiten müssen, um überhaupt Wirkung zu zeigen. Die einfachste Möglichkeit, solche Mindestanstrengungen zu modellieren, besteht in der Unterstellung einer binären Forschungstechnologie, d. h. F&E wird zur $\{0,1\}$ Entscheidung. Der Schwellenwert kommt in den Ausgaben zum Ausdruck, die getätigt werden müssen, wenn geforscht wird.

Im Modell wird gezeigt, daß - wegen des Schwellenwerts - unter bestimmten Umständen nur ein Teil der im Markt aktiven Firmen F&E-Anstrengungen tätigt. Zentral ist dabei der gegensätzliche Einfluß von Markteintritts- und Forschungskosten, wobei nicht nur die absolute Höhe der beiden Größen von Bedeutung ist, sondern auch deren Verhältnis: Sind die Markteintrittskosten niedriger als die Forschungskosten, kann der Fall, in dem alle aktiven Firmen F&E-Anstrengungen machen, nicht als Resultat einer dezentralen Lösung auftreten. Neben diesen Parametern werden aber auch die Wirkungen anderer Einflußfaktoren auf die Höhe der aggregierten Forschungsanstrengungen untersucht.

Die Wohlfahrtsanalyse liefert die Antwort auf die oben aufgeworfene Frage nach der eingeschränkten Optimalität der Marktlösung. Es wird gezeigt, daß das Marktergebnis anders als im Dixit-Stiglitz-Standardmodell sicher nicht second best ist. Mit Hilfe der Analyse bestimmter Politiken wird demonstriert, daß für dieses Ergebnis eine zu hohe Zahl von Markteintritten verantwortlich ist. Im nächsten Kapitel wird in einem etwas veränderten Modellrahmen dargelegt, daß die unterstellten Sunk costs für dieses "excess entry"-Resultat

[20] Als Beispiel für ein solches Modell und entsprechende Ergebnisse siehe Okuno-Fujiwara und Suzumura (1993), mit diesem Aufsatz werde ich mich im vierten Kapitel noch ausführlicher auseinandersetzen.

verantwortlich sind. Dort komme ich auch auf die Implikationen der hier durchgeführten Analyse für bestimmte Modelle der neuen Wachstumstheorie zurück. Die in den betreffenden Ansätzen der Wachstumstheorie übliche Gleichsetzung der Markteintritte mit Produktinnovationen (vgl. z. B. Romer (1990)) liefert ihrerseits interessante Interpretationsmöglichkeiten für das hier vorgestellte Modell; das Modell kann als einfache Beschreibung des sich beim Zusammentreffen von (bestimmten) Produkt- und Prozeßinnovationen ereignenden Marktgeschehens aufgefaßt werden. Da diese Interpretation im Haupttext nicht weiter verfolgt wird, sollen hier kurz die wesentlichen Resultate zusammengefaßt werden: Obwohl Produktinnovationen während des gesamten, im Modell betrachteten Zeitraums möglich sind, finden sie nur in der ersten Periode statt; danach treten nur noch Prozeßinnovationen auf. Das schon referierte Excess-entry-Resultat macht deutlich, daß zu viele Produktinnovationen durchgeführt werden.

Im folgenden Hauptteil dieses Kapitels wird zunächst das Modell genauer vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt dabei neben der Bestimmung von Gleichgewichten auf einigen komparativ-statischen Eigenschaften des Modells und auf der inhaltlichen Interpretation der Art des F&E-Wettbewerbs, der in diesem Modell zu erwarten ist. Im Anschluß daran werden wohlfahrtstheoretische Fragestellungen behandelt. Besonderes Augenmerk gilt dabei der Identifikation von zwei, für die Wohlfahrtsergebnisse zentralen Effekten, dem Konsumentenrenten- und dem Profitzerstörungseffekt. Den Abschluß des Kapitels bildet unter anderem ein Verweis auf empirische Schlußfolgerungen, die aus dem Modell abgeleitet werden können.

2. Das Modell

Das Modell umfaßt zwei Zeitperioden, wobei in beiden Perioden Güter produziert und konsumiert werden. Eine Firma, die in den Markt für das differenzierte Gut eintreten und eine Variante bereitstellen möchte, muß Produktentwicklungskosten aufwenden, die mit *D* bezeichnet werden. Die Markteintrittskosten fallen an, da das Unternehmen ein spezielles, d. h., ein differenziertes Produktdesign entwickeln muß. Diese Ausgaben treten nur in der Markteintrittsphase auf, sie sind danach "sunk"[21]. Dies bedeutet, daß bei einem Marktaustritt der entsprechenden Firma, also bei der Beendigung der Produktion dieser speziellen Variante, die mit der Entwicklung des Designs verbundenen Aufwendungen vollständig verloren sind[22]. Der Eintritt in diesen Markt ist nicht reguliert und in beiden Perioden möglich. Eine in den Markt eintretende Firma wird aus den im vorhergehenden Kapitel angeführten Gründen immer eine "neue" Variante entwickeln; jede aktive Firma ist damit ein Monopolist bezüglich ihrer Variante; die sich aus dem freien Markteintritt ergebende Nullprofitbedingung wird über den Eintritt einer entsprechenden Firmenzahl n gesichert. Die Industrie besteht somit aus einem Kontinuum von Ein-Produkt Monopolisten, die differenzierte Güter herstellen.

Die laufenden Produktionskosten einer aktiven Firma sind proportional zur produzierten Gütermenge, es werden also konstante Grenzkosten unterstellt, ihre Höhe beträgt $\bar{c}$. Eine Firma, die in der ersten Periode in den Markt eingetreten ist, kann diese Grenzkosten senken, indem sie zu Beginn der zweiten Periode eine F&E-Investition in Höhe von F tätigt. Diese Anstrengungen haben eine Prozeßinnovation zur Folge, die die Grenzkosten auf den neuen Wert $\hat{c}$ reduziert. Diese einfache, deterministische Forschungstechnologie ist binär, da nur entschieden werden kann, ob geforscht wird oder nicht, die Höhe der F&E-Investition ist, ebenso wie das Ausmaß der Kostenreduzierung, fest vorgegeben.

In diesem Zwei-Perioden-Modell wird von Diskontierung abgesehen, zudem wird es nicht mittels eines Kapitalmarktes und einer intertemporalen Entscheidung der Haushalte geschlossen. Es wird vielmehr angenommen, daß die Unternehmen Kredite zu einem Zinssatz von Null aufnehmen können und daß die Gesamtausgaben der Haushalte für die differenzierten Produkte in jeder Periode gleich sind. Die Haushalte maximieren in jeder Periode die Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion (2.2) für die gegebenen Gesamtausgaben E. Die Nachfragefunktion bezüglich einer Variante j entspricht damit in beiden Perioden jeweils der in Gleichung (2.12). Man erhält durch diese Spezifikation also im

[21] In der Terminologie von Sutton (1991) handelt es sich hier um exogene Sunk costs.

[22] Die hier verwendete Modellierung und Interpretation der Markteintrittskosten findet sich in ähnlicher Weise auch in den Ansätzen der "neuen" Wachstumstheorie, die die Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion verwenden, vgl. vor allem Romer (1990).

Zeitablauf konstante Nachfragefunktionen, eine Modellierung, die in mehrperiodigen Partialmodellen üblich ist (vgl. z. B. Tirole (1988), Abschnitte 6.3 und 10.1). Auf diese Weise erfolgt eine Konzentration auf die auf der Angebotsseite stattfindenden Entscheidungen und deren Auswirkungen.

Bevor nun im nächsten Gliederungspunkt die dezentrale Lösung für dieses Modell abgeleitet wird, sollen zunächst die Entscheidungen dargelegt werden, die eine potentielle Firma in diesem Modellrahmen treffen muß. Dabei geht es vor allem auch um die zeitliche Abfolge dieser Entscheidungen und damit abermals um die Zeitstruktur des Modells.

Ein Unternehmer muß zu Beginn der ersten Periode entscheiden, ob er die Produktentwicklungskosten D in Kauf nimmt und in den Markt eintritt. Ist er in den Markt eingetreten, dann muß er festlegen, welchen Preis er in der ersten Periode setzt. Am Anfang der zweiten muß sich eine Firma, die bereits in der ersten Periode im Markt war, überlegen, ob sie die F&E-Investition in Höhe von F tätigt. Nachdem diese Entscheidung gefällt und die Ausgaben gemacht bzw. nicht gemacht wurden, legt die Firma den Preis für die zweite Periode fest. Wie später noch begründet wird, können weder der aus Sicht eines potentiellen Unternehmers mögliche Markteintritt in der zweiten Periode noch der Marktaustritt einer in der ersten Periode eingetretenen Firma das Resultat eines Gleichgewichts dieses Spiels sein.

Aus aggregierter Sicht liegt damit ein vierstufiges Spiel vor, wobei in der ersten Stufe über die Markteintritte die Zahl der aktiven Firmen festgelegt wird. In der zweiten und vierten Stufe werden jeweils die Preise und die produzierten Mengen des differenzierten Gutes bestimmt. In der dritten Stufe ergibt sich aus den F&E-Entscheidungen der einzelnen Firmen die Höhe der aggregierten Forschungsanstrengungen[23].

---

[23] Auf einperiodige Modelle, die zumindest in Teilspielen eine ähnliche Struktur aufweisen wie das hier vorgestellte, wird im nächsten Kapitel eingegangen. Ein zweiperiodiges Modell mit Sunk costs präsentiert auch Markusen (1991). In seinem Zwei-Länder-Modell analysiert er allerdings nur die Markteintrittsentscheidung von Firmen. Er unterstellt dabei, daß in der ersten Periode nur inländische Firmen in den Markt eintreten können und untersucht dann, ob das Inland durch entsprechende Politiken einen Markteintritt ausländischer Firmen in der zweiten Periode verhindern kann. Sind die beiden Perioden gleich lang (bei Markusen ist dies nicht notwendigerweise so), kommt auch er zu dem später im Haupttext abgeleiteten Ergebnis, daß in der zweiten Periode keine Markteintritte stattfinden.

3. Die dezentrale Lösung des Modells

Bezüglich der Akteure wird angenommen, daß diese rational handeln und vollkommene Voraussicht haben. Im Spiel gibt es keine Unsicherheit. Das vierstufige Spiel wird nun wie üblich rekursiv, d. h. vom Ende der zweiten Periode her gelöst. Es wird das Nash-Gleichgewichtskonzept verwendet[24].

Die Verwendung der rekursiven Lösungsmethode ist unmittelbar einsichtig, wenn man die Entscheidungsprobleme einer einzelnen Firma betrachtet: Eine einzelne Firma wird, bei einem beliebigen, gegebenen Verhalten ihrer Konkurrenten, nur dann forschen, wenn der laufende Profit, den sie bei den niedrigen Grenzkosten $\hat{c}$ erzielt, abzüglich der Forschungskosten F höher ist als der laufende Profit, den sie ohne Forschung erzielt. Um das Entscheidungsproblem hinsichtlich der F&E-Anstrengungen lösen zu können, muß die Firma also zunächst den für die jeweiligen Grenzkosten - gegeben das Verhalten der Konkurrenten - optimalen Preis bestimmen. Erst dann kann sie die Erträge der verschiedenen Alternativen berechnen. Eine ähnliche Argumentation gilt hinsichtlich der Frage des Markteintritts: Ein Unternehmer wird nur dann in den Markt eintreten, wenn die Summe aus den laufenden Profiten der ersten Periode und den Nettoerträgen (laufende Profite minus etwaige Forschungskosten) der zweiten Periode größer ist als die Markteintrittskosten D.

Diese Überlegungen zum Kalkül einer einzelnen Firma geben schon Hinweise darauf, welche Bedingungen in einem Gleichgewicht zu berücksichtigen sind. Bei der Ableitung einer solchen dezentralen Lösung beschränke ich mich in einem ersten Schritt auf Gleichgewichte, die symmetrisch in dem Sinn sind, daß alle[25] aktiven Firmen die gleiche F&E-Entscheidung treffen. Man muß damit zwei Gleichgewichte unterscheiden: Eines, in dem alle Firmen Forschungsanstrengungen machen, und eines, in dem keine Firma forscht. Es werden nun zunächst die Parameterkonstellationen bestimmt, bei denen die beiden beschriebenen Konstellationen tatsächlich

---

[24] Zum Konzept des Nash-Gleichgewichts und zu einer allgemeinen Einführung in die Spieltheorie siehe z. B. Rasmusen (1989).

[25] Strenggenommen muß dies aufgrund der Verwendung des Kontinuums von Firmen nur für alle außer abzählbar unendlich viele Firmen gelten; siehe dazu z. B. Green (1980 S.158ff).

Gleichgewichte darstellen. In einem zweiten Schritt werden dann noch näher zu definierende asymmetrische Gleichgewichte untersucht.

Nach den bisherigen Ausführungen ist klar, daß zunächst die optimale Preissetzungsregel für die einzelnen Firmen abgeleitet werden muß. Erst dann können die laufenden Profite, also der Überschuß der Verkaufserlöse über die variablen Kosten, bestimmt werden und mit den Forschungs- bzw. Markteintrittskosten verglichen werden, die ihrerseits Fixkosten darstellen. Aufgrund der verwendeten isoelastischen Nachfragefunktion ist der optimale Preis einer Firma nur noch von ihren jeweiligen Grenzkosten abhängig, weder die Zahl der Konkurrenten noch deren Kostensituation spielt eine Rolle. Man sieht dies anhand des folgenden Kalküls, in dem die laufenden Profite π einer Firma j bei gegebenen Grenzkosten c unter Berücksichtigung der Nachfragefunktion (2.12) durch die Wahl ihres Preises p maximiert werden.

$$\max_{p(j)} \quad \pi(j) = p(j)x(j) - cx(j) \tag{3.1}$$

$$\frac{\partial \pi(j)}{\partial p(j)} = x(j) + \big(p(j) - c\big)\frac{1}{\alpha - 1} \cdot \frac{x(j)}{p(j)} = 0 \tag{3.2}$$

$$\Rightarrow p(j) = \frac{c}{\alpha}\,. \tag{3.3}$$

Der Preis ergibt sich aus dem Produkt der jeweiligen Grenzkosten c und einem von der Nachfrageelastizität abhängigen Aufschlagsatz. Diese einfache Preissetzungsregel erleichtert die Bestimmung der laufenden Profite, die den einzelnen Firmen in Abhängigkeit von ihrem eigenen Verhalten und dem ihrer Konkurrenten jeweils zufließen.

3.1 Symmetrische Gleichgewichte des Teilspiels in der zweiten Periode

Zur rekursiven Ableitung des Gleichgewichts müssen zunächst die in der zweiten Periode auf der Produktionsstufe anfallenden Profite bestimmt werden. Dabei wird von einer konstanten, bereits in der ersten Periode bestimmten Firmenzahl n ausgegangen. Später wird noch gezeigt, daß es in der zweiten Periode keine Marktzutritte geben wird. Aufgrund der Beschränkung auf symmetrische Gleichgewichte ist es ausreichend, die laufenden Gewinne einer beliebigen Firma *i* für die Fälle zu bestimmen, in denen alle Konkurrenten eine einheitliche Aktion (Forschung oder keine Forschung) wählen[26]. Eine bestimmte Aktion kann nur dann als Resultat eines symmetrischen Gleichgewichts auftreten, wenn es für die Firma *i* vorteilhaft ist, diese Aktion zu wählen, falls dies auch ihre Konkurrenten tun.

Der laufende Profit, den die einzelne Firma erhält, wenn sie *und* ihre Konkurrenten *keine* F&E-Anstrengungen machen, wird mit π_0^0 bezeichnet. Unter Verwendung der Preissetzungsregel (3.3), der Nachfragefunktion (2.12) und der Tatsache, daß in diesem Fall alle Firmen die hohen Grenzkosten $\bar{c}$ haben, erhält man:

$$(3.4) \qquad \pi_0^0 = \left(p(i) - \bar{c}\right)x(i) = \left(\frac{\bar{c}}{\alpha} - \bar{c}\right)\frac{\left(\bar{c}/\alpha\right)^{1/(\alpha-1)}}{n\cdot\left(\bar{c}/\alpha\right)^{\alpha/(\alpha-1)}}E = (1-\alpha)\frac{E}{n}.$$

Der laufende Profit π_1^0 bezeichnet den Fall, in dem nur die einzelne Firma forscht, nur sie hat die niedrigen Grenzkosten $\hat{c}$.

$$(3.5) \qquad \pi_1^0 = \left(\frac{\hat{c}}{\alpha} - \hat{c}\right)\frac{\left(\hat{c}/\alpha\right)^{1/(\alpha-1)}}{n\cdot\left(\bar{c}/\alpha\right)^{\alpha/(\alpha-1)}}E = (1-\alpha)\left(\frac{\hat{c}}{\bar{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}\frac{E}{n}.$$

Forschen die Konkurrenten der Firma *i*, sie selber jedoch nicht, dann ergibt sich:

$$(3.6) \qquad \pi_0^1 = \left(\frac{\bar{c}}{\alpha} - \bar{c}\right)\frac{\left(\bar{c}/\alpha\right)^{1/(\alpha-1)}}{n\cdot\left(\hat{c}/\alpha\right)^{\alpha/(\alpha-1)}}E = (1-\alpha)\left(\frac{\bar{c}}{\hat{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}\frac{E}{n}.$$

π_1^1 steht für den laufenden Profit der einzelnen Firma, wenn alle aktiven einschließlich der betrachteten Firma in F&E investieren:

---

[26] Es wird hier vereinfachend von "einer" Firma gesprochen, obwohl die Nachfragefunktion dieser einzelnen Firma beim hier verwendeten Kontinuum von Gütern nicht definiert ist, wenn sie die einzige Firma ist, die eine bestimmte Aktion wählt. Die gewählte heuristische Vorgehensweise, die der von Murphy, Shleifer und Vishny (1989) (s. insb. S. 1010) vergleichbar ist, läßt sich jedoch auf folgende Weise rechtfertigen: Statt einer einzelnen Firma könnte man eine Teilmenge der Firmen herausgreifen, wobei die Größe der Teilmenge wiederum durch die Intervallänge beschrieben wird. Bezeichnet man die Länge des Intervalls mit ε, dann kann man die in diesem Fall wohl definierten Pay-offs wieder für den Fall bestimmen, daß die Mitglieder der beiden Teilmengen jeweils die gleichen Aktionen wählen. Den oben für eine einzelne Firma abgeleiteten Pay-off erhält man dann dadurch, daß man ε gegen 0 gehen läßt.

(3.7) $$\pi_1^1 = (1-\alpha)\frac{E}{n}.$$

Der laufende Profit stimmt in diesem Fall, in dem alle Firmen die niedrigen Grenzkosten $\hat{c}$ aufweisen, mit dem Fall überein, in dem keine Firma forscht (Gleichung (3.4)). Da die einzelnen Firmen im Fall mit Forschungsanstrengungen jedoch auch die Forschungskosten F aufwenden müssen, ist sofort klar, daß die Summe der Profite aller Firmen im Fall ohne F&E höher ist als mit F&E. Aus der Sicht einer gemeinsamen Profitmaximierung wäre es optimal, nicht zu forschen. Zu diesem Ergebnis kommt es aber nur unter ganz bestimmten Umständen. Für ein Unternehmen i lohnt es sich nur dann in der zweiten Periode *nicht* zu forschen, wenn der Ertrag aus der Forschung, also die dann zu erzielenden Profite abzüglich der Forschungskosten, niedriger ist als der Ertrag ohne Forschung. Es muß gelten:

(3.8) $$\pi_1^0 - F < \pi_0^0.$$

Der Term auf der linken Seite gibt den Ertrag oder, anders ausgedrückt, den Pay-off der Forschung an, der Term auf der rechten Seite liefert den Pay-off, wenn nicht geforscht wird. Setzt man die jeweiligen Ausdrücke ein, dann erhält man die Bedingung

(3.9) $$(1-\alpha)\left(\left(\frac{\hat{c}}{\bar{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)} - 1\right)\frac{E}{n} - F < 0.$$

Ist diese Bedingung erfüllt, dann ist für gegebenes n die Konstellation, in der keine Firma forscht, ein Nash-Gleichgewicht des Teilspiels in der zweiten Periode; keine F&E-Anstrengungen zu machen, ist in diesem Fall die beste Antwort einer einzelnen Firma, wenn ihre Konkurrenten nicht forschen[27].

Vergleicht man den Ausdruck $\pi_1^0 - \pi_0^0$, der den durch die Forschungsanstrengungen bedingten Profitanstieg einer Firma angibt, wenn ihre Konkurrenten keine Forschung betreiben, mit $\pi_1^1 - \pi_0^1$, dem Profitanstieg einer Firma,

[27] Hier und im anschließend behandelten Gleichgewicht mit Forschung aller Firmen spielt es offensichtlich für die Bestimmung des Gleichgewichts keine Rolle, daß eine einzelne Firma in diesem Markt kein 'Gewicht' hat. Sind die Bedingungen erfüllt, hat keine einzelne Firma einen Anreiz, von der oben bestimmten Gleichgewichtsstrategie abzuweichen.

deren Konkurrenten forschen, so lassen sich weitere Aussagen machen. Es läßt sich auf einfache Weise zeigen (und in *Anhang A* wird dies gemacht), daß gilt:

$$\pi_1^0 - \pi_0^0 > \pi_1^1 - \pi_0^1 \,. \tag{3.10}$$

Die Forschung einer Firma führt also zu einem größeren Anstieg des Profits, wenn die Konkurrenten nicht forschen. Bezogen auf die Situation, in der die Bedingung (3.9) erfüllt ist, bedeutet dies, daß Forschung selbst dann nicht rentabel ist, wenn die Konkurrenten nicht forschen und der Profitanstieg damit maximal ist. Unter diesen Umständen wird eine einzelne Firma, unabhängig vom Verhalten ihrer Konkurrenten, keine F&E-Anstrengungen machen, "nicht zu forschen" ist dominante Strategie. Gilt die Bedingung (3.9), dann ist "keine Firma forscht" ein eindeutiges Gleichgewicht des Teilspiels in der zweiten Periode. Da $(\hat{c}/\overline{c})^{\alpha/(\alpha-1)} - 1 > 0$, ist diese Bedingung jedoch nicht für alle Parameterkonstellationen erfüllt; es gibt sicher Werte, bei denen sich Forschung aus Sicht einer einzelnen Firma lohnt.

Im nächsten Schritt wird eine Bedingung abgeleitet, die sichert, daß sich F&E-Anstrengungen für *alle* Firmen lohnen. Dies ist der Fall, wenn es für eine einzelne Firma optimal ist, Forschung zu betreiben, wenn auch alle Konkurrenten forschen. Es muß gelten:

$$\pi_1^1 - F > \pi_0^1 \,. \tag{3.11}$$

Man erhält daraus die Bedingung

$$(1-\alpha)\left(1-\left(\frac{\overline{c}}{\hat{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\frac{E}{n} - F > 0 \,; \tag{3.12}$$

ist sie erfüllt, liegt ein Gleichgewicht für das Teilspiel in der zweiten Periode vor, in dem alle Firmen F&E betreiben. Dies ist wiederum ein eindeutiges Gleichgewicht, da "zu forschen" in diesem Fall dominante Strategie ist. Lohnt es sich für eine einzelne Firma, eine F&E-Investition zu tätigen, wenn alle Konkurrenten dies tun, dann ist es erst recht vorteilhaft zu forschen, wenn die übrigen Firmen keine Forschung betreiben, da der durch die Forschung bedingte Profitanstieg in diesem Fall ja noch größer ist, wie oben gezeigt wurde.

Bevor nun die entsprechenden Gleichgewichte des gesamten Spieles bzw. die Parameterkonstellationen, die zu diesen Gleichgewichten führen, abgeleitet werden, ist eine Anmerkung zu der Frage von Markteintritten in der zweiten Periode nötig. Bei der Bestimmung der laufenden Profite wurde davon ausgegangen, daß es in der zweiten Periode nicht zu Markteintritten kommt, obwohl diese Möglichkeit nicht per Annahme ausgeschlossen wurde. Diese Vorgehensweise läßt sich mittels folgender Überlegung rechtfertigen: Auf der ersten Stufe kommt es auf alle Fälle zu einer 'Zahl' von Marktzutritten, so daß es keine Profite auf dieser Stufe gibt, d. h., die laufenden Profite entsprechen den Fixkosten in Gestalt der Produktentwicklungskosten. Da jede Firma in der zweiten Periode die Option hat, nichts zu produzieren, könnten die in der ersten Periode eingetretenen Firmen sonst positive Profite erzielen, ein Widerspruch zur Annahme des freien Marktzutritts. Die in der ersten Periode eingetretenen Firmen sind aber sicher auch in der zweiten Periode noch im Markt, da ihre Markteintrittskosten 'sunk' sind; ihre Kostenfunktion in der zweiten Periode unterscheidet sich von der in der ersten durch das Fehlen dieser Sunk costs. Da die Nachfrage der zweiten Periode der Nachfrage der ersten Periode entspricht, lohnt es sich für einen zusätzlichen potentiellen Entrant nicht mehr, in den Markt einzusteigen. Im Fall ohne Forschung würden höchstens seine Fixkosten gedeckt, im Fall mit Forschung wäre dies nicht mehr möglich, da dann seine Kosten höher wären als die der Konkurrenten.

Die Modellierung über zwei Zeitperioden ermöglicht auf sehr einfache Weise die Endogenisierung der Firmenzahl; gleichzeitig ist die gewählte Zeitstruktur von zentraler Bedeutung: Obwohl der Markteintritt prinzipiell frei ist, kann es auf der zweiten Stufe nicht mehr zu Eintritten kommen, da etablierte Firmen immer einen Kostenvorteil haben[28]. Inhaltlich kann man durch die Verwendung einer solchen Modellierung sowohl die F&E-Entscheidung in

[28] An dieser Eigenschaft des Modells erkennt man die große Bedeutung, die den unterstellten Sunk costs zukommt. In diesem Fall existiert trotz unbeschränktem Marktzugang kein langfristiges Marktgleichgewicht in dem Sinn, daß zunächst bestehende Profite durch allmählich im Zeitablauf erfolgende Markteintritte abgebaut werden. Alle Markteintritte müssen in der Ausgangsperiode erfolgen, da die etablierten Firmen immer einen Kostenvorteil gegenüber später kommenden Entrants haben. Das Modell unterscheidet sich darin vom oben erwähnten Modell von Okuno-Fujiwara und Suzumura (1993). Diese Autoren gehen von einer gegebenen Firmenzahl aus und untersuchen dann ein langfristiges Marktgleichgewicht, in dem durch Markteintritte die Profite der etablierten Firmen auf Null konkurriert werden. Diese Marktzutritte sind nur möglich, weil es keine Sunk costs gibt.

Industrien mit etablierten Firmen als auch das Markteintrittsverhalten in Industrien mit Innovationspotential analysieren. Im ersten Fall konzentriert man sich dabei auf die zweite Stufe des Spiels, im zweiten auf das gesamte Spiel.

3.2 Symmetrische Gleichgewichte des ganzen Spieles

Wie bei der Ableitung der Gleichgewichte für das Teilspiel in der zweiten Periode schon deutlich gemacht wurde, gibt es nicht "ein" Gleichgewicht für das ganze Spiel, es ist vielmehr so, daß sich jeweils in Abhängigkeit von den vorgegebenen Parameterwerten (D, F, α etc.) verschiedene Gleichgewichte einstellen werden. Hier sollen nun die Parameterkonstellationen bestimmt werden, die zu den beiden symmetrischen Gleichgewichten mit bzw. ohne Forschung aller Firmen führen. Die Bedingungen, die ein Gleichgewicht für das ganze Spiel dabei erfüllen muß, lassen sich am einfachsten anhand der konkreten Fälle beschreiben.

3.2.1 Keine Firma betreibt F&E

Soll dieser Fall ein Gleichgewicht darstellen, dann muß bei der gleichgewichtigen Firmenzahl n die Bedingung (3.9) erfüllt sein; es darf sich für eine einzelne Firma nicht lohnen, bei dieser Firmenzahl zu forschen. Gleichzeitig muß der Gesamtprofit einer aktiven Firma bei dieser Firmenzahl gleich Null sein. Der Gesamtprofit einer aktiven Firma ergibt sich hier aus der Summe der laufenden Profite in der ersten und zweiten Periode. Davon sind noch die Markteintrittskosten D abzuziehen. Der laufende Profit in der ersten Periode, hier bezeichnet mit π, wird analog zu π_0^0 in Gleichung (3.4) abgeleitet. Da alle Firmen identische Grenzkosten haben, erhält man auch hier:

$$\pi = (1-\alpha)\frac{E}{n}. \tag{3.13}$$

Der laufende Profit der zweiten Periode ist π_0^0, da nicht geforscht wird. Der Gesamtprofit lautet damit:

$$\pi + \pi_0^0 - D = (1-\alpha)\frac{2E}{n} - D. \tag{3.14}$$

Der Zinssatz bzw. Diskontfaktor ist dabei Null gesetzt. Die Firmenzahl wird nun aufgrund des freien Marktzutritts so bestimmt, daß die Gesamtprofite Null sind. Auf diese Weise ergibt sich die im Fall ohne Forschung zur Nullprofitbedingung gehörige Firmenzahl $\overline{n}$:

$$\overline{n} = (1-\alpha)\frac{2E}{D} . \tag{3.15}$$

Damit sich bei dieser Firmenzahl tatsächlich das Gleichgewicht ohne Forschung im Teilspiel in der zweiten Periode einstellt, muß bei $\overline{n}$ die Bedingung (3.9) erfüllt sein. Setzt man $\overline{n}$ aus (3.15) in diese Bedingung ein, so erhält man die neue Bedingung

$$\left(\left(\frac{\hat{c}}{\overline{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)} - 1\right)\frac{D}{2} - F < 0 . \tag{3.16}$$

Liegt eine Parameterkonstellation vor, die (3.16) erfüllt, dann stellt die Kombination $\overline{n}$ und "keine Firma forscht" ein Nash-Gleichgewicht des ganzen Spieles dar; es gibt keinen Anreiz zu zusätzlichen Marktein- oder -austritten und es ist optimal für jede Firma, keine F&E-Investition zu tätigen.

3.2.2 Alle Firmen betreiben F&E

Damit sich tatsächlich ein Gleichgewicht einstellt, in dem alle Firmen forschen, darf es sich für eine einzelne Firma bei der die Nullprofitbedingung sichernden Firmenzahl *nicht* lohnen, *nicht* zu forschen. Der Gesamtprofit einer aktiven Firma lautet in diesem Fall:

$$\pi + \pi_1^1 - D - F = (1-\alpha)\frac{2E}{n} - D - F ; \tag{3.17}$$

Erträge und Kosten der ersten Periode stimmen mit dem vorhergehenden Fall überein, in der zweiten Periode fallen nun aber Forschungsausgaben an und jede Firma erhält π_1^1. Der Gesamtprofit ist genau bei der Firmenzahl $\hat{n}$ gleich Null, wobei $\hat{n}$ wie folgt bestimmt ist:

$$\hat{n} = (1-\alpha)\frac{2E}{D+F} . \tag{3.18}$$

Damit bei $\hat{n}$ alle Firmen forschen, muß die Bedingung (3.12) gelten; ersetzt man in dieser Bedingung n durch $\hat{n}$ und formt um, erhält man die Bedingung

(3.19)
$$\left(1-\left(\frac{\bar{c}}{\hat{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}\right)(D+F)>2F\,.$$

Bei einer Parameterkonstellation, bei der diese Bedingung gilt, liefern $\hat{n}$ und "alle Firmen forschen" ein Nash-Gleichgewicht des ganzen Spieles; die Nullprofitbedingung ist erfüllt und für jede einzelne Firma sind F&E-Anstrengungen lohnend.

Die Beschränkung (3.19) macht eine wichtige notwendige Bedingung für ein solches "F&E-Gleichgewicht" deutlich: Da der erste Klammerterm kleiner 1 ist, muß $D>F$ gelten. Als erstes Ergebnis ist hier festzuhalten:

Nur wenn die Produktentwicklungskosten höher als die Forschungskosten sind, ist es möglich, daß im Gleichgewicht alle im Markt aktiven Firmen eine F&E-Investition machen.

Für die Frage, ob es zu einem reinen F&E-Gleichgewicht kommt, ist somit das Verhältnis der Forschungs- und der Markteintrittskosten von zentraler Bedeutung. Da in der ersten Periode mindestens so viele Firmen in den Markt eintreten, daß gilt: $\pi-D\leq 0$, wäre der Gesamtprofit auf jeden Fall kleiner Null, wenn bei $D<F$ alle Firmen forschen würden.

Mit diesen Hinweisen auf die Bedeutung von Markteintritts- und Forschungskosten möchte ich die Diskussion des Einflusses der verschiedenen Parameter im Hinblick auf die sich einstellenden Gleichgewichte an dieser Stelle bewenden lassen. Eine eingehendere Untersuchung der Wirkungen anderer Parameter wie z. B. der Forschungsproduktivität in Gestalt der Kostensenkungen oder der Substitutionselastizität soll erst im Anschluß an die Ableitung eines asymmetrischen Gleichgewichts durchgeführt werden.

3.3 Die Ableitung eines asymmetrischen Gleichgewichts

Nach der Bestimmung der Parameterbeschränkungen (3.16) und (3.19) und der beiden symmetrischen Nash-Gleichgewichte stellen sich zwei eng miteinander verbundene Fragen:

1. Ist es möglich, daß bei einer Parameterkonstellation sowohl die Kombination $\bar{n}$ und "keine Firma forscht" als auch die Kombination $\hat{n}$ und "alle Firmen forschen" ein Nash-Gleichgewicht sind? Oder anders ausgedrückt: Gibt es multiple symmetrische Nash-Gleichgewichte?
2. Existiert für alle Parameterkonstellationen ein symmetrisches Nash-Gleichgewicht?

Die Antwort auf die erste Frage ist zumindest auf den ersten Blick nicht offensichtlich; es scheint durchaus möglich, daß gleichzeitig sowohl eine Situation, in der sehr viele Firmen in den Markt eintreten und keine forscht, als auch der Fall, daß nur wenige Firmen eintreten, die aber alle in F&E investieren, ein Gleichgewicht darstellen. Es müßten dann die Bedingungen (3.16) und (3.19) gleichzeitig erfüllt sein. In *Anhang B* wird jedoch gezeigt, daß dies im hier präsentierten Modell nicht der Fall sein kann, es existieren keine multiplen symmetrischen Gleichgewichte.

Mit Hilfe dieses Resultats läßt sich auch die zweite Frage beantworten. Es muß Parameterkonstellationen geben, bei denen keine der beiden Bedingungen gilt, Bereiche also, in denen sich Forschung aus individueller Sicht nicht lohnt, wenn alle Firmen forschen, wo sie aber vorteilhaft ist, wenn die Konkurrenten keine Forschung betreiben. Dieses Ergebnis wird verständlich, berücksichtigt man das oben abgeleitete Ergebnis, daß der durch die Forschung bewirkte Profitanstieg maximal ist, wenn die Konkurrenten nicht forschen.

Der Bereich der Parameterwerte, für den keine symmetrischen Gleichgewichte existieren, wird durch die folgende Bedingung charakterisiert:

$$(3.20) \qquad \left(\left(\frac{\hat{c}}{\bar{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}-1\right)D-2F > 0 > \left(1-\left(\frac{\bar{c}}{\hat{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}\right)(D+F)-2F\,.$$

Die linke Seite der Ungleichung sichert, daß Forschung aus Sicht einer Firma rentabel ist, wenn die Konkurrenten nicht forschen. Die rechte Seite verhindert, daß Forschung für alle Firmen vorteilhaft ist. Da bei der Beantwortung von Frage 1 gezeigt wurde, daß der linke Term größer sein muß als der rechte, ist dieser Bereich sicher nicht leer.

Für diesen Bereich wird im folgenden ein von mir als asymmetrisch bezeichnetes Gleichgewicht abgeleitet, in dem nur ein Teil der Firmen eine F&E-Investition tätigt, die übrigen Firmen machen keine Forschungsanstrengungen. Das Gleichgewicht des Teilspiels in der zweiten Periode, das zunächst abgeleitet wird, wird dabei durch die Verteilung der Akteure über die möglichen Aktionen beschrieben. Diese Verteilung ist im hier vorliegenden Fall mit nur zwei möglichen Aktionen ("Forschung" oder "keine Forschung") durch den Anteil der Firmen gekennzeichnet, die die jeweilige Aktion - als reine Strategie - wählen. Bezeichnet man den Anteil der forschenden Firmen mit q, so ist eine durch diesen Parameter beschriebene Verteilung genau dann eine Gleichgewichtsverteilung, wenn sie folgende Bedingung erfüllt[29]: Die Pay-offs der einzelnen Firmen sind bei beiden Aktionen gleich.

Diese Bedingung sichert, daß ein einzelnes Unternehmen keinen Anreiz hat, von der Strategie des Firmenanteils abzuweichen, zu dem es gehört. Es ist indifferent zwischen beiden Aktionen, es gibt keinen Grund für eine Änderung von q. Die Gleichgewichtsverteilung erfüllt damit trivialerweise die Anforderung an ein Nash-Gleichgewicht, daß die optimale Strategie einer Firma beste Antwort auf das Verhalten der Konkurrenten sein muß, wenn diese sich entsprechend ihrer Gleichgewichtsstrategien verhalten. Die Gleichgewichtsstrategie einer Firma ist dabei allerdings nur schwach dominant. Dennoch sind, wie später gezeigt wird, die aggregierten Anteile eindeutig festgelegt. Dabei ist es allerdings nicht möglich vorherzusagen, wie sich eine einzelne Firma im Gleichgewicht verhält.

Bei der Bestimmung der Pay-offs der verschiedenen Aktionen benötigt man den Wert, mit dem die Preise der Konkurrenten auf die Nachfragefunktion

[29] Die Vorgehensweise entspricht der bei der Ableitung der symmetrischen Gleichgewichte; der in Anmerkung 5 angeführte Vorbehalt trifft auch hier zu. Bezüglich der Verwendung des Konzepts einer Gleichgewichtsverteilung sei verwiesen auf Mas-Colell (1984). Er leitet die Existenz derartiger Gleichgewichte in nicht-kooperativen Spielen mit einem Kontinuum von Akteuren unter Verwendung der Maßtheorie ab. Mas-Colell betont dabei auch, daß durch eine Verwendung des Kontinuums eine Berücksichtigung gemischter Strategien vermieden werden kann. Die Verwendung von Gleichgewichten in gemischten Strategien ist in Spielen mit einer endlichen Zahl von Akteuren vor allem dann nötig, wenn kein Gleichgewicht in reinen Strategien existiert oder wenn die Gleichgewichte in reinen Strategien zu ungleichen Pay-offs für ex ante identische Spieler führen. Ein solches Beispiel wird im sechsten Kapitel ausführlich behandelt.

eines Unternehmens wirken. Dieser Wert wird erfaßt durch einen Term aus dem Nenner der Nachfragefunktion (2.12):

$$\int_0^n p(z)^{\alpha/(\alpha-1)} dz \; .$$

Es geht nun darum, den Wert dieses Terms zu bestimmen, wenn ein Anteil q der Firmen forscht. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit können die forschenden Firmen dabei als im Intervall $[0, qn]$ angeordnet betrachtet werden. Man erhält dann unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die forschenden (bzw. nicht forschenden) Firmen den Preis $\hat{c}/\alpha$ (bzw. $\bar{c}/\alpha$) setzen (vgl. (3.3)):

$$\begin{aligned} &\int_0^n p(z)^{\alpha/(\alpha-1)} dz = \int_0^{qn} (\hat{c}/\alpha)^{\alpha/(\alpha-1)} dz + \int_{qn}^n (\bar{c}/\alpha)^{\alpha/(\alpha-1)} dz = \\ (3.21) \qquad &= qn(\hat{c}/\alpha)^{\alpha/(\alpha-1)} + (1-q)n(\bar{c}/\alpha)^{\alpha/(\alpha-1)} = \\ &= \alpha^{\alpha/(1-\alpha)} n\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}. \end{aligned}$$

Dieser Term wird mit wachsendem q größer, die Nachfrage nach dem Produkt eines bestimmten Unternehmers damit c. p. kleiner.

Der laufende Profit einer Firma, die F&E betreibt, ergibt sich, wenn der Anteil der F&E Firmen q beträgt, in Analogie zur Vorgehensweise bei π_0^0 in Gleichung (3.4) wie folgt:

$$(3.22) \qquad \pi_1^q = (1-\alpha) \frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}} \frac{E}{n} \; .$$

Der laufende Profit einer nicht forschenden Firma lautet entsprechend:

$$(3.23) \qquad \pi_0^q = (1-\alpha) \frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}} \frac{E}{n} \; .$$

Ein Gleichgewicht liegt vor, wenn der ohne Forschung erzielte Ertrag dem laufenden Profit bei F&E abzüglich der Forschungskosten entspricht. Es muß gelten:

$$(3.24) \qquad \pi_0^q = \pi_1^q - F \; .$$

Setzt man ein, erhält man die Bedingung

$$(1-\alpha)\frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{E}{n}-F=0\ . \tag{3.25}$$

Aus dieser Gleichung erhält man das gleichgewichtige q als Funktion der enthaltenen Parameterwerte und der Firmenzahl n. Dabei muß natürlich immer gelten: $0 \le q \le 1$. Das Gleichgewicht, das man auf diese Weise für dieses Teilspiel erhält, ist im folgenden Sinn stabil. Ist der Anteil der forschenden Firmen kleiner als der aus (3.25) erhaltene Wert, dann ist der Pay-off bei Forschung größer als der ohne Forschung. Es gibt einen Anreiz für "ursprünglich" nicht forschende Firmen, F&E-Anstrengungen zu unternehmen, der Anteil der forschenden Firmen steigt. Bei einem höheren als dem gleichgewichtigen Anteil ergibt sich die umgekehrte Tendenz.

Der nächste Schritt ist nun, wie im Fall des symmetrischen Gleichgewichts, die Bestimmung der Firmenzahl n. Der Gesamtprofit einer aktiven Firma muß Null sein, dabei ist es unerheblich, ob man für den Pay-off der zweiten Periode den Fall mit Forschung oder ohne Forschung verwendet, da beide per Konstruktion gleich sind. Ich verwende den Profit ohne Forschung, es muß dann gelten:

$$\pi - D + \pi_0^q = 0\ . \tag{3.26}$$

Diese Bedingung bestimmt zusammen mit der Bedingung (3.25) die gleichgewichtigen Werte für q und n. Ich bestimme zunächst aus der Nullprofitbedingung (3.26) die Firmenzahl in Abhängigkeit vom Anteil der forschenden Firmen:

$$n=(1-\alpha)\frac{E}{D}\left\{1+\frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\right\}. \tag{3.27}$$

Setzt man diesen Term für n in (3.25) ein, erhält man analog zu den Bedingungen (3.16) und (3.19) die Bedingung

$$\frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}D=F\ . \tag{3.28}$$

Daraus ergibt sich der Anteil der Firmen $\tilde{q}$ als Funktion der Parameter:

(3.29)
$$\tilde{q} = \frac{D}{F} - \frac{2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} .$$

Die zugehörige Firmenzahl $\tilde{n}$ erhält man durch Einsetzen dieses Ausdrucks in die Formel (3.27). Etwas umgeformt erhält man:

(3.30)
$$\tilde{n} = \frac{(1-\alpha)E\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{D\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) - F\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} .$$

Der Tupel $(\tilde{q}, \tilde{n})$ ist ein Nash-Gleichgewicht des gesamten Spiels. Es gibt keinen Anreiz für die Firmen, von den von ihnen gewählten Strategien abzuweichen, da einerseits die Nullprofitbedingung erfüllt ist und andererseits der Ertrag aus der Forschung mit dem Ertrag ohne Forschung übereinstimmt. Dieses Gleichgewicht ist eindeutig, da es immer nur eine Kombination von q und n gibt, die die beiden Bedingungen (3.26) und (3.28) erfüllt. Untersucht man (3.28) an den Extremwerten von q, so ergeben sich (mit Gleichheitszeichen) die Parameterkonstellationen, die zu den symmetrischen Gleichgewichten führen. Zusammen mit der Tatsache, daß keine multiplen symmetrischen Gleichgewichte existieren, ergibt sich das zentrale Ergebnis hinsichtlich der nichtkooperativen Lösungen in diesem Modell:

Für jede Parameterkonstellation existiert ein eindeutiges Nash-Gleichgewicht in reinen Strategien; dieses Gleichgewicht wird durch die Zahl der im Markt aktiven Firmen und den Anteil der Firmen, die in der zweiten Periode F&E-Anstrengungen machen, beschrieben[30]*. Dabei gilt für diese Gleichgewichte, daß mit steigendem Anteil der forschenden Firmen die Profite aller Firmen sinken.*

---

[30] Die Frage nach der Stabilität dieses Gleichgewichts wird hier nicht behandelt, auf sie gehe ich im vergleichbaren Modellrahmen des Kapitels 4 ausführlich ein.

4. Die Wirkung verschiedener Einflußgrößen auf die Höhe der F&E-Anstrengungen

Auf der Grundlage des abgeleiteten asymmetrischen Gleichgewichts lassen sich Schlußfolgerungen über den Einfluß der verschiedenen Parameter auf die Höhe des Anteils der forschenden Firmen (gemessen über q) und die absolute Zahl der Forschungsprojekte treffen[31]. Der entsprechende Term für die Zahl der Forschungsprojekte ergibt sich aus (3.29) und (3.30) und lautet:

$$nq = (1-\alpha)\frac{E}{F}\cdot\frac{D\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) - 2F\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{D\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) - F\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\ .$$

Durch Bildung der entsprechenden Ableitungen erhält man unter Berücksichtigung der Parameterbeschränkungen für das asymmetrische Gleichgewicht folgende Ergebnisse:

1. Der Anteil der forschenden Firmen *und* die absolute Höhe der Forschungsanstrengungen nq sind dort höher, wo die F&E-Kosten (F) - ceteris paribus - niedriger sind bzw. die Forschungsproduktivität (gemessen über die relative Kostenänderung $\bar{c}/\hat{c}$) höher ist. Dabei haben diese beiden Faktoren auf n den entgegengesetzten Einfluß wie auf q. Der Anstieg des Anteils der forschenden Firmen überkompensiert jedoch den Rückgang der Gesamtzahl der Firmen; die Zahl der Forschungsprojekte nimmt zu. Während insbesondere die Effekte hinsichtlich des Anteils der forschenden Firmen ökonomisch unmittelbar einleuchtend sind, gilt dies in geringerem Ausmaß für das nächste Resultat.

2. Mit steigenden Markteintrittskosten (D) nimmt sowohl die absolute Zahl der forschenden Firmen zu als auch ihr Anteil an der Gesamtheit der Firmen.

Die Erklärung für diese Wirkung liegt in der bei einem höheren D niedrigeren Firmenzahl n. Dies hat, bei konstanten Gesamtausgaben E, einen höheren Umsatz je Firma zur Folge. Eine gegebene Kostensenkung führt damit zu einem stärkeren Anstieg der Profite. Der daraus resultierende Anstieg von q

[31] Da die symmetrischen Gleichgewichte Grenzfälle des asymmetrischen Gleichgewichts sind, werde ich an dieser Stelle nicht gesondert auf sie eingehen.

überkompensiert wiederum den Rückgang der Gesamtzahl der Firmen, so daß auch in diesem Fall die aggregierten Forschungsanstrengungen zunehmen.

3. Ein Anstieg von α und damit eine Abnahme der Monopolmacht, gemessen über das Lernersche Monopolmaß $1/\alpha$, erhöht den Anteil der forschenden Firmen. Hinsichtlich der Änderung der Gesamtzahl der Forschungsprojekte ist keine eindeutige Aussage möglich, qn kann steigen oder fallen.

Diese Ergebnisse können wieder über die Ableitungen bestimmt werden. Das Resultat bezüglich q wird auch deutlich, wenn man die Parameterbeschränkung für das symmetrische Gleichgewicht ohne Forschung, (3.16), bzw. diejenige für das Gleichgewicht, in dem alle Firmen forschen, (3.19), betrachtet. Aus diesen Bedingungen folgt unmittelbar, daß, je stärker sich α dem Wert 1 nähert, die Gültigkeit von (3.16) immer unwahrscheinlicher und die von (3.19) immer wahrscheinlicher wird.

Die Firmenzahl n sinkt auch bei einem Anstieg von α, anders als bei den vorher behandelten Parametern ist hier der Effekt auf die absolute Zahl der forschenden Firmen nicht eindeutig. Die beiden entgegengesetzten Effekte sind hier leicht zu erklären: Einerseits verstärkt die Möglichkeit einer starken Umsatzausweitung bei einer höheren Preiselastizität der Nachfrage für die etablierten Firmen den Anreiz zur Forschung, andererseits führt der geringere Aufschlagsatz zu niedrigeren Profiten, wodurch sich die Zahl der Markteintritte auf der ersten Stufe verringert.

An dieser Stelle möchte ich die Veränderung der aggregierten Forschungsanstrengungen qn in Abhängigkeit von α detaillierter mit Hilfe einer Simulation untersuchen. Dies scheint interessant, da man den Lerner-Index m. E. trotz des hier unterstellten freien Marktzutritts als Indikator für die Wettbewerbsintensität betrachten kann. Es stellt sich daher die Frage, inwieweit das vorgestellte Modell die Vorstellung erfassen kann, daß die Forschungsanstrengungen mit zunehmendem Konkurrenzdruck zunächst ansteigen und dann wieder sinken. Diese Auffassung knüpft an die sogenannte Neo-Schumpeter-Hypothese an, die besagt, daß die F&E-Intensität der einzelnen im Markt befindlichen Firmen mit zunehmender Konzentration erst zu- und dann wieder abnimmt[32].

[32] Siehe zu dieser Hypothese z. B. Stadler (1989), die Seiten 2 und 12ff.

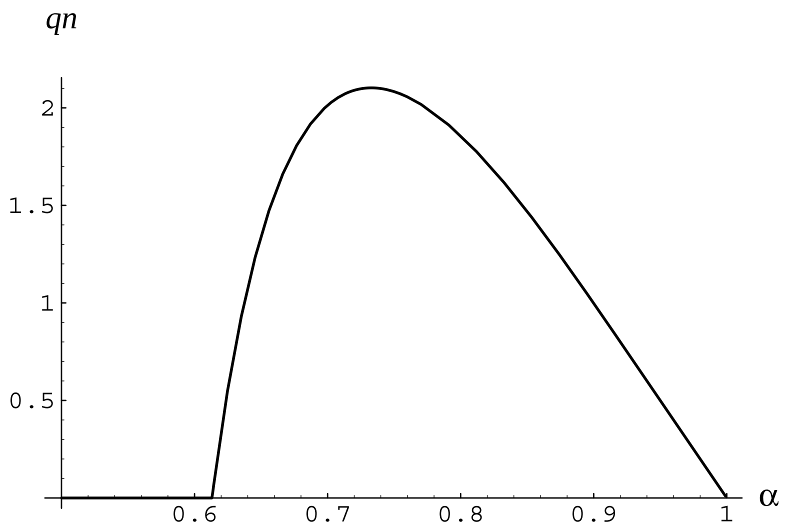

Abbildung 3.1

Die Simulation wurde für folgende Spezifikation der Parameter durchgeführt:

$$\hat{c} = 1,\ \bar{c} = 2,\ E = 10,\ D = 1,\ F = 1\,.$$

α wurde zwischen 1/2 und 1 variiert. Die dadurch induzierte Änderung der aggregierten Forschungsanstrengungen *qn* ist in der Abbildung 3.1 dargestellt.

Die Abbildung zeigt, daß die aggregierten Forschungsanstrengungen mit zunehmender Wettbewerbsintensität zunächst zu- und dann wieder abnehmen. Anders ausgedrückt: Bei hoher Marktmacht, erfaßt durch einen hohen Aufschlagsatz der einzelnen Firmen, sind die aggregierten Forschungsanstrengungen gering. Mit zunehmender Konkurrenz, die sich insbesondere in einer ansteigenden Substitutionselastizität bemerkbar macht, steigen die aggregierten Forschungsanstrengungen zunächst und nehmen dann wieder ab.

Das einfache, hier vorliegende Modell ist zwar aufgrund der hier verwendeten Annahme von F&E-Anstrengungen, die auf Firmenebene nicht beliebig variierbar sind, nicht in der Lage, den in der Neo-Schumpeter-Hypothese dargelegten Zusammenhang zwischen Konzentration und F&E-Intensität zu erfassen. Dennoch erfaßt es m. E. die Grundvorstellung der Hypothese, daß die Höhe der Forschungsaktivität in einer Industrie in der oben beschriebenen Weise mit der Marktstruktur zusammenhängt.

4. Als letzter Punkt ist in diesem Abschnitt die Wirkung einer Änderung der Gesamtausgaben E zu untersuchen. Da q unabhängig von E ist, muß der Anteil der forschenden Firmen konstant bleiben, es ändert sich nur die Firmenzahl n. Die Ursache dafür liegt in der Unabhängigkeit des Firmenumsatzes von den Gesamtausgaben. Am einfachsten sieht man das am Beispiel eines symmetrischen Gleichgewichts; steigt E, so muß bei freiem Marktzutritt n entsprechend steigen, da sonst der Umsatz (E/n) und damit der Profit steigt. Die Rentabilität der Forschung ändert sich in diesem Fall nicht, die absolute Höhe der Forschungsausgaben steigt proportional zu n an.

5. Zur Art des F&E-Wettbewerbs im vorliegenden Modell

Allgemein läßt sich sagen, daß das Modell einen 'Zwang' zur Innovation abbildet. Dieser Zwang kommt in einem Absinken des Profits im Falle unterlassener Forschungsanstrengungen zum Ausdruck, wobei letzteres zu einer 'Existenzgefährdung' der Firma führt. Diese Eigenschaften des Modells scheinen mir für viele Industriestrukturen zutreffender als die in vielen F&E-Modellen (insbesondere der Patentrennenliteratur) abgebildete zwangsläufige Verdrängung des jeweiligen Inkumbenten bzw. der im Markt etablierten Unternehmen durch eine einzelne, innovierende Firma. Ähnliche Eigenschaften weisen F&E-Modelle auf, die Cournot-Wettbewerb auf dem Outputmarkt unterstellen. Auch bei dieser Marktstruktur führt ein Kostennachteil gegenüber der Konkurrenz nicht unmittelbar zum Verschwinden aus dem Markt, sondern nur zu einer Verringerung des Marktanteils[33].

Ein weiterer interessanter Aspekt des Modells ist die Vorteilhaftigkeit kollusiven Verhaltens aus der Sicht des Unternehmenssektors als ganzem, wenn

[33] Siehe dazu z. B. das freilich anders gelagerte Modell in Clemenz (1993).

man sich bereits in der zweiten Stufe des Spiels befindet. Wären die Unternehmen in der Lage, ein 'Innovationsverhinderungsabkommen' zu implementieren, so wären die Profite höher als in den nicht-kooperativen Gleichgewichten, in denen es zu F&E-Anstrengungen eines Teils oder der Gesamtheit der Firmen kommt[34]. Das für die Unternehmen auf dieser Stufe des Spiels auftretende Gefangenendilemma liegt in einem "Profitzerstörungseffekt" begründet: Die "einzelne" Firma kann durch Forschung ihren laufenden Profit auf Kosten ihrer Konkurrenten steigern und dies gleichermaßen, wenn die Konkurrenten forschen und wenn sie dies nicht tun[35]. Für die Durchsetzung eines nicht-kooperativen Gleichgewichts, in dem geforscht wird, ist damit die 'Kehrseite' des oben angeführten Innovationszwangs verantwortlich. Diese ist ein Anreiz in Form steigender Profite, falls die Konkurrenten keine Forschungsanstrengungen machen. F&E ist also, liegen die Parameterwerte vor, die zu einem symmetrischen F&E-Gleichgewicht führen, dominante Strategie.

Das Modell kann die Struktur des Gefangenendilemmas jedoch verlieren, wenn die Annahme über das konstante 'Marktpotential' (also vom Preisindex unabhängige Gesamtausgaben E) aufgegeben wird. In diesem Fall steht der negativen Externalität in Form des Profitzerstörungseffektes eine positive Externalität entgegen, die eine Erhöhung der Gesamtausgaben bewirkt. Damit steigt der aggregierte Umsatz und auch der laufende Profit jeder einzelnen Firma. In diesem Fall sind Parameterkonstellationen denkbar, bei denen gleichzeitig ein Gleichgewicht ohne Forschung und eines mit F&E-Anstrengungen aller Firmen existiert. Forschung wäre dann für eine einzelne Firma allerdings nur dann vorteilhaft, wenn auch die Konkurrenten forschen; es läge die Struktur eines Koordinationsspiels vor.

Eng mit der Annahme konstanter Gesamtausgaben verknüpft ist auch die Art, wie die potentiellen Unternehmer auf der ersten Stufe das 'Innovationspotential' in ihr Kalkül einbeziehen. Wie oben gezeigt wurde, wirken die Parameter, von denen sowohl q als auch n abhängig sind, entgegengesetzt auf diese beiden

---

[34] Siehe dazu auch Brander und Spencer (1983a), S. 230, die für ein Cournot-Duopol zu dem gleichen Ergebnis kommen.

[35] Zum Profitzerstörungseffekt bei Cournot-Wettbewerb siehe z. B. Mankiw und Whinston (1986).

Größen. Die Ursache dafür ist ein zwangsläufiges Sinken der Profite, wenn bei konstanten Gesamtausgaben geforscht wird. Man kann somit feststellen:

Je höher das Innovationspotential ist, d. h. je höher der Anteil der forschenden Firmen im Gleichgewicht sein wird, desto niedriger ist die Zahl der Markteintritte. Je 'schärfer' also der zu erwartende 'Innovationswettbewerb' wird, desto geringer wird aufgrund der schlechten Profitaussichten die Zahl der Anbieter sein.

Interpretiert man die einzelnen Variablen des Modells in ähnlicher Weise wie Dasgupta (1986), mit $1/n$ als Index für die Konzentration in der betreffenden Industrie und die Forschungsproduktivität als Maß für Innovationsmöglichkeiten, dann erklärt auch das hier vorliegende Modell folgende von Dasgupta (1986, S. 144) angeführte empirische Beobachtung: "Industries facing greater technological and innovative opportunities tend to be more concentrated".

6. Die Wohlfahrtsanalyse

Nach der Darstellung der Marktgleichgewichte sollen nun die Wohlfahrtseigenschaften des vorgestellten Modells untersucht werden. Diese Untersuchung erfolgt über die Analyse ausgewählter politischer Maßnahmen. Im Kontext des vorliegenden Modells soll unter anderem die Frage nach den Wirkungen einer Forschungs'förderungs'politik beantwortet werden. Dabei steht im Zentrum des Interesses die Frage, ob der Staat die Wohlfahrt der Individuen durch eine entsprechende Wirtschaftspolitik erhöhen kann. Die Forschungspolitik wird dabei über eine fixe Subvention je Forschungsvorhaben modelliert. Finanziert wird diese Politik über eine einheitliche Verbrauchsteuer auf alle differenzierten Güter. Dabei wird davon ausgegangen, daß es politische Eingriffe nur in der zweiten Periode gibt. Diese Politikmodellierung wurde gewählt, da sie m. E. den einfachsten Ausgangspunkt zur Behandlung des oben definierten Problems darstellt. Später werden, aus dann näher zu erläuternden Gründen, andere Politiken untersucht.

Als Wohlfahrtsmaß wird die Summe der Periodennutzen verwendet, die hier jeweils über die indirekten Nutzenfunktionen bestimmt werden. Ein Diskontfaktor bzw. eine Zeitpräferenzrate wird hier analog zum Vorgehen im Unternehmenssektor nicht berücksichtigt bzw. Null gesetzt. Profiteinkommen müssen nicht berücksichtigt werden, da diese insgesamt immer Null sind. Untersucht wird hier nur, ob die Einführung kleiner Steuern bzw. Subventionen vorteilhaft ist. Die Verbrauchsteuer wird durch einen Abschlagsatz t modelliert, die Subvention s fällt an bei der Realisation eines Forschungsprojektes in Form einer Prozeßinnovation.

Zunächst soll die Reaktion der Unternehmen auf diese politischen Maßnahmen analysiert werden. Aus der Maximierung der laufenden Profite ergibt sich analog zur Vorgehensweise in (3.1) der Preis, der bei Berücksichtigung der Steuer optimal ist.

$$\max_{p(i)} \pi(i) = (1-t)p(i)x(i) - cx(i), \tag{3.31}$$

$$\Rightarrow p(i) = \frac{c}{\alpha(1-t)}. \tag{3.32}$$

Dabei ist $p(i)$ der Konsumentenpreis. Die Subvention muß hier noch nicht berücksichtigt werden, da sie unabhängig von der Produktionshöhe ist und somit nur die Entscheidung, ob geforscht wird, beeinflußt.

Der laufende Profit in der zweiten Periode hängt nun natürlich davon ab, wie die Kostensituation der Konkurrenten aussieht. Dies ist gleichbedeutend mit der Frage nach dem Gleichgewicht, in dem man sich befindet. Da nur die Wirkung 'kleiner' Eingriffe untersucht wird, sind die nicht differenzierbaren Stellen an den Übergängen zwischen den einzelnen Gleichgewichtstypen für die komparativ-statische Analyse unproblematisch, man muß lediglich eine Fallunterscheidung treffen. Die Analyse wird nur für das asymmetrische Gleichgewicht und für das 'reine' F&E-Gleichgewicht durchgeführt. Im Hinblick auf die Forschungspolitik ist vor allem ersteres von Bedeutung, da sich in diesem die Höhe der aggregierten Forschungsanstrengungen bei einem politischen Eingriff im allgemeinen ändert. Es soll gezeigt werden, daß selbst in diesem einfachen Modell, in dem eine Änderung des Anteils q die einzige Möglichkeit ist, die Forschungsanstrengungen im Aggregat zu erhöhen, interessante Aussagen darüber möglich sind, unter welchen Umständen Forschungsförderungspolitik wohlfahrtsteigernd ist. Dabei wird auch beantwortet, welche Faktoren für die nicht optimale Höhe der Forschungsanstrengungen verantwortlich sind.

6.1 Politikwirkung im asymmetrischen Gleichgewicht

6.1.1 Die Veränderung der Firmenzahl *n* und des Anteils der forschenden Firmen *q*

Es wird hier davon ausgegangen, daß der staatliche Eingriff aufkommensneutral geschehen soll und die Subvention für alle Forschungsfirmen gleich hoch ist. Aus dieser Vorgabe folgt:

$$1.\ \ T = tE,\quad 2.\ \ qns = T,\quad 3.\ \ s = \frac{tE}{qn},$$

wobei T das Steueraufkommen ist. Die Höhe dieser Steuereinnahmen erhält man sofort aus der Überlegung, daß der Gesamtumsatz der Industrie E beträgt und jede Firma einen Anteil t ihres Umsatzes als Steuer abführen muß. Der Subventionsbetrag pro forschender Firma, s, ergibt sich dann als Quotient von Steuereinnahmen und Zahl der forschenden Firmen.

Zunächst sind wieder die laufenden Profite in diesem asymmetrischen Gleichgewicht zu bestimmen. Durch Einsetzen der Preise nach Steuer erhält man:

$$\pi_1^q = (1-\alpha)\frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{(1-t)E}{n} \tag{3.33}$$

und

$$\pi_0^q = (1-\alpha)\frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{(1-t)E}{n}. \tag{3.34}$$

Ein Gleichgewicht für das Teilspiel der zweiten Periode liegt wieder vor, wenn der Pay-off, den eine einzelne Firma bei Forschung erhält, gleich demjenigen ist, der ohne Forschung anfällt. Als Gleichgewichtsbedingung ergibt sich unter Einbeziehung der Forschungssubvention:

(3.35) $$\pi_1^q - F + s = \pi_0^q .$$

Nach Einsetzen der entsprechenden Ausdrücke resultiert daraus folgende Bedingung

(3.36) $$(1-\alpha)\frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{(1-t)E}{n} - F + \frac{tE}{qn} = 0 .$$

Die Firmenzahl, die die Nullprofitbedingung sicher stellt, ergibt sich analog zu Gleichung (3.27), dabei wurde als Profit der zweiten Periode derjenige einer nicht forschenden Firma verwendet:

(3.37) $$n = (1-\alpha)\frac{E}{D}\left\{1 + \frac{(1-t)\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\right\}.$$

Ebenso wie bei der Ableitung des Gleichgewichts ohne Staatseingriffe könnten die gleichgewichtigen Werte für q und n direkt - als Funktion von t - berechnet werden. Da die resultierenden Ausdrücke jedoch ziemlich unhandlich sind, wähle ich einen anderen Weg, um die Veränderung von q und von n in Abhängigkeit von t zu bestimmen. Dabei wird n in der Gleichung (3.36) durch die Bedingung (3.37) ersetzt. Auf diese Weise erhält man, etwas umgeformt, die Bedingung

(3.38) $$\frac{D\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + (2-t)\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} \cdot \left\{(1-t) + \frac{t\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{q(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}\right\} - F = 0 .$$

Aus dieser Bedingung läßt sich die Veränderung von q in Abhängigkeit von t an der Stelle $t_0 = 0$ durch die Anwendung des Theorems über implizite Funktionen bestimmen. Man erhält (s. Anhang C):

(3.39) $$\frac{dq}{dt} =$$

$$= \frac{\left\{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\alpha q + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{q(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^2}.$$

$$\Rightarrow \frac{dq}{dt} > 0$$

Als erstes, wenig überraschendes, Resultat kann festgehalten werden:
Der Anteil der forschenden Firmen steigt bei Einführung einer Forschungssubvention, die durch eine Verbrauchsteuer finanziert wird.

Ökonomisch läßt sich das wie folgt erklären: Bei gegebenem q steigt der Profit der forschenden Firmen, der der nicht forschenden Firmen sinkt. Der für das Gleichgewicht erforderliche Ausgleich der Profite muß über eine Veränderung von q erfolgen. Diese Veränderung muß ein Anstieg von q sein, da der Profit der Forschungsfirmen mit q schneller sinkt als der der nicht forschenden; es kommt wieder zum Ausgleich der Pay-offs.

Die Veränderung von n in Abhängigkeit von t ermittle ich aus der Gleichung (3.37) unter Berücksichtigung des funktionalen Zusammenhangs zwischen q und t.

(3.40)
$$\frac{dn}{dt} = -(1-\alpha)\frac{E}{D}\cdot$$

$$\cdot\left[\frac{\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} + \frac{\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^2}\frac{dq}{dt}\right]$$

(3.41)
$$\frac{dn}{dt} =$$

$$-(1-\alpha)\frac{E}{D}\cdot\frac{\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}$$

$$\Rightarrow \frac{dn}{dt} < 0$$

Das zweite Resultat der Politikanalyse im asymmetrischen Gleichgewicht lautet damit:

Der beschriebene Staatseingriff hat eine eindeutige Wirkung auf die Firmenzahl; sie geht zurück.

Ursache für diesen Effekt ist das Sinken der Profite auf der zweiten Stufe. Dabei gehen der direkte Effekt des Staatseingriffs, die zu entrichtende Steuer (der erste Term in der eckigen Klammer in (3.40)), und der indirekte Effekt, die Änderung von q (der zweite Term), nur in die gleiche Richtung, da für den Pay-off auf der zweiten Stufe der einer nicht forschenden Firma verwendet wurde. Die betreffenden Firmen erhielten also keine Subventionen. Bei Verwendung des im Gleichgewicht damit übereinstimmenden Profits bei F&E wäre der direkte Effekt - nun inklusive der Subventionen - positiv, der Gesamteffekt muß aber per Konstruktion mit dem hier dargestellten Fall identisch sein.

Der Vollständigkeit halber wird hier ohne Dokumentation die Veränderung der aggregierten Forschungsanstrengungen (qn) angegeben. Sie wurde unter Verwendung von Mathematica, einem Computerprogramm zur symbolischen Lösung mathematischer Probleme, bestimmt; man erhält folgendes Ergebnis:

Für positives q, und damit für die interessanten Parameterkonstellationen, ist dieser Effekt eindeutig negativ. Die aggregierten Forschungsanstrengungen nehmen bei der Einführung von Forschungssubventionen ab, der negative Effekt auf die Firmenzahl überwiegt den positiven Einfluß auf den Anteil der forschenden Firmen.

6.1.2 Die Wohlfahrtswirkung des Staatseingriffs

Nachdem bestimmt wurde, wie sich der Anteil der forschenden Firmen und die gesamte Firmenzahl verändern, soll nun versucht werden, die dadurch bedingte Nutzen- bzw. Wohlfahrtsänderung qualitativ abzuschätzen. Dafür wird die indirekte Nutzenfunktion der Haushalte verwendet, die man durch die Substitution der Nachfragefunktion (2.12) in die Nutzenfunktion (2.2) erhält. Sie lautet für eine Periode:

$$(3.42)\qquad V=\left\{\int_0^n\left(\frac{p(j)^{1/(\alpha-1)}}{\int_0^n p(z)^{\alpha/(\alpha-1)}dz}\cdot E\right)^{\alpha}dj\right\}^{1/\alpha}=\left\{\int_0^n p(j)^{\alpha/(\alpha-1)}dj\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\cdot E\,.$$

Der Nutzen in der ersten Periode ist dann:

$$(3.43)\qquad V^1=n^{(1-\alpha)/\alpha}\,\frac{\alpha E}{\bar{c}}\,.$$

Bei der Bestimmung des Nutzens in der zweiten Periode geht man im Fall des asymmetrischen Gleichgewichts analog zur Berechnung des Preisindexes in diesem Fall vor (s. o. S. 49). Unter Berücksichtigung der Steuer ergibt sich:

$$(3.44)\qquad V^2=n^{(1-\alpha)/\alpha}\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha(1-t)E\,.$$

Als Maß für die gesamte Wohlfahrt wird die Summe der beiden Periodennutzen, $V=V^1+V^2$, verwendet, ein Diskontfaktor wird nicht berücksichtigt. Es gilt also:

$$(3.45)\; V=n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E\left[\frac{1}{\bar{c}}+\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}(1-t)\right].$$

Die Wirkung der Einführung einer kleinen Steuer, die eine Subvention finanziert, wird nun analysiert, indem V an der Stelle $t_0=0$ nach t abgeleitet wird. Dabei sind die oben abgeleiteten Zusammenhänge zwischen n bzw. q und t (Gleichungen (3.39) und (3.41)) zu berücksichtigen.

$$(3.46)\qquad \begin{aligned}\frac{dV}{dt}&=n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E\left\{\left[\frac{1}{\bar{c}}+\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}(1-t)\right]\cdot\right.\\&\cdot\frac{1-\alpha}{\alpha}\frac{1}{n}\frac{dn}{dt}+\frac{1-\alpha}{\alpha}\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]-1}\cdot\\&\cdot\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\frac{dq}{dt}(1-t)-\\&\left.-\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\right\}.\end{aligned}$$

Nun werden die Ableitungen von q und n eingesetzt und $t=0$ verwendet, nach einigen Umformungen (siehe *Anhang D*) erhält man:

$$
\begin{aligned}
\frac{dV}{dt} &= n^{(1-\alpha)/\alpha} E \frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} \cdot \\
&\cdot \left\{ -\frac{1}{\bar{c}} + \left\{ q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)} \right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]} \right\}
\end{aligned} \tag{3.47}
$$

Es gilt:

$$
\operatorname{sgn} \frac{dV}{dt} = -\frac{1}{\bar{c}} + \left\{ q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)} \right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]} \tag{3.48}
$$

$$
\Leftrightarrow \operatorname{sgn} \frac{dV}{dt} = -\frac{1}{\bar{c}} + \left\{ q\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} + (1-q)\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)} \right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]}. \tag{3.49}
$$

Berücksichtigt man, daß q nicht Null werden darf, da sonst bei der Ableitung dieser Bedingungen im Nenner zum Teil eine Null auftreten würde[36], dann ist eine eindeutige Aussage hinsichtlich der Wohlfahrtswirkung des Staatseingriffs möglich. Aus der Darstellung mittels der Konvexkombination, (3.49), wird ersichtlich, daß der Wert des positiv eingehenden Terms im (linksoffenen) Intervall $\left(\bar{c}^{-1}, \hat{c}^{-1}\right]$ liegen muß. Aus der Grundannahme $\bar{c} > \hat{c}$ folgt das erste wichtige Wohlfahrtsresultat:

Liegt die Parameterkonstellation vor, die zu einem asymmetrischen Gleichgewicht führt, dann ist die betrachtete Forschungspolitik wohlfahrtsteigernd. Damit gilt gleichzeitig: Die Marktlösung führt nicht zu einem effizienten Ergebnis.

Bevor dieses Ergebnis näher interpretiert und der Frage genauer nachgegangen wird, in welcher Weise die Marktlösung von einer (eingeschränkt) optimalen Lösung abweicht, soll die Wirkung der Forschungspolitik im symmetrischen F&E-Gleichgewicht analysiert werden.

6.2 Politikwirkung im symmetrischen Gleichgewicht mit F&E

---

[36] Dies tritt schon bei der Bestimmungsgleichung für die Höhe der Subventionszahlungen auf. Aus diesem Grund ist im vorliegenden Modell eine komparative Statik für das Gleichgewicht ohne Forschung nicht ohne weiteres möglich.

In diesem Abschnitt wird das folgende, vom vorherigen Ergebnis abweichende Resultat vorgestellt: Liegt ein reines F&E-Gleichgewicht vor, dann wirkt die Forschungspolitik *nicht* wohlfahrtsteigernd.

Der Pay-off in der zweiten Periode, in der alle Firmen forschen, ist hier:

$$\pi_1^1 - F + s = (1-\alpha)\frac{(1-t)E}{n} - F + s \; . \tag{3.50}$$

Zusammen mit dem Profit auf der ersten Stufe (s. (3.13)) und der Aufkommensneutralität des Staatseingriffs erhält man die, die Nullprofitbedingung erfüllende, Firmenzahl:

$$n = \frac{E}{D+F}\left[2(1-\alpha) + \alpha t\right]. \tag{3.51}$$

Aus dieser Bedingung folgt, daß die Firmenzahl n infolge des Staatseingriffs (also mit t) steigt. Man erhält ein vom asymmetrischen Gleichgewicht abweichendes Ergebnis. Die Ursache ist der Anstieg des Profits auf der zweiten Stufe, die Subvention kommt in vollem Umfang den Firmen zugute, die Steuer wird über einen höheren Preis zum Teil auf die Konsumenten überwälzt.

Die indirekte Nutzenfunktion sieht nun sehr einfach aus:

$$V = V^1 + V^2 = n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E\left[\frac{1}{\bar{c}} + \frac{1}{\hat{c}}(1-t)\right]. \tag{3.52}$$

Die Veränderung von t an der Stelle $t_0 = 0$ führt unter Berücksichtigung des Einflusses, den t auf die Firmenzahl hat, zu folgendem Ergebnis:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1-\alpha}{\alpha} n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E\left[\frac{1}{\bar{c}} + \frac{1}{\hat{c}}\right]\frac{1}{n}\frac{dn}{dt} - n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E \frac{1}{\hat{c}} \tag{3.53}$$

$$\frac{dV}{dt} = n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E\left\{\frac{1}{2}\left[\frac{1}{\bar{c}} + \frac{1}{\hat{c}}\right] - \frac{1}{\hat{c}}\right\}. \tag{3.54}$$

Man sieht, daß die Nutzenänderung unabhängig von den Parameterwerten negativ ist, da der Term in geschweiften Klammern immer kleiner Null ist. Die in diesem Fall zur Markteintrittssubventionierung degenerierte Forschungspolitik hat also eine eindeutig negative Wohlfahrtswirkung; die

Erhöhung der Produktvielfalt kann in diesem Fall die durch die verzerrende Steuer auftretenden Effizienzverluste nicht kompensieren.

Das abgeleitete Resultat impliziert andererseits jedoch, daß die Wohlfahrt steigen würde, wenn die Steuer gesenkt wird. Eine derartige Maßnahme wäre gleichbedeutend mit einer Forschungsgebühr, die als Preissubvention in der zweiten Periode wieder ausgeschüttet wird; diese Politik wäre eindeutig wohlfahrtsteigernd. Daraus kann jedoch *nicht* geschlossen werden, daß die Marktlösung auch in diesem Fall ineffizient ist. Bei der Analyse sind nämlich die Implikationen der intertemporalen Spezifikation des Modells insbesondere in bezug auf das Verhalten der Haushalte zu berücksichtigen. Auf seiten der Konsumenten wurde keine intertemporale Wahl zugelassen, es wurden vielmehr im Zeitablauf konstante Ausgaben E unterstellt. Diese Modellierung wurde gewählt, um das Modell einfach zu halten und eine Konzentration auf den Unternehmenssektor und seine Entscheidungen zu ermöglichen. Bei der Analyse politischer Maßnahmen ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Ergebnisse durch die Spezifikation der Haushaltsseite stark beeinflußt werden können. So erhöht zum Beispiel die oben angeführte Politik, bestehend aus einer Forschungsgebühr und Preissubventionen nur in der zweiten Periode, die Wohlfahrt allein dadurch, daß durch die Verringerung der Firmenzahl und die Subventionierung implizit Ausgaben von der ersten in die zweite Periode umgeschichtet werden. Da in der zweiten Periode die Preise niedriger sind, muß der Nutzen ansteigen.

Um derartige Effekte auszuschließen, wird der Planer nun einer zusätzlichen Restriktion in der Form unterworfen, daß er einen für beide Perioden einheitlichen Steuersatz wählen muß. Modifiziert man die Politik entsprechend und geht davon aus, daß die Steuer nun in beiden Perioden erhoben wird und der Steuersatz entsprechend auf (t/2) festgesetzt wird, so erhält man als Ergebnis:
Die Wohlfahrt ändert sich infolge der beschriebenen Politik nicht.

Aus diesem Ergebnis läßt sich der Schluß ziehen, daß das symmetrische F&E-Gleichgewicht in einem vergleichbaren Sinn eingeschränkt optimal ist, wie dies für das einperiodige Dixit-Stiglitz-Standardmodell mit freiem Markteintritt gilt. Für dieses Modell wurde gezeigt, daß die Marktallokation der zweitbesten Lösung entspricht[37]. Die dem Planer dabei auferlegte Restriktion besteht in der Nichtverfügbarkeit von Lump-sum Transfers an die Firmen. Zwar sind solche Transfers bei der hier behandelten Politik enthalten, entscheidend ist aber für beide Modelle, daß keine Lump-sum Transfers von den Haushalten an die Firmen möglich sind. Es ist dem Planer bzw. der Regierung bei diesen Instrumenten nicht möglich, die Ausgaben der Haushalte zu verändern, die auf die, das differenzierte Gut herstellende, Industrie entfallen. Zu berücksichtigen ist jedoch, daß der Planer im hier vorgestellten Modell einer zusätzlichen Restriktion unterworfen ist, da er die Steuersätze zwischen den Perioden nicht differenzieren kann. Diese Einschränkung ist m. E. bei der einfachen (intertemporalen) Spezifikation des Modells sinnvoll.

6.3 Weitere Analyse der für das Wohlfahrtsergebnis im asymmetrischen Gleichgewicht entscheidenden Effekte

Die für das reine F&E-Gleichgewicht abgeleitete eingeschränkte Optimalität gilt offensichtlich nicht für das asymmetrische Gleichgewicht[38], der Staatseingriff wirkt wohlfahrtsteigernd. Betrachtet man die Wirkungsweise dieser Politik, so lassen sich zwei mögliche Ursachen für die Ineffizienz der Marktlösung ausmachen:

1. Durch die Steuer wird Konsumentenrente abgeschöpft, die als Subvention den Anreiz zur Forschung erhöht. Das Wohlfahrtsergebnis ist also möglicherweise darauf zurückzuführen, daß die Forschung durch die Kostensenkung zu einem Anstieg der Konsumentenrente führt und diesem sozialen Ertrag auf Seite der Firmen kein hinreichender privater Ertrag gegenübersteht. Forschung

---

[37] Vgl. dazu z. B. Beath und Katsoulacos (1991) S. 61f.

[38] Zu beachten ist hier, daß die qualitative Natur der für das asymmetrische Gleichgewicht abgeleiteten Ergebnisse *nicht* durch die intertemporale Spezifikation beeinflußt wurde. Dies wird insbesondere anhand der später in diesem Abschnitt analysierten Wirkung einer Markteintrittsgebühr deutlich, die in der *ersten* Periode wieder als Preissubvention ausgeschüttet wird. Diese Politik führt zu einer Wohlfahrtssteigerung, obwohl sie eine Verlagerung der Ausgaben in die erste Periode impliziert.

hätte eine positive Externalität zur Folge, dieser Effekt wird in der Literatur auch als Konsumentenrenteneffekt bezeichnet[39].

2. Der Staatseingriff führt zum Teil direkt (bei den nicht forschenden Firmen), zum Teil über die induzierte Änderung von q zu einem Absinken der Profite, die Zahl der im Markt befindlichen Unternehmen sinkt. Eine niedrigere Firmenzahl macht aber Forschung attraktiver, da eine gegebene Kostensenkung bei einem höheren Umsatz je Firma einen größeren Profitanstieg zur Folge hat. (Formal ergibt sich aus der Ableitung der Differenz $\pi_1^q - \pi_0^q$ nach n, daß der Anreiz zur Forschung mit steigender Firmenzahl abnimmt; der bei getätigten F&E-Investitionen anfallende Profit sinkt mit n schneller als der laufende Profit ohne Forschung.) Die Ineffizienz der dezentralen Lösung wäre in diesem Fall auf eine zu hohe Zahl von Markteintritten zurückzuführen, die Firmen berücksichtigen nicht, daß durch ihren Markteintritt die Profite der Konkurrenten sinken. Es läge wieder ein Profitzerstörungseffekt vor, der jedoch nicht wie auf Seite 56 durch die Durchführung eines Forschungsprojektes verursacht wird, sondern durch den Markteintritt. Dieser vermindert für die Konkurrenten den Anreiz, Forschungsanstrengungen zu machen.

Durch die Untersuchung zweier spezieller Politiken wird nun geklärt, ob und, wenn ja, in welchem Ausmaß die beiden beschriebenen Effekte hier von Bedeutung sind[40].

Die Analyse einer Verbrauchsteuer in der ersten Periode, die mit einer Markteintrittsprämie verbunden wird, läßt eine Aussage darüber zu, in welcher Weise die Zahl der Marktzutritte von der sozial optimalen Firmenzahl abweicht. In *Anhang E* wird gezeigt, daß eine derartige Politik in jedem Fall wohlfahrtsmindernd ist. Das heißt, daß eine Beschränkung des Marktzutritts mittels einer Markteintrittsgebühr, die über eine Preissubvention wieder ausge-

---

[39] Dieser Effekt und der früher schon erwähnte Profitzerstörungseffekt wird z. B. in Wohlfahrtsanalysen in Modellen der neuen Wachstumstheorie angeführt. Vgl. dazu z. B. Grossman und Helpman (1991), S. 82f.

[40] Die Politikanalyse tritt hier an die Stelle der expliziten Analyse eines sozialen Optimums. Der Umweg wird gewählt, da ein globaler Vergleich des sozialen Optimums mit der dezentralen Lösung nicht ohne weiteres möglich ist. Durch die Politikanalyse kann gezeigt werden, ob marginale Änderungen bestimmter endogener Variablen zu Wohlfahrtssteigerungen führen. Dies gibt Aufschluß über die Richtung der Abweichung von der optimalen Lösung.

schüttet wird, wohlfahrtsteigernd wirkt; in der dezentralen Lösung ist die Firmenzahl zu hoch. Der Profitzerstörungseffekt aufgrund des Markteintritts wirkt hier negativ, indem er den Anreiz zur Forschung vermindert und zu einem aus sozialer Sicht unzureichenden Anteil forschender Firmen führt.

Der mögliche Einfluß des Konsumentenrenteneffektes wird mit Hilfe folgender Politik analysiert: In der zweiten Periode wird eine Verbrauchsteuer auf alle Produkte erhoben. Ein Anteil γ der dadurch erzielten Einnahmen wird als Forschungssubvention analog zur oben durchgeführten Forschungspolitik ausgeschüttet. Der restliche Anteil $(1-\gamma)$ wird Lump-sum auf alle im Markt befindlichen Firmen verteilt. Der Faktor γ wird dabei so festgelegt, daß sich die Profite in der zweiten Periode in Folge des Eingriffs nicht ändern. Die Firmenzahl bleibt durch diese Politik unverändert, jeglicher Einfluß von Markteintritten wird ausgeschaltet. Man kann isoliert untersuchen, ob eine Abschöpfung der Konsumentenrente die Wohlfahrt erhöht, wenn sie zur Forschungsförderung eingesetzt wird.

In *Anhang F* wird gezeigt, daß die vorgeschlagene Politik die Wohlfahrt *nicht* verändert. Da in diesem Fall die Steuer nicht verzerrend wirkt - per Konstruktion wurde ein Einfluß auf die erste Periode ausgeschaltet - , und der Planer durch die Forschungssubvention die Höhe der Forschungsanstrengungen bestimmen kann, liegt ein ähnliches Ergebnis wie im Fall des symmetrischen F&E-Gleichgewichts vor. Man kann wieder von einer eingeschränkten Optimalität der dezentralen Lösung sprechen, wobei sich dieses Ergebnis jedoch nicht auf das ganze Spiel bezieht, sondern auf ein Teilspiel:

Ist n fest vorgegeben und geht es nur um die Bestimmung der Höhe der aggregierten Forschungsanstrengungen, dann entspricht die Marktlösung derjenigen, die ein Planer wählen würde, der die monopolistische Preisbildung und die Firmenzahl als gegeben ansehen muß.

Für die eingeschränkte Optimalität der Lösung im betrachteten Teilspiel können wieder zwei entgegengesetzte Effekte verantwortlich gemacht werden. Einmal tritt hier wie oben schon angeführt eine positive Externalität auf, da die Firmen nicht für den durch ihre Forschungsanstrengungen bewirkten Anstieg der Konsumentenrente entschädigt werden. Dies kommt darin zum Ausdruck, daß die Wohlfahrt steigt, wenn die Steuer nur als Forschungssubvention ausgeschüttet würde und die Firmen keine Kompensation für die Verringerung ihrer Profite erhalten würden. Letzteres ist gerade die Konsequenz einer gleichzeitig auftretenden negativen Externalität. Diese Externalität ist hier wieder ein Profitzerstörungseffekt, der in diesem Fall durch die Forschungsanstrengungen der einzelnen Firmen bedingt wird, der Profit der Konkurrenten sinkt infolge dieser Aktivität, ohne daß dies von den forschenden Firmen berücksichtigt würde. Durch die Verwendung von Transfers, die die Profite der Firmen konstant halten, wurde die Wirkung dieses Profitzerstörungseffekts auf die Haushalte berücksichtigt. Als Ergebnis erhält man, daß der, durch die Verringerung der Profiteinkommen ausgelöste Nutzenverlust dem Nutzenanstieg entspricht, den die Forschungsanstrengungen durch die Verbilligung der Güter bewirken.

Durch eine Betrachtung der bisher abgeleiteten Ergebnisse läßt sich hinsichtlich der Wohlfahrtseigenschaften des vorgestellten Modells zusammenfassend feststellen:

Sowohl im Fall einer festen Firmenzahl in einem einperiodigen F&E-Spiel als auch im symmetrischen F&E-Gleichgewicht erhält man Ergebnisse, die hinsichtlich der Wohlfahrtswirkungen dem Dixit-Stiglitz-Standardmodell ohne Forschung, aber mit freiem Marktzutritt, entsprechen; die Marktlösung ist eingeschränkt optimal. Dieses Ergebnis hält nicht für die dezentrale Lösung im Fall des asymmetrischen Gleichgewichts im zweiperiodigen F&E-Spiel mit freiem Marktzutritt.

Die Ursache liegt darin, daß in den Markt eintretende Firmen die Konsequenzen ihres Verhaltens für die Konkurrenten nicht berücksichtigen: Durch zusätzliche Markteintritte kommt es - durch die damit bedingte Verringerung des Umsatzes der etablierten Firmen - zu einer Verringerung des Anreizes zur Forschung. Es sind in diesem Modell, in dem die Konsumenten mit einer Vorliebe für Vielfalt ausgestattet sind, ineffizient hohe Marktzutritte zu verzeichnen; der *Anteil* der forschenden Firmen ist zu niedrig. Interessant ist dabei, daß gleichzeitig die *aggregierten* Forschungsanstrengungen (siehe die Anmerkungen auf S. 62) möglicherweise zu hoch sind. Dieses Resultat ist weniger paradox als es auf den ersten Blick erscheinen mag: Wird ein Anstieg der Zahl der Prozeßinnovationen durch die Erhöhung der Firmenzahl induziert, so fallen für die Gesellschaft neben den eigentlichen Forschungskosten automatisch höhere Markteintrittskosten an. Die formale Analyse hat aber gezeigt, daß der durch die gestiegene Produktvielfalt bewirkte Nutzenanstieg diese höheren Kosten nicht kompensiert.

7. Schlußfolgerungen und Ausblick

In diesem Kapitel wurde abgeleitet, wie hoch bei der vorgegebenen F&E-Technologie der Anteil der F&E betreibenden Firmen in einer Industrie ist, in der monopolistische Konkurrenz herrscht. Es wurde dargelegt, daß die auf der F&E-Stufe des Modells resultierende Art von Konkurrenz als 'Innovationswettlauf' aufgefaßt werden kann, dessen Ergebnis eine Schlechterstellung aller beteiligten Firmen ist. Die 'Profiteure' dieses Wettlaufs sind die Konsumenten. Durch die Analyse bestimmter Staatseingriffe konnten auch Ergebnisse hinsichtlich der Wohlfahrtseigenschaften der unterstellten Industriestruktur abgeleitet werden. Zentrales Ergebnis dabei ist, daß in der Marktlösung der Anteil der forschenden Firmen im Vergleich zum sozialen Optimum zu niedrig ist. Ursache dafür sind zu viele Markteintritte, eine Beschränkung des Marktzugangs ist wohlfahrtsteigernd. Einzige Ausnahme ist der Fall, in dem im Gleichgewicht alle aktiven Firmen forschen.

Dem m. E. interessantesten Ergebnis dieses Modells, der ineffizient hohen Zahl von Markteintritten im Fall des asymmetrischen Gleichgewichts, liegt dabei folgender ökonomischer Mechanismus zugrunde. Durch die "vielen" Markteintritte wird der Umsatz der einzelnen Firmen zu klein in dem Sinn, daß eine gegebene Kostensenkung wegen des zu geringen Umsatzes zu einem Anstieg der laufenden Gewinne führen würde, der die Forschungskosten nicht aufwiegen kann. Die Folge davon ist, daß es sich nur für einen geringen Teil der Firmen lohnt zu forschen. Im Durchschnitt bleibt im Modell der Umsatz der einzelnen Firmen zu gering. Diese Eigenschaft des Modells - zu viele Markteintritte und damit verbunden zu geringer Umsatz der einzelnen Firmen - scheint gerade im Hochtechnologiebereich eine nicht zu unterschätzende Rolle zu spielen. So stellen z. B. Richard Florida und Martin Kenney in einem in der California Management Review 1990 abgedruckten Artikel zum Thema Silicon Valley unter anderem fest, daß es in beinahe allen Bereichen des mit Hochtechnologie befaßten Industriesektors zu von ihnen so bezeichneten "me-too start-ups" kommt. Unter der bezeichnenden Absatzüberschrift "Start-up Mania" (s.

S. 74ff) kommen sie zu dem Urteil: "Me-too-start-ups, in dividing market share and talent among companies, weaken many in ways that can threaten the development of entire industries." (S. 75)

Wenn auch das hier vorliegende Modell viele Aspekte, wie den der Unsicherheit, aber auch den der Bedeutung einer hinreichenden Kapitalausstattung, aufgrund seiner Einfachheit nicht abbilden kann, so liefert es doch Hinweise dafür, daß eine hohe Zahl von Markteintritten unter bestimmten Umständen tatsächlich negativ zu bewerten ist. Aus dem Modell kann damit zumindest die Schlußfolgerung gezogen werden, daß nicht pauschal von einer positiven Wirkung der Erleichterung des Marktzutritts gerade im Hochtechnologiebereich ausgegangen kann. Sollen derartige Maßnahmen durchgeführt werden, so müßten sie zum Beispiel über zusätzlich auftretende externe Effekte in Form von Spillovers oder ähnliches begründet werden.

Gestützt wird die hier vorgebrachte "Warnung" auch vom "excess entry" Resultat, das Okuno-Fujiwara und Suzumura (1993) in einem von der Struktur her ähnlich aufgebauten Modell mit F&E bei Cournot-Wettbewerb im Falle homogener Güter ableiten. In deren Modell gibt es jedoch keine Sunk costs und die Höhe der Forschungsanstrengungen ist auf Firmenebene variierbar. Im nächsten Kapitel wird unter anderem untersucht, inwieweit die Aufgabe der Annahme von Sunk costs und nicht variierbaren F&E-Investitionen zu anderen als den hier abgeleiteten Wohlfahrtsergebnissen führt. Diese Modellvariation ermöglicht einen unmittelbaren Vergleich mit den verschiedenen Resultaten, die im Rahmen von Cournot-Wettbewerb abgeleitet wurden.

Kapitel 4: Variable Prozeßinnovationen vs. optimale Technologiewahl: Der Einfluß von Sunk costs und unterschiedlicher Zeitstrukturen auf den Charakter von F&E-Anstrengungen und die Wohlfahrtseigenschaften dezentraler Lösungen

1. Einleitung

In dem im vorhergehenden Kapitel behandelten Modell des F&E-Wettbewerbs bei monopolistischer Konkurrenz kam gleichermaßen der Existenz von Sunk costs und der Unterstellung einer F&E-Technologie, die einen Schwellenwert hinsichtlich der wenigstens zu tätigenden Forschungsanstrengungen aufweist, zentrale Bedeutung zu. Auf Grundlage dieser Spezifikationen wurde unter anderem abgeleitet, daß für bestimmte Parameterwerte nur asymmetrische Gleichgewichte existieren, in denen lediglich ein Teil der a priori identischen Firmen eine F&E-Investition macht. Diese Gleichgewichte weisen eine, im Vergleich zu einer effizienten Lösung, zu hohe Zahl von Markteintritten und, damit einhergehend, ein ineffizientes Niveau der F&E-Anstrengungen auf. Die Marktlösung weicht hingegen nicht von der eines (in der im dritten Kapitel beschriebenen Weise) restringierten Planers ab, wenn sich die aggregierten F&E-Anstrengungen infolge von marginalen Eingriffen nicht ändern oder wenn von einer gegebenen Firmenzahl ausgegangen wird.

Die in diesem speziellen Rahmen abgeleiteten Ergebnisse werfen einige Fragen auf:

1. Gibt es auch bei Forschungstechnologien mit beliebig variierbaren F&E-Anstrengungen Parameterkonstellationen, bei denen symmetrische Gleichgewichte nicht existieren? Oder anders ausgedrückt: Muß man F&E-Technologien mit einem Schwellenwert unterstellen, um dieses "Nichtexistenz"-Ergebnis zu erhalten?
2. Sind die dezentralen Lösungen bei einer variablen Höhe der Forschungsanstrengungen (eingeschränkt) optimal, wenn es freien Marktzutritt, aber nur eine Zeitperiode, also keine Sunk costs der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Art gibt?

Zur Beantwortung dieser Fragen wird zunächst eine Variation des Modells aus Kapitel 3 vorgestellt, in dem die dortige Zeitstruktur beibehalten, die F&E-Technologie jedoch anders spezifiziert wird. In einem zweiten Schritt wird auch die Zeitstruktur modifiziert - es wird ein Ein-Perioden-Modell betrachtet - und von Sunk costs abgesehen. Das resultierende Modell muß m. E. eher als Markteintrittsspiel mit endogener Produktionstechnik denn als F&E-Modell interpretiert werden; es stellt das um die optimale Technologiewahl erweiterte Dixit-Stiglitz-Standardmodell dar. Dieses Referenzmodell ohne Sunk costs bildet den Ausgangspunkt für eine Analyse verschiedener außenwirtschaftlicher Fragestellungen in Kapitel 5.

Wie im dritten Kapitel schon angekündigt, wird im Kontext der beiden hier behandelten Modellvarianten ein Vergleich mit ähnlich strukturierten F&E-Modellen mit Cournot-Wettbewerb auf dem Outputmarkt durchgeführt. Es wird auch die Frage untersucht, ob die einzelnen Firmen ihre F&E-Investition so wählen, daß ihre Produktionskosten minimal sind. Ein solches Ergebnis ist a priori keineswegs selbstverständlich; wie verschiedene, später noch anzuführende Resultate aus Cournot-Modellen zeigen, ist kostenminimierendes Verhalten aus Sicht einer einzelnen Firma nicht notwendigerweise optimal. Diese Problemstellung kann erst im Kontext einer Forschungstechnologie mit variierbaren F&E-Anstrengungen sinnvoll analysiert werden. Eine derartige Modellierung ermöglicht auch die Untersuchung des Einflusses, den Marktzutritte auf die Höhe der *individuellen* Forschungsanstrengungen haben.

In diesem Kapitel beschäftige ich mich auch mit der Stabilität der abgeleiteten Nash-Gleichgewichte, dabei ist später noch zu definieren, was unter Stabilität verstanden werden soll. Die Stabilitätsanalyse wird dabei nicht nur aus technischen Gründen durchgeführt, sie liefert vielmehr, wie noch ausgeführt wird, zusätzliche inhaltliche Argumente für die Plausibilität der mit Hilfe des Nash-Gleichgewichtskonzepts abgeleiteten dezentralen Lösung.

Im Hauptteil des Kapitels wird zunächst das schon bekannte Zwei-Perioden-Modell mit veränderter Forschungstechnologie dargestellt und die dezentrale Lösung für dieses Modell abgeleitet. Anschließend wird ein Ein-Perioden-Modell präsentiert, in dem es keine Sunk costs gibt. Die Forschungstechnologie muß dabei für beide Fälle getrennt spezifiziert werden; wie später noch gezeigt wird, ist "Forschung" auch jeweils unterschiedlich zu interpretieren. Nach der Bestimmung des nicht-kooperativen Gleichgewichts für das Ein-Perioden-Modell werden durch die Analyse einer einfachen Politik Wohlfahrtsaussagen hinsichtlich beider Modelltypen abgeleitet. Zum Abschluß werden einige weitergehende Schlußfolgerungen vorgestellt.

2. Das Zwei-Perioden-Modell mit variabler Prozeßinnovation

Es wird hier wieder von zwei Perioden ausgegangen, in denen konsumiert und produziert wird. Die Güternachfrage in jeder Periode wird durch die Gleichung (2.12) beschrieben, die Gesamtausgaben *E* sind in beiden Perioden gleich und konstant, von Diskontierung wird abgesehen. Eine Firma, die in den Markt eintreten will, muß die Produktentwicklungskosten *D* aufbringen. Die Grenzkosten der Produktion werden wiederum als konstant unterstellt, sie betragen nach dem Markteintritt $\bar{c}$. In der zweiten Periode wird eine Prozeßinnovation verfügbar, durch die die Grenzkosten gesenkt werden können. Dabei wird angenommen, daß die Höhe der dafür nötigen F&E-Investition *e* frei wählbar ist und daß das Niveau der Grenzkosten um so niedriger ist, je höher die gewählten Forschungsanstrengungen sind. Es wird dabei allerdings von abnehmenden Erträgen dieser F&E-Investition ausgegangen, die marginale Kostenreduktion sinkt also mit zunehmenden F&E-Ausgaben.

Formal wird der Zusammenhang zwischen *e* und der dadurch erzielten Absenkung der Grenzkosten durch die "Kostenreduzierungsfunktion" $f(e)$ beschrieben, dabei folge ich der Vorgehensweise von Kamien, Muller und Zang (1992). Bei F&E-Ausgaben in Höhe von *e* ergeben sich damit für die betreffende Firma in der zweiten Periode *konstante* Grenzkosten $\bar{c} - f(e)$. Bezüglich der Funktion $f(e)$ wird zunächst unterstellt, daß sie zweimal stetig differenzierbar ist und folgende Eigenschaften besitzt:

Annahme 4.1: $f(0) = 0,\ f' > 0,\ f'' < 0$ und $f(e) < \bar{c}$ für alle *e*.

Im weiteren Verlauf der Darstellung werden noch zusätzliche Einschränkungen vorgenommen, sie werden eingeführt, wenn sie benötigt werden. Die konkave Kostenreduzierungsfunktion führt zu dem, in der Abbildung 4.1 skizzierten, Zusammenhang zwischen den F&E-Ausgaben und den Grenzkosten in der zweiten Periode, als Grenzkosten für die erste Periode wurde dabei c unterstellt.

Die F&E-Anstrengungen führen zu positiven, aber abnehmenden Erträge; diese Eigenschaften stimmen auch mit empirischen Beobachtungen überein (vgl. dazu Dasgupta (1986), S. 147).

2.1 Die Pay-offs der Firmen und weitere Annahmen bezüglich der Kostenreduzierungsfunktion

Die Struktur des Modells entspricht der des im dritten Kapitel vorgestellten, bei der Ableitung eines Nash-Gleichgewichts für das gesamte Spiel wird deshalb genauso vorgegangen wie dort. Auch hier erhält man für beliebig gegebene Grenzkosten c die optimale Preissetzungsregel (3.3), die die laufenden Profite einer Firma mit diesen Grenzkosten maximiert, unabhängig davon welche Aktionen die Konkurrenten wählen. Unter Verwendung der Preissetzungsregel können dann die laufenden Profite einer Firma - für ein gegebenes Verhalten der Konkurrenten - für jede der beiden Perioden bestimmt werden.

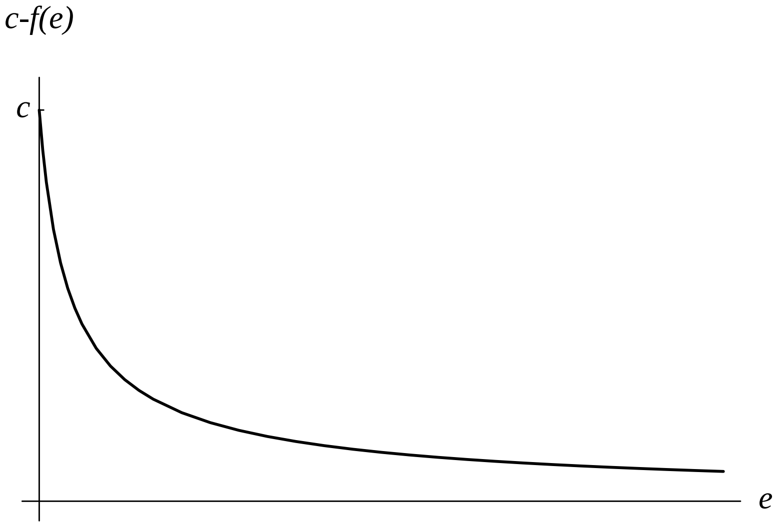

Abbildung 4.1

In der ersten Periode haben alle im Markt aktiven Firmen die selben Grenzkosten $\bar{c}$, der laufende Profit ergibt sich damit aus dem in Gleichung (3.4) abgeleiteten Ausdruck. Den Pay-off einer Firma j in der Periode 1, im folgenden mit Π_j^1 bezeichnet, erhält man als Differenz der laufenden Profite und der Markteintrittskosten D:

$$\Pi_j^1(n) = (1-\alpha)\frac{E}{n} - D \,. \tag{4.1}$$

Das Verhalten der Konkurrenten geht in diesen Pay-off nur über n, die Zahl der aktiven Firmen, ein.

Der Pay-off einer Firma j in der zweiten Periode, Π_j^2, wird neben der Firmenzahl auch von den F&E-Ausgaben e der Firma j als auch von den F&E-Aktivitäten aller Konkurrenten beeinflußt. Da ich mich im folgenden auf die Analyse von symmetrischen Gleichgewichten mit identischen F&E-Anstrengungen aller aktiven Firmen beschränke, sind nur die Fälle relevant, in denen alle Konkurrenzfirmen einheitliche Forschungsausgaben in Höhe von $\bar{e}$ tätigen. Der Pay-off ergibt sich nun aus den laufenden Profiten abzüglich der

F&E-Investition e. Die laufenden Profite werden analog wie z. B. π_1^0 in Gleichung (3.5) bestimmt, wobei man die Grenzkosten der einzelnen Firmen über die Kostenreduzierungsfunktion erhält. Der Pay-off als Funktion von e, $\bar{e}$ und n lautet nun[41]:

$$\Pi_j^2(e,\bar{e},n) = (1-\alpha)\frac{E\cdot\left(\bar{c}-f(e)\right)^{\alpha/(\alpha-1)}}{n\cdot\left(\bar{c}-f(\bar{e})\right)^{\alpha/(\alpha-1)}} - e\,. \tag{4.2}$$

Bevor das nicht-kooperative Gleichgewicht dieses Spiels abgeleitet wird, sind einige zusätzliche Annahmen hinsichtlich der F&E-Technologie $f(e)$ zu treffen. Diese Annahmen dienen dazu, positive, aber endliche F&E-Ausgaben und die Konkavität der Profitfunktion zu sichern.

Damit "keine Firma forscht" nicht als Ergebnis eines symmetrischen Gleichgewichts auftreten kann, muß die Ableitung des Pay-offs einer Firma j in der zweiten Periode im Punkt $e=0$ positiv sein, wenn alle anderen Firmen keine F&E-Ausgaben tätigen. Für die Firma j sind Forschungsanstrengungen vorteilhaft, wenn die entsprechende Ableitung

$$\frac{\partial\Pi_j^2(e=0,\bar{e}=0,n)}{\partial e} = \frac{\alpha E\cdot f'(0)}{n\bar{c}} - 1 \tag{4.3}$$

größer Null ist. Die endogene Variable n kann unter Verwendung der Nullprofitbedingung, die für das ganze Spiel gilt, durch die Parameter α, $\bar{c}$, E und D ersetzt werden. Für gegebene Parameterwerte sind die Pay-offs und damit auch die Firmenzahl maximal, wenn keine Firma F&E-Anstrengungen macht. Aus der Bedingung

$$\Pi_j^1(n) + \Pi_j^2(0,0,n) = 0 \tag{4.4}$$

erhält man $\bar{n}$, die Zahl der aktiven Firmen, wenn es keine F&E-Aktivitäten gibt:

$$\bar{n} = 2(1-\alpha)E/D\,. \tag{4.5}$$

[41] Zur Verwendung "einer" Firma j siehe wiederum Anmerkung 26, Kapitel 3.

Dieser Ausdruck stimmt natürlich mit der Firmenzahl überein, die im vorhergehenden Kapitel für das Gleichgewicht ohne Forschung abgeleitet wurde (vgl. Formel (3.15)). Setzt man diesen Term in die Ableitung (4.3) ein, ergibt sich eine Restriktion für die Kostenreduzierungsfunktion, die symmetrische Gleichgewichte "ohne Forschung" verhindert. Die Gültigkeit dieser Beschränkung wird durch Annahme 4.2 unterstellt:

Annahme 4.2: $$f'(0) > \frac{2(1-\alpha)\bar{c}}{\alpha D}.$$

Im nächsten Schritt wird eine Annahme gesetzt, die die Optimalität unendlich hoher F&E-Ausgaben der Firma j ausschließt, wenn die Konkurrenten nicht forschen. Dies ist gewährleistet, wenn der Pay-off auf der zweiten Stufe ab einem beliebig hohen e sinkt. Die entsprechende Bedingung ergibt sich aus der Ableitung des Pay-offs in Gleichung (4.2), sie wird in Annahme 4.3 festgelegt:

Annahme 4.3: $$\lim_{e\to\infty} \frac{f'(e)}{\left(\bar{c}-f(e)\right)^{1/(1-\alpha)}} < \frac{n\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\alpha E}.$$

Um zu sichern, daß e für eine beliebige Firmenzahl $n \leq \bar{n}$ beschränkt ist, tritt n explizit in Annahme 4.3 auf.

Abschließend wird die Gültigkeit von Annahme 4.4 unterstellt. Sie lautet:

Annahme 4.4: $$-\frac{f''(e)}{\left(f'(e)\right)^2}\left(c-f(e)\right) > \frac{1}{1-\alpha} \quad \text{für alle } e.$$

Diese Annahme impliziert, daß die zweite Ableitung von Π_j^2 bezüglich e,

$$\frac{\partial^2 \Pi_j^2(e,\bar{e},n)}{(\partial e)^2} = \frac{\alpha E\left(\bar{c}-f(e)\right)^{1/(\alpha-1)}}{n\cdot\left(\bar{c}-f(\bar{e})\right)^{\alpha/(\alpha-1)}}\left(-\frac{\left(f'(e)\right)^2}{(\alpha-1)\left(\bar{c}-f(e)\right)}+f''(e)\right) \tag{4.6}$$

negativ ist. Die Pay-off Funktion einer Firma j in der zweiten Periode ist damit bezüglich der Höhe der F&E-Investition konkav.

Während die Annahmen 4.2 und 4.3 positive, aber endliche F&E-Ausgaben sichern, dient Annahme 4.4 vor allem dazu, die Eindeutigkeit des symmetrischen Gleichgewichts des Teilspiels in der zweiten Periode zu gewährleisten.

Ähnliche Annahmen verwenden auch Kamien, Muller und Zang (1992) in ihrem F&E-Modell mit Cournot-Wettbewerb.

2.2 Die dezentrale Lösung des Modells

Es wird nun eine dezentrale Lösung des Modells in Form eines symmetrischen Nash-Gleichgewichts abgeleitet, dabei wird wieder auf das Prinzip der Rückwärtsinduktion zurückgegriffen. Das Nash-Gleichgewicht bestimmt dabei die Zahl der aktiven Firmen und die Höhe der F&E-Anstrengungen der einzelnen Firmen. Wie schon angeführt, soll das Gleichgewicht in dem Sinn symmetrisch sein, daß alle aktiven Firmen ein einheitliches Niveau der F&E-Anstrengungen wählen. Die Vorgehensweise bei der Ableitung des Gleichgewichts entspricht der im dritten Kapitel: Zunächst wird für eine gegebene Firmenzahl n die Höhe der F&E-Ausgaben in der zweiten Periode als Gleichgewicht des entsprechenden Teilspiels bestimmt. Anschließend wird mit Hilfe der Nullprofitbedingung die Firmenzahl und damit das Gleichgewicht des ganzen Spieles bestimmt. Dabei ist der Zusammenhang zwischen den F&E-Ausgaben und der Firmenzahl zu berücksichtigen, der sich aus dem Teilspiel der zweiten Periode ergibt.

In einem Nash-Gleichgewicht auf der F&E-Stufe des Modells muß zunächst einmal die Bedingung erfüllt sein, daß eine beliebige Firma j die Höhe ihrer Forschungsanstrengungen so wählt, daß ihr Pay-off für ein gegebenes Verhalten der Konkurrenten, also für bestimmte F&E-Investitionen $\bar{e}$, maximiert wird. Da die Pay-off-Funktion (4.2) differenzierbar in e ist, erhält man aus dieser Anforderung eine übliche Bedingung erster Ordnung:

$$\frac{\partial \Pi_j^2(e,\bar{e},n)}{\partial e} = \frac{\alpha E \cdot \left(\bar{c} - f(e)\right)^{1/(\alpha-1)} f'(e)}{n \cdot \left(\bar{c} - f(\bar{e})\right)^{\alpha/(\alpha-1)}} - 1 = 0 \,. \tag{4.7}$$

In einem symmetrischen Nash-Gleichgewicht, in dem alle Firmen einheitliche F&E-Ausgaben e^* tätigen, muß dann gelten, daß die Bedingung erster Ordnung für die Firma j gerade bei e^* erfüllt ist, wenn auch alle Konkurrenten e^* wählen. Ersetzt man e und $\bar{e}$ in (4.7) durch e^*, erhält man nach geringfügigen Umformungen die Gleichung, die e^* bestimmt:

(4.8)
$$\frac{\alpha E \cdot f'\left(e^*\right)}{n \cdot \left(\bar{c} - f\left(e^*\right)\right)} = 1 .$$

In *Anhang A* wird das erste Ergebnis dieses Kapitels gezeigt:

Unter den Annahmen 4.1 - 4.4 existieren F&E-Ausgaben e^*, die die Gleichung (4.8) *erfüllen, sie sind zudem eindeutig. Es existiert somit ein symmetrisches Nash-Gleichgewicht des Teilspiels der zweiten Periode: Gegeben die Konkurrenten verhalten sich entsprechend der Gleichgewichtsstrategie e^* ist es für jede Firma optimal ihrerseits e^* zu wählen. Da alle Firmen symmetrisch sind, liegt ein Gleichgewicht vor.*

Bezüglich der gleichgewichtigen Forschungsanstrengungen gilt zudem:

(4.9)
$$e^* < (1-\alpha)E / n .$$

Der Pay-off der zweiten Periode ist damit im symmetrischen Gleichgewicht für jede Firma positiv. Die Gültigkeit dieser Ungleichung folgt sofort, da der Pay-off einer Firma in der zweiten Periode (Gleichung (4.2)) für beliebige F&E-Anstrengungen der Konkurrenten strikt positiv ist, wenn diese Firma keine F&E-Ausgaben tätigt ($\Pi_j^2(0,\bar{e},n) > 0$ für alle $\bar{e}$). Da der maximale Profit aber nicht niedriger sein kann als ein Pay-off, der bei nicht optimalen F&E-Ausgaben realisiert wird, muß gelten: $\Pi_j^2\left(e^*,e^*,n\right) > 0$. Setzt man die Variablen in diese Ungleichung ein, ergibt sich (4.9).

Aus der Bedingung (4.8) kann, unter Verwendung des Theorems über implizite Funktionen, der Zusammenhang zwischen der Firmenzahl *n* und den gleichgewichtigen F&E-Ausgaben e^* abgeleitet werden. Man erhält:

(4.10)
$$\begin{aligned}\frac{de^*}{dn} &= -\frac{-\alpha E f'(e) \Big/ \left(n^2\left(\bar{c} - f(e)\right)\right)}{\alpha E f''(e) \Big/ \left(n\left(\bar{c} - f(e)\right)\right) + \alpha E f'(e)^2 \Big/ \left(n\left(\bar{c} - f(e)\right)^2\right)} \\ &= \frac{f'(e)\left(\bar{c} - f(e)\right)}{n\left(f''(e)\left(\bar{c} - f(e)\right) + \left(f'(e)\right)^2\right)}\end{aligned}$$

Aus Annahme 4.4 folgt, daß der Nenner und damit der ganze Ausdruck negativ ist; als weiteres Ergebnis erhält man:

Mit steigender Firmenzahl n nimmt die Höhe der gleichgewichtigen Forschungsanstrengungen e^* *ab!*

Die ökonomische Erklärung für dieses Resultat ist offensichtlich: Bei einer höheren Firmenzahl ist der Umsatz jeder einzelnen Firma ceteris paribus kleiner, eine gegebene Kostenreduzierung einer Firma führt zu einem geringeren Profitanstieg für diese Firma. Aufgrund der Konkavität der Pay-off-Funktion müssen die F&E-Anstrengungen in diesem Fall niedriger sein.

Unter Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen e^* und n, im folgenden mit der Funktion $e^*(n)$ bezeichnet, wird das Gleichgewicht für das gesamte Spiel abgeleitet. Dazu ist nun mittels der Nullprofitbedingung die Zahl der im Markt aktiven Firmen n zu bestimmen. Da die Markteintrittskosten wie im dritten Kapitel "sunk" sind, kommt es auch hier nur in der ersten Periode zu Markteintritten.

Den Pay-off einer beliebigen Firma j für das gesamte Spiel, Π_j, erhält man aus den jeweiligen Periodenprofiten in (4.1) und (4.2); sind n Firmen im Markt und kommt es in der zweiten Periode zum Gleichgewicht mit symmetrischen F&E-Anstrengungen, dann lautet er unter Berücksichtigung von $e^*(n)$ und der Tatsache, daß in diesem Fall die Grenzkosten aller Firmen auch in der zweiten Periode identisch sind:

$$\Pi_j(n) = \frac{2(1-\alpha)E}{n} - D - e^*(n)\,. \tag{4.11}$$

Aufgrund der Symmetrie des Modells erzielt jede der in der ersten Periode eintretenden Firmen diesen Gesamtprofit. Eine gleichgewichtige Firmenzahl n^* muß die Bedingung

$$\Pi_j\left(n^*\right) = 0 \tag{4.12}$$

erfüllen; gilt sie, gibt es keine Anreize für zusätzliche Marktein- oder -austritte. Bei der Ableitung von n^* sind jedoch weitere Restriktionen bezüglich n zu beachten. Es wurde oben (s. S. 78) schon festgestellt, daß es eine obere Schranke $\overline{n}$ für die Zahl der aktiven Firmen gibt. Die Struktur des Modells und insbesondere die unterstellten Sunk costs implizieren auch eine untere Schranke $\underline{n}$ für die Firmenzahl, die größer als Null ist. Die Zahl der Markteintritte in der ersten Periode ist immer mindestens so hoch, daß der Pay-off der einzelnen Firmen in dieser Periode nichtpositiv ist. Andernfalls wäre eine Firma in der Lage allein durch Inaktivität in der zweiten Periode positive Profite im gesamten Spiel zu erzielen. Dies würde der Annahme des freien Markteintritts widersprechen. Die minimale Firmenzahl $\underline{n}$ erhält man aus der Bedingung $\Pi_j^1(n) = 0$, das Ergebnis lautet (vgl. (4.1)):

(4.13) $$\underline{n} = (1-\alpha)E / D .$$

Da der Profit einer in der ersten Periode eingetretenen Firma auch ohne F&E-Anstrengungen in der zweiten Periode strikt positiv ist (s. Gleichung (4.2)), sind in der zweiten Periode mindestens $\underline{n}$ Firmen aktiv. Unter Verwendung von $\underline{n}$, der Ungleichung (4.9) und des inversen Zusammenhangs von e^* und n (aus (4.10)) kann nun eine Beziehung zwischen den Markteintrittskosten D und den gleichgewichtigen F&E-Anstrengungen e^* abgeleitet werden. Da die Forschungsanstrengungen in der zweiten Periode für gegebene Parameterwerte dann maximal sind, wenn die Firmenzahl minimal ist, also $\underline{n}$ beträgt, gilt:

(4.14) $$e^*(n) < (1-\alpha)E / \underline{n} = D \qquad \text{für alle } n \in [\underline{n}, \overline{n}] .$$

Die Forschungsausgaben in der zweiten Periode sind demnach immer niedriger als die Markteintrittskosten! Es ist damit für alle Parameterwerte eine Bedingung erfüllt, die der im dritten Kapitel abgeleiteten (s. S. 46) notwendigen Bedingung für ein Gleichgewicht mit Forschungsanstrengungen *aller* Firmen entspricht. Für die dort unterstellte binäre Forschungstechnologie lautete sie, daß die Kosten der Prozeßinnovation (in Kapitel 3 mit F bezeichnet) niedriger sein müssen als die Markteintrittskosten D.

Im *Anhang B* wird nun unter Zugrundelegung der Ungleichung (4.14) folgendes Ergebnis hinsichtlich der dezentralen Lösung des gesamten Spieles abgeleitet:

Für jede Kostenreduzierungstechnologie, die den Annahmen 4.1 - 4.4 genügt, existiert eine Firmenzahl $n^* \in [\underline{n}, \overline{n}]$, *die zu einheitlichen Forschungsanstrengungen* $e^*(n^*)$ *führt und die Nullprofitbedingung* (4.12) *erfüllt. Dieses Gleichgewicht ist eindeutig und stabil. Dabei wird ein Gleichgewicht als stabil bezeichnet, wenn ein Anstieg der Firmenzahl zu einem Sinken der in* (4.11) *beschriebenen Profite führt.*

Festzuhalten ist, daß hier, anders als im Fall der F&E-Technologie mit einem Schwellenwert bezüglich der Forschungsanstrengungen, für die unterstellte F&E-Technologie *immer* symmetrische F&E-Gleichgewichte existieren. Im Umkehrschluß folgt daraus, daß Gleichgewichte, in denen a priori symmetrische Firmen unterschiedliche Aktionen wählen, entweder binäre F&E-Technologien oder solche mit einem Bereich zunächst zunehmender Erträge der F&E-Anstrengungen erfordern. Dabei impliziert die zuletzt angeführte Technologie ihrerseits einen Schwellenwert, da die gleichgewichtigen Forschungsanstrengungen aufgrund der Bedingungen zweiter Ordnung nicht im Bereich der zunehmenden Erträge liegen können.

Die oben gezeigte Stabilität des Gleichgewichts dient hier vor allem dazu, das im Nash-Gleichgewicht hinsichtlich des Markteintritts auftretende Koordinationsproblem zu lösen. Da die Markteintritte unter der beschriebenen Spielstruktur simultan erfolgen, ergibt sich die Frage, welche potentiellen Firmen tatsächlich in den Markt eintreten. Dabei geht es aufgrund der Gültigkeit der Nullprofitbedingung weniger darum, ob, vereinfacht gesprochen, die potentielle Firma A oder B in den Markt eintritt, sondern darum, ob in einer unkoordinierten Lösung tatsächlich n^* Firmen in den Markt eintreten. Aufgrund der Stabilität des Gleichgewichts kann dieses Problem m. E. auf einfache Weise umgangen werden. Man braucht sich in diesem Fall nur vorzustellen, daß die Markteintritte selbst in einer Zeitperiode vor Beginn der Produktion erfolgen und daß sie Zeit benötigen. Die Firmen können in diesem Fall beobachten, wie viele Firmen sich in einem bestimmten Zeitpunkt im Markt befinden. Sie kennen damit auch die Profite, die bei dieser Firmenzahl auftreten. Solange die Firmenzahl kleiner als n^* ist, und dies muß sie zu Beginn dieser Periode sein, da Markteintritte Zeit benötigen, wird es zu Markteintritten kommen; dieser Eintrittsprozeß führt aber aufgrund der gezeigten Stabilität zur gleichgewichtigen Firmenzahl. Das abgeleitete Nash-Gleichgewicht ist damit eine plausible Lösung eines solcherart erweiterten Spieles. Die Argumentation macht zudem deutlich, daß die Zahl der potentiellen Unternehmer keinen Einfluß auf das Gleichgewicht hat (solange sie größer als n^* ist).

Die Darstellung des Zwei-Perioden-Modells mit Sunk costs und variabler Prozeßinnovation soll mit zwei Verweisen abgeschlossen werden, die sich auf

Eigenschaften dieses Modells beziehen, die in ähnlicher Weise im vorhergehenden Kapitel zu Tage traten.

Zum einen ist auf den Gefangenendilemma-Charakter des Teilspiels in der zweiten Periode hinzuweisen: Aus Sicht der gesamten Industrie wäre es vorteilhaft, wenn keine Forschung betrieben würde. Dies kann aber keine nichtkooperative Lösung des Spiels sein, da in dieser Situation einzelne Firmen ihren Profit - auf Kosten ihrer Konkurrenten - durch F&E-Anstrengungen steigern können. Auch hier verhindert die Annahme konstanter Gesamtausgaben E das gleichzeitige Auftreten einer positiven Nachfrageexternalität, die durch die Senkung des aggregierten Preisindexes zu einem Anstieg der Gesamtnachfrage führen könnte.

Zum zweiten erhält man auch hier einen ähnlichen Zusammenhang zwischen der Produktivität der Forschungstechnologie und der Firmenzahl. Bezeichnet man eine Kostenreduzierungstechnologie als produktiver als eine andere, wenn sie bei einer gegebenen Firmenzahl höhere F&E-Ausgaben bewirkt, dann folgt sofort: Die produktivere Forschungstechnologie führt zu einer geringeren Zahl der im Markt aktiven Firmen. Betrachtet man $1/n^*$ wiederum als Konzentrationsindex, dann erfaßt auch diese Modellvariante den von Dasgupta (1986) angeführten empirischen Sachverhalt, daß Industrien mit größeren technologischen Möglichkeiten stärker konzentriert sind.

3. Ein Ein-Perioden-Modell mit optimaler Technologiewahl

Im folgenden Abschnitt wird nur eine Periode betrachtet, es gibt keine Sunk costs und die Firmen bestimmen zum Zeitpunkt des Markteintritts über die Technologie mit der sie produzieren wollen. Ihre Wahlmöglichkeiten werden dabei durch einen Trade-off zwischen ihren Fix- und Grenzkosten beschrieben: Nehmen sie höhere Fixkosten in Kauf, so können sie unter geringeren Grenzkosten produzieren. Bei Fixkosten von Null sind die Grenzkosten unendlich. Die Struktur des Modells entspricht im wesentlichen derjenigen der zweiten Periode des im vorhergehenden Abschnitt präsentierten, es ist lediglich die Nullprofitbedingung bereits auf dieser Stufe zu berücksichtigen. Es ergibt sich damit ein dreistufiges Spiel, in dessen erster Stufe der Markteintritt erfolgt. In der zweiten Stufe wird durch die Wahl der Fixkosten die Höhe der Grenzkosten festgelegt. Die Grenzkosten ihrerseits gehen in der dritten Stufe als Parameter in das Optimierungskalkül ein, durch das eine Firma den Preis der von ihr hergestellten Variante bestimmt. Die Fixkosten können hier - wie es in verschiedenen Ansätzen getan wird, auf die ich noch zurück komme - wieder als F&E-Investition interpretiert werden, ich werde dies des öfteren tun.

Der Zusammenhang zwischen den Grenzkosten c und den Fixkosten e wird durch die Funktion $c(e)$ beschrieben. Durch die Höhe der Fixkosten wird das Niveau der *konstanten* Grenzkosten bestimmt. Die Funktion $c(e)$ soll zweimal stetig differenzierbar sein und folgende Eigenschaften besitzen:

Annahme 4.1': $c(0) = \infty,\ c'(e) < 0$ und $c''(e) > 0$.

Annahme 4.2': $\lim\limits_{e \to 0} c'(e) = -\infty$.

Annahme 4.3': $\lim\limits_{e \to \infty} c(e) = \underline{c} > 0$.

Annahme 4.4': $\dfrac{c''(e)}{\left(c'(e)\right)^2} c(e) > \dfrac{1}{1-\alpha}$ für alle e.

Die Funktion $c(e)$ hat eine ähnliche Form wie die in der Abbildung 4.1 (S. 77) skizzierte Funktion $c - f(e)$, sie geht lediglich gegen unendlich, wenn e gegen Null geht, und hat eine untere Schranke $\underline{c}$. Auch hier wird wieder unterstellt, daß die Inkaufnahme höherer Fixkosten zwar positive, aber abnehmende Erträge in Form niedrigerer Grenzkosten hat. Die Annahmen sind im wesentlichen äquivalent zu den im vorhergehenden Abschnitt getroffenen, sie dienen auch hier dazu die Existenz und Eindeutigkeit der Gleichgewichte zu sichern.

Die Ableitung symmetrischer Gleichgewichte folgt der obigen Vorgehensweise. Zunächst wird der optimale Preis und die Pay-offs für gegebene Grenz- und Fixkosten der betrachteten Firma und für gegebene Zahl und Kostensituation der Konkurrenten bestimmt. Der Pay-off kann unmittelbar aus Gleichung (4.2) übernommen werden, er lautet für das ganze (nur einperiodige) Spiel:

$$\Pi_j(e, \bar{e}, n) = (1-\alpha)\frac{E \cdot \left(c(e)\right)^{\alpha/(\alpha-1)}}{n \cdot \left(c(\bar{e})\right)^{\alpha/(\alpha-1)}} - e \ . \tag{4.15}$$

Dieser Gesamtprofit Π_j ist eine Funktion der Fixkosten *e* der Firma *j*, der Fixkosten $\bar{e}$ aller übrigen Firmen und der gesamten Firmenzahl *n*.

Im nächsten Schritt werden die gleichgewichtigen und für alle Firmen einheitlichen Fixkosten *e* für eine gegebene Firmenzahl *n* bestimmt. Der Beweis der Existenz eindeutiger Fixkosten erfolgt analog zum zweiperiodigen Modell, dabei muß allerdings im ersten Schritt bezüglich der Fixkosten der Konkurrenten von einem Wert $\varepsilon > 0$ ausgegangen werden. Die Annahme 4.2' sichert dann die Wahl positiver Fixkosten, durch die Annahme 4.3' sind auf einfache Weise endliche Fixkosten der Firma *j* gewährleistet[42]. Als erste Gleichgewichtsbedingung erhält man analog zur Gleichung (4.8) die Bedingung

$$(4.16) \qquad -\frac{\alpha E c'(e)}{n c(e)} - 1 = 0 .$$

Die zweite Bedingung zur Bestimmung des Tupels der Gleichgewichtswerte (e^*, n^*) ergibt sich aus der Annahme des freien Markteintritts. Die im symmetrischen Gleichgewicht resultierende Nullprofitbedingung lautet:

$$(4.17) \qquad (1-\alpha)E / n - e = 0 .$$

Bestimmt man aus dieser Gleichung *n* und setzt diesen Term in (4.16) ein, erhält man die Bedingung

$$(4.18) \qquad -\frac{c'(e) \cdot e}{c(e)} = \frac{1-\alpha}{\alpha} .$$

Der Term auf der linken Seite entspricht der Elastizität der Funktion $c(e)$. Ich nehme hinsichtlich dieser Funktion zusätzlich an, daß es Werte von *e* gibt die diese Bedingung erfüllen:

Annahme 4.5': Gleichung (4.18) ist für mindestens einen Wert von *e* erfüllt.

[42] Die Annahme einer unteren Schranke vereinfacht hier ebenso wie die Anforderung, daß die Annahme 4.4' für alle *e* erfüllt sein soll, den Existenzbeweis. Dies sind jedoch keine notwendigen Bedingungen für die Existenz, für eine im fünften Kapitel durchgeführte Simulation wird z. B. eine Spezifikation für *c*(*e*) gewählt, die beide Bedingungen nicht erfüllt. Die Gültigkeit der Bedingungen zweiter Ordnung kann bei der Simulation aber für die Umgebung eines Gleichgewichts direkt überprüft werden.

Unter dieser Annahme existiert automatisch mindestens ein Gleichgewichts-Tupel $\left(e^*, n^*\right)$. Aus Annahme 4.4' folgt unter Verwendung von (4.18), daß die Ableitung der linken Seite von (4.18) bei jedem Wert der diese Gleichung erfüllt, negativ sein muß. Damit kann aber nur ein eindeutiges e^* existieren.

Als Ergebnis ist hier festzuhalten: Unter den Annahmen 4.1' - 4.5' existiert ein Gleichgewicht, in dem sowohl die Firmenzahl als auch die, für alle Firmen identischen, Fixkosten eindeutig sind.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß diese Annahmen isoelastische Kostenreduzierungsfunktionen der Form $c(e) = \gamma e^{-\beta}$ ausschließen, wie sie z. B. von Dasgupta und Stiglitz (1980a) und von Dasgupta (1986) häufig verwendet werden[43]. Diese Funktion erfüllt trivialerweise die Annahme 4.3' nicht. Paßt man die Funktion entsprechend an und wählt $c(e) = \gamma e^{-\beta} + \underline{c}$, dann sind für $\beta < (1-\alpha)/\alpha$ die Annahmen 4.1' - 4.4' erfüllt, nicht aber die Annahme 4.5'. Bei dieser Spezifikation existieren für jede gegebene Firmenzahl gleichgewichtige Fixkosten e^*, es existiert jedoch kein Gleichgewicht für das ganze Spiel. Dieses Beispiel macht insbesondere deutlich, daß Annahme 4.5' explizit getroffen werden muß, ihre Gültigkeit wird nicht durch die Annahmen 4.1' - 4.4' impliziert.

4. Ein erster Vergleich der beiden Modellvarianten mit verwandten Ansätzen

Die in diesem Kapitel vorgestellten Modellvarianten sind - mit Ausnahme der unterschiedlichen Zeitstruktur natürlich - formal sehr ähnlich, die Unterschiede liegen in erster Linie in der Interpretation. Die Rechtfertigung dafür, daß das Ein-Perioden-Modell hier dennoch ausführlich behandelt wird, liegt zum einen in den unterschiedlichen Wohlfahrtseigenschaften beider Modelltypen; die zugehörigen Resultate werden im nächsten Abschnitt hergeleitet. Zum anderen wird dadurch ein direkter Vergleich mit ähnlich strukturierten Ansätzen möglich. Zudem ist das Ein-Perioden-Modell wesentlich einfacher strukturiert und kann so, wie im nächsten Kapitel im

---

[43] γ und β sind dabei positive Parameter. Der absolute Wert der Elastizität ist bei diesen Funktionen gleich β. Annahme 4.5' wäre nur erfüllt, wenn gälte: $\beta = (1-\alpha)/\alpha$. Annahme 4.4' ist nur erfüllt, wenn β kleiner ist als der Term auf der rechten Seite.

Rahmen eines Außenhandelsmodell gezeigt wird, in umfassendere Modelle integriert werden.

Es gibt eine Reihe von Ansätzen, die im Rahmen von (einperiodigen) Modellen mit Cournot-Wettbewerb auf dem Outputmarkt untersuchen, welche Eigenschaften Gleichgewichte aufweisen, wenn die Fixkosten e von den Firmen endogen bestimmt werden können. Anzuführen sind dabei vor allem die Arbeiten von Dasgupta und Stiglitz (1980a) (noch mal präsentiert in Dasgupta (1986)), Brander und Spencer (1983a) und Okuno-Fujiwara und Suzumura (1993)[44]. In diesen Modellen wird jeweils eine vergleichbare Kostenreduzierungsfunktion $c(e)$ unterstellt, wobei die Ausgaben e durchgängig als F&E-Anstrengungen interpretiert werden. Unterschiede treten in zweierlei Hinsicht auf: Zum einen im Hinblick auf die Frage, ob der Markteintritt frei ist, zum anderen bezüglich der unterstellten Zeitstruktur von F&E- und Outputentscheidung. Die Frage des freien Markteintritts ist dabei weniger interessant, lediglich Brander und Spencer (1983a) gehen von einer exogenen Firmenzahl, einem Duopol, aus, ihr Ansatz wird aber von Okuno-Fujiwara und Suzumura (1993) um die Möglichkeit des freien Marktzutritts erweitert. Der bedeutendere Unterschied zwischen den Ansätzen betrifft die Zeitstruktur, dieser wird im folgenden kurz diskutiert.

Dasgupta und Stiglitz (1980a) unterstellen in ihrem Ansatz, daß die Firmen die Entscheidung über ihre F&E-Ausgaben und über ihre Produktionsmenge *simultan* treffen müssen. Sie zeigen, daß die Firmen in diesem Fall ihre F&E-Ausgaben so festlegen, daß die Durchschnittskosten (inklusive der F&E-Ausgaben) minimal sind. Brander und Spencer (1983a) und Okuno-Fujiwara und Suzumura (1993) gehen demgegenüber von einer *zweistufigen* Entscheidung aus: Die Firmen bestimmen zunächst die Höhe der F&E-Anstrengungen und dann, nachdem die entsprechenden Ausgaben getätigt sind, über die Produktionshöhe[45]. In den beiden Aufsätzen wird gezeigt, daß für die Firmen bei dieser Spielstruktur ein Anreiz besteht, aus strategischen Gründen

[44] Einen Überblick und einige Verallgemeinerungen zu Dasgupta und Stiglitz (1980) und Brander und Spencer (1983) bietet auch Stadler (1989). Er stellt auch die weiter unten angeführten Unterschiede bezüglich der Zeitstruktur heraus.

[45] In der Terminologie von Sutton (1991) stellen die F&E-Ausgaben hier *endogene* Sunk costs dar.

die F&E-Ausgaben nicht kostenminimierend zu wählen. Die Firmen nehmen dabei zu hohe Fix- und zu niedrige Grenzkosten in Kauf, weil sie dadurch ihre Wettbewerbsposition in der Produktionsstufe des Modells verbessern können. Der ökonomische Grund für dieses Ergebnis läßt sich für ein Duopol verdeutlichen: Gegeben der Konkurrent verhält sich kostenminimierend, kann es für eine Firma optimal sein, so niedrige Grenzkosten zu wählen, daß es für sie optimal und aus Sicht des Konkurrenten glaubwürdig ist, die Menge eines Stackelberg-Führers bereitzustellen. Der Profitanstieg auf der Produktionsstufe des Modells ist in diesem Fall möglicherweise höher als die Ineffizienz in Folge der zu hohen Fixkosten. Okuno-Fujiwara und Suzumura (1993) zeigen, daß die entstehenden Gleichgewichte - bei einer gegeben Firmenzahl - im allgemeinen ein aus sozialer Sicht zu hohes Niveau der F&E-Anstrengungen aufweisen (siehe ihr Theorem 1).

Bevor nun untersucht wird, ob das Verhalten der Firmen im hier präsentierten Modell kostenminimierend ist, soll noch auf den Ansatz von Yarrow (1985) eingegangen werden. Er untersucht im Rahmen eines vergleichbaren Modells monopolistischer Konkurrenz, in dem er allerdings von einer "diskreten" Firmenzahl ausgeht, unter anderem die Konsequenzen einer Erweiterung des (Spence-Dixit-Stiglitz-)Standardmodells um die Möglichkeit von Investitionen, die ceteris paribus zu einem Anstieg der Nachfrage führen. Als Beispiel für solche Investitionen führt er qualitätssteigernde Maßnahmen an. Dabei macht es aber, wie seine Formalisierung verdeutlicht, formal keinen Unterschied, ob die Produktqualität oder ob die Grenzkosten der Produktion variiert werden können[46]. Yarrows Kostenfunktion stimmt damit, bis auf von ihm zusätzlich unterstellte Markteintrittskosten, mit der hier verwendeten überein. Die Einbeziehung solcher Kosten verändert - für entsprechend angepaßte Annahmen - die hier abgeleiteten Gleichgewichte nicht.

Yarrow analysiert in diesem Modell die zwei oben hinsichtlich der Zeitstruktur unterschiedenen Fälle und gelangt zu vergleichbaren Ergebnissen wie die Cournot-Modelle. Werden die Entscheidungen über die Fixkosten und die Produktion simultan getroffen, verhalten sich die Firmen kostenminimierend. Ist die F&E-Entscheidung vorgezogen, dann kommt es, geht eine einzelne Firma

[46] Vgl. zur formalen Äquivalenz die von Yarrow (1985) in Gleichung (18) spezifizierte Kostenfunktion in Verbindung mit Gleichung (5).

von der Nash-Annahme bezüglich des Verhaltens ihrer Konkurrenten aus, zu strategischer Überinvestition. Dabei ist zu berücksichtigen, daß Yarrow in diesem Beispiel eine Firmenzahl unterstellt, die in dem Sinn klein ist, daß eine einzelne Firma Einfluß auf den gesamten Markt hat. Yarrow zeigt allerdings auch, daß sich die Firmen im zweistufigen Spiel kostenminimierend verhalten, wenn man anstelle der Nash-Annahme hinsichtlich des Verhaltens der einzelnen Firmen konsistente Erwartungen ("consistent conjectures") im Sinne von Bresnahan (1981) unterstellt. Bei dieser Verhaltensannahme wird davon ausgegangen, daß die einzelnen Firmen korrekt antizipieren, wie ihre Konkurrenten im Gleichgewicht auf Variationen ihrer Entscheidungsvariablen reagieren würden.

Zum Abschluß soll gezeigt werden, daß sich die Firmen in den hier vorgestellten Modellvarianten kostenminimierend verhalten. Die minimalen Kosten für eine bestimmte Ausbringungsmenge x erhält man dabei aus dem Kalkül

(4.19) $$\min_e C = \left(\bar{c} - f(e)\right)x + e \qquad \text{bzw.} \qquad \min_e C = c(e)x + e \;.$$

Die Bedingung erster Ordnung für die Kostenminimierung lautet:

(4.20) $$-f'(e)x + 1 = 0 \qquad \text{bzw.} \qquad c'(e)x + 1 = 0 \;.$$

In diesen Gleichungen kann die Ausbringungsmenge durch die Bedingung aus dem symmetrischen Gleichgewicht, $x = E/(np)$, ersetzt werden. Berücksichtigt man daß der Preis durch $p = \left(\bar{c} - f(e)\right)/\alpha$ bzw. $p = c(e)/\alpha$ bestimmt wird, erhält man aus den Gleichungen (4.20) die Gleichungen (4.8) bzw. (4.16). Da diese Bedingungen im Gleichgewicht erfüllt sein müssen, lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

Die Firmen wählen ihre F&E-Ausgaben bzw. ihre Fixkosten derart, daß ihre Kosten minimiert werden. Auch wenn man eine sequentielle Entscheidungsstruktur unterstellt und die Möglichkeit eines "Commitments" zuläßt, gibt es für die Firmen keinen Anreiz aus strategischen Gründen überzuinvestieren; die Ergebnisse weichen damit nicht vom Fall mit simultanen Entscheidungen ab.

Diese Ergebnisse sind nach den obigen Ausführungen nicht besonders überraschend, da ein Modell betrachtet wird, in dem einzelne Firmen nicht in der Lage sind aggregierte Variable wie den Preisindex der Industrie zu beeinflussen. Die einzelne Firma ist damit nicht in der Lage, die Nachfrage ihrer Konkurrenten zu beeinflussen, ihr stehen keine Handlungsmöglichkeiten zur Verfügung, die in dem Sinn strategisch sind, daß sie die Pay-offs ihrer Konkurrenten beeinflussen. Daneben liefert aufgrund des unterstellten Kontinuums von Firmen die Nash-Verhaltensannahme trivialerweise konsistente Erwartungen: Eine Firma geht bei ihren Entscheidungen von einem gegebenen Verhalten der Konkurrenten aus, dies ist auch zutreffend, da die Konkurrenten durch ihre Entscheidung nicht beeinflußt werden.

Die hier abgeleitete Eigenschaft der Modelle: jede Firma verhält sich kostenminimierend, hat wichtige Implikationen für die im nächsten Abschnitt durchgeführte Wohlfahrtsanalyse: Jede Firma wählt - *gegeben die Zahl der Firmen* - das sozial optimale Niveau der F&E-Anstrengungen, da auch ein sozialer Planer kostenminimal produzieren wird. Die Frage nach der Effizienz der Marktlösung reduziert sich damit auf die Frage, ob die Marktlösung zur "richtigen" Firmenzahl führt.

Falls die Firmenzahl in den hier abgeleiteten Modellen nicht effizient ist, ergibt sich die interessante Fragestellung, ob in diesem Fall die Höhe der von den Firmen gewählten F&E-Anstrengungen mit dem sozial optimalen Niveau übereinstimmt. Hier würde man zunächst wohl ein ähnliches Ergebnis erwarten, wie das in einem Cournot-Modell von Dasgupta und Stiglitz (1980a) abgeleitete: Obwohl sich die Firmen kostenminimierend verhalten, stimmen ihre F&E-Anstrengungen nicht mit den sozial optimalen überein, da die Firmenzahl ineffizient ist und damit sowohl Umsatz als auch Output der einzelnen Firmen nicht mit den entsprechenden Größen der Planerlösung übereinstimmen. Der Ansatz von Sah und Stiglitz (1987) zeigt aber, daß es auch eine andere Möglichkeit gibt.

Diese Autoren untersuchen in einem Modell mit Bertrand-Wettbewerb auf dem Outputmarkt und einer gegebenen Firmenzahl, wie die F&E-Anstrengungen der im Markt aktiven Firmen aussehen, wenn diese Firmen Forschungsprojekte mit unsicherem Ausgang durchführen können. Dabei ist der Ertrag eines erfolgreichen Forschungsprojektes exogen vorgegeben, die Firmen können durch F&E-Investitionen lediglich die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Projektes beeinflussen. Zudem ist es den einzelnen Firmen möglich, gegebenenfalls mehrere Projekte gleichzeitig voranzutreiben. Sah und Stiglitz zeigen in diesem Modell, daß die F&E-Aufwendungen in jedem Projekt unabhängig von der Zahl der Firmen und der von jeder Firma durchgeführten Projekte sind und daß auch ein sozialer Planer in jedem Projekt das Marktniveau der F&E-Ausgaben wählen würde. Die Gesamtzahl der Projekte ist jedoch im Vergleich zu einer Planerlösung zu niedrig. Da die Zahl der Projekte mit der Zahl der Firmen übereinstimmen kann, erhält man als Ergebnis: Die F&E-Ausgaben der einzelnen Firmen entsprechen denjenigen in der Planerlösung, obwohl die Gesamtzahl der Firmen nicht effizient ist.

In Vorgriff auf die eigentliche Wohlfahrtsanalyse in diesem und dem nächsten Kapitel wird darauf verwiesen, daß man für das hier vorgestellte einperiodige Modell zum gleichen Ergebnis wie Sah und Stiglitz (1987) gelangt; die Firmen wählen das sozial optimale Niveau der F&E-Anstrengungen. Dabei ist diese Aussage erst vor dem Hintergrund des im fünften Kapitel entwickelten Totalmodells interessant, da erst für dieses Modell sinnvollerweise eine first-best Lösung abgeleitet werden kann. Während die im übernächsten Abschnitt abgeleitete second-best Lösung zu dem Ergebnis führt, daß die Firmenzahl und damit auch das Niveau der F&E-Anstrengungen (eingeschränkt) optimal ist, wird im nächsten Kapitel in einem Exkurs folgendes Resultat gezeigt (siehe Abschnitt 2.4, S. 114f.): Gibt es in einer Ökonomie neben dem Sektor, der das differenzierte Gut bereitstellt, einen zweiten Sektor, in dem ein homogenes Gut unter konstanten Skalenerträgen produziert wird, so weist die Marktlösung eine zu *geringe* Firmenzahl im Vergleich zu einer first-best Lösung auf; das F&E-Niveau der einzelnen Firmen ist aber in beiden Lösungen *gleich*!

Im nächsten Abschnitt wird gezeigt, daß die Firmenzahl *und* das Niveau der F&E-Anstrengungen in der Marktlösung des Zwei-Perioden-Modells *nicht* effizient sind. Man erhält für diese Modellvariante ein dem Resultat von Dasgupta und Stiglitz (1980a) vergleichbares Ergebnis.

5. Die Wohlfahrtsanalyse

In Analogie zur Vorgehensweise im dritten Kapitel werden die Wohlfahrtseigenschaften der Marktlösungen durch die Analyse einfacher politischer Maßnahmen abgeleitet. Dabei beschränke ich mich auf die Untersuchung von Markteintrittssubventionen bzw. -gebühren, Eingriffe, die unmittelbar auf die Firmenzahl abzielen. Etwaige Forschungspolitiken werden nicht analysiert, da das Verhalten der Firmen in bezug auf ihre Forschungsanstrengungen effizient ist, wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt wurde.

5.1 Die Wirkung eines Staatseingriffs im Zwei-Perioden-Modell

Die Wohlfahrt wird hier wiederum über die Summe der in beiden Perioden erreichten Nutzenniveaus gemessen, ein Diskontfaktor wird nicht berücksichtigt. Der politische Eingriff setzt sich zusammen aus einer in der ersten Periode ausgezahlten Markteintrittssubvention s und einer Verbrauchsteuer, die einheitlich auf alle Varianten in *beiden* Perioden erhoben wird. Sie wird über einen von den Firmen abzuführenden Abschlagsatz t formalisiert. Der Eingriff soll aufkommensneutral erfolgen, die Einnahmen aus der Steuer werden vollständig wieder ausgeschüttet. Von der dezentralen Lösung ausgehend kann durch die Einführung einer "kleinen" Subvention überprüft werden, in welcher Weise die dezentrale Lösung gegebenenfalls von einer effizienten Lösung abweicht. Die Finanzierung dieser Maßnahme durch eine in beiden Perioden gleich hohe Steuer verhindert Verzerrungen, die allein auf die einfache intertemporale Struktur des Modells zurückzuführen wären (Vgl. dazu die Anmerkungen in Kapitel 3, S. 66).

Die optimale Preissetzungsregel, die die Firmen unter Berücksichtigung der Verbrauchsteuer wählen, kann aus Kapitel 3 übernommen werden; der Konsumentenpreis entspricht also dem aus Gleichung (3.32). Das Steueraufkommen ist nun $2tE$ (vgl. S. 59), die aufgrund der Aufkommensneutralität gleich hohen Aufwendungen für die Subventionen ergeben sich als sn. Der sich daraus ergebende Zusammenhang zwischen s und t wird später genutzt, um das Gleichgewicht einzig in Abhängigkeit vom Steuersatz darzustellen. Unter Verwendung der Preissetzungsregel (3.32) kann die Gleichgewichtsbedingung für die symmetrischen F&E-Ausgaben in analoger Weise abgeleitet werden wie die Bedingung für den Fall ohne Staatseingriff (Gleichung (4.8)). Man erhält:

$$\frac{\alpha(1-t)E\cdot f'(e)}{n\cdot\left(\bar{c}-f(e)\right)}=1\,. \tag{4.21}$$

Bei der Bestimmung der Gesamtprofite einer Firma sind zusätzlich die Subventionen zu berücksichtigen. Sie lauten damit:

$$\Pi_j=\frac{2(1-\alpha)(1-t)E}{n}-D-e+s\,. \tag{4.22}$$

Als zweite Gleichgewichtsbedingung ergibt sich dann folgende Nullprofitbedingung, wobei die Subventionen bereits substituiert wurden.

$$\frac{2(1-\alpha)(1-t)E}{n}-D-e+\frac{2tE}{n}=0\,. \tag{4.23}$$

Das Wohlfahrtsmaß, die Summe der Periodennutzen, wird wieder in Form der entsprechenden indirekten Nutzenfunktion verwendet (zur Ableitung s. o. S. 62):

$$V=n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha(1-t)E\left(\frac{1}{\bar{c}}+\frac{1}{\bar{c}-f(e)}\right). \tag{4.24}$$

Nun können die Wohlfahrtswirkungen der oben beschriebenen Politik mittels einer komparativ statischen Analyse abgeleitet werden. Formal ist dabei die Ableitung der indirekten Nutzenfunktion (4.24) nach t zu bilden, wobei zu berücksichtigen ist, daß auch die Variablen e und n über die Bedingungen (4.21) und (4.23) Funktionen von t sind. Die resultierende Ableitung wird an der Stelle $t_0=0$ ausgewertet, da ich mich auf die Einführung "kleiner" Subventionen beschränke. Zur Bestimmung dieser Ableitung wird zunächst der Wert für n aus der Gleichung (4.23) bestimmt und in die Gleichungen (4.21) und (4.24) eingesetzt. (4.21) wird damit zu:

$$\frac{\alpha(1-t)(D+e)\cdot f'(e)}{2(1-\alpha+\alpha t)\left(\bar{c}-f(e)\right)}=1\,. \tag{4.25}$$

Aus dieser Gleichung wird nun die durch die Subventionierung im Gleichgewicht bedingte Veränderung der F&E-Ausgaben ($\partial e/\partial t$) bestimmt. Diese Ableitung wird dann verwendet, wenn die leicht veränderte Form von (4.24) (n muß ersetzt werden!) nach t differenziert wird. Die Berechnungen wurden unter Verwendung von Mathematica, einer Programmiersprache zur Lösung mathematischer Probleme, durchgeführt; der Quellcode und die Ergebnisse finden sich in *Anhang C*.

Die Ableitung der indirekten Nutzenfunktion ($\partial V / \partial t$) - der Term, in dem die Wohlfahrtswirkung der Politik zum Ausdruck kommt - wird in zwei Teilen (Zähler und Nenner) präsentiert. Der Zähler von $\partial V / \partial t$, bezeichnet mit $\mathrm{NUM}[\partial V / \partial t]$, lautet:

$$\text{(4.26)} \quad \begin{aligned} \mathrm{NUM}[\partial V / \partial t] &= 2^{1/\alpha}\left(\frac{(1-\alpha)E}{D+e}\right)^{1/\alpha}(D+e)\,f'(e)\cdot \\ &\cdot\left\{-(1-\alpha)\big(2\bar{c}-f(e)\big)\big(\bar{c}-f(e)\big)+\alpha\bar{c}f'(e)(D+e)\right\}. \end{aligned}$$

Das Vorzeichen dieses Ausdrucks wird durch den Term in geschweiften Klammern festgelegt. Unter Verwendung von Gleichung (4.25), ausgewertet an der Stelle $t_0 = 0$, erhält man:

$$\text{(4.27)} \qquad \mathrm{sgn}\big[\mathrm{NUM}[\partial V / \partial t]\big] = \mathrm{sgn}\big[-\big(2\bar{c}-f(e)\big)+2\bar{c}\big],$$

Der Zähler von $\partial V / \partial t$ ist also positiv.

Für den Nenner, bezeichnet mit $\mathrm{DEN}[\partial V / \partial t]$, ergibt sich folgender Term:

$$\text{(4.28)} \qquad \mathrm{DEN}[\partial V / \partial t] = 2(1-\alpha)^2\bar{c}\big(\bar{c}-f(e)\big)\cdot A$$

$$\text{mit } A \equiv \big(\bar{c}-f(e)\big)f'(e)+(D+e)\Big[\big(f'(e)\big)^2+\big(\bar{c}-f(e)\big)f''(e)\Big].$$

Hier bestimmt *A* das Vorzeichen des Ausdrucks; wie nun gezeigt wird, ist *A* negativ. Man beachte zunächst, daß der Ausdruck in eckigen Klammern wegen Annahme 4.4 negativ und kleiner als $-\alpha(f'(e))^2/(1-\alpha)$ ist. Das Vorzeichen ist damit auf jeden Fall negativ, wenn gilt:

$$\big(\bar{c}-f(e)\big)f'(e)-\frac{\alpha}{1-\alpha}\big(f'(e)\big)^2(D+e)<0\,.$$

Dividiert man die Ungleichung durch $\big(\bar{c}-f(e)\big)f'(e)$, dann folgt aus Gleichung (4.25), ausgewertet an der Stelle $t_0 = 0$, sofort, daß das Vorzeichen des verbliebenen Ausdrucks negativ ist. Der Nenner von $\partial V / \partial t$ ist also negativ. Da der Zähler, wie oben abgeleitet, positiv ist, kann folgendes Wohlfahrtsresultat festgehalten werden:

Die Wohlfahrt, gemessen über die indirekte Nutzenfunktion, sinkt bei Einführung einer Markteintrittssubvention, die über eine Verbrauchsteuer finanziert wird. Dies bedeutet im Umkehrschluß, daß eine Markteintrittsgebühr (eine negative Subvention) die Wohlfahrt steigert. Die Marktlösung kann nicht effizient sein, da der Nutzen der Konsumenten durch eine einfache Politik erhöht werden kann.

Man erhält für das Zwei-Perioden-Modell also ein ähnliches "Ineffizienz-Ergebnis" wie für das im dritten Kapitel präsentierte Modell. Um einen Eindruck davon zu bekommen, in welcher Weise die Marktlösung von einer effizienten Lösung abweicht, werden nun zusätzlich die durch die Politik bedingten Änderungen der F&E-Anstrengungen, $\partial e / \partial t$, und die Veränderung der Firmenzahl, $\partial n / \partial t$, bestimmt. Die Ableitungen lauten (siehe *Anhang C*):

$$\frac{\partial e}{\partial t} = \frac{(D+e)\left(\bar{c} - f(e)\right) f'(e)}{(1-\alpha)A} \qquad \text{und} \tag{4.29}$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{2\alpha E}{D+e} + \frac{2E\left(\bar{c} - f(e)\right) f'(e)}{-(D+e)A}. \tag{4.30}$$

Da A negativ ist, folgt sofort, daß die F&E-Ausgaben infolge der Markteintrittssubvention sinken und daß die Firmenzahl steigt. Eine marginale Verringerung der Firmenzahl führt somit zu einem Anstieg der Wohlfahrt, die F&E-Anstrengungen der im Markt befindlichen Firmen nehmen in diesem Fall zu. Bevor ich eine ökonomische Erklärung und Interpretation für dieses Resultat gebe und ausführe, in welcher Weise man davon sprechen kann, daß in der Marktlösung zuviel Firmen in den Markt eintreten, sollen die Ergebnisse einer analogen Politik für das Ein-Perioden-Modell abgeleitet werden.

5.2 Die Wirkung des Staatseingriffs im Ein-Perioden-Modell

Schon vor der eigentlichen formalen Analyse können aus den bisher bekannten Ergebnissen Schlußfolgerungen im Hinblick auf die Wohfahrtseigenschaften dieser Modellvariante gezogen werden. Da die Firmen ihre F&E-Anstrengungen kostenminimierend wählen, kann die Frage nach der Effizienz der Marktlösung darauf reduziert werden, ob das Dixit-Stiglitz-Standardmodell der monopolistischen Konkurrenz die "richtige" Zahl der Markteintritte aufweist. Dixit und Stiglitz (1977) zeigen in einem Modell, in dem sie neben der Industrie mit monopolistischem Wettbewerb auch einen Sektor mit einem Numeraire-Gut unterstellen, daß die Zahl der Firmen nicht first-best ist. Sie leiten daneben auch eine, von ihnen als second-best bezeichnete Lösung ab, in der dem Planer keine Lump-sum Transfers an die Firmen zur Verfügung stehen. Die first-best Lösung, in der die Preise den Grenzkosten entsprechen, ist damit nicht realisierbar, da die unterstellte Produktionstechnologie steigende Skalenerträge aufweist. Dixit und Stiglitz zeigen, daß die Marktlösung second-best in dem von ihnen definierten Sinn ist[47]. Ich werde nun in der formalen Analyse zeigen, daß die im vorhergehenden Abschnitt untersuchte Politik im einperiodigen Modell zu keiner Wohlfahrtsänderung führt und werde dann darauf eingehen, inwieweit die Lösung first- oder second-best ist.

Da das Modell nur eine Periode umfaßt, kann die Verbrauchsteuer nur eine Periode lang erhoben werden; der Zusammenhang zwischen der Subvention und der Steuer hat somit die Gestalt $s = tE / n$. Die Zahl der Firmen, bestimmt aus der Nullprofitbedingung, lautet nun:

$$n = \frac{(1-\alpha+\alpha t)E}{e} . \tag{4.31}$$

Das Niveau der optimal gewählten, symmetrischen Fixkosten ergibt sich aus

$$-\frac{\alpha E(1-t)c'(e)}{nc(e)} - 1 = 0 . \tag{4.32}$$

Das Wohlfahrtsmaß ist die einperiodige, indirekte Nutzenfunktion

$$V = \frac{n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha(1-t)E}{c(e)} . \tag{4.33}$$

Auf die gleiche Weise und unter Verwendung derselben Abkürzungen wie in der zweiperiodigen Modellvariante wird die Wohlfahrtswirkung bestimmt (zur

[47] Vgl. zur Vorgehensweise bei der Ableitung der zweitbesten Lösung auch die Ausführungen bei Beath und Katsoulacos (1991, S. 60ff).

Berechnung siehe *Anhang D*). Der Zähler der Ableitung der indirekten Nutzenfunktion nach der Steuer ist

$$\text{(4.34)} \qquad \mathrm{NUM}\left[\partial V / \partial t\right] = \left(\frac{(1-\alpha)E}{e}\right)^{1/\alpha} ec'(e) \cdot \left\{-(1-\alpha)c(e) - \alpha ec'(e)\right\}.$$

Setzt man Gleichung (4.31) in die Gleichung (4.32) ein und berücksichtigt, daß t an der Stelle $t_0 = 0$ betrachtet wird, ergibt sich, daß der Ausdruck in geschweiften Klammern gleich Null ist.

Der entsprechende Ausdruck für den Nenner lautet:

$$\text{(4.35)} \qquad \mathrm{DEN}\left[\partial V / \partial t\right] = (1-\alpha)^2 c(e)\left(c'(e)\right)^2 \left\{\frac{c(e)}{c'(e)} + e\left(-1 + \frac{c(e)c''(e)}{\left(c'(e)\right)^2}\right)\right\}.$$

Aus Annahme 4.4' und den Gleichungen (4.31) und (4.32) folgt, daß der Term in geschweiften Klammern und damit der Nenner insgesamt ungleich Null ist. Als Resultat ist somit festzuhalten:

Die Wohlfahrt ändert sich durch eine Subventionierung des Markteintritts, die durch eine Verbrauchsteuer finanziert wird, nicht.

Dieses Ergebnis entspricht dem second-best Ergebnis von Dixit und Stiglitz (1977). Die untersuchte Politik läßt zwar Lump-sum Transfers an die Firmen zu, diese Transfers werden aber durch eine Steuer finanziert, die verzerrend wirkt, es sei denn, die gesamte Ökonomie besteht nur aus dem einen, hier betrachteten Sektor. In diesem Fall wirkt die Steuer Lump-sum und die Marktlösung ist first-best. Dieses first-best Ergebnis wird im nächsten Kapitel explizit für ein entsprechendes Totalmodell gezeigt, darüber hinaus wurde es in einer Reihe von Aufsätzen, die in den beiden folgenden Kapiteln angeführt werden, abgeleitet[48]. Zentral für dieses Resultat ist der aus dem Fall des reinen Monopols bekannte Zusammenhang, daß eine monopolistische Preisbildung nicht verzerrend wirkt, wenn das Faktorangebot gegeben ist.

Im Exkurs 2.4 des nächsten Kapitels (siehe S. 114f.) wird auch gezeigt, daß die Marktlösung tatsächlich nicht first-best ist, wenn neben dem Sektor, in dem

[48] Hier sei nur verwiesen auf Gros (1987), Judd (1985) und Grossman und Helpman (1991, Kap. 3).

monopolistischer Wettbewerb herrscht, ein Sektor existiert, in dem mit konstanten Skalenerträgen produziert wird. Das Ergebnis für das Ein-Perioden-Modell kann damit auch in folgender Form dargestellt werden:

Die Marktlösung des um die optimale Technologiewahl erweiterten Dixit-Stiglitz-Standardmodells ist second-best. Die Einschränkung des Planerkalküls, auf die die Verwendung des Begriffs der second-best Lösung zurückzuführen ist, besteht dabei in der Unmöglichkeit von Lump-sum Transfers der Haushalte an die Firmen. Bei der hier behandelten Politik kommt dieses Fehlen in der Notwendigkeit, ausschließlich den Sektor mit monopolistischem Wettbewerb zu besteuern, zum Ausdruck.

Dieses second-best Ergebnis weicht deutlich von den Resultaten ab, die im oben schon angeführten Cournot-Modell mit F&E und freiem Markteintritt von Okuno-Fujiwara und Suzumura (1993) abgeleitet wurden. Obwohl die einzelnen Firmen F&E-Ausgaben wählen, die größer sind als die kostenminimierenden, treten im Vergleich zu einer second-best Lösung, in der der Planer nur die Firmenzahl nicht jedoch das monopolistische Verhalten der einzelnen Firmen kontrollieren kann, zu viele Firmen in den Markt ein. Im Gegensatz dazu wurde hier gezeigt, daß die Firmenzahl der Marktlösung "richtig" im Vergleich zur zweitbesten Lösung ist, wenn Produktdifferenzierung existiert und die Konsumenten eine Vorliebe für Vielfalt aufweisen. Zieht man das im nächsten Kapitel für ein spezielles Modell abgeleitete first-best Ergebnis heran (siehe wiederum S. 114f.), dann erhält man sogar das Ergebnis, daß die Zahl der Markteintritte zu niedrig ist! Vergleicht man dies mit dem von Okuno-Fujiwara und Suzumura (1993) abgeleiteten Resultat, daß die first-best Firmenzahl in ihrem Cournot-Modell mit diskreter Firmenzahl entweder 0 oder 1 beträgt, dann tritt die Bedeutung, die der unterstellten Marktstruktur zukommt, besonders deutlich zu Tage.

Im Hinblick auf das second-best Ergebnis sei an dieser Stelle angemerkt, daß es unter Verwendung einer restriktiven Nutzenfunktion, der symmetrischen CES-Funktion, abgeleitet wurde. Wie Dixit und Stiglitz (1977, siehe Abschnitt II) zeigen, kann die Firmenzahl im Standardmodell bei einer Nutzenfunktion mit variabler Substitutionselastizität zu hoch oder zu niedrig im Vergleich zur second-best Lösung sein.

5.3 Einige zusätzliche Anmerkungen zu den Ergebnissen für das Zwei-Perioden-Modell

Anders als im Ein-Perioden-Modell führt der einfache politische Eingriff, wie oben gezeigt wurde, im Zwei-Perioden-Modell zu einem Wohlfahrtsanstieg. Nach den Anmerkungen im vorherigen Abschnitt folgt daraus, daß die Marktlösung nicht second best ist. Berücksichtigt man den Effekt, den die Politik auf die Firmenzahl und auf die F&E-Anstrengungen hat, und die Tatsache, daß zwischen diesen beiden Variablen aufgrund der konstanten Gesamtausgaben eine eindeutige, inverse Beziehung besteht, so bedeutet dies:

Im Vergleich zum eingeschränkten Optimum ist die Firmenzahl in der dezentralen Lösung zu hoch, die F&E-Anstrengungen der einzelnen Firmen sind zu niedrig.

Diese Aussage gilt bei dem hier verwendeten Verfahren nur lokal, es ist nicht ausgeschlossen, daß das globale Maximum der Nutzenfunktion in Abhängigkeit von t bei einer höheren Firmenzahl liegt. Simulationen für zulässige Parameterwerte zeigen jedoch, daß die aus der lokalen Analyse gewonnenen Aussagen nicht in die falsche Richtung weisen. Durch das folgende Beispiel läßt sich eine ökonomische Erklärung für eine auch global zu hohe Firmenzahl finden. Man konstruiert dabei, ausgehend vom Gleichgewicht des Zwei-Perioden-Modells, ein Ein-Perioden-Modell, in dem die Gesamtausgaben mit der Summe der beiden Perioden-Ausgaben des Zwei-Perioden-Modells übereinstimmen. Zudem soll der Zusammenhang zwischen Fix- und Grenzkosten so sein, daß die Fixkosten $D+e$ zu den Grenzkosten $\bar{c}-f(e)$ führen. Die Gleichgewichtswerte des Zwei-Perioden-Modells implizieren damit auch Nullprofite für das Ein-Perioden-Modell. Dennoch stellen sie kein Gleichgewicht dar. Die Kostenreduktion bezieht sich nämlich im Ein-Perioden-Fall auf doppelt so hohe Konsumausgaben. Es ist intuitiv klar und aus Gleichung (4.7) ersichtlich, daß die Firmen unter diesen Umständen höhere F&E-Ausgaben bzw. Fixkosten wählen. Die Zahl der Firmen muß infolge der höheren F&E-Ausgaben sinken, da die Profite im symmetrischen

Gleichgewicht konstant bleiben. Im Zwei-Perioden-Modell sind damit mehr Firmen im Markt als in einem vergleichbaren Ein-Perioden-Modell.

Die Einführung einer zweiten Periode, in der Sunk costs auftreten, bewirkt also bei einer gegebenen Firmenzahl einen geringeren Forschungsanreiz, wodurch sich im Gleichgewicht eine höhere Firmenzahl ergibt. Da die Firmenzahl im Ein-Perioden-Modell aber (eingeschränkt) effizient ist, muß sie somit im Zwei-Perioden-Modell zu hoch sein. Anknüpfend an das dritte Kapitel (vgl. darin insb. Abschnitt 6.3) kann wieder ein Profitzerstörungseffekt für das Ergebnis verantwortlich gemacht werden: Die einzelnen Firmen berücksichtigen bei ihrem Markteintritt in der ersten Periode die durch sie bewirkte Senkung des Umsatzes ihrer Konkurrenten nicht. Dies betrifft insbesondere auch den Umsatz der zweiten Periode, der für die F&E-Entscheidung zentral ist; da eine gegebene Kostensenkung bei einem geringeren Umsatz zu einem kleineren Profitanstieg führt, sinkt der Anreiz für F&E-Ausgaben. Die dezentrale Lösung des Zwei-Perioden-Modells mit Sunk costs weist eine zu hohe Zahl der Firmen auf, die zu höheren Grenzkosten produzieren als dies in einem eingeschränkten sozialen Optimum der Fall ist. An dieser Stelle muß allerdings die Frage offen bleiben, in welcher Weise die Firmenzahl von einer first-best Lösung für eine Ökonomie mit mehreren Sektoren abweicht. Da, wie z. B. das Dixit-Stiglitz-Standardmodell zeigt, monopolistische Konkurrenz unter diesen Umständen zu einer zu niedrigen Firmenzahl führt, scheint ohne formale Analyse keine weitere Aussage möglich. Derartige Untersuchungen müssen zukünftiger Forschung vorbehalten bleiben.

6. Abschließende Bemerkungen

Zwei Varianten eines Modells monopolistischer Konkurrenz, in dem Investitionen zur Beeinflussung der laufenden Kosten möglich sind, standen im Mittelpunkt dieses Kapitels. Es handelt sich dabei um ein an die Ableitungen im dritten Kapitel angelehntes Zwei-Perioden-Modell, in dem die Firmen in der zweiten Periode durch frei variierbare F&E-Aufwendungen die Höhe ihrer Grenzkosten beeinflussen können und um das um die endogene Technologiewahl ergänzte Standard-Modell der monopolistischen Konkurrenz. Beiden Modellen ist gemeinsam, daß die einzelnen Firmen ihre F&E-Ausgaben so wählen, daß ihre Produktionskosten minimiert werden. Dabei wurde gezeigt, daß die damit einhergehende Abwesenheit von strategischen Überinvestitionen auf die Verwendung eines Firmenkontinuums zurückzuführen ist. Dieses Resultat führt zu einer wichtigen Wohlfahrtsaussage dieses Kapitels: Auch bei endogener Technologiewahl ist die Marktlösung bei monopolistischer Konkurrenz second-best im Sinne von Dixit und Stiglitz (1977).

Die politischen Implikationen dieser Ergebnisse liegen auf der Hand. Sowohl in einer neu entstehenden Industrie, in der die Firmen ihre Technologie auswählen können, als auch in einer Industrie, in der es keine Marktzutritte gibt und ausschließlich schon etablierte Firmen über das Ausmaß einer Prozeßinnovation entscheiden, ist Skepsis gegenüber industriepolitischen Maßnahmen angebracht. Im ersten Fall folgt dies daraus, daß die Wohlfahrt höchstens durch den Einsatz nicht verzerrender Instrumente erhöht werden kann, im zweiten sinkt sie in jedem Fall, da sich die Firmen von der kostenminimierenden Lösung entfernen. Aus den Ergebnissen für das Zwei-Perioden-Modell läßt sich jedoch schließen, daß für diese Aussagen das Fehlen zukünftiger technologischer Verbesserungsmöglichkeiten von zentraler Bedeutung ist. Anhand dieses Modells, in dem die Firmen zunächst eine Markteintrittsinvestition und *nach* einer Produktionsphase eine F&E-Investition tätigen, wurde deutlich, daß bei mehrstufigen Entscheidungen dieser Art keine (eingeschränkte) Effizienz von der Marktlösung zu erwarten ist. Das "Versagen" der Marktlösung ist hierbei auf den Sunk cost-Charakter der Investitionen in der ersten Periode zurückzuführen. Diese Sunk costs verhindern, daß für jede Periode getrennt die Nullprofitbedingung durch Markteintritte gesichert wird; würde letzteres gelten, könnte man beide Stufen des zweiperiodigen Modells als separate Modelle mit freiem Marktzutritt betrachten, die, wie bekannt, jeweils zu einer second best Allokation führen.

Aus der Politikanalyse im Zwei-Perioden-Modell können aber auch Schlußfolgerungen gezogen werden, die über diesen Verweis auf die Bedeutung der zukünftigen technologischen Entwicklung einer Industrie für die Wohlfahrtseigenschaften der entsprechenden dezentralen Lösung hinausgehen. Die Ergebnisse aus Kapitel 3 stützend, gelangt man auch im Modell mit variabler Prozeßinnovation zu der Einsicht, daß die Zahl der Markteintritte (wenigstens marginal) zu hoch ist. Anders als im dritten Kapitel hat die Firmenzahl hier aber keinen Einfluß auf den Anteil der forschenden Firmen, dieser ist bei variierbaren F&E-Anstrengungen immer gleich eins, da, wie gezeigt wurde, immer symmetrische Gleichgewichte existieren. Die zu hohe Firmenzahl bewirkt hier statt dessen, daß die F&E-Anstrengungen der einzelnen Firmen niedriger sind als in einer effizienten Lösung. Die Marktlösung weist zu viele, kleine Firmen auf, die mit hohen Grenzkosten produzieren. Das Modell gibt somit in gewisser Weise eine Rechtfertigung für eine Politik, wie sie z. B. der japanischen Regierung zugeschrieben wird. So stellt Lawrence (1993, S. 6) fest: "Officials (...) tried to "rationalize" industries by increasing concentration, controlling entry and investment (...)". Wie das Modell zeigt, kann eine derartige Politik, die "übermäßigen" Wettbewerb verhindert, wohlfahrtsteigernd sein, wenn die Regierung eine Industrie auswählt auf die die Modelleigenschaften zutreffen. Wichtig zu erwähnen scheint noch, daß sich die Politik auf die Markteintritte und nicht auf die F&E-Entscheidung konzentrieren muß.

Mit diesen Anmerkungen zum Zwei-Perioden-Modell schließe ich die Beschäftigung mit Modellen ab, in denen eine einzelne Firma mehr als eine Entscheidung hinsichtlich ihrer Technologie treffen muß. Anhand eines einfachen Beispiels, in dem mit einer Technologie in den Markt eingetreten wird, die später durch eine Prozeßinnovation verbessert werden kann, wurde die Bedeutung von Sunk costs für die Möglichkeit bzw. Unmöglichkeit von "späteren" Markteintritten und für die Effizienzeigenschaften der Marktlösung herausgestellt. Diese Ergebnisse sind m. E. bei der Einschätzung von zwei Modelltypen besonders interessant und zu beachten. Dies sind zum einen Modelle wie das von mir in Kapitel 6 zur Analyse der Adoption und Diffusion einer neuen Technologie vorgestellte; bei diesem Ansatz wird für eine gegebene Firmenzahl, ohne Berücksichtigung wie es zu dieser Zahl der Marktteilnehmer kam, gezeigt, daß die Marktlösung (eingeschränkt) effizient ist. Die bisher entwickelten Zwei-Perioden-Modelle legen aber die Bedeutung der eigentlichen Markteintrittsphase gerade im Hinblick auf die Effizienzeigenschaften offen. Als zweiter Typ sind solche Ansätze anzuführen, die wie das Wachstumsmodell von Romer (1990) von einem stetigen Strom von Markteintritten über einen langen Zeitraum hinweg ausgehen. Die beiden hier vorgestellten zweiperiodigen Modelle machen deutlich, daß das Auftreten von Investitionsmöglichkeiten für schon im Markt befindliche Firmen, anhaltende Markteintritte durchaus verhindern kann. Die explizite Analyse solcher Situationen in einem entsprechenden Modellrahmen muß aber zukünftiger Forschung vorbehalten bleiben. Dabei können die hier entwickelten Modelle wichtige Bausteine für komplexere Ansätze sein. Sozusagen im kleinen Maßstab wird dies im nächsten Kapitel demonstriert; im Rahmen eines einperiodigen, totalanalytischen Außenhandelsmodells mit zwei Ländern und zwei Sektoren wird dort unter anderem die Frage nach der Wirkung verschiedener industriepolitischer Maßnahmen analysiert. Das hier dargestellte Modell der endogenen Technologiewahl stellt einen zentralen Bestandteil dieses Außenhandelsmodells dar und ermöglicht auf einfache Weise die Behandlung interessanter Fragestellungen.

Kapitel 5: Handels- und Industriepolitik im Modell Chamberlinscher Konkurrenz bei endogener Technologie: Eine Anwendung des oben entwickelten Instrumentariums auf einige Fragestellungen aus der Außenhandelstheorie.

1. Einleitung

Im Gefolge der zunehmenden Einbeziehung von Marktstrukturen unvollkommenen Wettbewerbs in die Theorie des internationalen Handels im vergangenen Jahrzehnt, kam es auch zu einer Diskussion um die Wirkungen verschiedener handels- und industriepolitischer Instrumente in diesem Kontext. Dabei wurde sehr schnell deutlich, daß sich durch das Vorhandensein von unvollkommenem Wettbewerb und, damit eng verbunden, mit der Existenz steigender Skalenerträge unter Umständen Möglichkeiten für wohlfahrtsteigernde politische Maßnahmen ergeben, die über bloße Terms of Trade Effekte hinausgehen. Dabei geht es vor allem um Effizienzsteigerungen, die bei Vorliegen unvollkommenen Wettbewerbs möglicherweise erzielt werden können, da die Marktlösung in aller Regel von der sozial optimalen Lösung abweicht.

In diesem Kapitel soll der Frage nach der Wirkung verschiedener handels- und industriepolitischer Maßnahmen in einem derartigen Umfeld nachgegangen werden. Dabei kommt in der folgenden Analyse zwei Elementen zentrale Bedeutung zu: Zum einen ist die Technologie der Firmen in dem Sinne endogen, daß die Firmen durch die Bestimmung der Höhe von F&E-Anstrengungen die Höhe ihrer Grenzkosten determinieren können. Zum zweiten gibt es keine Markzutrittsschranken. Die folgende Analyse knüpft im wesentlichen an zwei Arbeiten an; einerseits an Brander und Spencer (1983b), andererseits an Flam und Helpman (1987). Brander und Spencer (1983b) untersuchen die Wirkung unterschiedlicher staatlicher Maßnahmen für den Fall, daß es ein in- und ein ausländisches Unternehmen gibt, die zusammen einen Exportmarkt in einem dritten Land beliefern. Die Technologie in ihrem Modell ist endogen im oben beschriebenen Sinn. Flam und Helpman (1987) analysieren handels- und industriepolitische Instrumente in einem "kleinen Land" Modell mit zwei Sektoren, wobei einer der Sektoren Produktdifferenzierung und die Marktstruktur der monopolistischen Konkurrenz aufweist. Ihr Modell läßt freien Markteintritt im Sektor mit unvollkommenenen Wettbewerb zu, wobei jedoch jede Firma bestimmte Fixkosten aufzuwenden hat, wenn sie in den Markt eintreten will. Flam und Helpman interpretieren diese Kosten als F&E-Kosten; andere F&E-Kosten gibt es nicht, die Firmen sehen sich vorgegebenen Grenzkosten gegenüber.

Im hier vorgestellten Modell gibt es ebenfalls einen Sektor mit monopolistischer Konkurrenz, die Technik der in diesem Sektor aktiven Firmen ist jedoch endogen. Dieser Sektor wird ergänzt durch einen zweiten Sektor, in dem ein homogenes, nicht-handelbares Gut hergestellt wird. Beide Güter werden mit nur einem Produktionsfaktor ("Arbeit") hergestellt. Es werden zwei Länder betrachtet, Rückwirkungen der Maßnahmen in einem Land auf den "Rest" der Welt werden somit explizit zugelassen. Ein Land soll dabei als "Inland", das zweite als "Ausland" bezeichnet werden. Die differenzierten Güter sollen in Anlehnung an den Sprachgebrauch in vielen Außenhandelsmodellen mit monopolistischer Konkurrenz als Industriegüter ("manufactures") bezeichnet werden (so z. B. Helpman und Krugman (1985)), das nicht-handelbare Gut wird als Dienstleistung bezeichnet.

Die gewählte Spezifikation erlaubt auf sehr einfache Weise die Untersuchung der Frage, wie Politiken wie F&E-Subventionen und Markteintrittsförderung im Hinblick auf die heute viel diskutierte "Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften" wirken. Die Endogenisierung der Technologie eröffnet prinzipiell die Möglichkeit durch geeignete Politik der inländischen Industrie einen Technologievorsprung gegenüber den ausländischen Konkurrenten zu verschaffen, der über einen einfachen Kostenunterschied aufgrund einer Subventionierung hinausgeht. Dabei wird hier von statischen und dynamischen Externalitäten z. B. in Form von Spillover und learning by doing Effekten abgesehen, die prinzipiell als Begründung einer aktiven Industriepolitik dienen können. Durch die Ausgestaltung des Dienstleistungssektors werden, wie später gezeigt wird, auf einfache Weise die Aspekte erfaßt, die sich in einem totalanalytischen Modell bei Berücksichtigung der Faktormarktbeschränkung und von Einkommenseffekten ergeben.

Im folgenden werden in diesem Modellrahmen sowohl die komparativ statischen Wirkungen verschiedener Politiken untersucht als auch deren Wohlfahrtsimplikationen abgeleitet. Die Analyse legt zwei für die Wohlfahrtswirkungen zentrale Effekte offen: einen Terms of Trade Effekt und eine in der Literatur (siehe z. B. Markusen (1990)) häufig als "Rationalisierungs- bzw. Derationalisierungseffekt" bezeichnete Wirkung, die in einer Veränderung der Produktvielfalt begründet ist. Die Veränderung der Kosten bzw. des Preises einer einzelnen Variante ist hingegen von untergeordneter Bedeutung. Im Fall der Einführung eines kleinen Wertzolles haben die beiden angeführten Effekte entgegengesetzte Wohlfahrtswirkungen, wenn die Zolleinnahmen als Lump-sum Transfer wieder ausgeschüttet werden. Als Konsequenz daraus ergibt sich, daß ein kleiner Zoll nicht notwendigerweise zu einer Erhöhung der Wohlfahrt im Zoll erhebenden Land führt, *obwohl* dieses Land einen Preiseinfluß auf dem Weltmarkt hat. Im Falle einer (minimalen) Beschränkung bzw. Förderung des Markteintritts determiniert der Rationalisierungseffekt die Wohlfahrtswirkung. Man erhält als Ergebnis, daß in einem Land vergebene Markteintrittsprämien die Wohlfahrt in beiden Ländern aufgrund der steigenden Produktvielfalt erhöhen. Das die Politik durchführende Land übt eine positive Externalität auf das inaktive Land aus, eine Konsequenz daraus ist eine in beiden Ländern steigende Wohlfahrt, wenn beide Länder gleichzeitig bestimmte industriepolitische Maßnahmen ergreifen.

Im nächsten Abschnitt dieses Kapitels wird das Modell entwickelt. Dabei wird zunächst das Gleichgewicht einer sogenannten integrierten Ökonomie abgeleitet, um dann auf einfache Weise das Freihandelsgleichgewicht beschreiben zu können. Danach werden die Allokations- und die Wohlfahrtswirkungen der Einführung eines Wertzolls, einer Exportsubvention, einer Outputsubvention und einer Markteintrittsprämie untersucht. Mit Hilfe von Simulationen werden anschließend auch die Effekte nicht marginaler Eingriffe analysiert. Zum Abschluß des Kapitels werden einige Schlußfolgerungen präsentiert, die sich aus der Analyse ergeben.

2. Das Modell ohne staatliche Eingriffe

2.1 Die Modellspezifikation

Zur Analyse der in der Einleitung beschriebenen Fragestellungen wird hier eine spezielle Form des in der Außenhandelstheorie mittlerweile weit verbreiteten Modells benutzt, das Produktdifferenzierung in einem Sektor mittels der Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion einführt. Die (Sub-) Nutzenfunktion für die Gütergruppe der Industriegüter soll demnach für ein repräsentatives Individuum in jedem der zwei Länder durch (2.2) beschrieben werden. Die Firmenzahl n steht nun für die weltweit verfügbaren Varianten; es wird also angenommen, daß im jeweils anderen Land hergestellte Varianten in gleicher Weise in die Nutzenfunktion eingehen wie solche, die im Heimatland hergestellt werden. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit kann dabei davon ausgegangen werden, daß die im Inland produzierten Varianten auf dem Intervall $[0, n_i]$ und die im Ausland produzierten auf $[n_i, n]$ angeordnet sind. Die Differenz $n - n_i$ ergibt dabei gerade n_a, die Firmenzahl im Ausland. Die Substitutionselastizität zwischen zwei im Inland hergestellten Gütern entspricht damit der zwischen einem inländischen und einem im Ausland hergestellten Industriegut.

Analog zu Flam und Helpman (1987) wird zur Vereinfachung von konstanten Ausgabenanteilen für Dienstleistungen und für die Gruppe der Industriegüter ausgegangen. Der Ausgabenanteil für die Dienstleistungen betrage g. Die Präferenzen des Individuums können somit durch folgende Nutzenfunktion repräsentiert werden:

$$V = y^g U^{1-g}, \tag{5.1}$$

wobei y die konsumierte Menge der Dienstleistungen darstellt und U durch (2.2) definiert wird.

Das Optimierungsproblem des Haushalts kann bei den hier unterstellten Präferenzen aufgrund der Homothetie in zwei Stufen gelöst werden (siehe dazu z. B. Dixit und Stiglitz (1977) oder Helpman und Krugman (1985), Kap. 6), wobei zunächst die Subnutzenfunktion für beliebige sektorale Ausgaben maximiert wird und anschließend die Aufteilung des Einkommens auf die beiden Gütergruppen erfolgt. Es ist offensichtlich, daß die Ausgabenanteile für die Dienstleistungen g und für die Industriegüter (1-g) betragen. Diese Ausgaben für die Gesamtheit der Industriegüter können nun in die in den vorhergehenden Kapiteln abgeleiteten Nachfragen nach den einzelnen Varianten eingesetzt werden. Unter der Annahme eines fixen Angebots *L* des einzigen Produktionsfaktors durch den repräsentativen Haushalt erhält man folgende Nachfragefunktionen für das homogene Gut bzw. für die einzelnen Varianten für einen gegebenen Lohnsatz *w*:

(5.2) $$y = \frac{gwL}{p_y} ,$$

(5.3) $$x(j) = \frac{p(j)^{1/(\alpha-1)}}{\int_0^n p(z)^{\alpha/(\alpha-1)} dz} \cdot (1-g)wL \quad .$$

Der Preis des homogenen Gutes wurde dabei mit p_y bezeichnet.

Die Produktionsseite der Ökonomien wird so einfach wie möglich modelliert. So wird, wie oben schon angeführt, von nur einem (primären) Produktionsfaktor ausgegangen. Dieses Vorgehen folgt im wesentlichen Venables (1987), der sein Modell als "Chamberlinian-Ricardian" bezeichnet. Es wird angenommen, daß das homogene Gut mit einer linearen Technologie produziert wird. Durch geeignete Wahl der Einheiten erhält man die Produktionsfunktion:

(5.4) $$y = l_y ,$$

wobei l_y die in der Produktion von Dienstleistungen eingesetzte Arbeit bezeichnet.

Die Produktionstechnologie im Industriegütersektor ist im folgenden Sinne endogen: Die Firmen können durch die Wahl des Arbeitseinsatzes in F&E die Höhe des Inputkoeffizienten der Produktion der Industriegüter bestimmen. In Anlehnung an das vorhergehende Kapitel wird der Arbeitseinsatz in Forschung und Entwicklung mit *e* bezeichnet, der Inputkoeffizient, also der für die Produktion einer Einheit eines Industriegutes nötige Arbeitseinsatz, wird durch die Funktion *c*(*e*) bestimmt. Es wird angenommen, daß diese Funktion für alle Produzenten der differenzierten Güter identisch ist. Die Funktion soll die Annahmen 4.1' - 4.5' aus dem vierten Kapitel erfüllen (siehe S. 86). Wie dort gezeigt wurde, ist bei einer Funktion mit diesen Eigenschaften die Existenz eines

Gleichgewichts für den Industriesektor gesichert. Die Annahme 4.4' ist dabei zentral für die Bestimmung des Vorzeichens der komparativ statischen Effekte.

2.2 Das Gleichgewicht einer integrierten Weltökonomie

Unter Verwendung der Ergebnisse des letzten Kapitels kann direkt das Gleichgewicht einer sogenannten "integrierten Weltökonomie" bestimmt werden. Bei der integrierten Weltökonomie handelt es sich um das hypothetische Konstrukt einer Ökonomie ohne Ländergrenzen mit frei beweglichen Faktoren und Gütern. Dieses Konzept wurde von Dixit und Norman (1980) populär gemacht und z. B. von Helpman und Krugman (1985) auf vielfältige Problemstellungen angewendet. Die Bestimmung des Gleichgewichts für diese Ökonomie ist vor allem deshalb interessant, weil es unter Umständen Aufteilungen der Weltfaktorausstattung auf zwei Länder gibt, so daß durch Freihandel gerade das Gleichgewicht der integrierten Ökonomie reproduziert wird. Anders ausgedrückt: Der Gleichgewichtspreisvektor der integrierten Ökonomie führt auch im Freihandelsgleichgewicht zur Markträumung; es kommt also zu Faktorpreisausgleich. Es wird später noch gezeigt, daß im vorliegenden Modell für *alle* Aufteilungen der Weltfaktorausstattung auf beide Länder Freihandelsgleichgewichte mit Faktorpreisausgleich existieren und daß dieses Resultat auf die Verwendung nur eines Produktionsfaktors und die beliebige Teilbarkeit der Firmenzahl zurückzuführen ist.

Zur Bestimmung des Gleichgewichts der integrierten Ökonomie können die Gleichgewichtsbedingungen des im vorhergehenden Kapitels untersuchten Partialmodells beinahe unverändert übernommen werden. Verwendet man die Arbeit als Numeraire, setzt also $w = 1$, und beachtet, daß die Gesamtausgaben für die Industriegüter nun $(1-g)L$ betragen, so erhält man die im vorhergehenden Kapitel abgeleiteten zwei Bedingungen zur Bestimmung der Höhe des gleichgewichtigen Arbeitseinsatzes für F&E, e^*, und die Firmenzahl n^*, die die Nullprofitbedingung erfüllt. Diese Bedingungen (die Gleichungen (4.16) und (4.17)) lauten unter Einbeziehung dieser Änderung:

$$(5.5) \qquad -\frac{\alpha(1-g)Lc'(e)}{nc(e)} - 1 = 0 \text{ bzw.}$$

(5.6) $$(1-\alpha)(1-g)L/n-e=0\ .$$

Die Arbeitsmarktgleichgewichtsbedingung kann hier aufgrund des Walras-Gesetzes weggelassen werden; der Preis des homogenen Gutes p_y muß aufgrund der linearen Technologie dem Lohnsatz entsprechen. Die im Gleichgewicht produzierte und konsumierte Menge an Dienstleistungen erhält man dann als $y=gL$. Da die Annahmen des Partialmodells auch hier gelten, folgt unmittelbar, daß auch die integrierte Ökonomie ein eindeutiges Gleichgewicht besitzt. Sowohl die Firmenzahl als auch die Höhe der F&E-Anstrengungen sind eindeutig bestimmt.

Die bisherigen Ausführungen machen deutlich, daß es sich bei der in diesem Kapitel verwendeten Modellierung um eine einfache Erweiterung des oben beschriebenen Partialmodells handelt. Dabei ist die Wahl einer Cobb-Douglas Nutzenfunktion hinsichtlich der beiden Sektoren von einiger Bedeutung, da auf diese Weise insbesondere Einkommenseffekte auftreten können. Diese Spezifikation impliziert, daß - wie Brander und Spencer (1984) schreiben - der hier vor allem interessierende Industriegütersektor groß in dem Sinn ist, daß z. B. die Faktorpreise durch Veränderungen in dieser Industrie beeinflußt werden. Anders als in ihrem Papier, in dem sie die Wirkung von Zöllen in einem Duopol untersuchen und durch die Annahme einer quasilinearen Nutzenfunktion Einkommenseffekte ausschließen, sollen im hier vorliegenden Modell Rückwirkungen insbesondere auf den Faktormarkt, also auf Löhne und Beschäftigung nicht ausgeschlossen werden.

2.3. Das Freihandelsgleichgewicht

Nach der Ableitung des Gleichgewichts der integrierten Ökonomie läßt sich nun auch das Freihandelsgleichgewicht zwischen den zwei Ländern bestimmen, das sich je nach der Aufteilung der Weltausstattung L des Produktionsfaktors auf beide Länder einstellen wird. Das Freihandelsgleichgewicht wird dabei unter Rückgriff auf die Bedingungen des integrierten Gleichgewichts abgeleitet. Zunächst wird angenommen, daß der gleichgewichtige Lohn im Inland, w_i, und der im Ausland, w_a, übereinstimmen. Die sektoralen Arbeitseinsätze müssen nun so bestimmt werden, daß alle Gleichgewichtsbedingungen für die oben angenommenen Lohnsätze erfüllt sind. Bei einer Faktorausstattung des Inlands L_i erhält man als inländische Nachfrage nach Dienstleistungen den Ausdruck gw_iL_i. Da diese Güter nicht handelbar sind, muß die inländische Produktion dieser Nachfrage entsprechen, die Beschäftigung in diesem Sektor ist damit gL_i. Dabei wurde w_a als Numeraire verwendet, w_i und p_y haben damit auch den Wert 1. Auf analoge Weise erhält man im Ausland die sektorale Beschäftigung gL_a, die Weltproduktion entspricht damit der des integrierten Gleichgewichts.

Im nächsten Schritt soll nun die Höhe der Forschungsanstrengungen bestimmt werden. Dabei nehme ich zunächst an, daß die Zahl der weltweit aktiven Firmen mit der des integrierten Gleichgewichts identisch ist. Da das aggregierte Einkommen dem der integrierten Ökonomie entspricht, sieht sich jede aktive Firma aufgrund der identischen, homothetischen Präferenzen der beiden Ökonomien der gleichen Profitfunktion gegenüber wie eine Firma im Gleichgewicht der integrierten Ökonomie; sie wird damit auch e^* wählen. Die Nachfrage nach jeder Variante ist damit ebenso wie die Faktornachfrage der einzelnen Firmen im Industriegütersektor, die sich aus der Produktions- und der F&E-Aktivität ergibt, gleich derjenigen in der Weltökonomie. Die Gesamtfaktornachfrage des Industriegütersektors im integrierten Gleichgewicht beträgt $(1\text{-}g)L$. Dem inländischen Anteil an der Weltfaktorausstattung entsprechend legt man nun die Zahl der Firmen im Inland n_i fest. Man erhält $n_i = \left(L_i / L\right)n$. Diese Firmenzahl sichert die Räumung des inländischen Faktormarkts, da die Faktornachfrage im Inland in diesem Fall $(1\text{-}g)L_i$ beträgt. Für das Ausland gelten diese Überlegungen analog, die Zahl der im Ausland aktiven Firmen lautet: $n_a = \left(L_a / L\right)n$.

Bei der hier beschriebenen sektoralen Allokation des einzigen Produktionsfaktors sind damit alle Märkte geräumt, im Industriegütersektor ist die Nullprofitbedingung erfüllt, so daß es nicht zu weiteren Markteintritten kommen wird und aktive Firmen haben keinen Anreiz ihre F&E-Aktivitäten einzuschränken oder auszudehnen. Es ist damit gezeigt, daß ein Freihandelsgleichgewicht mit Faktorpreisausgleich existiert. In diesem Gleichgewicht ist die Aufteilung der Firmen auf die beiden Länder in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufteilung des Produktionsfaktors eindeutig bestimmt. Das Ergebnis, daß ein Freihandelsgleichgewicht die integrierte Ökonomie für beliebige Aufteilungen der

Weltausstattung reproduzieren kann, erfordert neben der Unterstellung nur eines Produktionsfaktors auch die beliebige Teilbarkeit der Firmenzahl.

An dieser Stelle ist eine Anmerkung zur Annahme angebracht, daß es ein nicht-handelbares Gut gibt. Zum einen scheint diese Annahme im Hinblick auf die Empirie durchaus plausibel. Daneben ermöglicht diese Annahme eine Analyse der Wirkungen verschiedener sektoraler Politiken auf die anderen Sektoren der Ökonomie auf einfache Weise. Obwohl nur ein Produktionsfaktor vorliegt, erhält man nicht das für Ricardo-Modelle typische Problem, daß kleinste Politikänderungen zu einer völligen Veränderung der Produktionsstruktur führen können. In den oben angeführten Arbeiten mit ähnlichen Modellierungen gibt es verschiedene Arten dieses Problem zu umgehen. So führt z. B. Venables (1987) Transportkosten ein, ein kleiner Zoll führt damit nicht zur Konzentration der Produktion in dem Land, das bei sonst gleichen Bedingungen den Zoll erhebt. Markusen (1990) nimmt an, daß es im Sektor, der das homogene Gut herstellt, einen spezifischen Faktor gibt. Bei Flam und Helpman (1987), die den Fall mit nur einem Produktionsfaktor auch heranziehen, tritt das Problem nicht auf, da sie durch die "Kleinstaaten"-Annahme diese Probleme ausschließen.

2.4 Exkurs: Die Planerlösung für die integrierte Ökonomie

Bevor im nächsten Abschnitt verschiedene einseitige Politiken untersucht werden, wird in diesem Exkurs die pareto-effiziente Lösung für die Weltökonomie, das Modell einer geschlossenen Volkswirtschaft, abgeleitet. Da hier ein totalanalytisches Modell mit mehr als einem Sektor vorliegt, kann in diesem Rahmen, die im vorangegangenen Kapitel aufgestellte Behauptung, daß die Marktlösung unter diesen Umständen nicht first-best ist, bewiesen werden. Dadurch wird gleichzeitig die Frage beantwortet, ob durch Freihandel bei Abwesenheit von Staatseingriffen die Weltwohlfahrt maximiert wird.

Die sozial optimale Lösung erhält man durch die Maximierung der Nutzenfunktion (5.1) unter Berücksichtigung der Ressourcenbeschränkung

$$y + c(e)xn + en \leq L. \tag{5.7}$$

Dabei wurde von der Produktionsfunktion für das homogene Gut, (5.4), Gebrauch gemacht und unterstellt, daß der Planer für alle Firmen einheitliche F&E-Anstrengungen e und damit auch einheitliche Outputmengen x wählt. Durch Verwendung der Variationsrechnung analog zur Vorgehensweise in Kapitel 2 läßt sich diese aufgrund des abnehmenden Grenznutzens der einzelnen Varianten und der Konvexität der Kostenreduzierungsfunktion $c(e)$ plausible Unterstellung auch formal zeigen. Man benötigt neben der Tatsache, daß jede Firma kostenminimierend produziert, auch die Annahme 4.4', eine über die Konvexität der Kostenreduzierungsfunktion hinausgehende Eigenschaft. Unter Berücksichtigung dieser Symmetrieeigenschaft der Planerlösung erhält man nun folgende Lagrangefunktion für das Optimierungsproblem:

(5.8) $$\mathrm{L} = y^g n^{(1-g)/\alpha} x^{1-g} - \lambda\big(y + c(e)xn + en - L\big) .$$

Die Bedingungen erster Ordnung lauten:

(5.9) $$\frac{\partial \mathrm{L}}{\partial y} = g y^{g-1} n^{(1-g)/\alpha} x^{1-g} - \lambda = 0 .$$

(5.10) $$\frac{\partial \mathrm{L}}{\partial n} = y^g \frac{(1-g)}{\alpha} n^{(1-g-\alpha)/\alpha} x^{1-g} - \lambda\big(c(e)x + e\big) = 0 .$$

(5.11) $$\frac{\partial \mathrm{L}}{\partial x} = y^g n^{(1-g)/\alpha} (1-g) x^{-g} - \lambda c(e) n = 0 .$$

(5.12) $$\frac{\partial \mathrm{L}}{\partial e} = c'(e)xn + n = 0 .$$

Daneben muß natürlich (5.7) mit Gleichheit erfüllt sein. Aus (5.12) folgt sofort die in Kapitel 4 abgeleitete Bedingung für die kostenminimierende Produktion (4.20). Dividiert man (5.10) durch die durch n geteilte Bedingung (5.11) erhält man:

(5.13) $$\frac{x}{\alpha} = \frac{c(e)x + e}{c(e)} .$$

Ersetzt man unter Verwendung von (5.12) x durch $-1/c'(e)$, dann wird (5.13), etwas umgeformt, zu

$$\frac{-ec'(e)}{c(e)} = \frac{1-\alpha}{\alpha} . \tag{5.14}$$

Diese Bedingung determiniert die sozial optimale Höhe der F&E-Anstrengungen e. Diese Bedingung ist identisch mit der Gleichung (4.18), die die Höhe der F&E-Ausgaben in der Marktlösung angibt. Für das Totalmodell folgt diese Gleichung aus den Bedingungen (5.5) und (5.6). Als erstes wichtiges Resultat dieser Wohlfahrtsanalyse ist festzuhalten:

Die F&E-Anstrengungen einer einzelnen Firma stimmen in der Markt- und in der Planerlösung überein. Auch die Ausbringungsmengen der einzelnen Firmen entsprechen in der dezentralen Lösung den effizienten.

Aus dem Quotienten von (5.11) mal x und (5.9) erhält man unter Verwendung der Ressourcenbeschränkung (5.7) in bezug auf das homogene Gut y das Ergebnis:

$$y = g(L - ne) . \tag{5.15}$$

Der Planer stellt also weniger vom homogenen Gut bereit als der Markt (vgl. (5.2)). Daraus folgt im Umkehrschluß, daß die Firmenzahl höher sein muß, da die F&E-Ausgaben und die Ausbringungsmenge je Firma in beiden Lösungen gleich waren. Durch Division von (5.10) mal n durch (5.11) mal x kann n unter Berücksichtigung der Nebenbedingung (5.7) und von (5.15) nach einigen Umformungen durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$n = \frac{(1-\alpha)(1-g)L}{(1-g(1-\alpha))e} . \tag{5.16}$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit dem entsprechenden Term für die Marktlösung, der sich aus (5.6) ergibt, so ist zweierlei festzustellen:

1. *Die Marktlösung weist eine im Vergleich zur sozial optimalen Lösung zu geringe Firmenzahl auf.*

2. *Diese Abweichung von der effizienten Lösung verschwindet, wenn g gegen Null geht; besteht die ganze Ökonomie nur aus dem Industriegütersektor, so entspricht das Marktergebnis der effizienten Lösung.*

3. Die Allokations- und Wohlfahrtswirkungen verschiedener politischer Eingriffe

Nachdem gezeigt wurde, daß das Gleichgewicht der integrierten Ökonomie, und damit auch das Freihandelsgleichgewicht, eine zu niedrige Firmenzahl und zu hohe Ausgaben für Dienstleistungen aufweist, wird nun analysiert, welche Wirkungen verschiedene unilaterale Politiken unter diesen ineffizienten Ausgangsbedingungen nach sich ziehen. In diesem Abschnitt soll untersucht werden, wie sich die endogenen Variablen verändern, wenn das Freihandelsgleichgewicht, in dem alle Politikvariablen den Wert Null annehmen, durch marginale Politikänderungen gestört wird. Dabei werden ein Importzoll t, Export- und Outputsubventionen s bzw. z, eine Subventionierung der F&E-Ausgaben r und eine Markteintrittsprämie u analysiert, wobei mit Ausnahme des letzten Instruments alle untersuchten Politiken auf Basis des Wertes des jeweiligen Politikobjektes kalkuliert werden. Als zusätzliche Politikvariable wird ein proportionaler Transfer i (bzw., falls negativ, eine Einkommensteuer) eingeführt; durch dieses Instrument wird jeweils ein ausgeglichenes Staatsbudget sichergestellt.

Den Ausgangspunkt für die folgende Analyse stellt die Preissetzungsregel (3.32) der monopolistischen Konkurrenten dar. Betrachtet man statt des im dritten Kapitel verwendeten Konsumentenpreises den Produzentenpreis, so wird deutlich, daß sich letzterer - bei gegebenen Grenzkosten - weder infolge der im dritten Kapitel analysierten Verbrauchsteuer noch durch die Einführung anderer, am Produktionswert orientierter Maßnahmen ändert. Der Produzentenpreis bleibt also auch bei der Implementation eines Zolls, einer Export- oder Outputsubvention konstant. Dieses Resultat ist unmittelbar einleuchtend, da sich durch die Wertinstrumente die Elastizität der isoelastischen Nachfragekurven nicht ändert, der Aufschlagsatz auf die Grenzkosten bleibt der gleiche. Damit wird eine Firma auf dem inländischen und dem ausländischen Markt jeweils den gleichen Produzentenpreis verlangen. Bei einem gegebenen Produzentenpreis unterscheidet sich damit auf den verschiedenen Märkten nur die Nachfrage, da der jeweilige Konsumentenpreis natürlich von den verschiedenen Politiken beeinflußt wird.

Für die formale Ableitung der Gleichgewichtsbedingungen und insbesondere die komparativ statische Analyse sei auf den Anhang verwiesen. Diese Ableitungen erfordern sowohl einigen schreib- als auch rechentechnischen Aufwand. Dabei ist die Vorgehensweise insbesondere bei der komparativen Statik ganz herkömmlich, die Gleichgewichtsbedingungen werden total differenziert und unter Anwendung der Cramer Regel werden anschließend die Ergebnisse abgeleitet, wobei dies unter häufigem Rückgriff auf die Bedingungen des integrierten Gleichgewichts geschieht. Durch die Komplexität des Gleichungssystems gerät diese Analyse, die hier unter Zuhilfenahme von Mathematica durchgeführt wird, einigermaßen umfangreich.

In bezug auf die Gleichgewichtsbedingungen sei hier noch folgendes festgestellt: Aufgrund der unveränderten Produzentenpreise ändert sich die reduzierte Profitfunktion, in der die Preissetzungsregel schon verwendet wurde und die demnach nur noch von der Höhe der F&E-Anstrengungen abhängig ist, nur geringfügig im Vergleich zu den vorhergehenden Kapiteln. Aus dieser für die Firmen im In- bzw. Ausland unterschiedlichen Funktion werden dann sowohl die Nullprofitbedingungen als auch, über die Bedingungen erster Ordnung, die Bedingungen für den optimalen F&E-Arbeitseinsatz im symmetrischen Gleichgewicht bestimmt. Neben diesen Bedingungen wird von mir die Arbeitsmarktgleichgewichtsbedingung für das Ausland verwendet, die selbe Bedingung für das Inland wird aufgrund des Walras-Gesetzes nicht berücksichtigt. Das resultierende Gleichungssystem determiniert die endogenen Variablen n_a, n_i, e_a, e_i und w_i. Im folgenden wird beschrieben, wie sich diese Variablen verändern, wenn - ausgehend vom laissez faire Zustand - eine "kleine" Politik eingeführt wird.

Die im Anhang für die verschiedenen Politikvariablen abgeleiteten Ergebnisse werden in der Tabelle 5.1 in qualitativer Form zusammengefaßt, wobei x^i

Tabelle 5.1

Die qualitativen Effekte verschiedener (kleiner) Politiken

	Veränderung der Variablen							
Politikvariable	e_i	e_a	n_i	n_a	w_i	x^i	x^a	V^i
Zoll t	0	0	– (0)	0	+	0	0	± (+)
Exportsubvention s	0	0	+ (0)	0	+	0	0	± (–)
Outputsubvention z	0	0	+ (0)	0	+	0	0	+ (0)
F&E-Subvention r	0	0	+	0	+	–	0	+ (0)
Markteintrittsprämie u	–	0	+	0	+	–	0	+ (0)

(Die Werte in Klammern bezeichnen im Fall $g = 0$ abweichende Änderungen.)

bzw. x^a den Output einer in- bzw. ausländischen Firma und V^i den Nutzen der inländischen Konsumenten bezeichnet. Die konkreten Ableitungen werden im Text präsentiert.

3.1 Die Wirkungen eines Zolls

Die Analyse von Zöllen und damit einhergehend die Untersuchung der Folgen eines Abbaus von Zollschranken nimmt breiten Raum in den Beiträgen zur Außenhandelstheorie bei unvollkommenem Wettbewerb ein. Zwei, im Kontext des unvollkommenen Wettbewerbs und der monopolistischen Konkurrenz diskutierten Effekten kommt dabei besondere Bedeutung im Hinblick auf das hier präsentierte Modell zu. Es geht zum einen um eine mögliche wettbewerbssteigernde ("procompetitive") Wirkung des Abbaus von Zollschranken (vgl. dazu z. B. Hertel (1994)). Von einem solchen Effekt kann man sprechen, wenn eine Verringerung der Zölle zu einem verringerten Aufschlag ("Mark-up") der Firmen auf die Grenzkosten führt oder wenn der Output der betreffenden Firmen ansteigt. In beiden Fällen wäre c. p. ein Wohlfahrtsanstieg die Folge, da im Ausgangspunkt die privaten von den sozialen Kosten abweichen. Beim zweiten Effekt handelt es sich um den schon in der Einleitung angesprochenen Derationalisierungseffekt, der in einer Veränderung der angebotenen Produktvielfalt zum Ausdruck kommt. Die Frage, welche Rolle die beiden Effekte im hier vorgestellten Modell spielen, wird bei der Präsentation der Ergebnisse der komparativen Statik beantwortet. Nicht zuletzt unter Bezugnahme auf existierende Ansätze werden diese Resultate auch ausführlich erläutert und interpretiert sowie ihre Bedeutung jenseits der restriktiven Modellspezifikation abgeschätzt.

3.1.1 Die komparativ statischen Wirkungen der Einführung eines kleinen Zolls

Die Tabelle 5.1 (S. 119) macht deutlich, daß sich viele Variable wie z. B. die Forschungsanstrengungen im In- und Ausland oder die ausländische Firmenzahl infolge der Einführung eines kleinen Zolls nicht verändern. Die konkrete Änderung der Firmenzahl im Inland ergibt sich aus folgender Ableitung:

$$\frac{dn_i}{dt} = -\frac{gL_a n_i}{L_a + L_i}, \tag{5.17}$$

der entsprechende Term für den Lohnsatz im Inland lautet:

$$\frac{dw_i}{dt} = \frac{L_i}{L_a + L_i}. \tag{5.18}$$

Die auf den ersten Blick überraschenden komparativ-statischen Wirkungen lassen sich in qualitativer Hinsicht unter Rückgriff auf das Standardmodell mit differenzierten Gütern, wie es z. B. von Gros (1987) und von Helpman und Krugman (1989, Kap. 7) präsentiert wird, ableiten und erläutern. Übertragen auf die hier verwendete Modellspezifikation, kann man dieses Modell wie folgt beschreiben: F&E-Anstrengungen bestehen in der Aufwendung eines fixen Arbeitseinsatzes, der nötig ist, um mit der Produktion einer Variante des differenzierten Gutes bei gegebenen Grenzkosten c beginnen zu können. Ein zusätzliches homogenes Gut gibt es nicht, das heißt, g wird gleich 0 gesetzt. Wie die genannten Autoren zeigen, ändern sich in diesem Fall bei der Einführung eines Wertzolls weder im In- noch im Ausland der Output einer einzelnen Firma oder die Firmenzahl. Dieses Resultat folgt unmittelbar daraus, daß die Nullprofitbedingung infolge des durch den Wertzoll unveränderten Mark-ups auf die (konstanten) Grenzkosten bei gegebenen Fixkosten eine konstante Ausbringungsmenge impliziert. Die Faktormarktbeschränkung läßt dann keine Veränderung der Firmenzahl zu. Die Wirkung des Zolls beschränkt sich auf eine Änderung der Terms of Trade, wobei die Relativpreisänderung durch die Änderung der Faktorpreise, also im hier behandelten Fall durch die Änderung des Lohnsatzes im Inland, induziert wird.

Setzt man die Höhe der Fixkosten und die der Grenzkosten in diesem einfachen Modell mit den Gleichgewichtswerten des Modells mit variablen F&E-Anstrengungen gleich, so erhält man für $g = 0$ auch in dem Modell mit endogener Technologie das Ergebnis, daß sich die endogenen Variablen mit Ausnahme eines Lohnsatzes nicht ändern. Für *gegebene* F&E-Anstrengungen ändern sich die Ausbringungsmengen in diesem Fall nicht, andererseits haben die Firmen bei diesen Outputs auch keinen Anreiz von der vorher gewählten F&E-Höhe abzuweichen, da diese nach wie vor kostenminimierend ist und sich die Firmen, wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt wurde, kostenminimierend verhalten. Für die ausländischen Firmen ist offensichtlich, daß sich die F&E-Anstrengungen nicht ändern, da die Löhne konstant bleiben. Im Inland ändert sich zwar der Lohn, wie man aber aus

$$\pi = (1-\alpha)\big(wc(e)/\alpha\big)x - we\,, \tag{5.19}$$

einer vereinfachten Form der Profitfunktion, sieht, beeinflußt die Höhe des Lohnsatzes die optimale Wahl von e für gegebenes x nicht.

Betrachtet man nun den Fall $g \neq 0$ und berücksichtigt somit nicht-handelbare Güter, so stellt man als zusätzlichen Effekt eine Verringerung der inländischen Firmenzahl n_i fest. Diese Wirkung ist darauf zurückzuführen, daß durch den Zoll, der Lump-sum wieder ausgeschüttet wird, die Nachfrage nach Dienstleistungen steigt. Die Zolleinnahmen kommen damit dem Industriegütersektor nicht in vollem Umfang zugute; bei einer gegebenen Zahl von Herstellern differenzierter Güter wäre damit die Nachfrage nach den einzelnen Varianten geringer als im vorherigen Gleichgewicht, bei gegebenen F&E-Ausgaben würden die Firmen Verluste machen. Der Ausgleich erfolgt nun, wie man aus den Ergebnissen der komparativen Statik erkennt, allein über die Firmenzahl im Inland. Deren Verminderung führt bei gegebenen Ausgaben für die

Industriegüter jeweils zu einem Anstieg der Nachfrage nach den im Markt verbliebenen Varianten. Dabei stellt die Veränderung der Firmenzahl, die bei den im Markt verbleibenden Firmen die ursprüngliche Nachfrage induziert, offensichtlich durch die verringerte Arbeitsnachfrage die Räumung des inländischen Arbeitsmarktes sicher.

Als wichtiges Ergebnis der Einführung eines kleinen Zolles kann somit festgehalten werden:

Trotz des Zollschutzes für den Industriegütersektor geht der Faktoreinsatz und die aggregierte Produktion in diesem Sektor zurück.

Dieses Resultat ist ein besonders einfaches Beispiel für die kontraintuitiven Effekte, die bei Berücksichtigung von nicht-handelbaren Güter auch bei "normalen" Präferenzen und Produktionsfunktionen auftreten können. Solche Effekte wurden von Komiya (1967) für das Heckscher-Ohlin-Modell abgeleitet[49].

An dieser Stelle kann nun auch auf die zu Beginn dieses Abschnitts aufgeworfene Fragestellung, inwieweit ein Abbau von Zöllen zu verstärktem Wettbewerb führt, eingegangen werden. Da das Modell so konstruiert wurde, daß jede einzelne Firma im Industriegütersektor unabhängig von der Firmenzahl einen konstanten Mark-up wählt, kann ein etwaiger "prokompetitiver" Effekt diese Form nicht annehmen. Wie aus der Tabelle 5.1 ersichtlich, tritt er auch nicht in Gestalt einer Mengenausweitung auf. Die Konstanz der Ausbringungsmenge folgt dabei unmittelbar aus (5.19), da auch die F&E-Anstrengungen e konstant sind. Der hier behandelte Fall mit endogener Technologie weist damit die gleichen Eigenschaften wie ein (Dixit-Stiglitz-)Modell ohne F&E-Anstrengungen auf (vgl. dazu Markusen (1990)). Zurückzuführen ist dies in beiden Fällen auf die Verwendung nur eines Produktionsfaktors; schon Dixit und Stiglitz haben in ihrem Aufsatz (Dixit und Stiglitz (1977)) gezeigt, daß unter diesen Umständen die Markt- und die First-best Lösung, obwohl sonst unterschiedlich, zu gleichen Outputs bei den verschiedenen Varianten des differenzierten Gutes führen. Zu anderen Er-

[49] Komiya (1967) zeigt u. a., daß die Preiselastizität der Importnachfrage positiv sein kann.

gebnissen gelangt man, wenn man die Firmenzahl in dem Sinn als klein (und natürlich als diskret) betrachtet, daß die einzelne Firma einen Einfluß auf den Gesamtmarkt und somit umgekehrt die Firmenzahl einen Einfluß auf den Mark-up hat (siehe dazu Hertel (1994)). Der Aufschlagsatz, der hier im Modell gleich $(1/\alpha)$ war, ist dann variabel und wiederum aus (5.19) folgt, daß sich dann auch der Output verändern wird. Eine Veränderung der Ausbringungsmenge resultiert im allgemeinen auch in Modellen, die mehr als einen Produktionsfaktor berücksichtigen (siehe dazu Flam und Helpman (1987)); die Gründe dafür werden später (siehe S. 135) diskutiert.

Bevor die Wohlfahrtswirkungen des Zolls genauer analysiert werden, soll auf den negativen Einfluß des Zolls auf das Handelsvolumen hingewiesen werden. Dieses Ergebnis folgt daraus, daß sich die von den Firmen angebotenen Varianten im jeweiligen Ausland verteuern. Aus Sicht der ausländischen Firma ist dies verursacht durch den Zoll. Aus Sicht der inländischen Firma bewirkt der Lohnanstieg im Inland, daß die Güter auf dem Exportmarkt weniger nachgefragt werden.

Weniger traditionell als das Resultat bezüglich des Handelsvolumens ist das Ergebnis der Wohlfahrtsanalyse:

Es ist - anders als bei vollkommenem Wettbewerb - möglich, daß die Wohlfahrt eines großen Landes infolge der Einführung eines kleinen Zolls sinkt.

Zur vollständigen Analyse und vor allem zur ökonomischen Interpretation und Erklärung der Wohlfahrtswirkungen soll zunächst die im Anhang bestimmte Ableitung präsentiert werden. Die Wohlfahrtsänderung im Inland, gemessen über die Veränderung des Logarithmus des Nutzenniveaus des repräsentativen inländischen Individuums, V^i, ergibt sich aus:

$$\frac{d\log\left(V^i\right)}{dt} = \frac{(1-g)(\alpha - g + \alpha g)L_a n_i}{\alpha\left(L_a + L_i\right)\left(n_a + n_i\right)} . \tag{5.20}$$

Das Vorzeichen dieses Terms ist positiv, wenn gilt:

$$\alpha - g + \alpha g > 0 \;\text{ bzw. }\; \alpha > g/(1+g) .$$

Da α und g zwischen 0 und 1 liegen, kann der kleine Zoll je nach Parameterkonstellation wohlfahrtsteigernd oder -mindernd sein.

Um näher einzugrenzen, wodurch dieses Ergebnis zustande kommt und wie es ökonomisch zu erklären ist, soll zunächst wieder der Fall $g = 0$ betrachtet werden. In diesem Fall wirkt der Zoll eindeutig wohlfahrtsteigernd für das Inland, der kleine Zoll hat nur den oben schon angeführten Terms of Trade Effekt zur Folge. Wie z. B. Gros (1987) zeigt, ist die Marktlösung für das oben angeführte vereinfachte Modell first best. Dies gilt aufgrund der oben angestellten Überlegungen auch für das hier vorliegende Modell. Man ist damit in einer Situation, die einem Modell mit vollkommener Konkurrenz vergleichbar ist; ein großes Land kann in diesem Fall seine Wohlfahrt immer durch die Einführung eines kleinen Zolls steigern, da aufgrund der Optimalität der Ausgangssituation die entstehenden Effizienzverluste nur ein Effekt zweiter Ordnung sind und somit nur der positive Terms of Trade Effekt zu berücksichtigen ist.

Die Optimalität der Ausgangssituation ist nicht mehr gegeben, wenn ein zweiter Sektor wie hier in Form der nicht-handelbaren Güter eingeführt wird, in diesem Fall führt die Differenz zwischen Preis und Grenzkosten zu Wohlfahrtsverlusten. Dixit und Stiglitz (1977) zeigen dieses Resultat für das oben angeführte Modell ohne F&E, auch Markusen (1990) verweist darauf in einem Außenhandelskontext. Die dezentrale Lösung weist dabei eine zu geringe Variantenvielfalt im Vergleich zur effizienten Lösung auf. Diese Abweichung ist die Ursache dafür, daß die durch die Zolleinführung induzierte Verringerung der Firmenzahl bereits bei einem kleinen Eingriff negative Wohlfahrtswirkungen impliziert. Die Verminderung der Produktvielfalt wird deshalb auch analog zu Markusen (1990) als Derationalisierungseffekt bezeichnet. Vor diesem Hintergrund werden durch die nähere Analyse von $d \log V^i / dt$ die Bedingungen deutlich, die dazu führen, daß der Derationalisierungseffekt den positiven Terms of Trade Effekt überwiegt. Wie oben schon ausgeführt, ist das Vorzeichen des Gesamteffektes nur von α und g abhängig, wobei ein kleinerer Wert von α ceteris paribus die Wahrscheinlichkeit eines negativen Vorzeichens erhöht. Der negative Gesamteffekt kann dabei, wie man aus der Bedingung für α und g sieht, nur auftreten, wenn gilt: $\alpha < 1/2$. Die ökonomische Erklärung für die Bedeutung von α ist offensichtlich, wenn man beachtet, daß α ein Maß für die Wertschätzung von

Produktvielfalt ist. Je größer α ist, desto höher ist die Substitutionselastizität zwischen zwei Varianten ($\sigma = 1/(1-\alpha)$), dies impliziert wiederum eine sinkende Wertschätzung von Produktvielfalt; eine gegebene Änderung der Firmenzahl hat damit einen geringeren Wohlfahrtsverlust zur Folge. Hinsichtlich der Wirkung von g läßt sich feststellen, daß der Terms of Trade Effekt bei höherem g ceteris paribus geringer sein muß, da das Handelsvolumen in diesem Fall niedriger ist. Ein höheres g hat auch einen Einfluß auf die Änderung von n_i, wie man aus dn_i / dt sieht, ist dieser Effekt jedoch nicht eindeutig, da sich durch die Veränderung von g auch n_i verändert.

Die Ergebnisse der Wohlfahrtsanalyse lassen sich nach den obigen Ausführungen wie folgt zusammenfassen:

Die Wohlfahrtswirkung eines kleinen Zolls wird aus Sicht des zollerhebenden Landes durch zwei entgegengesetzt wirkende Effekte determiniert, einem positiven Terms of Trade Effekt und einem negativen Derationalisierungseffekt, der mit einer Verringerung der Produktvielfalt gleichzusetzen ist. Der Terms of Trade Effekt liegt in der Veränderung der inländischen Faktorpreise begründet, das Auftreten des Derationalisierungseffektes ist im vorgestellten Modell darauf zurückzuführen, daß durch die Ausschüttung der Zolleinnahmen ein Einkommenseffekt auftritt, der zu einer vermehrten Nachfrage nach dem homogenen Gut führt, *und* daß durch die Annahme der Nichthandelbarkeit dieses Gutes notwendigerweise der Faktoreinsatz in diesem Sektor steigen muß. Ein Sinken der Firmenzahl im Industriegütersektor ist die zwangsläufige Konsequenz. Entscheidende Einflußgrößen im Hinblick darauf, welcher der Effekte überwiegt, sind das Ausmaß der Wertschätzung von Produktvielfalt und der Anteil des Sektors, in dem das nicht gehandelte Gut hergestellt wird.

3.1.2 Ein Vergleich der Modellergebnisse mit den Resultaten ähnlicher Ansätze

Um abschätzen zu können, inwieweit es sich bei den hier als zentral herausgearbeiteten Effekten um solche Effekte handelt, die jenseits der restriktiven Modellspezifikation Vorsicht hinsichtlich der üblichen Einschätzung der Wohlfahrtswirkungen eines kleinen Zolls angebracht erscheinen lassen, sollen die hier abgeleiteten Ergebnisse mit einigen Ansätzen aus der Literatur verglichen werden. Dabei ist in diesen Ansätzen die Technologie nicht endogenisiert; wie oben abgeleitet, macht dies im Kontext der Zollanalyse keinen zentralen Unterschied.

Zunächst soll der Ansatz von Markusen (1990) herangezogen werden; Markusen leitet dabei ab, daß ein kleiner Zoll unter Umständen wohlfahrtsmindernd wirken kann, kommt also zu einem ähnlichen Resultat. Er verwendet dazu allerdings eine etwas andere Modellspezifikation. So geht er von zwei homogenen Endprodukten aus, wobei eines dieser Produkte mit differenzierten Zwischenprodukten hergestellt wird. In der Produktion der Zwischenprodukte wird nur Arbeit eingesetzt, die Herstellung des zugehörigen Endprodukts erfolgt über die ausschließliche Verwendung dieser Zwischenprodukte, wobei die Produktionsfunktion vom Dixit-Stiglitz-Typ ist. Das Modell könnte damit auch wieder als Modell ohne Zwischenprodukte aufgefaßt werden, in dem die Konsumentenpräferenzen bezüglich dieses Gutes vom Dixit-Stiglitz-Typ wären. In die Produktion des zweiten Gutes, des homogenen Numeraire-Gutes, geht neben dem Faktor Arbeit ein spezifischer Faktor ein, der insbesondere dafür sorgt, daß das Grenzprodukt der Arbeit in der Herstellung dieses Gutes abnehmend ist. Markusen analysiert in diesem Modell die Wirkung eines kleinen Zolls im Fall zweier identischer Ökonomien. Dabei schließt er Einkommenseffekte über die Annahme einer quasilinearen Nutzenfunktion aus, die Gesamtausgaben für die differenzierten Güter werden aber, im Gegensatz zum oben behandelten Modell, von deren Preisindex abhängig gemacht, indem eine Nachfrageelastizität größer 1 hinsichtlich des mit den differenzierten Zwischenprodukten produzierten Gutes angenommen wird.

Für Markusens Modell gilt nun, daß sich der Lohn und damit der Preis der differenzierten Güter immer in der gleichen Weise verändert wie die Firmenzahl; wird die Firmenzahl geringer muß der Arbeitseinsatz in dem Sektor steigen, der das Numeraire-Gut herstellt, da der Output einer Firma im Sektor mit den differenzierten Gütern genau wie im obigen Modell konstant ist. Die Erhöhung des Arbeitseinsatzes in der Herstellung des Numeraire-Gutes ist jedoch nur möglich bei einer gleichzeitigen Senkung des Lohnes, da zusätzlich ein spezifischer Faktor existiert. Dabei ändert sich bei Markusen auch die Firmenzahl im Ausland, da bei ihm auch das homogene Gut handelbar ist.

Markusen leitet in seinem Papier zwei hinreichende Bedingungen dafür ab, daß der kleine Zoll wohlfahrtsmindernd ist. Die erste Bedingung sichert dabei, daß die Firmenzahl und somit auch der Lohn im Inland sinken. Es tritt damit sowohl der oben angeführte Derationalisierungseffekt als auch eine - gegeben den Lohn des Auslandes - Terms of Trade Verschlechterung auf, die inländische Wohlfahrt muß ceteris paribus sinken. Die zweite hinreichende Bedingung bezieht sich auf die im Ausland stattfindenden Veränderungen. Aus der komparativen Statik folgt, daß Firmenzahl und Lohn im Ausland fallen. Die inländische Wohlfahrt steigt aufgrund dieser Effekte dann sicher nicht, wenn die Verringerung des ausländischen Lohnes, die ja - wiederum ceteris paribus - eine Terms of Trade Verbesserung aus Sicht des Inlandes bedeutet, den negativen Effekt der verringerten Firmenzahl nicht überwiegt. Laut Markusen existieren aber immer Parameterkonstellationen, die die Elastizität des Lohnes in Abhängigkeit von der Firmenzahl in geeigneter Weise beschränken.

Interessant im Zusammenhang mit dem hier behandelten Modell ist vor allem die Bedingung, die eine Verringerung der inländischen Firmenzahl sicherstellt. Diese Bedingung lautet: Die Nachfrageelastizität bezüglich des Endproduktes, das mit den differenzierten Zwischenprodukten hergestellt wird, ist größer als die Substitutionselastizität zwischen den einzelnen Varianten. Übertragen auf den Fall ohne Zwischenprodukte impliziert diese Annahme, daß die Gesamtausgaben für die differenzierten Güter aufgrund des durch die Zollerhebung angestiegenen Preisindexes so stark sinken, daß die Nachfrage nach inländischen Varianten per Saldo sinkt, obwohl diese wegen des Zollschutzes relativ billiger als die ausländischen Varianten sind. Anders ausgedrückt heißt das, daß - bei gegebenen Faktor- und Güterpreisen - die Nachfrage nach inländischen Varianten zurückgeht, weil die ausländischen Varianten teurer werden und der dadurch verursachte Rückgang der Gesamtausgaben die Ausgabenumschichtung zu den billigeren Varianten hin überkompensiert.

Ist diese Bedingung hinsichtlich der Elastizitäten erfüllt, dann sinkt die Nachfrage nach den inländischen Varianten und die Firmenzahl muß sinken, da wie schon gezeigt der gleichgewichtige Output einer einzelnen Firma konstant ist. Man hat damit das gewünschte Resultat, allerdings weist diese Bedingung schwer zu motivierende Implikationen auf. So erhält man in der Interpretation ohne Zwischenprodukte das Ergebnis, daß infolge des Zollschutzes für die differenzierten Güter die Ausgaben für das Numeraire-Gut steigen und die für die differenzierten Güter selbst sinken. Diese Eigenschaft weist auch das von mir präsentierte Modell auf, sie ist dort aber auf Einkommenseffekte zurückzuführen, die im Modell von Markusen nicht auftreten können. Markusen sieht die Problematik, die mit dieser Eigenschaft seines Modells verbunden ist und hebt aus diesem Grund den Fall mit Zwischenprodukten hervor. Er ist der Ansicht das moderne Technologien durch ein hohes Maß an Komplementarität der Inputs gekennzeichnet sind; eine solche Komplementarität bedingt aber gerade die gewünschte Eigenschaft.

Unabhängig von der Bewertung dieser empirischen Einschätzung kann festgestellt werden, daß im Modell von Markusen die gegenläufigen Wohlfahrtswirkungen einer Verringerung der Firmenzahl und ein Terms of Trade Effekt zentral sind. Damit spielt eine geringe Substitutionselastizität die gleiche Rolle wie im oben vorgestellten Modell. Unterschiede ergeben sich in folgender Hinsicht: Aufgrund der Handelbarkeit des Numeraire-Gutes ändert sich im allgemeinen die Firmenzahl in In- und Ausland, wobei die Änderung im Ausland eindeutig ein negatives Vorzeichen hat. Über die Veränderung der Firmenzahl im Inland kann a priori nichts ausgesagt werden, da die steigende Nachfrage nach dem homogenen Gut auch durch Importe befriedigt werden kann und deshalb keine verminderte Arbeitsnachfrage in der Herstellung der differenzierten Güter über die Faktormarktbeschränkung erzwingt. Markusen sichert deshalb über eine sehr restriktive Annahme hinsichtlich der Elastizität eine Verringerung der inländischen Firmenzahl und erhält damit eine Bedingung dafür, daß die im Inland stattfindenden Änderungen wohlfahrtsmindernd sind. Durch oben schon beschriebene Annahmen sichert er dieses Ergebnis auch für die Veränderungen im Ausland.

Abschließend läßt sich hinsichtlich beider Modellvarianten m. E. feststellen, daß sie zu vergleichbaren Ergebnissen führen. So läßt sich im Modell von Markusen leicht zeigen[50], daß infolge des Zolls die Weltfirmenzahl sinkt, man er-

---

[50] Dies folgt aus seinen Gleichungen A.7 und A.8, die die Veränderungen der Preise der differenzierten Güter in In- und Ausland beschreiben, wenn man den funktionalen Zusammenhang zwischen diesen Preisen und der jeweiligen Firmenzahl beachtet. Aus den beiden Gleichungen ist auch ersichtlich, daß der Terms of Trade Effekt positiv ist.

hält genau wie im Modell mit einem nicht-handelbaren Gut immer einen Derationalisierungseffekt. Daneben tritt in beiden Modellen ein positiver Terms of Trade Effekt für das Zoll erhebende Land ein. Das Modell von Markusen weist sicherlich eine im Hinblick auf die komparativ statischen Eigenschaften reichere Struktur auf, wobei diese jedoch notgedrungen durch eine höhere Komplexität erkauft wird. Konsequenzen daraus sind die Schwierigkeit z. B. über die Ableitung hinreichender Bedingungen hinauszugehen und die notwendige Beschränkung auf die Analyse des Handels zwischen zwei identischen Ländern. Insbesondere die Komplexität die sich bei der Berücksichtigung eines spezifischen Faktors schon in Modellen ohne F&E ergeben, führten dazu, daß im oben vorgestellten Modell eine einfachere Modellierung gewählt wurde.

Zum Abschluß der Zollanalyse soll das, in den beiden angeführten Modellen abgeleitete, Ergebnis einer möglichen Wohlfahrtssenkung mit dem von Flam und Helpman (1987) abgeleiteten Ergebnis konfrontiert werden, daß ein kleines Land durch die Einführung eines Zolls gewinnt. Dieses aus Sicht der Theorie des Außenhandels bei vollkommenem Wettbewerb paradox erscheinende Resultat wird verständlich, wenn man die in diesem Fall getroffenen Annahmen vor dem Hintergrund der oben gemachten Ausführungen betrachtet. Zum einen wird angenommen, daß auch die Produzenten des kleinen Landes Marktmacht auf dem Weltmarkt haben; diese Annahme sichert positive Terms of Trade Effekte. Zum anderen gehen Flam und Helpman von einem fixen Angebot an ausländischen Varianten aus. Damit wird aber per Annahme ausgeschlossen, daß es über eine, aufgrund der gesunkenen Nachfrage zu erwartende, Abnahme der ausländischen Firmenzahl zu einem Derationalisierungseffekt kommt. In der Tat kommt es aber zu einem Rückgang der Weltfirmenzahl, wenn man ein entsprechendes Zwei-Länder-Modell betrachtet. Dieses Ergebnis wird von Brown (1991) für zwei identische Ökonomien gezeigt. Sie zeigt, daß es auch in einem Modell mit den Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital einen Terms of Trade und einen Derationalisierungseffekt gibt. Zusätzlich verändert sich in diesem Zwei-Faktoren-Modell jeweils der Output der Hersteller des differenzierten Gutes. Der gesamte Wohlfahrtseffekt für das den Zoll erhebende Land ist wiederum nicht eindeutig.

3.2 Die Wirkungen von Export-, Output- und F&E-Subventionen

Während es, wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt, eine Reihe von Analysen bezüglich der Wirkung von Zöllen in Modellen monopolistischer Konkurrenz (wenn auch ohne Berücksichtigung von F&E) gibt, trifft dies auf die nun zu untersuchenden Politiken nicht zu. Mit Ausnahme des schon mehrfach angeführten Ansatzes von Flam und Helpman (1987) und eines Papiers von Ziesemer (1995), der seinerseits auf Markusen (1988) verweist, gibt es meines Wissens keine umfassende Analyse der Wirkungen dieser Instrumente im Kontext des Chamberlin-Modells, dabei beziehen sich von den angeführten Arbeiten lediglich Flam und Helpman (1987) explizit auf F&E. Im Rahmen der neuen Wachstumstheorie wurden allerdings erste Ansätze entwickelt, die solche Fragestellungen unter ausführlicher Modellierung von F&E auch im Hinblick auf die Handelsbeziehungen verschiedener Volkswirtschaften aufgreifen (siehe dazu z. B. Grossman und Helpman (1991)). In diesen Modellen spielen jedoch Externalitäten eine große Rolle. Die in diesem Abschnitt durchgeführte Politikanalyse knüpft daher weniger an diese Modelle an als an die Ansätze zur strategischen Handels- und Industriepolitik, die im Rahmen von Oligopolmodellen entwickelt wurden[51]. In diesen Modellen wird untersucht, ob und inwieweit Regierungen durch Einsatz verschiedener Subventionsarten, die Wettbewerbsposition der heimischen Industrie derart verbessern können, daß die Wohlfahrt der betrachteten Ökonomie steigt. Ziel dieses Abschnittes ist es die Wirkungen der verschiedenen Politiken zu untersuchen und die Ergebnisse sowohl mit den Resultaten von Flam und Helpman (1987) als auch mit denjenigen, die in entsprechenden Oligopolmodellen abgeleitet wurden, zu vergleichen.

Aus den in der Tabelle 5.1 (S. 119) zusammengefaßten Effekten ist ersichtlich, daß sich ebenso wie im Fall des Zolls bei den betrachteten Subventionsarten, die Höhe des F&E-Arbeitseinsatzes im In- und Ausland sowie die ausländische Firmenzahl nicht verändern. Die Anpassungen erfolgen auch bei diesen, an den Wert des Politikobjektes anknüpfenden Eingriffen über den inländischen Lohnsatz und die inländische Firmenzahl. Bei einer F&E-

---

[51] Eine Überblick über diese Ansätze und die darin abgeleiteten Ergebnisse geben z.B. Helpman/Krugman (1989, Kap. 5) und Laussel/Montet (1994).

Subvention ändert sich allerdings auch der Output der Firmen im Inland, auf dieses Resultat ist später noch genauer einzugehen.

3.2.1 Eine Exportsubvention

Im Fall der Exportsubvention s ist das konkrete Ausmaß der komparativ statischen Effekte bezüglich der Firmenzahl und des Lohnes durch die Ableitungen dn_i / ds bzw. dw_i / ds gegeben. Dabei gilt:

(5.21) $$\frac{dn_i}{ds} = \frac{gL_a n_i}{L_a + L_i} \qquad \text{und}$$

(5.22) $$\frac{dw_i}{ds} = \frac{n_a}{n_a + n_i} \, .$$

Die Änderung der Firmenzahl hat absolut betrachtet den gleichen Wert wie im Fall des Zolles (siehe Gleichung (5.17)), ihr Anstieg folgt unmittelbar aus der Tatsache, daß die Nachfrage und damit die Produktion des homogenen Gutes aufgrund des gesunkenen verfügbaren Einkommens - die Subventionszahlungen müssen über eine Einkommensteuer finanziert werden - sinken muß. Da auch hier wie beim Zoll die Konstanz der Ausbringungsmenge eines Industriegüterherstellers gilt, muß die Zahl der Firmen steigen, um das überschüssige Arbeitsangebot zu absorbieren. Der Anstieg der Firmenzahl und der damit verbundene Lohnanstieg läßt sich ökonomisch auch über die Beobachtung erklären, daß eine Subvention nicht nur einen Transfer des Inlands an das Ausland bedeutet, sondern durch die Verringerung des Relativpreises der inländischen Industriegüter im Ausland auch eine Verschiebung der Ausgaben für diese Güter hin zu den im Inland produzierten bewirkt. Im Ausland sinkt ceteris paribus die Nachfrage nach dort produzierten Industriegütern, die Nachfrage der Ausländer nach inländischen Industriegütern steigt gewissermaßen überproportional. Die daraus resultierende Übernachfrage nach Arbeit im Inland und das Überangebot im Ausland wird durch den Anstieg des Lohnes im Inland abgebaut.

Der Lohnanstieg führt hier nicht zu einem positiven Terms of Trade Effekt, da er durch die Subventionszahlungen konterkariert wird. Dieses Resultat ist aus dem eindeutigen Sinken der Wohlfahrt im Fall $g = 0$ ersichtlich: Da bei

Abwesenheit eines homogenen Gutes der gesamte Wohlfahrtseffekt einzig aus einem Terms of Trade Effekt besteht, muß letzterer offensichtlich negativ sein.

Für den allgemeinen Fall erhält man die Wohlfahrtsänderung aus folgender Ableitung:

$$\frac{d\log V^i}{ds} = -\frac{(1-g)(\alpha - g + \alpha g)L_a n_i}{\alpha(L_a + L_i)(n_a + n_i)}. \tag{5.23}$$

Sie stimmt mit Ausnahme des Vorzeichens mit der für den Zoll abgeleiteten Nutzenänderung überein (siehe (5.20)). Dies bestätigt die aus der Theorie des Außenhandels bei vollkommenem Wettbewerb bekannte Äquivalenz von Importzoll und Exportsteuer auch für das hier vorliegende Modell. Vor dem Hintergrund der Ausführungen zu den Zollwirkungen ist damit festzuhalten:

Eine Exportsubvention kann eine Wohlfahrtssteigerung implizieren, da neben einem negativen Terms of Trade Effekt auch ein positiver Effekt durch die Erhöhung der Firmenzahl auftritt. Eine geringe Substitutionselastizität und damit eine hohe Wertschätzung von Produktvielfalt, und ein hoher Ausgabenanteil des homogenen Gutes sind die Voraussetzungen für einen möglichen Nutzenzuwachs; das Abweichen der laissez faire Lösung von der effizienten Lösung bewirkt diesen positiven Effekt eines "kleinen" Eingriffes. Existieren aber Verzerrungen, dann sind, wie auch aus der traditionellen Außenhandelstheorie bekannt, handelspolitische Maßnahmen bestenfalls second-best Politiken. Bei der Analyse einer Outputsubvention wird deutlich, daß dieses, aus Sicht des politisch aktiven Landes, nicht diskriminierende Instrument der Exportsubvention überlegen ist[52].

3.2.2 Eine Outputsubvention

Die Einführung einer Outputsubvention z führt zu einer Erhöhung von inländischer Firmenzahl und Lohn, die konkreten Veränderungen sind dabei durch $dw_i / dz = 1$ und $dn_i / dz = gn_i$ gegeben. Man hat qualitativ gesehen die gleichen Effekte wie im Fall der Exportsubvention, ihr Ausmaß ist jedoch in bezug

[52] Auch Flam/Helpman (1987) zeigen dieses Resultat in ihrem Modell.

auf beide Variablen größer. Dies ist über die zusätzliche Ausgabenverlagerung im Inland weg von den ausländischen Varianten zu erklären.

Ein erstes interessantes Wohlfahrtsergebnis erhält man für den Fall $g = 0$: Aus der Tabelle 5.1 (S. 119) ist ersichtlich, daß sich die Wohlfahrt des Inlandes unter diesen Umständen nicht ändert. Anders als bei der Einführung eines Zolls oder einer Exportsubvention bleiben die Terms of Trade konstant, der Lohnanstieg kompensiert den Abfluß der Subventionen. Dieses Resultat unterstreicht, wie schon in Kapitel 4 und bei der Zollanalyse angeführt, daß die Marktlösung first best ist, wenn kein homogenes Gut existiert; ein marginaler Eingriff, der nicht zwischen in- und ausländischen Nachfragern diskriminiert, läßt die Wohlfahrt unverändert.

Als zweites wichtiges Ergebnis ist festzuhalten, daß die Einführung einer Outputsubvention im Fall $g > 0$ die Wohlfahrt eindeutig erhöht. Dabei folgt aus der konkreten Ableitung

$$\frac{d \log V^i}{dz} = \frac{(1-\alpha)(1-g)gn_i}{\alpha\left(n_a + n_i\right)} \tag{5.24}$$

unmittelbar, daß dieser Nutzenanstieg immer größer ist als im Fall der Exportsubvention. Interessant ist in diesem Fall auch, daß die Nutzenänderung im Ausland genau so groß ist wie die im Inland (Ableitung siehe Anhang). Die Bedeutung dieses Resultats läßt sich abschätzen, wenn man die logarithmierten indirekten Nutzenfunktionen für das In- und Ausland betrachtet. Diese lauten (siehe Anhang), sieht man von für die Nutzenänderung irrelevanten konstanten Termen ab:

$$\log V_i = \log(1+i) + (1-g)\log\left(w_i\right) + (1-\alpha)(1-g)\log\left(p_I\right) / \alpha \quad \text{bzw.} \tag{5.25}$$

$$\log V_a = (1-\alpha)(1-g)\log\left(p_A\right) / \alpha\,, \tag{5.26}$$

wobei p_I bzw. p_A für den "Preisindex" der Industriegüter im In- bzw. Ausland stehen[53]. Da die Preisindizes im Fall der Outputsubvention übereinstimmen,

[53] Als Preisindex wird hier das Integral im Nenner der Nachfragefunktion definiert. Dabei ist zu beachten, daß der Nutzen mit steigendem Preisindex zunimmt, da die Preise der einzelnen Varianten mit negativem Exponenten eingehen. Es handelt sich also eigentlich um einen Kehrwert eines Preisindexes, deshalb die Verwendung der Anführungszeichen.

folgt auch hier, daß im Inland die Kosten der Subventionszahlungen (der erste Term auf der rechten Seite von (5.25)) gerade durch den Lohnanstieg (zweiter Term) aufgewogen werden. Wie man leicht sieht, bleibt auch der Konsumentenpreis der inländischen Varianten konstant, da die Subventionierung gerade durch den Lohnanstieg aufgewogen wird. Die Änderung des Preisindexes und damit die Nutzenänderung wird also allein durch Anstieg der Firmenzahl bewirkt, ein Terms of Trade Effekt tritt nicht auf, die Politik des Inlandes führt somit zu einer für das Ausland positiven Externalität.

3.2.3 Eine F&E-Subvention

Betrachtet man die Wirkungen einer F&E-Subvention (siehe Tabelle 5.1 auf Seite 119), so fällt auf, daß sich zwar der von den Firmen gewählte F&E-Arbeitseinsatz nicht ändert, daß sich aber im Gegensatz zu den vorher behandelten Eingriffen das Outputniveau der Industriegüterhersteller geändert haben muß. Formal folgt dies aus der oben schon verwendeten vereinfachten Profitfunktion (Gleichung (5.19)), die unter Berücksichtigung der Subvention folgende Gestalt hat:

$$\pi = (1-\alpha)\big(wc(e)/\alpha\big)x - (1-r)we \,. \tag{5.27}$$

Soll die Nullprofitbedingung erfüllt sein, dann muß bei konstantem e ein Anstieg von r zu einem Sinken des Outputs x führen. Dieses Resultat führt direkt zu einem weiteren Unterschied zu den vorher behandelten Politiken: Die inländische Firmenzahl muß sich auch im Fall $g = 0$ ändern; damit der inländische Faktormarkt geräumt wird, müssen mehr Firmen in den Markt eintreten. Die Firmenzahl steigt also, ebenso wie der Lohn der Inländer, immer an, die Ableitungen lauten $dn_i / dr = (\alpha + g - \alpha g)n_i$ und $dw_i / dr = 1-\alpha$. Der Lohn muß sich ändern, da durch den Anstieg der Zahl der inländischen Firmen die Nachfrage der Ausländer nach ausländischen Industriegütern zurückgeht, das gegebene Einkommen wird auf mehr Varianten verteilt.

Die Wohlfahrtsänderungen haben das gleiche Vorzeichen wie im Fall der Outputsubvention: Bei Fehlen von nicht-handelbaren Gütern bleibt der Nutzen konstant, andernfalls steigt er. Die Ableitung

$$\frac{d\log V_i}{dr} = \frac{(1-\alpha)^2(1-g)gn_i}{\alpha\big(n_a + n_i\big)} \tag{5.28}$$

zeigt aber, daß der Nutzenanstieg bei einer Outputsubvention eindeutig höher ist und dies, obwohl die Firmenzahl im Fall der F&E-Subvention stärker steigt als bei einer Outputsubvention. Offensichtlich hat die verzerrende Subventionierung der F&E-Anstrengungen, die zu einer Abweichung von der kostenminimierenden Ausbringungsmenge führt, trotz des marginalen Eingriffes einen Einfluß auf die Wohlfahrtswirkung, da man sich im Fall $g \neq 0$ nicht in einer effizienten Ausgangssituation befindet. Eine F&E-Subvention ist somit einer Outputsubvention unterlegen.

Interessant zu erwähnen scheint hier auch, daß die in- und die ausländische Wohlfahrtsänderung wiederum übereinstimmen, obwohl - wegen der Lohnänderung - aus Sicht des Auslandes ein negativer Terms of Trade Effekt auftritt. Dieser Effekt wird im Fall $g = 0$ gerade durch die, infolge der zunehmenden Variantenvielfalt angestiegene Konsumentenrente aufgewogen. Bei Abwesenheit eines homogenen Gutes werden diese zwei, für das Inland positiven Effekte durch die Kosten der Subvention vollständig aufgezehrt.

3.2.4 Diskussion der Resultate im Vergleich mit anderen Ansätzen

Die vorhergehenden Abschnitte zusammenfassend läßt sich feststellen, daß bei allen drei Subventionsarten ein positiver Wohlfahrtseffekt in Form eines Anstiegs der Produktvielfalt auftritt. Die gleichzeitig durch die notwendigen Subventionszahlungen auftretenden Belastungen werden im Fall der F&E- und der Outputsubvention durch Lohnerhöhungen aufgewogen. Der Gesamteffekt dieser beiden Politiken ist damit eindeutig positiv, auch eine Exportsubvention kann bei bestimmten Parameterkonstellationen wohlfahrtsteigernd wirken.

Vergleicht man die hier abgeleiteten Ergebnisse mit denen von Flam und Helpman (1987), so fallen im wesentlichen zwei Unterschiede auf:

1. Im Ansatz von Flam und Helpman ändern sich bei *all* diesen Politiken die Ausbringungsmengen der einzelnen Firmen im allgemeinen, nicht nur wie im hier vorgestellten Modell im Fall einer F&E-Subvention. Dieses Ergebnis folgt unmittelbar aus der Berücksichtigung von mehr als einem Produktionsfaktor. In diesem Fall können sich die Faktorintensitäten im F&E-"Sektor" von denen im "Produktionssektor" unterscheiden, ein Anstieg der Firmenzahl führt dann im allgemeinen zu einer Änderung der relativen Faktorpreise, der laufende Profit aus dem Verkauf der differenzierten Güter verändert sich nicht im

gleichen Verhältnis wie die F&E-Kosten. Das bedeutet, daß die oben für verschiedene Politiken abgeleitete Konstanz der Ausbringungsmengen unmittelbar eine Konsequenz der Annahme nur eines Produktionsfaktors ist und daß dieses Ergebnis in allgemeineren Analysen nicht hält. Auch ein Anstieg des Preises der differenzierten Güter, der im obigen Modell eine Konsequenz des Lohnanstieges ist, ist bei der Existenz mehrerer Produktionsfaktoren keine notwendige Konsequenz der verschiedenen Politiken, sondern ist auch hier wieder abhängig von den Faktorintensitäten. Nun wäre es sicher wünschenswert, durch die Einbeziehung zusätzlicher Faktoren auch im hier vorliegenden Modell zu allgemeineren Ergebnissen zu gelangen, ein derartiges Vorgehen scheint aber aufgrund der damit verbundenen Komplexität nicht praktikabel. Dies gilt um so mehr, wenn man in Betracht zieht, daß auch Flam und Helpman eine Wohlfahrtsanalyse nur für Spezialfälle wie den einer fixen Firmenzahl oder den nur eines Produktionsfaktors (!) durchführen. Daneben ist aber auch festzustellen, daß sich die Ergebnisse durch zusätzliche Faktoren nur dann wesentlich ändern, wenn sich die Faktorintensitäten im F&E-Sektor und im Produktionssektor für die differenzierten Güter unterscheiden.

2. Die Wohlfahrtswirkungen einer Output- und einer F&E-Subvention können im Ansatz von Flam und Helpman (1987) negativ sein. Flam und Helpman leiten dieses Ergebnis für ihr Modell unter der Annahme ab, daß es - wie im hier präsentierten Ansatz - nur einen Produktionsfaktor und lineare Technologien gibt. Die möglicherweise negativen Wirkungen dieser Politiken bei Flam und Helpman resultieren aus der "Kleinstaaten"-Annahme in Verbindung mit der Annahme eines handelbaren homogenen Gutes. Diese beiden Annahmen implizieren einen fixen Lohnsatz, der positive Terms of Trade Effekt, der im hier vorgestellten Modell gerade die Kosten des Eingriffes aufwiegt, wird ausgeschlossen. Dabei ist jedoch gerade beim Verweis auf den positiven Terms of Trade Effekt auf die Einschränkungen hinzuweisen, die sich bei der Wohlfahrtsanalyse durch die Berücksichtigung nur eines Produktionsfaktors ergeben. Wie Flam und Helpman zeigen kann z. B. der Terms of Trade Effekt einer Outputsubvention negativ sein, wenn man mehrere Faktoren zuläßt.

Insbesondere die oben gezeigte, möglicherweise wohlfahrtsteigernde Wirkung einer Exportsubvention legt den Vergleich mit (Cournot-) Oligopolmodellen zur strategischen Handelspolitik nahe, die ebenfalls die Vorteilhaftigkeit einer solchen Politik ableiten[54]. Die Unterschiede zwischen beiden Ansätzen werden aber sofort deutlich: Während im hier vorgestellten Modell die Wertschätzung von Gütervielfalt zentral für das Wohlfahrtsresultat ist, sind in den Oligopolmodellen etwaige positive Wohlfahrtseffekte einer Exportsubvention auf das sogenannte profit shifting zurückzuführen. Durch die Politik wird dabei der Marktanteil und der Gewinn der heimischen Firmen auf Kosten der ausländischen Unternehmen erhöht.

Untersucht werden diese Zusammenhänge häufig in Duopol-Modellen, in denen eine in- und eine ausländische Firma auf einem Exportmarkt in einem dritten Land konkurrieren. Die optimale Politik einer Regierung besteht bei laissez faire Verhalten der anderen in der Wahl der Politikvariable derart, daß die Menge, die ein Stackelberg-Führer wählen würde, für die in diesem Land ansässige Firma zur optimalen Strategie und damit glaubwürdig wird. Der Nutzen des aktiven Landes steigt in diesem Fall, sobald jedoch beide Länder Politik betreiben, befindet man sich in einem Gefangenendilemma (bezogen auf die beiden Länder, in denen die Firmen ansässig sind). Beide Länder stellen sich schlechter als mit einer laissez faire Politik. Dieses Resultat trifft sowohl für Modelle mit gegebenen Grenzkosten zu, als auch für das Modell von Brander und Spencer (1983b), in dem Firmen F&E-Anstrengungen machen. Geht man von der vereinfachenden Exportmarkt-Annahme ab, berücksichtigt also Handel zwischen den beiden Ländern, in denen die Firmen beheimatet sind, so läßt sich zum Beispiel für den Fall linearer Nachfragekurven zeigen, daß eine einseitige Exportsubventionierung bei freiem Marktzutritt immer zu einer Wohlfahrtsverringerung führt (siehe Markusen und Venables 1988). Es gibt hier keine Möglichkeit des profit shifting.

Vor dem Hintergrund dieser Oligopolmodelle möchte ich auf zwei Implikationen des hier vorgestellten Modells hinweisen. Zum einen verschwindet durch die Bedeutung der Produktvielfalt der Gefangenendilemma-Charakter von politischen Maßnahmen, die zur "Stärkung" der heimischen Industrie

[54] siehe auch Anmerkung 51.

dienen wie z. B. F&E- und Outputsubventionen; wie oben gezeigt wurde profitieren durch derartige Eingriffe beide beteiligten Länder. Zum anderen wählen die einzelnen Firmen ihren F&E-Einsatz, wie im vierten Kapitel gezeigt wurde, kostenminimierend; anders als im Modell von Brander und Spencer (1983b), in dem die Duopolisten aus strategischen Gründen überinvestieren, gibt es für die Regierungen keinen Anlaß aus diesem Grund in den Marktprozeß einzugreifen.

3.3 Die Wirkungen einer Markteintrittsprämie

Der letzte politische Eingriff der im Rahmen des hier vorgestellten Modells analysiert werden soll, ist eine Markteintrittsprämie bzw. deren Gegenteil, eine Markteintrittsgebühr. Dabei ist letzteres nicht wörtlich zu nehmen, es steht hier vielmehr für die Analyse einer Situation, in der der Eintritt in den Markt durch den Staat beschränkt wird. Die Gebühr fällt in diesem Fall als reiner Profit für die Firmen an, denen der Staat den Zutritt gestattet hat. Durch die Modellierung einer Gebühr umgeht man das Problem der Auswahl der Firmen, die in den Markt eintreten dürfen.

Die Analyse einer solchen Politik ist wenigstens aus zwei Gründen von Interesse: Zum einen sind in der Empirie viele Formen der Förderung des Marktzutritts in Form von Existenzgründungssubventionen und ähnlichem vorzufinden. Zum anderen sind aber auch gegenteilige Politiken, nämlich administrative Beschränkungen des Marktzugangs, anzutreffen. Es sei dazu nur auf die Beschreibung japanischer Industriepolitik durch Lawrence (1993) hingewiesen, die ich im vorhergehenden Kapitel kurz angeführt habe (siehe S. 104). Im hier behandelten Außenhandelskontext kann der Zweck einer solchen Politik darin bestehen, durch Beschränkungen des Marktzutritts die Anreize für F&E-Anstrengungen zu erhöhen und dadurch eine Verbesserung der Wettbewerbsposition zu erreichen. Die Wirkung der beiden gegensätzlichen Politiken wird nun durch die Analyse eines einfachen politischen Eingriff abgeschätzt: Jede im Industriegütersektor aktive Firma erhält eine Lump-sum Subvention, die über eine Einkommensteuer finanziert wird.

Aus der Tabelle 5.1 (S. 119) ist abzulesen, daß auch die Einführung einer Markteintrittsprämie u zu keiner Änderung der Forschungsanstrengungen und der Firmenzahl im Ausland führt, es ändert sich jedoch der F&E-Arbeitseinsatz im Inland, er sinkt. Konkret ist die Veränderung gegeben durch

$$\text{(5.29)} \qquad \frac{de_i}{du} = \frac{\alpha c'(e)^2}{c'(e)^2 - (1-\alpha)c(e)c''(e)},$$

wobei die Forschungsanstrengungen e diejenigen aus dem integrierten Gleichgewicht sind. Das negative Vorzeichen dieses Ausdrucks folgt dabei aus Annahme 4.4' (S. 86); aufgrund dieser Annahme ist der Nenner und damit der ganze Term negativ.

Der Rückgang des F&E-Arbeitseinsatzes geht bei der Einführung einer Markteintrittsprämie einher mit einem Anstieg der Firmenzahl im Inland. Das positive Vorzeichen der entsprechenden Ableitung

$$\text{(5.30)} \qquad \frac{dn_i}{du} = \frac{n_i^2\Big(\alpha c(e)c''(e) - g\big(c'(e)^2 - (1-\alpha)c(e)c''(e)\big)\Big)}{-(1-g)L_i\big(c'(e)^2 - (1-\alpha)c(e)c''(e)\big)}$$

folgt wiederum aus Annahme 4.4'. Bei der hier behandelten Politik tritt nun im Inland der, im vorhergehenden Kapitel abgeleitete, negative Zusammenhang zwischen Firmenzahl und F&E-Arbeitsanstrengungen auf; ein Anstieg der Firmenzahl führt über eine Verringerung des Umsatzes zu einem geringeren Ertrag von F&E-Investitionen.

Trotz der beiden gegenläufigen Einflüsse der Veränderung von Firmenzahl und F&E-Anstrengungen auf die Arbeitsnachfrage ist die Veränderung des inländischen Lohnsatzes eindeutig bestimmt, w_i steigt. Die Ableitung lautet hier:

$$\text{(5.31)} \qquad \frac{dw_i}{du} = \frac{n_i}{(1-g)L_i}.$$

Da der inländische Lohn für den Ausgleich der Handelsbilanzen der beiden Länder "verantwortlich" ist, läßt sich aus seinem Anstieg folgender Schluß ziehen: Bei *gegebenem* Lohn muß infolge des Eingriffs die Nachfrage nach ausländischen Industriegütern zurückgegangen sein. Das heißt, die Gesamtnachfrage nach inländischen Industriegütern muß gestiegen sein, obwohl die einzelnen Varianten - bei gegebenem Lohn - aufgrund der

Verminderung der F&E-Anstrengungen teurer sind. Der Anstieg der Firmenzahl im Inland überkompensiert offensichtlich diesen Effekt.

Die Nutzenwirkung der Markteintrittsprämie ist analog zu der einer Output- und F&E-Subvention: Im Fall $g = 0$ bleibt die Wohlfahrt aufgrund der effizienten Ausgangsposition unverändert, ist $g > 0$ steigt sie an. Auch entspricht die Wohlfahrtsänderung im Ausland wieder der im Inland. Ein Vergleich der Ableitung

$$\frac{d \log V^i}{du} = \frac{(1-\alpha) g n_i}{\alpha (L_a + L_i)} \tag{5.32}$$

mit der Veränderung im Fall der Outputsubvention (5.24) zeigt, daß anders als z. B. zwischen Output- und F&E-Subvention keine Reihung der beiden Instrumente möglich ist.

Auf der Grundlage der Resultate der komparativen Statik können die beiden, zu Beginn des Abschnitts erwähnten Politiken eingeschätzt werden.

Es ist festzustellen, daß eine Beschränkung des Marktzutritts (also die Wahl eines negativen u) die Anreize der heimischen Firmen für F&E-Anstrengungen erhöhen und dadurch eine Verbesserung der Wettbewerbsposition in dem Sinn erreicht wird, daß die inländischen Industriegüter relativ billiger werden. Der Output der einzelnen Industriegüterhersteller muß zudem gestiegen sein, da nur dann höhere F&E-Investitionen kostenminimal sein können. Die formale Analyse zeigt jedoch, daß diese Veränderungen, insbesondere aber die zu geringe Firmenzahl, für kleine Eingriffe zu einer sinkenden Wohlfahrt führen. Dieser Wohlfahrtsverlust betrifft nicht nur das politisch aktive Land, sondern auch das inaktive.

Zentral für dieses Ergebnis ist wiederum die hier modellierte Vorliebe für Vielfalt. Sie führt dazu, daß, wie bei der Diskussion der Lohnänderung gezeigt, die Gesamtnachfrage nach inländischen Gütern fällt, wenn der Preis der einzelnen Varianten infolge gestiegener F&E-Einsätze fällt, aber gleichzeitig die Zahl der inländischen Firmen sinkt. Festzuhalten ist damit, daß eine Markteintrittsförderung wohlfahrtsteigernd ist, wenn es neben dem Industiegütersektor einen zweiten Sektor gibt.

In bezug auf die drei zuletzt behandelten Politiken, die Markteintrittsprämie, die F&E- und die Outputsubvention, läßt sich noch ein interessantes Ergebnis hinsichtlich der Veränderung des Handelsvolumens feststellen. In allen drei Fällen muß die Exportmenge der ausländischen Industriegüterhersteller und damit auch das Handelsvolumen gemessen als Wert der Exporte gestiegen sein. Dieses Resultat folgt aus dem Anstieg des in beiden Ländern gleichen Preisindexes p_I bzw. p_A (vgl. die Ausführungen zu (5.25) und (5.26)), der die positiven Wohlfahrtswirkungen induziert. Aus der Nachfragefunktion nach den einzelnen Varianten (5.3) ergibt sich, daß in diesem Fall die Nachfrage der Ausländer nach den im Ausland hergestellten Varianten sinken muß. Da sich aber die Produktionsmengen der ausländischen Firmen nicht ändern, müssen mehr Industriegüter exportiert werden. Wie aus (5.3) ersichtlich, bedeutet das, daß für die Inländer der mit dem Lohnanstieg verbundene Einkommenseffekt stärker ist als der Nachfragerückgang aufgrund der Erhöhung des Preisindexes, der hier mit dem Nenner in (5.3) gleichzusetzen ist. Der Anstieg des Preisindexes wird dabei durch den Anstieg der Firmenzahl bewirkt.

4. "Große" Staatseingriffe und gleichzeitige Eingriffe im In- und Ausland: Einige Simulationsergebnisse

Mit Hilfe von Simulationen, der Berechnung der Gleichgewichte für konkrete Funktionen und Parameter, sollen nun zwei Fragen behandelt werden, deren Beantwortung auf analytische Weise wenn überhaupt, dann nur äußerst aufwendig möglich wäre. Es geht dabei einmal darum, ob die für den Fall von Markteintrittsprämie, Output- und F&E-Subvention demonstrierte Übereinstimmung der Nutzenänderung im In- und Ausland auch bei "großen" Eingriffen des Inlands Bestand hat. Die zweite Fragestellung betrifft die Wohlfahrtswirkungen gleichzeitiger politischer Eingriffe im In- und Ausland, wobei auch nach einem etwaigen Gleichgewicht in einem derartigen Spiel der Regierungen gesucht wird.

Oben wurde gezeigt, daß im Fall der angegebenen drei Politiken die Nutzenänderungen im In- und Ausland übereinstimmen, da sich im Inland die Nutzenwirkungen der Änderungen der Einkommensteuer i und des Lohnsatzes w_i kompensieren und der Wohlfahrtseffekt somit allein durch die Änderung des für beide Länder übereinstimmenden Preisindexes der differenzierten Güter bestimmt wird. Die, unter der Annahme identischer Länder durchgeführten Simulationen zeigen, daß diese Übereinstimmung tatsächlich nur für kleine Änderungen gilt. Ich beschränke mich hier auf die Analyse einer F&E-Subvention, die beiden anderen Politikarten liefern qualitativ gleiche Ergebnisse. Die Abbildung 5.1 verdeutlicht für den Fall der F&E-Subventionierung, daß der Nutzen im Ausland mit Ausnahme des Freihandelspunktes immer höher ist, egal ob die F&E-Subvention *r* positiv oder negativ ist. Die bei einem bestimmten *r* jeweils niedrigeren Punkte sind dabei die (logarithmierten) Nutzenwerte des Inlands, die höheren diejenigen des Auslands.

Bei dieser und der folgenden Simulation wurden folgende Parameter und Funktionen verwendet:

$$\alpha = 2/3,\ g = 1/2,\ L_a = L_i = 50,\ c(e) = 1/\left(e^{1/10}\log(e+1)\right).$$

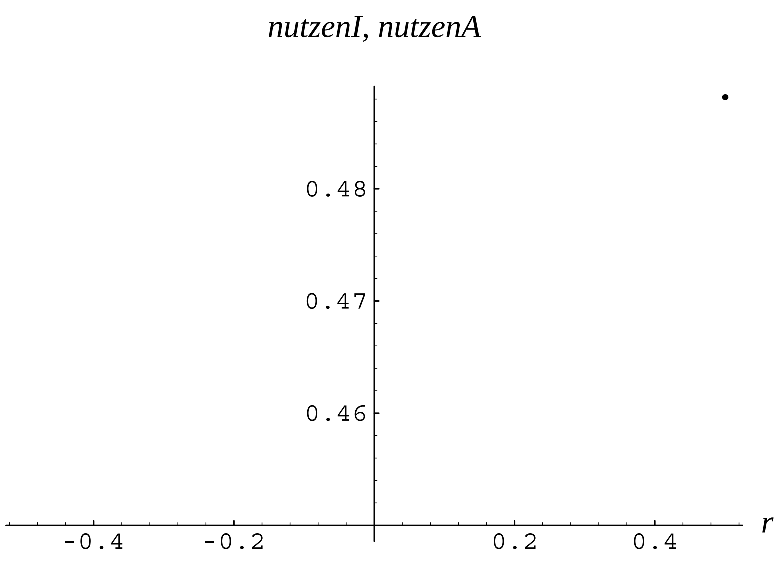

Abbildung 5.1

Für das Ergebnis eines geringeren inländischen Nutzens ist der in der Abbildung 5.2 dargestellte Zusammenhang verantwortlich: Der (für positive Werte von *r*) positive Terms of Trade Effekt, der in der Erhöhung des inländischen Lohnes zum Ausdruck kommt, gleicht die Kosten der Politik in Form der Einkommensteuer (also des negativen Transfers) nicht aus. Diese beiden Effekte kommen gerade in der Summe $\log(1+i)+(1-g)\log(w_i)$ zum Ausdruck, die bei einer marginalen Änderung den Wert Null annimmt (vgl. (5.25)).

Nachdem die Untersuchung einer einseitigen Einführung einer F&E-Subvention sowohl die Existenz einer optimalen Höhe dieser Politikvariable als auch die positive Externalität klar gemacht hat, die das politisch aktive Land auf das andere Land ausübt, werden nun die Nutzenniveaus beider Länder für den Fall bestimmt, in dem beide Länder die F&E-Anstrengungen subventionieren. Da hier identische Länder behandelt werden, sind die Resultate symmetrisch und es reicht aus, die Veränderung des Nutzens in einem Land darzustellen. Dies geschieht in der Abbildung 5.3; in dieser wird das Nutzenniveau des Inlands als Funktion der Höhe der F&E-Subvention im Inland dargestellt. Als Parameter geht dabei die Höhe der F&E-Subvention im Ausland ein, durch die Variation dieses Parameters erhält man die abgebildete Kurvenschar. Dabei ist schon aus den obigen Berechnungen zur einseitigen Politik klar, daß der Nutzen im Inland ceteris paribus um so höher ist, je höher die ausländische F&E-Subvention ist. Die F&E-Subventionen im Ausland werden dabei in Abständen von 0,1 zwischen 0 und 0,5 variiert, bei der niedrigsten Kurve ist dieser Parameter gleich Null, bei der höchsten ist er 0,5.

Die Graphik legt nahe, daß es für das hier gewählte Beispiel eine dominante Strategie für das Inland gibt, bei der, unabhängig von der Höhe der ausländischen F&E-Subventionen, eine F&E-Subvention von etwas mehr als 10 v.H. optimal ist. In jedem Fall ist die Veränderung des optimalen Werts von *r* in Abhängigkeit vom Parameter sehr gering, zusammen mit der Symmetrie des Problems folgt daraus ein "Politik"-Gleichgewicht mit positiven F&E-Subventionen im In- und im Ausland. Aus der Graphik folgt, daß der Nutzen eines Landes in diesem Gleichgewicht *höher* sein muß als bei Freihandel und als bei nur einseitiger Politik.

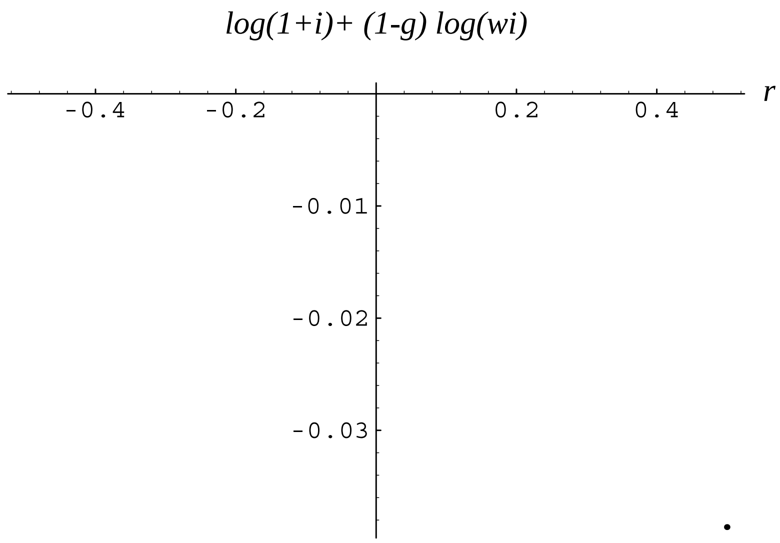

Abbildung 5.2

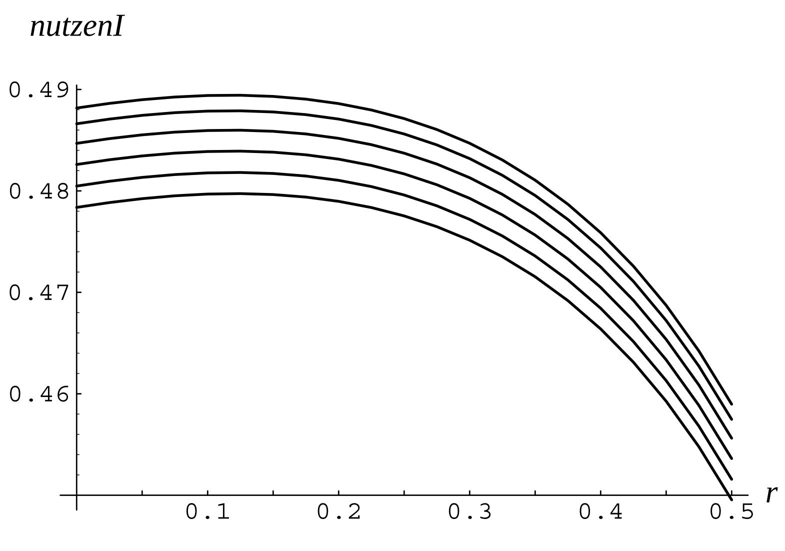

Abbildung 5.3

Nachdem gezeigt wurde, daß der Nutzen beider Länder bei verschiedenen Subventionspolitiken steigt, stehen im Zusammenhang der gleichzeitigen politischen Eingriffe beider Länder noch zwei Fragen offen:

1. Durch welche Politik kann das im Exkurs (Abschnitt 2.4) bestimmte Weltwohlfahrtsmaximum erreicht werden?
2. Ist dieses Ergebnis als Resultat eines nicht-kooperativen "Politikspiels" der Regierungen zu erwarten?

Hinweise auf die Antwort zur ersten Frage liefern sowohl die im Verlauf der komparativ statischen Analyse abgeleiteten Effekte als auch die Resultate in Ziesemer (1995). Berücksichtigt man, daß die Planerlösung für die Weltökonomie nur hinsichtlich der Firmenzahl, nicht aber in bezug auf das Niveau der F&E-Anstrengungen von der Marktlösung abweicht (siehe Seite 114f.), so folgt, daß nur eine beiderseitige Outputsubventionierung zu dieser Planerlösung führen kann, da diese weder die F&E-Anstrengungen noch das Outputniveau der einzelnen Firmen beeinflußt. Das Resultat, daß eine geeignet gewählte, an den Produktionwert geknüpfte Outputsubvention in der Lage ist, die Planerlösung zu generieren, leitet auch Ziesemer (1995) ab. Er zeigt dies in einem Zwei-Länder-Modell, in dem allerdings nur ein Land, der "Norden", die differenzierten Güter herstellt. Die Regierung im Norden ist allerdings unter Umständen nur dann bereit, die optimalen Subventionen zu vergeben, wenn sich der Süden an deren Finanzierung beteiligt. Ob dies "realistisch" ist, sei hier dahingestellt; ich wende mich statt dessen der zweiten Frage zu. Auch in bezug darauf liefern die bisherigen Ausführungen Hinweise: Wählen die verschiedenen Regierungen tatsächlich die Kombination von Outputsubvention und Einkommensteuer als Politikvariable, so ist nach den Darlegungen zur beiderseitigen F&E-Subventionierung zwar ein Gleichgewicht mit einem positiven Niveau der Subventionen in einem derartigen Politikspiel zu erwarten[55], dieses Niveau dürfte aber von der effizienten Lösung abweichen, da, wie oben schon gezeigt wurde, die einzelnen Länder durch die entsprechende Politik eine positive Externalität auf das jeweils andere Land ausüben. Ich vermute, daß das entsprechende Nash-Gleichgewicht aufgrund der wechselseitigen positiven Externalitäten eine zu

[55] Entsprechende Simulationen wurden von mir auch für Outputsubventionen durchgeführt. Sie haben die gleichen qualitativen Eigenschaften wie das dargestellte Beispiel mit den F&E-Subventionen.

niedrige Subventionsrate aufweist, eine abschließende Aussage kann aber erst in einer expliziten formalen Analyse gemacht werden.

5. Zusammenfassung, Schlußfolgerungen und Vergleich mit der angrenzenden Literatur

In diesem Kapitel wurden zwei, für die Wohlfahrtswirkungen verschiedener politischer Eingriffe zentrale Effekte herausgearbeitet, der Terms of Trade Effekt und ein als "Derationalisierungs-" bzw. als "Rationalisierungseffekt" bezeichneter Mechanismus, der in einer Veränderung der verfügbaren Produktvarianten zum Ausdruck kommt. Die wohlfahrtsteigernde Wirkung einer Verbesserung der Terms of Trade bedarf keines Kommentars. Die wohlfahrtsteigernde Wirkung einer Zunahme der Vielfalt an angebotenen Industriegütern ist, wie oben gezeigt wurde, abhängig von der Existenz einer zusätzlichen Güterkategorie, die hier in einem homogenen Gut bestand, und vom Auftreten von Einkommenseffekten. Die Marktlösung liefert in diesem Fall eine zu geringe Zahl von Produktvarianten, auch marginale Eingriffe führen damit zur Veränderung der Wohlfahrt.

Es wurde gezeigt, daß die beiden Wohlfahrtseffekte bei einem Zoll, dessen Einnahmen als Transfer wieder ausgeschüttet werden, entgegengesetzt wirken. Der Gesamteffekt ist insbesondere davon abhängig, welche Bedeutung Produktvielfalt für die Konsumenten hat und kann bei hinreichender Vorliebe für Vielfalt auch negativ sein. Verantwortlich für dieses Resultat ist die Verminderung der Zahl der Industriegüteranbieter infolge der Zollerhebung, ein Ergebnis, das eng mit der Annahme eines nicht-handelbaren Gutes zusammenhängt.

Das hier vorgestellte Modell führt damit hinsichtlich der Beurteilung eines Zolles zu einem dem Ansatz von Lancaster (1991) widersprechenden Ergebnis. Auch in diesem Ansatz spielt das Ausmaß der Produktvielfalt eine zentrale Rolle, zur Motivation ihrer positiven Wohlfahrtswirkungen wird aber eine oft als ideal variety Ansatz bezeichnete Spezifikation verwendet. Dabei wird von Konsumenten ausgegangen, die (bei gleichen Preisen aller Varianten) jeweils eine bestimmte Variante bevorzugen. Zur Wertschätzung von Produktvielfalt kommt es aus sozialer Sicht durch die Annahme heterogener Präferenzen, d.h. unterschiedlicher idealer Varianten der Konsumenten. Üblicherweise wird eine Gleichverteilung hinsichtlich dieser optimalen Varianten über den Bereich der möglichen Varianten in der Population unterstellt. Bei der Existenz von steigenden Skalenerträgen werden, analog zu dem in dieser Arbeit üblicherweise verwendeten Modell, nicht alle möglichen Varianten produziert, sondern nur ein Teil. Lancaster zeigt nun, daß es Parameterkonstellationen gibt, bei denen das differenzierte Gut im Inland nicht produziert wird, obwohl es sozial wünschenswert wäre. Die dezentrale Lösung liefert unter diesen Umständen zuwenig Produktvielfalt. Durch die Einführung eines Zolls mit geeignet gewählter Höhe wird die Nachfrage nach bestimmten Varianten so gesteigert, daß deren Produktion im Inland rentabel wird. Die Einführung des Zolles führt dabei zu einer first-best Lösung. Damit es im Modell von Lancaster in einem Zwei-Länder-Modell überhaupt zu einem Abweichen der Marktlösung von der optimalen kommt, muß es Unterschiede in den Präferenzen von In- und Ausländern geben, die unter anderem dazu führen, daß inländische Firmen im Fall eines Markteintritts nichts exportieren. Durch den Eingriff profitiert im Gegensatz zu dem in diesem Kapitel behandelten Modell nur das, die Politik durchführende Land. Anders als bei Lancaster wurde hier auch gezeigt, daß Protektion in Form eines Zolles nicht zu einem Anstieg der bereitgestellten Varianten führt, wenn es nicht-handelbare Güter gibt.

Trotz aller Unterschiede ist beiden Ansätzen gemeinsam, daß durch die Berücksichtigung einer möglichen Wertschätzung von Produktvielfalt durch die Konsumenten neue Einsichten in die Wirkungen politischer Eingriffe gewonnen werden, die über traditionelle Terms of Trade Argumente hinausgehen. Während Lancaster z. B. demonstriert, daß ein Zoll über die damit verbundene Veränderung der Firmenzahl auch einem kleinen Land Vorteile bringen kann, wurde in diesem Kapitel gezeigt, daß ein Zoll trotz positiver Terms of Trade Effekte wohlfahrtsmindernd wirken kann, wenn er zu einem starken Rückgang der angebotenen Industriegütervarianten führt. Die umgekehrte Aussage trifft auf eine Exportsubvention zu, die trotz eines negativen Terms of Trade Effekts zu Wohlfahrtssteigerungen führen kann.

Die hier abgeleiteten, teilweise unorthodoxen Schlußfolgerungen sind neben der Bedeutung die der Produktvielfalt zukommt, nicht zuletzt auf die Annahme nicht-handelbarer Güter zurückzuführen. In einem neueren Ansatz kommen auch Chou und Shy (1991) zu dem Ergebnis, daß die Kombination der beiden angeführten Elemente zu überraschenden Ergebnissen führen kann. So zeigen sie in einem Modell, in dem sie sowohl von handelbaren als auch von nicht-handelbaren differenzierten Gütern ausgehen, daß ein Übergang von Autarkie zu Freihandel zu einer Pareto-Verschlechterung für alle Beteiligten führen kann. Sie modellieren dabei die Präferenzen für beide Gütergruppen mittels einer Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion, die Gruppen als ganzes sind ihrerseits über eine CES-Funktion verknüpft. Ihre Ausgabenanteile sind damit variabel. Ihr zentrales Ergebnis kommt nun aufgrund eines ähnlichen Mechanismus' zustande wie im hier vorgestellten Modell. Durch die Eröffnung von Außenhandel steigt das Angebot an Varianten von handelbaren Gütern. Damit sinkt die Nachfrage nach den nicht-handelbaren Gütern, die Firmenzahl in diesem Sektor nimmt ab. Sind nun die Parameter derart, daß Vielfalt an handelbaren Gütern geringer geschätzt wird als die von nicht-handelbaren, ist also die Substitutionselastizität der ersteren höher, dann kann die Wohlfahrt sinken[56]. Wesentlich für ihr Ergebnis ist wiederum die Wertschätzung von Produktvielfalt.

Die mangelnde Bereitstellung von Produktvielfalt durch den Markt in einem Modell, in dem es neben einem Sektor mit differenzierten Gütern auch eine Industrie gibt, die ein homogenes Gut unter konstanten Skalenerträgen bereitstellt, führt hinsichtlich der Einschätzung verschiedener Subventionsarten zu zwei interessanten Ergebnissen.

1. Eine Exportsubvention ist möglicherweise, Output- bzw. F&E-Subventionen sind immer wohlfahrtsteigernd. Dabei sind diese Wirkungen ganz anders begründet als in Modellen der strategischen Handelspolitik. Der Nutzenzuwachs des politisch aktiven Landes geht nicht auf Kosten des anderen Landes und der Nutzen beider Länder steigt auch in dem Fall, in dem beide Länder politisch aktiv sind.
2. Es ist eine eindeutige Reihung bezüglich der verschiedenen Subventionen möglich: Eine Outputsubvention ist sowohl einer Export- als auch einer F&E-Subvention überlegen.

---

[56] Als zusätzliche Bedingung muß auch die Substitutionselastizität zwischen den beiden Gütergruppen, also die intersektorale Elastizität, zwischen den beiden intrasektoralen Elastizitäten liegen.

Durch die Analyse einer Markteintrittsprämie war es in diesem Kapitel möglich zu zeigen, daß die Wohlfahrt eines Landes sinkt, wenn dessen Regierung durch eine Beschränkung des Marktzutritts den Ertrag von F&E-Anstrengungen erhöht und damit einen höheren F&E-Arbeitseinsatz induziert. Die mit dieser Politik verbundenen Konsequenzen, die einzelnen Varianten werden billiger, die Zahl jedoch wird kleiner, machen deutlich, daß im hier behandelten Kontext die Konsumenten eine größere Produktvielfalt vorziehen, auch wenn sie dann aufgrund der geringeren Ausnutzung von Skalenerträgen höhere Preis für die einzelnen Güter zahlen müssen. Aus der hier durchgeführten komparativ statischen Analyse kann jedoch noch keine Schlußfolgerung derart gezogen werden, daß die Entwicklung neuer Produkte wichtiger ist als die Verbesserung, d.h. hier die Verbilligung, schon existierender. Eine solche Aussage ist nur auf der Grundlage dynamischer Modelle möglich; diese Modelle könnten dann auch Aufschluß darüber geben, ob die Berücksichtigung zusätzlicher Element wie die im vorhergehenden Kapitel behandelten Sunk costs zu anderen Aussagen bezüglich der Wirkungen der hier analysierten Politiken führen. Gerade die Frage wie derartige Eingriffe in der Markteintrittsphase auf die gewählten Technologien und damit auf die relativen Wettbewerbspositionen wirken, scheint ein interessantes Gebiet für zukünftige Forschung zu sein.

Nach diesem Exkurs in den Bereich der Außenhandelsbeziehungen zweier Ökonomien beschränke ich mich im nächsten Kapitel wieder auf die Vorgänge innerhalb einer Ökonomie. Dabei geht es um eine spezielle Ausprägung des technischen Fortschritts, die Ausbreitung neuer Technologien in den Sektoren einer Ökonomie. Dieses Phänomen wird in einem dynamischen Kontext in stetiger Zeit untersucht.

Kapitel 6: Die Adoption und Diffusion neuer Technologien bei monopolistischer Konkurrenz

1. Einleitung

Neben den durch das Begriffspaar Invention und Innovation beschriebenen Aktivitäten der Entwicklung neuer Ideen und ihrer Umsetzung in marktfähige Produkte oder neue Produktionsverfahren ist die Diffusion dieser Neuentwicklungen von zentraler Bedeutung für die Rate des technischen Fortschritts in einer Volkswirtschaft. Unter Diffusion versteht man dabei den Prozeß der Ausbreitung der neuen Technologien und neuen Produkte über ihre potentiellen Nutzer. Insbesondere die Zeitdauer, die verstreicht, bevor eine neu entwickelte Technologie von möglichen Anwenderfirmen auch tatsächlich eingesetzt wird, bestimmt das Produktivitätswachstum einer Ökonomie. Die Geschwindigkeit, mit der sich neue Produktionsverfahren in den verschiedenen Sektoren ausbreiten, ist für die Wohlfahrt einer Ökonomie von ähnlicher Bedeutung wie die Rate, mit der neue Technologien entwickelt werden, die Übernahme oder Adoption einer neuen Technologie durch eine Firma hat einen der eigentlichen F&E-Tätigkeit vergleichbaren Stellenwert[57]. Aus wohlfahrtstheoretischer Sicht ergibt sich damit die Frage, ob die von den Firmen gewählten Adoptionszeitpunkte auch aus sozialer Sicht optimal sind. Diese Fragestellung impliziert - entgegen der landläufigen Meinung - auch die Möglichkeit, daß die Übernahme neuer Technologien zu schnell erfolgt (vgl. dazu auch Stoneman und Diederen (1994), insb. S. 919).

Bei der Analyse dieser Fragestellung ist der empirischen Beobachtung Rechnung zu tragen, daß die Übernahme neuer Technologien durch die verschiedenen Firmen einer Industrie nicht gleichzeitig erfolgt, sondern zeitlich verzögert stattfindet. Die Diffusion folgt einem Muster, das sich durch eine bestimmte Entwicklung des Anteils der adoptierenden Firmen auszeichnet. Typischerweise wird von einem "S-förmigen" Verlauf solcher

---

[57] Vgl. zur Bedeutung der Diffusion z.B. das "Policy Forum: The Diffusion of New Technology" in der Juli-Ausgabe des Economic Journal (1994), S. 916ff.

Diffusionskurven ausgegangen, der Firmenanteil ist also zunächst eine konvexe und dann eine konkave Funktion der Zeit[58].

Entscheidungstheoretische Ansätze zur Analyse des Diffusionsprozesses nehmen ihren Ausgang beim Adoptionsverhalten der einzelnen Unternehmen; sie versuchen die Wahl eines bestimmten Adoptionszeitpunktes einzig aus dem Profitmaximierungskalkül einer Firma zu erklären[59]. Im Rahmen solcher Modelle wird dann gezeigt, unter welchen Umständen das Verhalten der einzelnen Firmen auf der Ebene der gesamten Industrie Diffusion generiert und welche Annahmen und Effekte für dieses Ergebnis entscheidend sind.

Ein Beispiel für einen solchen Ansatz stellt Jensen (1982) dar. Er betrachtet die anfängliche Unsicherheit über die Rentabilität einer neuen Technologie und die Möglichkeit, diese Unsicherheit durch die "Beobachtung des Marktes" bzw. durch das Sammeln von Informationen im Zeitablauf zu reduzieren, als wesentliche Determinanten der Firmenentscheidung bezüglich des Adoptionszeitpunktes. Ausgehend von einer a priori Vermutung bezüglich der Wahrscheinlichkeit, daß eine neue Technik hohe oder niedrige Erträge abwirft, kann eine Firma durch Marktbeobachtung zusätzliche Informationen über die zu erwartende Rentabilität gewinnen. Eine einzelne Firma wird dann adoptieren, wenn der zu erwartende "Informationsgewinn" in Form einer höheren Gewißheit bezüglich der Profitabilität dem Verlust durch den Einsatz der "alten Technologie" entspricht. Diffusion, also unterschiedliche Adoptionszeitpunkte der einzelnen Firmen, resultiert in diesem Modell, wenn man von unterschiedlichen a priori Vermutungen der einzelnen Firmen ausgeht. Durch die Annahme be-

---

[58] Einen Überblick über die Vielzahl der empirischen Studien zur Diffusion neuer Technologien geben Thirtle und Ruttan (1987, Kap. 3). Sie führen auch theoretische Ansätze zu diesem Themenkreis an. Letztere bilden den Schwerpunkt in Stadler (1989, Kap. 6).

[59] Alternative Ansätze zur Analyse der Diffusion von Innovationen, die lange Zeit den Ausgangspunkt für empirische Studien bildeten, gehen in ihrer einfachsten Form davon aus, daß die Rate der Firmen, die in einem bestimmten Zeitpunkt adoptieren, von dem Anteil der gesamten Firmen-"population" abhängig ist, der bis zu diesem Zeitpunkt bereits adoptiert hat. Man erhält auf diese Weise eine Differentialgleichung, die zum oben beschriebenen Diffusionsmuster führt. Diese Ansätze liefern allerdings keine kausale Erklärung des Adoptionsverhaltens der einzelnen Firmen im eigentlichen Sinn. Siehe zu diesen Ansätzen auch die in Anmerkung 58 angeführten Quellen. Diese bieten auch, ebenso wie z.B. Reinganum (1989), Abschnitt 5, einen Überblick über verschiedene entscheidungstheoretische Ansätze.

stimmter Verteilungen bezüglich dieser a priori Vermutungen über die Industrie hinweg erhält man die gewünschte Form der Diffusionskurven.

Einen anderen Ansatz entwickelte Jennifer Reinganum in zwei Aufsätzen aus dem Jahr 1981, Reinganum (1981a) und Reinganum (1981b)[60]. Dieser Ansatz, der den Ausgangspunkt für das in diesem Kapitel entwickelte Modell bildet, abstrahiert von etwaigen, mit der Adoptionsentscheidung verknüpften Unsicherheiten. Anstelle dessen erfolgt eine explizite Einbeziehung des Einflusses, den die Konkurrenten einer Firma auf den Profit und damit auf die Adoptionsentscheidung dieser Firma haben. Dabei unterstellt Reinganum hinsichtlich der Pay-off Struktur, daß der Profit*anstieg*, den eine Firma infolge der Übernahme einer neuen Technologie erzielt, um so geringer ausfällt, je höher die Zahl der Firmen ist, die diese Technologie bereits adoptiert haben. Ein solches Profitmuster resultiert zum Beispiel in einem Cournot-Duo- bzw. Oligopol, in dem die Firmen ein homogenes Gut anbieten und sich einer linearen Nachfragefunktion gegenübersehen.

Sie analysiert dann, welche Adoptionszeitpunkte der in diesem Markt etablierten Firmen ein Nash-Gleichgewicht darstellen, wenn eine kostensenkende Innovation verfügbar wird, deren Installation Zeit benötigt. Bezüglich des Installationsprozesses trifft sie folgende, für die Analyse bedeutsamen Annahmen: 1. Die diskontierten Kosten der Installation sind um so niedriger je später die neue Technologie im Produktionsprozeß verfügbar sein soll. 2. Die Firmen müssen sich im Anfangszeitpunkt bereits auf den Adoptionszeitpunkt festlegen und können diesen später nicht mehr revidieren. Diese zweite Annahme wird damit begründet, daß der Adoptionsprozeß Zeit benötigt und die Wahl unterschiedlicher Adoptionszeitpunkte unterschiedliche Anpassungspfade bedingt; Reinganum geht davon aus, daß die Veränderungen eines derartigen Zeitpfades prohibitive Kosten verursacht.

Reinganum (1981b) zeigt, daß es in der so beschriebenen Industrie - unter Berücksichtigung zusätzlicher technischer Annahmen - nur solche Nash-Gleichgewichte in reinen Strategien gibt, in denen jede Firma einen anderen Adoptionszeitpunkt wählt. Ex ante identische Firmen wählen in diesem Modell

[60] Eine zusammenfassende Beschreibung ihres Ansatzes und der Kritik und Erweiterungen gibt auch Reinganum selbst in Reinganum (1989).

unterschiedliche Adoptionszeitpunkte, es findet also Diffusion statt. Dieses Resultat hinsichtlich der Diffusion hängt entscheidend von den angenommenen Verläufen der Profitanstiege und Adoptionskosten ab. Wie Quirmbach (1986) demonstriert, gilt dies nicht nur für nicht-kooperative Gleichgewichte, vielmehr wird auch ein sozialer Planer oder ein Kartell keinen einheitlichen Adoptionszeitpunkt bei einem entsprechenden Verlauf der Erträge und Kosten wählen. Ursache dafür ist gerade, wie Quirmbach es ausdrückt, eine durch die speziellen Kosten- und Ertragsstrukturen implizierte Asymmetrie in den Payoffs der Adoptionen; die konkrete Form dieser Asymmetrie wird unten noch näher erläutert[61].

Auf einen wichtigen Schwachpunkt der von Reinganum unterstellten Spielstruktur weisen Fudenberg und Tirole (1985) hin. Sie zeigen, daß in den von Reinganum abgeleiteten Nash-Gleichgewichten die Profite derjenigen Firmen höher sind, die einen früheren Adoptionszeitpunkt wählen. Zentral für dieses Ergebnis unterschiedlicher Profite ist, daß sich eine Firma glaubwürdig festlegen kann, einen einmal festgelegten Adoptionszeitpunkt unabhängig von den Aktionen der Konkurrenten einzuhalten. Eine Firma, die den ersten gleichgewichtigen Adoptionszeitpunkt gewählt hat, wird bei dieser Möglichkeit des "precommitment" zum Beispiel auch dann nicht von diesem Zeitpunkt abweichen, wenn die Konkurrenten unmittelbar vor ihr adoptieren würden, obwohl in diesem Fall die gewählte Strategie nicht mehr optimal ist. In Antizipation dieses Verhaltens werden die Konkurrenten die gleichgewichtigen Zeitpunkte wählen. Wie Fudenberg und Tirole (1985) feststellen, würde diese Situation aber zu einem Rennen der Firmen darum führen, sich als erste auf einen Adoptionszeitpunkt festzulegen. In ihrem Papier demonstrieren sie unter anderem, daß sich im Fall eines Duopols die Profite angleichen, wenn die einzelnen Firmen die Aktionen der Konkurrenten beobachten und darauf reagieren können.

---

[61] An dieser Stelle ist auf das Papier von Mariotti (1989) hinzuweisen. Er nimmt gerade diese Pay-off Asymmetrie des Reinganumschen Ansatzes als Anlaß für die Frage, ob Diffusion auch auftreten kann, wenn es keinerlei Arten von Asymmetrien gibt. Dazu unterstellt er ein Bertrand-Duopol, in dem die Firmen den Zeitpunkt der Adoption einer nicht drastischen Innovation bestimmen. Er zeigt dann im Rahmen eines Superspiels, daß es teilspielperfekte Gleichgewichte gibt, in denen die Firmen trotz des Fehlens jeglicher Asymmetrien unterschiedliche Adoptionszeitpunkte wählen. Problematisch erscheint jedoch, daß bei diesem Ansatz auch eine gleichzeitige Adoption beider Firmen ein teilspielperfektes Gleichgewicht darstellt.

In diesem Kapitel wird gezeigt, daß es bei Verwendung einer Adoptionstechnologie, die der von Reinganum entspricht, auch im Fall von monopolistischer Konkurrenz und Produktdifferenzierung zu Diffusion kommt[62]. Die hier verwendete Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion impliziert gerade eine Pay-off Struktur für die Firmen, daß es, wie Quirmbach (1986) gezeigt hat, zu unterschiedlichen Adoptionszeitpunkten kommen muß. Dabei kommt es bei der hier verwendeten Spezifikation zu einem Ausgleich der Profite der zu unterschiedlichen Zeitpunkten adoptierenden Firmen; das Modell weist das von Fudenberg und Tirole (1985) aufgeworfene Problem nicht auf, ohne dabei auf ähnlich komplizierte Argumente zurückgreifen zu müssen, wie Fudenberg und Tirole (1985) das in ihrem Ansatz tun. Darüber hinaus läßt sich das Gleichgewicht des Modells durch eine einfache Funktion beschreiben, die eine Vielzahl komparativ statischer Aussagen ermöglicht. Besonders interessant ist dabei die Bedeutung der Substitutionselastizität zwischen den einzelnen Varianten, die ja gleichzeitig der Nachfrageelastizität für die einzelnen Güter entspricht und damit die Wettbewerbsintensität in einer Industrie charakterisiert. Mit Hilfe von Simulationen wird gezeigt, daß bei einem Anstieg der Substitutionselastizität früh adoptierende Firmen ihre Adoptionszeitpunkte noch weiter vorziehen, wohingegen die später adoptierenden ihren Adoptionszeitpunkt weiter aufschieben.

Einen weiteren Schwerpunkt dieses Kapitels bildet die Ableitung von Adoptionszeitpunkten, die ein sozialer Planer wählen würde. Dabei werden die Zielfunktion und die Beschränkungen dargestellt, die sinnvollerweise in einem derartigen Planerkalkül zu unterstellen sind. Es wird gezeigt, daß die aus diesem Kalkül resultierende Lösung mit der dezentralen Lösung übereinstimmt, die Marktlösung ist - eingeschränkt - optimal.

---

[62] Die Bedeutung von Produktdifferenzierung für den Adoptionsprozeß wird auch von Mazzola (1992) untersucht. Er verwendet ein Modell räumlicher Produktdifferenzierung vom Hotelling-Typ und beschränkt sich auf den Fall mit 2 Firmen. Er zeigt, daß auch in diesem Modell die von Reinganum unterstellte Pay-off-Struktur resultiert, es kommt zur "räumlichen Diffusion" der neuen Technologie. Dabei ist in seinem Modell zentral, daß der Standort der beiden Firmen exogen gegeben ist, da bei endogener Standortwahl im allgemeinen kein Gleichgewicht existiert. Die Beschäftigung mit diesem Existenzproblem und etwaigen Lösungsmöglichkeiten nimmt allerdings sehr breiten Raum in Mazzolas Papier ein; der Autor selbst kommt dabei zu dem Schluß, daß der von ihm verwendete Modelltyp nur von beschränktem Nutzen ist, wenn die Standortwahl endogenisiert werden soll.

Der Rest des Kapitels ist wie folgt aufgebaut: Zuerst wird das Modell im Detail vorgestellt und eine nicht-kooperative Lösung abgeleitet. Dabei wird zunächst gezeigt, daß kein Gleichgewicht mit einem für alle Firmen einheitlichem Adoptionszeitpunkt existiert. Erst danach wird eine Gleichgewichtsverteilung der Firmen über verschieden Adoptionszeitpunkte abgeleitet. Im Rahmen einer komparativ statischen Analyse werden dann die Einflüsse verschiedener exogener Parameter auf diese Verteilung analysiert. Im fünften Abschnitt des Kapitels wird eine Wohlfahrtsanalyse durchgeführt, wobei ein geeignetes Wohlfahrtsmaß definiert wird. Zum Abschluß werden wirtschaftspolitische Implikationen des vorgestellten Modells diskutiert und weitere Anwendungsmöglichkeiten für den hier entwickelten Modellrahmen aufgezeigt.

2. Das Modell

Es wird die Entwicklung einer "etablierten" Industrie in stetiger Zeit betrachtet, in der ein Kontinuum von Firmen verschiedene Varianten eines differenzierten Gutes herstellt. Von etabliert wird dabei in dem Sinn gesprochen, daß keine Markteintritte stattfinden, man also von einer konstanten Firmen-"zahl" n ausgeht. Bei der Ableitung der Nachfrage nach dem differenzierten Gut wird wiederum von einem repräsentativen Konsumenten ausgegangen, der in bezug auf dieses Gut zu jedem Zeitpunkt die Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion (2.2) maximiert, dabei aber die Gesamtausgaben E für das differenzierte Gut im Zeitablauf konstant hält. Für die gegebene Zahl n von Herstellern des differenzierten Gutes erhält man wiederum (2.12) als Nachfragefunktion nach einer einzelnen Variante j. Die Nachfrage ist nun eine Funktion der Zeit und muß entsprechend angepaßt werden. Für einen bestimmten Zeitpunkt t lautet sie:

$$(6.1) \qquad x(j,t) = \frac{p(j,t)^{1/(\alpha-1)}}{\int_0^n p(z,t)^{\alpha/(\alpha-1)}\,dz} \cdot E \quad .$$

Der Zeitpfad dieser Nachfrage ist dabei lediglich von den Aktionen der Konkurrenten, die sich in Veränderungen des Terms im Nenner auswirken, und vom Preis der Variante j selbst abhängig. Den Term im Nenner will ich vereinfachend als Preisindex bezeichnen.

Die Firmen produzieren mit konstanten Grenzkosten $\overline{c}$. Im Zeitpunkt $t = 0$ wird eine neue Technologie angeboten, deren Einführung die Produktion mit niedrigeren Grenzkosten $\hat{c}$ erlaubt. Die abdiskontierten Kosten X der Anschaffung dieser neuen Technologie und ihrer Integration in den Produktionsprozeß sind abhängig vom Zeitpunkt T, ab dem mit den neuen Grenzkosten produziert werden soll; sie sind um so niedriger je später die neue Technologie adoptiert wird, d.h. je größer T ist. Bezüglich der Funktion $X(T)$ wird angenommen, daß sie fallend und konvex in T ist. Zudem gelte $X(0) = \infty$ und $X(\infty) = 0$.

Die Adoptionskostenfunktion $X(T)$ läßt im hier vorgestellten Modell, anders als im Ansatz von Reinganum, mehrere Interpretationen im Hinblick auf den unterstellten Adoptionsprozeß zu. Dies umfaßt zum einen die in der Einleitung angesprochene, Reinganumsche Vorstellung vom Adoptionsprozeß als einer "time-consuming activity", die sowohl Installation als auch Anpassung der neuen Technologie erfordert und deshalb einen Anpassungspfad impliziert (vgl. Reinganum (1989), S. 897). Sie nimmt an, daß die Änderung des geplanten Adoptionszeitpunktes, *nachdem* der zugehörige Anpassungspfad implementiert ist, prohibitive Kosten verursacht, da der gesamte Pfad geändert werden müßte[63].

Zum anderen ist bei der hier verwendeten Spezifikation auch eine Interpretation analog zu Fudenberg und Tirole (1985) zulässig, bei der sich die Firmen nicht im Zeitpunkt 0 auf einen Adoptionszeitpunkt festlegen müssen, sie können sich vielmehr in jedem Zeitpunkt des Spiels für die sofortige Adoption entscheiden. Es gibt in diesem Fall keinen Anpassungspfad im eigentlichen Sinn, die einzelne Firma kann sofort auf das Verhalten der Konkurrenten reagieren. Die Adoptionskosten sind hier im wesentlichen als reine Anschaffungskosten für die neue, in Kapitalgüter inkorporierte Technologie zu interpretieren, eine über die Diskontierung hinausgehende Verringerung des Gegenwartswertes der Adoptionskosten im Zeitablauf läßt sich zum Beispiel

---

[63] Eine ähnliche Spezifikation verwenden auch Dasgupta, Gilbert und Stiglitz (1986). Sie nehmen in einem deterministischen F&E-Modell an, daß sich eine Firma im Ausgangszeitpunkt auf einen F&E-Pfad folgender Gestalt festlegen muß: Um im Zeitpunkt T eine Innovation zu erhalten, müssen im Intervall $[0,T]$ konstante Forschungsanstrengungen $x(T)$ getätigt werden. Der Gegenwartswert der mit diesen Forschungsanstrengungen verbundenen Kosten ist $X(T)$, die Funktion $x(T)$ ist dabei so gewählt, daß man für $X(T)$ die oben beschriebenen Eigenschaften erhält.

über exogenen Wissensfortschritt bei den Anbietern der neuen Technologie motivieren (vgl. Stadler (1989), S. 115f).

Unabhängig von allen weiteren Überlegungen bezüglich der Adoptionstechnologie können für die hier verwendeten Nachfrage- und "Produktions"-Kostenfunktionen die laufenden Profite einer einzelnen Firma in Abhängigkeit von deren eigenem Verhalten und von dem der Konkurrenten abgeleitet werden. Die laufenden Profite entsprechen dabei dem Profitstrom in einem bestimmten Zeitpunkt, der sich als Differenz aus den Verkaufserlösen und den reinen Produktionskosten ergibt. Das Verhalten ist dabei hinreichend durch die Feststellung beschrieben, ob eine Firma bereits adoptiert hat oder nicht; die dazugehörige Entscheidung bestimmt die Höhe ihrer konstanten Grenzkosten. Wie in den vorhergehenden Kapiteln mehrfach gezeigt, wählt eine Firma aufgrund der Isoelastizität der Nachfragefunktion einen konstanten Aufschlag auf ihre jeweiligen Grenzkosten. Daran ändert auch der dynamische Kontext nichts: Das dynamische Verhalten einer Firma kann nicht optimal sein, wenn es nicht auch in den "einzelnen" Zeitpunkten optimal ist.

Die Funktion der laufenden Profite einer Firma oder, anders ausgedrückt, die Profitrate einer Firma zu einem bestimmten Zeitpunkt, kann direkt aus Kapitel 3 (siehe S. 48ff.) übernommen werden; für eine Firma, die im Zeitpunkt t noch *nicht* adoptiert hat, erhält man analog zu (3.23):

$$\pi_0^{q(t)} = (1-\alpha)\frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q(t)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{E}{n}. \tag{6.2}$$

Dabei steht $q(t)$ für den (kumulierten) Anteil der Firmen, der zum Zeitpunkt t bereits adoptiert hat. Einer Firma, die in t schon adoptiert hat, fließt analog zu (3.22) folgender Profitstrom zu:

$$\pi_1^{q(t)} = (1-\alpha)\frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q(t)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{E}{n}. \tag{6.3}$$

Das Verhalten der Konkurrenten findet über die, durch ihre Adoption bedingte, Veränderung des Preisindexes Eingang in die betrachteten Pay-offs einer einzelnen Firma, ihr Einfluß ist vollständig durch den Anteil der Firmen erfaßt, der in einem bestimmten Zeitpunkt adoptiert hat. Dieser Anteil wird sich natürlich im Zeitablauf ändern, deshalb wurde er als Funktion der Zeit dargestellt. Die Aufgabe dieses Abschnitts ist es nun zu bestimmen, wie sich dieser Anteil im Gleichgewicht entwickelt, die zu diesem Zweck abzuleitende Funktion $q(t)$ gibt die gleichgewichtige Verteilung der Firmen über die - wie noch zu zeigen sein wird -verschiedenen Adoptionszeitpunkte an. Bevor das nichtkooperative Gleichgewicht des Modells abgeleitet wird, sollen noch einige Eigenschaften der Pay-offs deutlich gemacht werden. Es ist offensichtlich, daß der laufende Profit einer Firma, unabhängig davon, ob sie adoptiert hat oder nicht, mit zunehmendem Anteil der, die neue Technologie bereits einsetzenden, Firmen abnimmt. Im Zusammenhang mit dem Ansatz von Reinganum (1981a, 1981b) und Quirmbach (1986) ist folgende Eigenschaft interessanter: Der Profitanstieg im Gefolge einer Adoption, also die Differenz $\pi_1^{q(t)} - \pi_0^{q(t)}$, ist um so geringer je größer der Anteil der Firmen ist, die schon adoptiert haben. Die hier gewählte Nachfragefunktion weist somit eine Eigenschaft auf, wie sie in vergleichbarer Weise von Reinganum für den Fall einer diskreten Firmenzahl unterstellt wird: Der Anstieg des Profitstroms ist für die m-te adoptierende Firma größer als für die $m+1$-te. Laut Quirmbach (1986) ist damit gerade eine notwendige Bedingung für Diffusion erfüllt.

3. Das nichtkooperative Gleichgewicht der Modellökonomie

Bei der Ableitung eines nichtkooperativen Gleichgewichts wird nun folgende, heuristische Vorgehensweise gewählt[64], wobei in diesem Zusammenhang zusätzliche Beschränkungen bezüglich der Parameter und insbesondere der Adoptionskostenfunktion $X(T)$ festgelegt werden. Zunächst wird analysiert, wann eine einzelne Firma adoptieren würde, wenn alle Konkurrenten nie adoptieren. Im nächsten Schritt wird gezeigt, daß es für eine einzelne Firma immer zwei lokal optimale Adoptionszeitpunkte gibt, wenn alle Konkurrenten die neue Technologie in einem einheitlichen Zeitpunkt einführen. Auf dieser Grundlage wird dann demonstriert, daß kein

[64] Die Vorgehensweise ist heuristisch in dem Sinn, daß ich wieder mit einzelnen Firmen argumentiere, obwohl eine Firma bei einem Kontinuum von Firmen keinerlei Bedeutung hat. Analog zu Kapitel 3 (s. insb. Anmerkung 26) ist aber auch hier m. E. offensichtlich, daß die Darstellung ohne Probleme, wenn auch wesentlich umständlicher, über Teilmengen mit einem von 0 verschiedenen, aber sehr kleinen (Lebesgue-)-Maß erfolgen könnte.

Gleichgewicht existiert, in dem alle Firmen einen einheitlichen Adoptionszeitpunkt wählen. Wenn jedoch ein solches Gleichgewicht, daß ich als symmetrisch bezeichnen möchte, nicht existiert, so muß untersucht werden, wie sich die Firmen auf unterschiedliche Adoptionszeitpunkte verteilen müssen, damit man von einem Gleichgewicht sprechen kann. Die Ableitung der entsprechenden "Gleichgewichtsverteilung" $q(t)$ bildet den Abschluß dieses Abschnitts.

3.1 Der optimale Adoptionszeitpunkt einer Firma, wenn die Konkurrenten *nie* adoptieren.

Die Firma maximiert den abdiskontierten Wert der Gesamtprofite durch Wahl ihres Adoptionszeitpunktes T. Bezeichnet man die zugehörige Profitfunktion mit $\Pi(T)$, so erhält man folgendes Kalkül der Firma:

$$\begin{aligned}\max_T \Pi(T) &= \int_0^T e^{-rt}\pi_0^0 dt + \int_T^\infty e^{-rt}\pi_1^0 dt - X(T) = \\ &= \frac{\pi_0^0}{r} + \frac{e^{-rT}}{r}\left(\pi_1^0 - \pi_0^0\right) - X(T).\end{aligned} \tag{6.4}$$

Da die Konkurrenten per Annahme nicht adoptieren, gilt $q(t) = 0$ für alle t; der Profitstrom der Firma ändert sich nur im Zeitpunkt der Adoption. Durch die Ableitung der Profitfunktion nach T erhält man die Bedingung erster Ordnung:

$$e^{-rT}\left(\pi_1^0 - \pi_0^0\right) = -X'(T)\,. \tag{6.5}$$

Die linke Seite dieser Bedingung gibt dabei den abdiskontierten Wert des Profitanstiegs an, der durch ein marginales Vorziehen des Adoptionszeitpunktes erzielt wird. Im Optimum muß dies den dadurch verursachten Mehrkosten entsprechen, die rechts stehen.

Ich nehme für die formale Analyse an, daß die Bedingung zweiter Ordnung für *alle T* erfüllt ist und erhalte damit folgende Annahme, die ich wegen ihrer Bedeutung für die weitere Argumentation als Annahme 6.1 bezeichnet habe.

Annahme 6.1: $re^{-rT}\left(\pi_1^0 - \pi_0^0\right) - X''(T) < 0$ für alle T.

Die gleiche Annahme trifft Reinganum, durch sie wird die Konkavität der Profitfunktion gesichert. Falls eine endliche Lösung des Optimierungsproblems existiert ist diese eindeutig[65]. Zusätzlich nehme ich an, daß im Fall einer einzigen adoptierenden Firma als auch im, im nächsten Abschnitt behandelten Fall einer Firma, die *später* als ihre Konkurrenten adoptiert, eine endliche Lösung existiert.

3.2 Der optimale Adoptionszeitpunkt, wenn die Konkurrenten einen einheitlichen Adoptionszeitpunkt wählen.

Geht man von einem Adoptionszeitpunkt T_0 der Konkurrenten aus, dann muß die Profitfunktion der betrachteten Firma in Abhängigkeit von T_0 abschnittsweise definiert werden. Die Profitfunktion hat dann folgende Form:

(6.6)

$$\Pi(T)=\begin{cases}\int_0^T e^{-rt}\pi_0^0 dt+\int_T^{T_0} e^{-rt}\pi_1^0 dt+\int_{T_0}^{\infty} e^{-rt}\pi_1^1 dt-X(T) & \text{für } \; T\le T_0\\ \int_0^{T_0} e^{-rt}\pi_0^0 dt+\int_{T_0}^{T} e^{-rt}\pi_0^1 dt+\int_{T}^{\infty} e^{-rt}\pi_1^1 dt-X(T) & \text{für } \; T\ge T_0\end{cases}$$

Zu beachten ist, daß diese Funktion auch im Punkt $T=T_0$ stetig ist.

Zur Bestimmung des optimalen Adoptionszeitpunkts muß eine Fallunterscheidung bezüglich des Optimierungskalküls durchgeführt werden, je nachdem ob die betrachtete Firma früher oder später adoptiert als ihre Konkurrenten.

a) $T>T_0$, die Adoption erfolgt später als die der Konkurrenten.

Differenziert man den entsprechenden Teil der Profitfunktion nach *T*, so erhält man folgende Bedingung erster Ordnung:

---

[65] Die getroffene Annahme ist immer erfüllt, wenn die Forschungskostenfunktion im folgenden Sinn "hinreichend" konvex ist. Definiert man ein Konvexitätsmaß analog zum Maß der absoluten Risikoaversion in der Erwartungsnutzentheorie mit: -X"(T)/X'(T), dann sichert die Bedingung -X"(T)/X'(T)>r für alle T, daß höchstens ein Wert die Bedingung erster Ordnung erfüllt. Die Kostenfunktion wäre überall stärker gekrümmt als die Funktion aus dem Strom der laufenden Profite, deren Konvexitätsmaß ist r. Die angeführte Bedingung verhindert die Existenz eines Minimums und damit, da die Profitfunktion differenzierbar ist, mehr als ein Maximum.

$$e^{-rT}\left(\pi_1^1 - \pi_0^1\right) = -X'(T) \tag{6.7}$$

Man erhält daraus ein optimales T_S, das unabhängig von T_0 ist! Natürlich ist zu beachten, daß dieses Verfahren den Adoptionszeitpunkt nur dann richtig bestimmt, wenn gilt: $T_S > T_0$. Für alle anderen T_0-Werte ist ausschließlich der folgende Fall relevant.

b) $T < T_0$, die Adoption erfolgt früher als die der Konkurrenten.
Die Bedingung erster Ordnung lautet nun:

$$e^{-rT}\left(\pi_1^0 - \pi_0^0\right) = -X'(T) \tag{6.8}$$

Man erhält hieraus wieder ein T_F, das unabhängig von T_0 ist und dem im Fall der nicht adoptierenden Konkurrenten gewählten Adoptionszeitpunkt entspricht. Aus der Annahme 6.1 und aus der in Anhang A zu Kapitel 3 gezeigten Beziehung $\pi_1^0 - \pi_0^0 > \pi_1^1 - \pi_0^1$ folgt, daß $T_F < T_S$.

3.3 Die Nichtexistenz eines symmetrischen Gleichgewichts

Aufgrund der bisherigen Ausführungen läßt sich bezüglich des optimalen Adoptionszeitpunktes der betrachteten Firma in Abhängigkeit vom Adoptionszeitpunkt T_0 der Konkurrenten festhalten:

a) $T_0 < T_F \Rightarrow T_S$ wird gewählt.
b) $T_F \leq T_0 < T_S \Rightarrow T_F$ und T_S sind lokale Maxima.
c) $T_S < T_0 \Rightarrow T_F$ wird gewählt.

Aus dieser Fallunterscheidung folgt, daß als Kandidaten für ein symmetrisches Gleichgewicht nur T_F und T_S in Frage kommen. Um zu zeigen, daß diese beiden Werte *keine* symmetrischen Gleichgewichte darstellen, werden die Profite in Abhängigkeit vom gewählten Adoptionszeitpunkt T für die Fälle $T_0 = T_F$ und $T_0 = T_S$ verglichen. Zentrales Merkmal der Profitfunktion $\Pi(T)$ ist, daß sie an der Stelle $T = T_0$ zwar stetig, aber nicht differenzierbar ist.

Im Fall $T_0 = T_F$ muß die linksseitige Ableitung gerade 0 sein. Dies folgt aus der Bedingung erster Ordnung und der Tatsache , daß T_F diese Bedingung erfüllt. Die rechtsseitige Ableitung muß aber in diesem Punkt größer 0 sein, da man sich noch bei einem T-Wert befindet der kleiner als T_S ist[66]. Daraus folgt, daß ausgehend von T_F ein Aufschub der Adoption optimal sein muß; die Kostenreduktion muß größer sein als der daraus resultierende Verlust an laufenden Profiten. Die beste Antwort auf $T_0 = T_F$ ist damit T_S, T_F kann kein symmetrisches Gleichgewicht sein.

Die Argumentation im Fall $T_0 = T_S$ ist analog. Hier muß die rechtsseitige Ableitung gleich 0 sein, da T_S die Bedingung erster Ordnung erfüllt. Die linksseitige Ableitung muß aber kleiner 0 sein, da man sich bei einem T-Wert größer T_F befindet. Daraus folgt, daß eine Verringerung der Adoptionsdauer den Profit erhöht, der Profitanstieg übersteigt den Kostenanstieg. Beste Antwort auf $T_0 = T_S$ ist damit T_F, auch T_S kann kein symmetrisches Gleichgewicht sein. Die hier abgeleiteten formalen Zusammenhänge sind in der Abbildung 6.1 illustriert, in der die Profitfunktion $\Pi(T)$ einer bestimmten Firma für konkrete Funktionen und Parameterwerte in Abhängigkeit vom Adoptionszeitpunkt der Konkurrenten dargestellt ist. Auf der Abszisse ist dabei jeweils der Adoptionszeitpunkt T der betrachteten Firma angetragen, auf der Ordinate ihr Gesamtprofit Π. Das linke Bild stellt den Fall dar, in dem die Konkurrenten in T_F adoptieren, im rechten Bild liegt ihr Adoptionszeitpunkt zwischen T_F und T_S, im unteren in T_S. Bei T_F und T_S sind jeweils vertikale Hilfslinien eingezeichnet.

---

66 Formal ergibt sich dies aus der Betrachtung der beiden Ableitungen an der Stelle T_0 und der Berücksichtigung der Gültigkeit folgender Ungleichung: $\pi_1^1 - \pi_0^1 < \pi_1^0 - \pi_0^0$

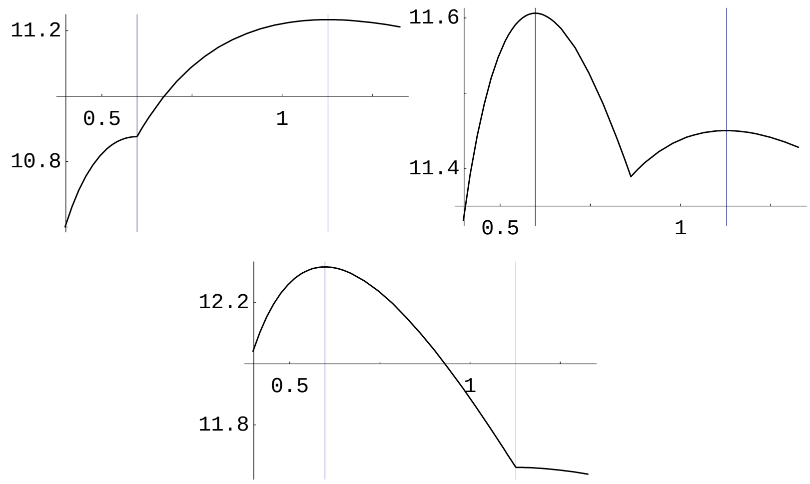

Abbildung 6.1 (Beschreibung siehe Text)

Zu beachten ist noch, daß die Graphik nur einen, wenn auch den eigentlich interessanten Ausschnitt der Profitfunktion darstellt[67].

3.4 Die Ableitung der Gleichgewichtsverteilung

Nachdem gezeigt wurde, daß kein symmetrisches Gleichgewicht existiert, in dem alle Firmen einen einheitlichen Adoptionszeitpunkt wählen, wird nun analog zur Vorgehensweise im dritten Kapitel eine "Gleichgewichtsverteilung" $q(t)$ abgeleitet. Diese Funktion gibt den Anteil der Firmen an, die bis zu einem Zeitpunkt t adoptiert haben, es handelt sich dabei um eine übliche Verteilungsfunktion. Eine Nash-Gleichgewichtsverteilung muß im vorliegenden Modell nun folgende Bedingungen erfüllen:

a) Der Profit Π einer einzelnen Firma muß, gegeben die übrigen Firmen sind entsprechend $q(t)$ auf die Adoptionszeitpunkte verteilt, in allen Zeitpunkten gleich sein, in denen die Dichte positiv ist. Die Notwendigkeit dieser Bedingung ergibt sich aus der Überlegung, daß keine der ex ante identischen Firmen bereit wäre einen Adoptionszeitpunkt zu wählen, der mit einem

---

67 Eine vergleichbare graphische Darstellung verwendet auch Reinganum (1981a).

niedrigeren Pay-off einhergeht als andere Adoptionszeitpunkte; die Dichte könnte in diesem Zeitpunkt nicht positiv sein.

b) In allen Zeitpunkten, in denen die Dichte verschwindet, muß der Profit kleiner als der (oder höchstens gleich dem) Profit in den Zeitpunkten mit positiver Dichte sein. Dies ist die übliche Nash-Gleichgewichtsanforderung, daß eine Gleichgewichtsstrategie nicht von einer nicht gewählten Strategie dominiert werden darf.

Es werden zunächst einige Eigenschaften abgeleitet, die eine Gleichgewichtsverteilung erfüllen muß, soll sie den obigen Bedingungen und den Modellannahmen genügen. Zu diesem Zweck wird die Profitfunktion einer einzelnen Firma in Abhängigkeit von ihrem Adoptionszeitpunkt und einer unterstellten Gleichgewichtsverteilung $q(t)$ dargestellt. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit kann davon ausgegangen werden, daß die zugehörige Dichtefunktion nur im Intervall $\left[\underline{T},\overline{T}\right]$ positive Werte annimmt. Die Profitfunktion lautet dann:

(6.9)

$$\Pi(T) = \int_0^{\underline{T}} e^{-rt}\pi_0^0 dt + \int_{\underline{T}}^{T} e^{-rt}\pi_0^{q(t)} dt + \int_{T}^{\overline{T}} e^{-rt}\pi_1^{q(t)} dt + \int_{\overline{T}}^{\infty} e^{-rt}\pi_1^1 dt - X(T)$$

Die Bedingung erster Ordnung, die man aus der Ableitung dieser Funktion nach T erhält, lautet:

(6.10) $$\frac{d\Pi(T)}{dT} = e^{-rT}\left(\pi_0^{q(T)} - \pi_1^{q(T)}\right) - X'(T) = 0.$$

Aus dieser Bedingung ergeben sich folgende Eigenschaften:

1. Der Bereich, in dem die Dichte strikt positiv sein kann, beschränkt sich auf das Intervall $\left[T_F, T_S\right]$.

Diese Behauptung läßt sich beweisen, indem man (6.10) an den Rändern des Wertebereichs der Verteilungsfunktion betrachtet. An diesen Stellen muß $q(t)$ gleich 0 bzw. gleich 1 sein und man erhält die beiden Bedingungen erster Ordnung (6.8) und (6.7). Diese sind aber gerade für T_F bzw. T_S erfüllt; bei Werten kleiner T_F bzw. größer T_S muß aufgrund der Bedingung zweiter Ordnung der Profit niedriger sein.

2. Die Dichtefunktion ist auf dem Intervall $\left[T_F, T_S\right]$ strikt positiv.

Um diese Aussage zu zeigen, wird zunächst demonstriert, daß im Gleichgewicht gelten muß:

$$\Pi\left(T_F\right) = \Pi\left(T_S\right).$$

Gäbe es einen Zeitpunkt $\widetilde{T} < T_S$ mit positiver Dichte und $q\left(\widetilde{T}\right) = 1$, d.h., alle Firmen haben schon im Zeitpunkt $\widetilde{T}$ adoptiert, dann wäre $\Pi(T_S) > \Pi\left(\widetilde{T}\right)$, da die Profitfunktion im Intervall $\left[\widetilde{T}, T_S\right]$ aufgrund der Annahme 6.1 konkav sein muß und ihr Maximum gerade in T_S aufweist. Daraus folgt, daß kein Zeitpunkt $\widetilde{T}$ mit der beschriebenen Eigenschaft existieren kann. Die Dichte muß damit in einem beliebig kleinen Intervall mit dem rechten Randpunkt T_S immer positiv sein[68], der Profit muß in diesem Intervall gleich $\Pi(T_S)$ sein.

Die analoge Argumentation gilt auch für T_F, wobei hier als Ausgangspunkt $T_F < \widetilde{T}$ und $q\left(\widetilde{T}\right) = 0$ gewählt wird. Es ist also nicht möglich, daß der Anteil der bis zum Zeitpunkt $\widetilde{T}$ adoptierenden Firmen gleich 0 ist. Der Profit aller Zeitpunkte in einem kleinen Intervall mit linkem Randpunkt T_F muß somit $\Pi(T_F)$ betragen. Da die Dichte in den Intervallen um T_F bzw. T_S jeweils positiv ist, muß gelten, daß die Profite in diesen Intervallen gleich sind und dies war in diesem ersten Schritt zu zeigen.

Im zweiten Schritt wird abgeleitet, daß kein Intervall $\left[\widetilde{T}, \hat{T}\right]$ mit $T_F < \widetilde{T}, \hat{T} < T_S$ existiert, in dem die Dichte gleich 0 ist. Angenommen es gäbe ein solches Intervall, dann kann ohne Beschränkung der Allgemeinheit von einer positiven Dichte auf dem Intervall $\left[T_F, \widetilde{T}\right)$ ausgegangen werden. Zudem würde gelten, daß $q\left(\widetilde{T}\right) = q\left(\hat{T}\right)$. Da die Profitfunktion im Intervall $\left[\widetilde{T}, \hat{T}\right]$ wegen Annahme 6.1 streng konkav und wegen der positiven Dichte im Bereich links von $\widetilde{T}$ fallend sein muß, folgt: $\Pi\left(\widetilde{T}\right) > \Pi\left(\hat{T}\right)$. Dies impliziert, daß die Dichte in $\hat{T}$ und allen späteren Zeitpunkten verschwindet, da der Firmenanteil zu jedem Zeitpunkt, in dem die Dichte wieder positiv werden soll, dem Anteil in $\widetilde{T}$ entspricht. Der in diesem Zeitpunkt resultierende Profit ist damit kleiner als $\Pi\left(\widetilde{T}\right)$, die Dichte kann nicht positiv sein. Es ergibt sich damit aber ein Widerspruch zur oben abgeleiteten Aussage, daß die Dichte in der Nähe von T_S

---

68 Das Auftreten eines Atoms ist aufgrund der selben Argumente nicht möglich, die bei der Nichtexistenz symmetrischer Gleichgewichte angeführt wurden.

positiv sein muß. Es ist somit gezeigt, daß die Dichte im Intervall $\left[T_F, T_S\right]$ streng positiv ist, in einem Gleichgewicht muß der Anteil der Firmen mit der neuen Technologie im entsprechenden Zeitabschnitt streng monoton wachsen.

Aus den beiden angeführten Eigenschaften ergibt sich, daß ein gleichgewichtiges $q(t)$ folgende Bedingungen erfüllen muß:

$$\frac{d\Pi(T)}{dT} = 0 \quad \text{für } alle \;\; T \in \left[T_F, T_S\right], \tag{6.11}$$

$$q(t) = 0 \;\text{ falls }\; t < T_F \;\text{ und }\; q(t) = 1 \;\text{ falls }\; t > T_S. \tag{6.12}$$

Aus (6.11) läßt sich die Gleichgewichtsverteilung (für den entsprechenden Bereich) explizit bestimmen[69]. Setzt man (6.2) und (6.3) in (6.10) ein, so lautet diese Bedingung:

$$e^{-rT}\left((1-\alpha)\frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q(T)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{E}{n}\right) - X'(T) = 0. \tag{6.13}$$

Die Gleichgewichtsverteilung wird somit durch folgende Funktion beschrieben:

$$q(t) = \begin{cases} 0 & \text{für } t \le T_F \\ -e^{-rt}\dfrac{(1-\alpha)E}{X'(t)n} - \dfrac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} & \text{für } T_F \le t \le T_S \\ 1 & \text{für } T_S \le t \end{cases} \tag{6.14}$$

Die durch die Verwendung der schwachen Ungleichheitszeichen unterstellte Stetigkeit dieser Verteilungsfunktion ergibt sich, wenn man T_F bzw. T_S einsetzt und die entsprechenden Bedingungen erster Ordnung berücksichtigt. Die Bedingungen erster Ordnung sichern zusammen mit der Annahme 6.1, daß

[69] Die Vorgehensweise bei der Ableitung der Gleichgewichtsverteilung und die Anforderungen, die an diese Verteilung gestellt werden, sind in ähnlicher Weise auch bei Spielen vorzufinden, in denen Gleichgewichte in gemischten Strategien über einem stetigen Aktionenraum bestimmt werden. Ein einfaches und konkretes Beispiel dafür bietet Shaked (1982). Den Begriff der Gleichgewichtsverteilung verwendet unter anderen auch Mas-Colell (1984), er leitet die Existenz derartiger Gleichgewichtsverteilungen bei einem Kontinuum von Akteuren für sehr allgemeine Problemstellungen ab.

die zu $q(t)$ gehörige Dichte tatsächlich immer positiv ist, wenn man sich zwischen T_F und T_S befindet.

Als Resultat läßt sich festhalten, daß die dezentrale Lösung des vorgestellten Modells durch eine eindeutige Verteilungsfunktion q(t) beschrieben wird. Diese Verteilung gibt den gleichgewichtigen Anteil der Firmen an, der zu einem bestimmten Zeitpunkt mittels der neuen Technologie produziert.

Die hier abgeleitete Gleichgewichtsverteilung stellt ein Gleichgewicht in reinen Strategien dar, jede einzelne Firma entscheidet sich für einen bestimmten Adoptionszeitpunkt. Ähnlich wie im Fall eines Gleichgewichts in gemischten Strategien sind die Gleichgewichtsstrategien nur schwach dominant: Eine einzelne Firma ist indifferent hinsichtlich aller Zeitpunkte, in denen adoptiert wird. Das hier abgeleitete Ergebnis läßt somit keinen Aufschluß darüber zu, wie eine einzelne Firma sich verhält. Dennoch sind die Anteile der Firmen, die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt die neue Technologie adoptiert haben, eindeutig bestimmt. Um dies zu zeigen, kann man eine Teilmenge von Firmen betrachten, die laut Gleichgewichtsverteilung auf einem bestimmten (sehr kleinen) Zeitintervall verteilt sind. Adoptieren die übrigen Firmen entsprechend der Gleichgewichtsverteilung, dann kann die Teilmenge sich nur derart auf die möglichen Adoptionszeitpunkte "verteilen", daß $q(t)$ unverändert bleibt. Andernfalls könnte die Bedingung erster Ordnung für diese Firmen nicht erfüllt sein.

Bevor nun zur komparativ statischen Analyse übergegangen wird, soll das hier abgeleitete Gleichgewicht mit den Ergebnissen von Reinganum (1981a, 1981b) und von Fudenberg und Tirole (1985) verglichen werden. Gemeinsam ist allen drei Fällen das Auftreten von Diffusion, im Unterschied zu Reinganum gibt es aber im vorgestellten Modell keine Unterschiede in den Profiten; der zentrale Einwand von Fudenberg und Tirole (1985) trifft hier nicht zu. Zugleich ist es bei der verwendeten Spezifikation unerheblich, ob die Adoption als Zeit benötigender Prozeß verstanden wird oder ob sie wie bei Fudenberg und Tirole einfach im Kauf der neuen, unmittelbar einsetzbaren Technologie besteht. Anders als bei Fudenberg und Tirole führt die Verwendung ihrer Interpretation des "Adoptionsprozesses" nicht dazu, daß es im Gleichgewicht Firmen gibt, die früher adoptieren als dies eine Firma tun würde, deren Konkurrenten nie adoptieren. Dieses Resultat von Fudenberg und Tirole ist darauf zurückzuführen, daß eine Firma ihre Konkurrenten durch präventives ("preemptive") Adoptieren zur Wahl eines späteren Adoptionszeitpunkt veranlassen und somit ihren Gewinn steigern kann. Im hier gewählten Ansatz entfällt diese Möglichkeit, da die Handlungen einer einzelnen Firma aufgrund der Annahme eines Kontinuums von Firmen keinen Einfluß auf die Konkurrenten haben.

4. Einige komparativ statische Ergebnisse

Infolge der Beschreibung des Gleichgewichts durch eine explizite Funktion lassen sich auf sehr einfache Weise komparativ statische Ergebnisse ableiten[70]. So sieht man, daß ein Anstieg des Ausgabenstroms E ebenso wie eine Verringerung der Firmenzahl n zu einer Erhöhung von $q(t)$ führt. Inhaltlich bedeutet dies eine schnellere Diffusion der neuen Technologie, der Anteil der Firmen, die schon adoptiert haben, ist zu jedem Zeitpunkt höher als in der Ausgangssituation. Diese Wirkung folgt unmittelbar daraus, daß die unterstellten Änderungen zu einem proportionalen Profitanstieg jeder Firma führt, unabhängig davon, ob die Adoption schon erfolgt ist. Damit erhöht sich aber auch, wie man aus der Bedingung erster Ordnung sieht, der durch die Einführung der neuen Technologie erzielte Profitsprung, eine frühere Adoption lohnt sich.

Das Ergebnis in bezug auf die Firmenzahl n weicht auf den ersten Blick von den Resultaten von Reinganum (1981b) ab. Sie stellt fest, daß nur ein Teil der Firmen früher adoptiert, ein anderer sein Verhalten überhaupt nicht ändert und einzelne Firmen sogar einen späteren Adoptionszeitpunkt wählen. Dieser Widerspruch löst sich auf, wenn man die unterschiedlichen Konsequenzen berücksichtigt, die die Änderung der Firmenzahl in den unterschiedlichen Modellen hat. Im Cournot-Modell impliziert diese Änderung auch eine Änderung der von einer einzelnen Firma perzipierten Nachfrageelastizität und damit auch des

[70] Diese Einfachheit ist hier natürlich auf die Verwendung einer konkreten Nachfragefunktion zurückzuführen; gerade im Hinblick auf komparativ statische Analysen scheint dies unverzichtbar, so leiten z.B. Reinganum (1981b) und Quirmbach (1986) viele Ergebnisse unter Verwendung linearer Nachfragefunktionen ab.

Aufschlagsatzes. Im Gegensatz dazu bleibt dieser Aufschlagsatz im Chamberlin-Modell konstant, verändert man in diesem Ansatz die im Aufschlagsatz zum Ausdruck kommende Marktmacht durch eine Variation von α, so sind die resultierende Ergebnisse mit denjenigen Reinganums vergleichbar.

Bevor dies gezeigt wird, soll auf die Bedeutung der durch die Adoption erreichten Kostenreduktion hingewiesen werden. Verwendet man das Verhältnis der Kosten nach erfolgter Adoption zu denjenigen davor, $\hat{c}/\bar{c}$, als Maß, so ergibt sich unmittelbar, daß ein Anstieg dieses Verhältnisses zu einer Verschiebung der Gleichgewichtsverteilung nach rechts führt. Eine, im Sinne einer geringeren Kostensenkung unproduktivere, neue Technologie wird später adoptiert.

Im Gegensatz zu dieser kaum überraschenden Schlußfolgerung läßt, wie oben schon angedeutet, die Analyse von Veränderungen der Substitutions- bzw. Nachfrageelastizität weniger eindeutige Ergebnisse erwarten, wobei dies auf die Existenz widerstreitender ökonomischer Kräfte zurückzuführen ist. Dieser Sachverhalt wird schon in der Betrachtung der Ableitung der Verteilungsfunktion nach der die Elastizitäten determinierenden Variablen α deutlich. Diese lautet für den interessanten Bereich:

$$\frac{\mathrm{d}q(t)}{\mathrm{d}\alpha} = e^{-rT}\frac{E}{X'(t)n} - \frac{\log\left(\hat{c}/\bar{c}\right)\left(\frac{\hat{c}}{\bar{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left(\left(\frac{\hat{c}}{\bar{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}-1\right)^2(1-\alpha)^2}. \tag{6.15}$$

Das Vorzeichen dieser Ableitung ist ohne weitere Informationen nicht bestimmbar; der erste Term ist kleiner 0 ($X'(t)$ ist negativ), der zweite Term ist (inklusive des Minuszeichens) positiv (beachte: $\hat{c}/\bar{c} < 1$). In dieser Nichteindeutigkeit kommen die zwei entgegengesetzten Wirkungen eines Anstiegs von α zum Ausdruck: Zum einen vermindert sich der laufende Profit für gegebene Grenzkosten, da der Aufschlagsatz $(1/\alpha)$ infolge der gestiegenen Preiselastizität der Nachfrage abnimmt; analog zur Änderung der Firmenzahl *n* führt dies ceteris paribus zu einem geringeren Profitanstieg und damit zu späterer Adoption. Auf aggregierter Ebene resultiert daraus über den ersten Term der Ableitung ein Rückgang des Anteils der Firmen mit der neuen Technologie. Zum zweiten impliziert jedoch der mit der Änderung einhergehende Anstieg der Substitutionselastizität, daß eine gegebene Kostenreduzierung zu einer stärkeren Verschiebung der Nachfrage von den teueren zu den billigen Varianten führt. Eine gegebene Preissenkung einer Firma führt zu einem stärkeren Nachfragezuwachs. Die neue Technologie liefert ceteris paribus einen höheren Profitzuwachs und führt damit zu früherer Adoption; der zweite Term der Ableitung übersetzt dies auf Industrieebene in eine größere Verbreitung der neuen Technologie zu jedem Zeitpunkt.

Um weitere Aufschlüsse über den Einfluß von α auf das Diffusionsmuster zu erhalten, werden im folgenden einige Simulationsergebnisse vorgestellt. Die bei diesen Simulationen verwendete Kostenfunktion entspricht der Spezifikation von Reinganum, sie lautet[71]:

$$X(T) = \int_0^T e^{-rt} T^{-b} dt \,.$$

Für die Parameter werden folgende Werte eingesetzt:

$$E = 10,\ \ \hat{c} / \bar{c} = 2/3,\ \ r = 1/10,\ \ n = 2 \text{ und } b = 2\,,$$

der hier interessierende Parameter α wird in Schritten von $2/10$ im Intervall $[3/10,\ 9/10]$ variiert. Aus diesen Vorgaben läßt sich nun jeweils die Verteilungsfunktion $q(t)$ bestimmen, man erhält folgende Graphik:

[71] Diese Funktion erfüllt mit Ausnahme von Annahme 6.1 alle im Text im Hinblick auf die Kostenfunktion getroffenen Annahmen. Diese Verletzung der Annahme stellt jedoch kein Problem dar, da sie erst bei "großen" Werten von T auftritt und die Gültigkeit der Bedingungen zweiter Ordnung im jeweiligen Optimum bei den gewählten Parametern (für ein gegebenes q) jeweils gewährleistet ist.

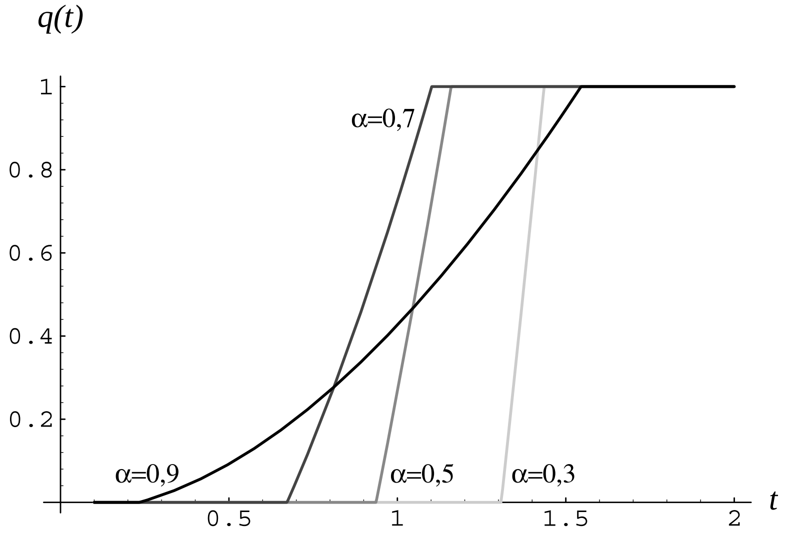

Abbildung 6.2

Die Abbildung 6.2 legt m. E. den Schluß nahe, daß eine Erhöhung der Wettbewerbsintensität in einer Industrie - nichts anderes stellt der Anstieg von α dar - zwar zu einem früheren Beginn der Diffusion führt, gleichzeitig aber auch eine zeitliche Ausdehnung des Diffusionsprozesses in dem Sinn bewirkt, daß die Zeitdauer zwischen der frühesten und der spätesten Adoption zunimmt. Wie der Fall $\alpha = 9/10$ zeigt, kann der zweite Effekt soweit gehen, daß der Diffusionsprozeß später abgeschlossen wird als bei einer geringeren Wettbewerbsintensität. Dieses Ergebnis weicht vom oben schon angeführten Resultat von Reinganum (1981b) hinsichtlich der Wirkung einer Änderung der Firmenzahl ab; während bei Reinganum bei einem Anstieg der Firmenzahl die spät adoptierenden Firmen ihren Adoptionszeitpunkt nicht ändern, finden hier sozusagen an beiden "Enden" des Diffusionsprozesses Änderungen - in entgegengesetzte Richtungen - statt. Gerade diese Eigenschaft des Modells macht deutlich, daß durch die Erhöhung der Wettbewerbsintensität zwar "einzelne" Firmen, aufgrund der durch die hohe Substitutionselastizität gegebenen Möglichkeit die Nachfrage von Konkurrenten auf sich zu ziehen, früher adoptieren werden, daß dies aber natürlich nicht für alle Firmen gleichzeitig möglich ist. Der durch den geringeren Preisaufschlag verminderte Profit muß bei einigen Firmen auch zu einer Aufschiebung der Adoption führen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß zunehmender Wettbewerb im hier unterstellten Rahmen in einem gewissen Bereich zu einer schnelleren Diffusion führt wie dies von verschiedenen empirischen Studien gezeigt wurde (vgl. Kamien und Schwartz (1982), S. 100f.). Wird die Wettbewerbsintensität allerdings sehr hoch, dann kehrt sich dieser Trend wieder um, der Diffusionsprozesses benötigt mehr Zeit.

Ebenso wie im Fall des Parameters α benötigt man bei der Analyse von Zinssatzänderungen und ihrer Wirkungen auf die Diffusionskurve zusätzliche Informationen. Diese Informationen beziehen sich auf die Adoptionskostenfunktion $X(T)$; da es sich dabei um die abdiskontierten Kosten der Adoption handelt, wird sie durch Zinsänderungen beeinflußt. Untersucht man Spezifikationen von $X(T)$, die den unterschiedlichen Interpretationen von Fudenberg und Tirole (1985) bzw. Reinganum (1981a und b) entsprechen, so erhält man folgende Ergebnisse: Nimmt man mit Fudenberg und Tirole an, daß die Adoptionskosten im wesentlichen aus dem im Zeitablauf sinkenden Anschaffungspreis der neuen Technologie bestehen, so muß die Adoptionskostenfunktion von der Form $X(T) = e^{-rT} x(T)$ sein, wobei $x(T)$ für den Anschaffungspreis im Zeitpunkt T steht. Verwendet man diese Funktion in der Verteilungsfunktion $q(t)$, so fallen die Exponentialterme weg, es verbleibt nur noch der Zinssatz r im Nenner eines positiven Terms. Differenziert man, so muß sich eine negative Wirkung des Zinssatzes auf $q(t)$ ergeben, die Diffusionskurve verlagert sich nach rechts.

Das Resultat einer verzögerten Diffusion erhält man auch für Adoptionskostenfunktionen, die entsprechend der Vorstellungen von Reinganum spezifiziert sind. Verwendet man die in der obigen Simulation vorgegebene Funktion, dann ergibt sich auch in diesem Fall ein Aufschub der Adoptionen bei einem Zinsanstieg.

Es wird deutlich, daß die durch die Erhöhung des Zinssatzes bedingte Verringerung der Adoptionskosten geringer ausfällt als die ebenfalls implizierte Verringerung des Werts der neuen Technologie. Die stärkere Abdiskontierung des in Zukunft erzielbaren Profitstroms führt zu einer späteren Adoption. Als wichtiges Ergebnis der komparativ statischen Analyse läßt sich damit auch die Bedeutung der Kapitalkosten im Hinblick auf die Verbreitung neuer Technologien festhalten; die zum Beispiel für Japan oft unterstellten niedrigen Kapitalkosten[72] könnten eine schnellere Ausbreitung neuer Technologien in diesem Land begründen. Anstatt nun aber im folgenden den Einfluß von Kapitalsubventionen oder ähnliche Maßnahmen zur Beschleunigung des Diffusionsprozesses zu untersuchen, wird der wohlfahrtstheoretischen Frage nachgegangen, ob die dezentrale Lösung für gegebene Parameter die aus Sicht eines sozialen Planers optimale Diffusionskurve aufweist.

5. Die Wohlfahrtsanalyse

5.1 Die Ableitung eines geeigneten Wohlfahrtsmaßes

Um die Effizienzeigenschaften der Marktlösung beurteilen zu können, muß zunächst einmal ein geeignetes Wohlfahrtsmaß definiert werden. Im Gegensatz zu anderen partialanalytischen Modellen, in denen die Quasilinearität der Präferenzen Einkommensunabhängigkeit der Güternachfrage sichert, ist hier die Entwicklung der Nachfrage im Zeitablauf explizit vom Ausgabenpfad $E(t)$ und damit vom Gesamteinkommen abhängig. Da oben unterstellt wurde, daß diese Ausgaben im Zeitablauf konstant sein sollen, sollte auch die Zielfunktion des sozialen Planers von einer intertemporalen Nutzenfunktion des repräsentativen Haushalts ausgehen, die einen konstanten Ausgabenpfad als Lösung des Haushaltskalküls bei der oben gegebenen Marktlösung generiert. Die allgemeine Form einer solchen Nutzenfunktion lautet[73]:

(6.16) $$U = \int_0^\infty e^{-\rho t} u\big(C(t)\big) dt \, .$$

Bezogen auf das hier verwendete Modell handelt es sich bei $C(t)$ um einen aus der Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion gebildeten Konsumindex, der sich aus den konsumierten Mengen aller Varianten zusammensetzt. Es gilt also:

(6.17) $$C(t) = \left(\int_0^n x(j,t)^\alpha \, dj \right)^{\frac{1}{\alpha}} .$$

---

[72] Vgl. dazu z.B. Bernheim und Shoven (1992).

[73] Zur hier verwendeten Nutzenfunktion und zum dynamischen Optimierungskalkül siehe auch Grossman und Helpman (1991), S. 45ff. Zur weiter unten verwendeten CRRA-Nutzenfunktion siehe auch Blanchard und Fischer (1989), insb. S.43ff.

Für gegebene Periodenausgaben $E(t)$ erhält man aus $C(t)$ die augenblickliche Nachfragefunktion $x(j,t)$ (Gleichung (6.1)), setzt man diese ein, erhält man den Gesamtnutzen als Funktion des Ausgabenstromes und des Preisindexes für die differenzierten Güter. Damit die Wahl von im Zeitablauf unveränderten Ausgaben optimal sein kann, muß die Zeitpräferenzrate ρ auf jeden Fall mit dem unterstellten Zinssatz r übereinstimmen. Die in (6.16) verwendete augenblickliche bzw. Periodennutzenfunktion u kann nicht linear sein, da die damit implizierte unendliche intertemporale Substitutionselastizität aufgrund der Veränderung des Preisindexes im Zeitablauf zu einer Konzentration der Ausgaben auf die Zeit führen würde, in denen die Preise niedriger sind. Beschränkt man sich auf eine Funktion vom CRRA-Typ, die eine konstante (endliche) intertemporale Substitutionselastizität nach sich zieht, so zeigt die Lösung des Optimierungsproblems folgendes: Die Veränderung des Preisindexes im Zeitablauf ist nur dann mit einem konstanten Ausgabenstrom zu vereinbaren, wenn diese beiden Größen additiv separabel in die Nutzenfunktion eingehen. Diese Eigenschaft produziert ausschließlich die (natürliche) Logarithmusfunktion, also die CRRA-Funktion mit der konstanten Substitutionselastizität 1.

Mit diesen Überlegungen erhält man die Nutzenfunktion

$$(6.18) \qquad U = \int_0^\infty e^{-rt} \log\left(\left(\int_0^n x(j,t)^\alpha \, dj\right)^{\frac{1}{\alpha}}\right) dt;$$

sie führt zur Nachfragefunktion (6.1). Als Zielfunktion des sozialen Planers wird wieder die indirekte Nutzenfunktion verwendet, in Analogie zur Gleichung (3.44) ergibt sich:

(6.19)

$$V = \int_0^\infty e^{-rt} \log\left[n^{(1-\alpha)/\alpha} \left(q(t)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^{(1-\alpha)/\alpha} \alpha E(t) \right] dt .$$

Die Verwendung dieser indirekten Nutzenfunktion unterstellt analog zu den vorangegangenen Kapiteln, daß der soziale Planer die Preissetzung der monopolistischen Konkurrenten als gegeben hinnehmen muß.

Der Planer maximiert die indirekte Nutzenfunktion durch die Wahl des Ausgabenstroms $E(t)$ und der Verteilungsfunktion $q(t)$. Dabei ist als Nebenbedingung zu berücksichtigen, daß der abdiskontierte Wert der Gesamtausgaben nicht höher sein darf als E / r, also ihr Wert in der Marktlösung. Um die Vergleichbarkeit mit der Marktlösung zu gewährleisten, ist zusätzlich sicherzustellen, daß die aggregierten Firmenprofite in der Planerlösung mit den aggregierten Profiten in der dezentralen Lösung übereinstimmen. Durch diese Bedingung wird das Problem umgangen, daß hier Profite und Nutzen nicht ohne weiteres aggregiert werden können, da letzterer nicht über die Konsumentenrente erfaßt wird; der partialanalytische Charakter des Modells bleibt durch den damit verbundenen Ausschluß von Wirkungen auf andere Sektoren und die Nachfrageseite dennoch gewahrt. Konkret hat diese zweite Nebenbedingung die Form:

$$(6.20)\quad n\left\{\int_0^{\infty} e^{-rt}\Big(q(t)\pi_1^{q(t)}+\big(1-q(t)\big)\pi_0^{q(t)}\Big)dt-\int_0^{\infty} q'(t)X(t)dt\right\}=n\Pi^{Markt}\,.$$

Dabei steht Π^{Markt} für den Gesamtprofit, den eine einzelne Firma in der Marktlösung erzielt. Aus der Sicht des Planers setzen sich die gesamten Erlöse aus den laufenden Profitströmen zusammen, die jeweils den Firmen mit der neuen bzw. mit der alten Technologie zufließen; dies sind die Terme im ersten Integral auf der linken Seite, sie sind noch mit der Firmenzahl zu multiplizieren. Die Gesamtheit der Profiteinkommen erhält man, wenn man davon die gesamten, anfallenden Adoptionskosten abzieht. Letztere ergeben sich aus der Rate der Firmen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt adoptieren, multipliziert mit den zu diesem Zeitpunkt anfallenden Adoptionskosten. Das Integral über den entsprechenden Term liefert die gesuchten Kosten.

Die Nebenbedingung läßt sich noch vereinfachen; auch ohne formale Ableitung ist klar, daß der gesamte Profitstrom zu jedem Zeitpunkt nur von den Gesamtausgaben für die Industrie, $E(t)$, abhängig ist, da diese bei einem für alle Firmen einheitlichen Aufschlagsatz nur jeweils anders auf die Firmen verteilt werden. Aus der Lösung mit identischen Grenzkosten für alle Firmen, dem einfachsten Fall, erhält man als Gesamtprofitstrom für jeden Zeitpunkt den Term $(1-\alpha)E(t)$. Der Kostenterm wird durch partielles Integrieren vereinfacht, (6.20) wird damit zu:

$$(6.21)\qquad \int_0^{\infty} e^{-rt}(1-\alpha)E(t)dt-nX\big(\overline{T}\big)+n\int_0^{\overline{T}} q(t)X'(t)dt=n\Pi^{Markt}\,.$$

Bei der Bestimmung des Kostentermes wurde dabei als obere Intervallgrenze der endliche Wert $\overline{T}$ verwendet, da der Planer bei der vorgegebenen Adoptionskostenfunktion auch für die zuletzt adoptierende Firma einen endlichen Adoptionszeitpunkt wählen wird. $\overline{T}$ ist damit der niedrigste Zeitpunkt, für den gilt $q(t) = 1$. Diese Schreibweise hat den Vorteil, daß die Gestalt der Nebenbedingung für den Fall offensichtlich ist, daß der Planer keine Diffusion wählt, ein Fall der a priori nicht ausgeschlossen werden kann. Daneben wird aber auch klar, daß die vom Planer zu wählende Funktion $q(t)$ nur abschnittsweise differenzierbar sein wird.

5.2 Die Lösung des Planers

Aufgrund der additiven Separabilität von (6.19) bezüglich $q(t)$ und $E(t)$ kann die Bestimmung dieser beiden Funktionen getrennt erfolgen. Definiert man für das Optimierungsproblem eine Lagrangefunktion so kann sofort der Ausgabenpfad $E(t)$ bestimmt werden. Als Bedingung erster Ordnung hinsichtlich $E(t)$ ergibt sich:

$$(6.22) \qquad \frac{e^{-rt}}{E(t)} + \mu e^{-rt} + \lambda e^{-rt}(1-\alpha) = 0\,,$$

wobei μ und λ die Lagrangemultiplikatoren der Nebenbedingungen sind (λ bezieht sich auf (6.21)). Die Lagrangemultiplikatoren sind nicht von der Zeit abhängig, da sich die Nebenbedingungen jeweils auf den ganzen betrachteten Zeitraum beziehen. Es folgt damit, daß der Ausgabenpfad im Zeitablauf, ebenso wie in der Marktlösung, konstant ist; es gilt: $E(t) = E$.

Bei der Bestimmung von $q(t)$ sind einige zusätzliche Bedingungen zu berücksichtigen, die mit dem Charakter von $q(t)$ als Verteilungsfunktion verknüpft sind. Zum einen ist zu beachten, daß eine Verteilungsfunktion monoton wachsen muß. Zum anderen muß die Funktion so gewählt werden, daß sie nur Werte zwischen 0 und 1 annimmt; man hat damit - bei entsprechender Formulierung - zwei bindende Nichtnegativitätsbeschränkungen. Daneben besteht auch die Möglichkeit, daß der Planer keine Diffusion wählt; $q(t)$ wäre in diesem Fall eine nicht-stetige Funktion, man könnte die Lösung nicht einfach durch die Ableitung der Lagrangefunktion nach $q(t)$ bestimmen.

Im folgenden wird kein entsprechend allgemeiner Ansatz verwendet, der all diese Beschränkungen als Nebenbedingungen erfaßt[74]. Ich werde vielmehr zeigen, daß das Planerproblem durch die in der Marktlösung bestimmte Verteilungsfunktion gelöst wird. Die Unterstellung dieser Lösungsfunktion impliziert für das Kontrollproblem die "üblichen" Optimalitätsbedingungen. Dementsprechend kann auch eine Hamiltonfunktion H definiert werden, in der nur noch die von $q(t)$ abhängigen Terme enthalten sind:

$$(6.23)\quad \mathrm{H} = e^{-rt}\left[(1-\alpha)\log\left(q(t)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)/\,\alpha\right] + \lambda n q(t) X'(t)$$

Die Hamiltonfunktion ist nur auf dem Intervall $[T_F, T_S]$, also dem Bereich, in dem in der Marktlösung Adoptionen stattfinden, definiert. Außerhalb dieses Bereiches nimmt $q(t)$ die Werte 0 bzw. 1 an, da die entsprechenden Restriktionen bindend sind.

Es ist nun zu zeigen, daß die Marktlösung, zusammen mit dem noch zu bestimmenden Lagrangemultiplikator, die beiden Bedingungen erster Ordnung für das Planerproblem, $\partial \mathrm{H}/\partial q(t) = 0$ und (6.21), erfüllt. Als Bedingung für die Ableitung der Hamiltonfunktion erhält man dabei:

$$(6.24)\qquad \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial q(t)} = \frac{(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)e^{-rt}}{\alpha\left(q(t)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} + \lambda n X'(t) = 0.$$

Vergleicht man diese Bedingung mit der auf Seite 166 abgeleiteten Bestimmungsgleichung für die Verteilungsfunktion in der Marktlösung, (6.13), so erhält man folgendes Resultat: Dividiert man die Gleichung durch λn und setzt $\lambda = 1/(\alpha E)$, dann sind beide Bedingungen identisch, man erhält jeweils die gleiche Verteilungsfunktion. Es muß nun noch gezeigt werden, daß die so erhaltene Funktion $q(t)$ auch die Nebenbedingung (6.21) erfüllt, wobei die im dritten Term verwendeten Intervallgrenzen wiederum durch T_F bzw. T_S zu ersetzen sind, da nur in diesem Bereich Adoptionskosten anfallen. Setzt man die Lösung für $q(t)$ und die entsprechenden Zeitpunkte ein, so wird (6.21) zu

[74] Die allgemeine Vorgehensweise von Kontrollproblemen mit entsprechenden Beschränkungen wird z.B. in Kamien und Schwartz (1981), Section 17 und 18 geschildert.

(6.25)
$$\frac{(1-\alpha)E}{r} - nX(T_S) + \\ +n\int_{T_F}^{T_S} \left\{ -e^{-rt} \frac{(1-\alpha)E}{X'(t)n} - \frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} \right\} X'(t)dt = n\Pi^{Markt}$$

Vereinfacht man die linke Seite erhält man folgenden Ausdruck:

(6.26)
$$\frac{(1-\alpha)E}{r}\left(1-e^{-rT_F}+e^{-rT_S}\right) - \\ -nX(T_S) - \frac{n\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}\left(X(T_S) - X(T_F)\right) = n\Pi^{Markt}.$$

Den Wert für den in die Nebenbedingung eingehenden Gesamtprofit Π^{Markt} kann man für einen beliebigen Adoptionszeitpunkt im Intervall $[T_F, T_S]$ bestimmen. Ich verwende hierzu T_S, die oben bestimmte Funktion $\Pi(T)$, (6.9), lautet in diesem Fall:

(6.27)
$$\Pi(T_S) = \int_0^{T_F} e^{-rt}\pi_0^0 dt + \int_{T_F}^{T_S} e^{-rt}\pi_0^{q(t)} dt + \int_{T_S}^{\infty} e^{-rt}\pi_1^1 dt - X(T_S).$$

Ersetzt man nun zuerst die gleich hohen Pay-offs π_0^0 bzw. π_1^1 (aus (6.2) und (6.3)) durch die entsprechenden Definitionen und integriert diese Abschnitte, so ergibt sich:

(6.28)
$$\Pi(T_S) = \frac{(1-\alpha)E}{rn}\left(1-e^{-rT_F}+e^{-rT_S}\right) + \int_{T_F}^{T_S} e^{-rt}\pi_0^{q(t)} dt + - X(T_S).$$

Nach Einsetzen der Verteilungsfunktion in $\pi_0^{q(t)}$ und der Auflösung des entstehenden Doppelbruches lautet das verbliebene Integral, also der dritte Term auf der linken Seite:

(6.29)
$$\int_{T_F}^{T_S} \frac{e^{-rt}(1-\alpha)\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}X'(T)n}{-e^{-rt}(1-\alpha)E\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) - X'(T)n\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)} + X'(T)n\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} \frac{E}{n} dt.$$

Der Integrand läßt sich stark vereinfachen, man kann das Integral sofort bestimmen. Setzt man den Lösungsterm wieder in (6.28) ein, so erhält man die endgültige Form von Π^{Markt}:

(6.30)

$$\Pi\left(T_S\right)=\frac{(1-\alpha)E}{rn}\left(1-e^{-rT_F}+e^{-rT_S}\right)-\frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\left(X\left(T_S\right)-X\left(T_F\right)\right)}{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}-X\left(T_S\right)$$

Multipliziert man diesen Term mit n, so entspricht der resultierende Term der linken Seite von (6.26), das heißt, die Nebenbedingung gilt und zwar mit Gleichheit. Da die Verteilungsfunktion aus der Marktlösung die Nichtnegativitätsbeschränkungen des Planerproblems per Definition erfüllen, läßt sich das folgende, zentrale Wohlfahrtsresultat festhalten:

Die Marktlösung weist ein Diffusionsmuster auf, das auch aus Sicht eines sozialen Planers, der einigen Beschränkungen unterliegt, optimal ist. Der Markt liefert in diesem Sinn optimale Anreize für die Adoption neuer Technologien. Die zentralen Restriktionen, denen der Planer unterliegt, bestehen dabei in einer fixen Firmenzahl und einem gegebenen aggregierten Profit dieser Firmen[75]*; der damit implizierte Wohlfahrtsmaßstab ist m. E. sinnvoll, da die Marktlösung aufgrund der fehlenden Möglichkeit von Marktzutritten vergleichbaren Beschränkungen unterliegt.*

Hinsichtlich des Wohlfahrtsergebnisses ist noch zu betonen, daß der Planer Diffusion wählt, obwohl die Adoptionskostenfunktion konvex ist. Wie Quirmbach (1986) gezeigt hat, ist für dieses Resultat die Annahme zentral, daß der Grenznutzen der i-ten Adoption höher ist als derjenige bei der $i+1$-ten. Diese Annahme ist auch im hier verwendeten Modell erfüllt wie aus der Ableitung der Hamiltonfunktion nach $q(t)$, (6.24), ersichtlich ist. Der erste Term dieser Ableitung,

(6.31)
$$\frac{(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)e^{-rt}}{\alpha\left(q(t)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)},$$

[75] In der hier abgeleiteten Planerlösung wird, wie vorne schon angeführt, das Preissetzungsverhalten der Firmen als gegeben vorausgesetzt. Wie unter anderem im vorhergehenden Kapitel gezeigt wurde, ist die Frage, ob dies einen Unterschied zu einer first-best Lösung impliziert, nur im Rahmen eines Totalmodells zu beantworten. Würde die betrachtete Modellökonomie nur aus einem Sektor bestehen, würde die Monopolpreisbildung ähnlich wie bei einem reinen Monopol mit gegebenen Faktoreinsatz nicht zu Allokationsverzerrungen, sondern nur zu Verteilungswirkungen im Vergleich zu einer Lösung bei vollkommener Konkurrenz führen.

entspricht ja der Ableitung der Nutzenfunktion nach $q(t)$ und damit dem Grenznutzen zusätzlicher Adoptionen. Dieser Term ist, für einen gegebenen Zeitpunkt, um so niedriger je höher $q(t)$ und damit die Zahl der schon erfolgten Adoptionen ist. Der Grenznutzen zusätzlicher Adoptionen nimmt ab, ein für alle Firmen einheitlicher Adoptionszeitpunkt kann nicht optimal sein.

Quirmbach (1986, S. 40ff.) leitet im Rahmen eines, den Ansatz von Reinganum (1981a und b) aufgreifenden Cournot-Modells mit einer analogen Adoptionstechnologie auch ein Wohlfahrtsergebnis ab; er muß dazu allerdings eine lineare Nachfragefunktion unterstellen. Er zeigt, daß in diesem Fall die neue Technologie in der Marktlösung im allgemeinen zu schnell adoptiert wird. Das in diesem Kapitel vorgestellte Modell zeigt, daß ein derartiges Resultat keine zwangsläufige Folge einer Marktstruktur unvollkommenen Wettbewerbs darstellt. Es wurde vielmehr deutlich gemacht, daß die Marktlösung für eine gegebene Firmenzahl optimal sein kann.

Ein vergleichbares Optimalitätsergebnis wurde in Kapitel 3 in einem statischen Kontext abgeleitet, es wurde demonstriert, daß der Anteil der F&E-Aufwendungen tätigenden Firmen bei einer *gegebenen* Firmenzahl optimal ist. Für einen dynamischen Kontext liefern Judd (1985) und Grossman und Helpman (1991, Kap. 3) für die Marktform der Chamberlin-Konkurrenz auf der Grundlage der Dixit-Stiglitz-Nutzenfunktion analoge Resultate[76]. In diesen Modellen geht es um die optimale Rate der Markteintritte im Zeitablauf, wobei der Markteintritt einer Firma F&E-Anstrengungen erfordert, die ihrerseits Zeit benötigen. Grossman und Helpman (1991) zeigen in einem Anhang zu ihrem dritten Kapitel, daß die symmetrische CES-Funktion dazu führt, daß sich zwei entgegengesetzt wirkende Effekte, der Konsumentenrenten- und der Profitzerstörungseffekt, ausgleichen. Das Auftreten dieser Effekte ist auch im hier vorgestellten Modell offensichtlich, der Profitanstieg einer adoptierenden Firma hat eine Verringerung des Profits ihrer Konkurrenten zur Folge, die von der

[76] Bei den beiden Modellen handelt es sich jeweils um Totalmodelle, die letztendlich aus nur einem Sektor bestehen, die Marktlösung ist deshalb first-best. Die Ausführungen zu Grossman und Helpman (1991) beziehen sich auf das Modell ohne Wissensexternalitäten; es ist offensichtlich das technologische Externalitäten, z.B. in der Form von Wissens-Spillovers, im Gegensatz zu den hier auftretenden pekuniären Externalitäten, zu Abweichungen von der optimalen Lösung führen.

adoptierenden Firma ebensowenig in ihr Kalkül einbezogen wird wie der Anstieg an Konsumentenrente, den ihre Kostensenkung impliziert.

6. Wirtschaftspolitische Schlußfolgerungen und Ausblick

Versucht man aus dem abgeleiteten Wohlfahrtsergebnis wirtschaftspolitische Schlüsse zu ziehen, so muß zunächst auf den speziellen Charakter der unterstellten Nutzenfunktion verwiesen werden. Schon in Dixit und Stiglitz (1977) wurde für ein statisches Modell gezeigt, daß bei allgemeineren funktionalen Formen als der CES-Funktion ein Abweichen der Markt- von der optimalen Lösung in jede Richtung möglich ist. Übertragen auf das hier behandelte Modell läßt dies darauf schließen, daß in allgemeineren Fällen die Marktdiffusion schneller oder langsamer sein kann als die aus sozialer Sicht optimale. Diese Aussage hat m. E. jedoch nicht die Konsequenz, daß eigentlich keine politischen Schlußfolgerungen gezogen werden dürften, vielmehr weist sie darauf hin, daß Forderungen nach staatlicher Unterstützung für die Adoption neuer Technologie solange mit Vorsicht zu begegnen ist, solange dafür keine über den unvollkommenen Wettbewerb hinausgehenden Marktunvollkommenheiten angeführt werden können. Die Existenz derartiger Marktunvollkommenheiten wie z. B. technologische Externalitäten jedweder Art ist aber m. E. gerade im hier analysierten Fall der Adoption einer neuen Technologie weniger offensichtlich als beispielsweise bei F&E-Anstrengungen im engeren Sinn wie der Suche nach neuen Technologien oder Produkten. Auf mögliche Externalitäten, die die *Anbieter* der neuen Technologie betreffen und deren Auftreten im Rahmen des Adoptionsprozesses nicht unplausibel erscheint, werde ich am Schluß des Kapitels noch zurück kommen.

Im Zusammenhang mit der skeptischen Einschätzung einer aktiven Technologieförderungspolitik soll zunächst auf die Bedeutung der hier unterstellten fixen Firmenzahl hingewiesen werden. Diese Annahme ist m. E. bei der hier behandelten Fragestellung der Adoption neu entwickelter Technologien naheliegend. Dennoch müssen die Markteintritte irgendwann zu einem früheren Zeitpunkt erfolgt sein. Die Ausführungen in Kapitel 3 machen deutlich, daß diese Markteintritte nicht im richtigen Ausmaß stattfinden, wenn für die Zukunft neue technologische Möglichkeiten erwartet werden und wenn gleichzeitig "Sunk costs" eine Rolle spielen. Dies läßt darauf schließen, daß das politische Augenmerk stärker auf die Markteintritte in "jungen" Industrien als auf die Durchsetzung neuer Technologien in "etablierten" Sektoren gerichtet werden sollte.

Den Abschluß dieses Kapitels soll der Verweis auf einen Schwachpunkt des vorgestellten Ansatzes bilden. Der schon von Stadler (1989, S. 124) gegenüber dem Ansatz von Reinganum (1981a und b) vorgebrachte Einwand bezieht sich auf die rudimentäre Einbeziehung der Angebotsseite der technischen Neuerung in diesem Ansatz, sie erfolgt nur implizit über die Adoptionskostenfunktion. Die explizite Berücksichtigung der Angebotsseite scheint mir gerade dann von großer Bedeutung, wenn die Adoptionskosten als, vor allem durch den Preis der neuen Technologie determiniert, betrachtet werden und ihr Sinken im Zeitablauf auf Entwicklungen auf der Angebotsseite zurückgeführt wird. Eine solche Interpretation geben, wie oben angeführt, Fudenberg und Tirole (1985). Sie begründen die Preissenkungen durch technischen Fortschritt. Es erscheint aber in diesem Zusammenhang zentral, wodurch dieser technische Fortschritt bedingt ist. Geht man wie zum Beispiel Ireland und Stoneman (1986) von learning by doing-Effekten auf Seiten der Hersteller der neuen Technologie aus, dann müssen m. E. die sich daraus ergebenden komplexen Zusammenhänge zwischen Angebots- und Nachfrageseite explizit berücksichtigt werden. Die Wohlfahrtseigenschaften der dezentralen Lösungen dürften dabei zentral von der Marktstruktur auf der Angebotsseite abhängen, liegt ein Monopol vor, so wird man von einer Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen Ausbringungsmenge und Produktivität durch diese Firma ausgehen müssen. In diesem Fall wäre learning by doing kein externer, sondern ein firmeninterner Effekt.

Wenn das hier vorgestellte Modell auch nur beschränkt auf Fälle anwendbar ist, die sich durch die Existenz interner oder externer dynamischer Skalenerträge auf der Angebotsseite auszeichnen, so scheint der hier entwickelte Modellrahmen doch flexibel genug zu sein, um auch komplexe Interaktionen von Angebots- und Nachfrageseite bei der Diffusion neuer Technologien zu integrieren.

Kapitel 7: Schlußbemerkungen

Thema dieser Arbeit war die Analyse des Innovationsverhaltens von Unternehmen in Industrien, in denen monopolistische Konkurrenz herrscht. Es wurden dabei im Rahmen des von E.H. Chamberlin entwickelten Modellrahmens Ergebnisse hinsichtlich der Innovationsaktivität von Unternehmen und dem daraus resultierenden Innovationswettbewerb abgeleitet, die mit unterschiedlichen Schumpeterschen Vorstellungen konform gehen. Erinnert sei hier nur an den im dritten Kapitel abgeleiteten Zusammenhang zwischen Wettbewerbs- und F&E-Intensität sowie an die im vierten Kapitel dargestellte Bedeutung der Unternehmensgröße, ausgedrückt durch den Firmenumsatz, und der Höhe der F&E-Anstrengungen. Diese Resultate zeigen ebenso wie die im sechsten Kapitel abgeleiteten gleichgewichtigen Diffusionsmuster, daß die hier vorgestellten Modelle in der Lage sind, wichtige Merkmale des in der Empirie auftretenden F&E-Wettbewerbs abzubilden.

Die mittels komparativ-statischer Analysen auf ihre Eigenschaften hin überprüften Modelle stellten den Rahmen für ausführliche wohlfahrtstheoretische Analysen dar. Deren Ziel war es, die Frage zu beantworten, die seit Adam Smiths Diktum vom Markt als der "unsichtbaren Hand" eine der zentralen Problemstellungen der Wirtschaftstheorie und Gegenstand andauernder Diskussion ist: Führt das Wirken des Marktmechanismuses zu einem aus sozialer Sicht wünschenswerten Ergebnis oder ist es dem Staat möglich durch geeignete politische Eingriffe die gesellschaftliche Wohlfahrt zu mehren? Mit dem Bereich des technischen Fortschritts wurde dabei ein Teilgebiet der Ökonomie betrachtet, das aufgrund seiner Besonderheiten wie dem unvermeidbaren Auftreten von Marktmacht die Vermutung nahelegt, daß die vom Marktsystem gesetzten Anreize nicht mit den effizienten übereinstimmen. Entsprechend intensiv ist die öffentliche Diskussion um politische Maßnahmen in diesem Bereich. Die vorgelegte Untersuchung griff diese Diskussionen in verschiedener Weise auf. Die Konzentration auf die Marktform der monopolistischen Konkurrenz implizierte eine Beschränkung auf Märkte, in denen Firmen aktiv sind, die zwar Marktmacht ausüben, die aber zu "klein" sind, um mit ihren Entscheidungen die Vorgänge auf der Ebene der gesamten Industrie zu beeinflussen. Es wurde damit der Bereich ausgeklammert, in dem strategische Interaktionen der Firmen einer Industrie den Innovationswettbewerb entscheidend beeinflussen.

Wie viele theoretische Analysen liefert auch diese Untersuchung keine eindeutige Antwort auf die oben gestellte Frage. Ähnlich wie bei der schon angeführten Debatte zur strategischen Handelspolitik sind die möglichen Aussagen von den konkreten Marktgegebenheiten abhängig und bedingen, sollen konkrete Empfehlungen ausgesprochen werden, ein hohes Maß an Information über die tatsächliche ökonomische Situation. Betrachtet man zudem die in den einzelnen Kapiteln abgeleiteten Ergebnisse, so wird deutlich, daß die Frage selbst weiter differenziert werden muß. Wie die Wohlfahrtsresultate für das einperiodige Modell der optimalen Technologiewahl (Kapitel 4 und 5) zeigen, ist es durchaus möglich, daß die Marktlösung nicht effizient ist, der erste Teil der Frage also zu verneinen wäre, daß aber der Staat dennoch nicht in der Lage ist, eine überlegene Allokation herbeizuführen, da ihm die dafür nötigen (nicht verzerrenden) Instrumente aus praktischen Gründen nicht zur Verfügung stehen. Im Hinblick auf eine entsprechend qualifizierte Frage liefert die Analyse trotz der nötigen Fallunterscheidungen weitreichende Aussagen:

Spielen in der betrachteten Industrie Sunk costs keine Rolle - entweder weil Kosten mit dieser Eigenschaft auf dem betreffenden Markt nicht auftreten oder weil die Sunk costs schon "versunken" sind und die Markteintrittsentscheidung nicht mehr beeinflußt werden kann -, dann ist die resultierende Marktlösung mindestens second-best. Eine Regierung, der keine Lump-sum Transfers vom Haushalt- an den Firmensektor zur Verfügung stehen, kann auf keinen Fall eine pareto-superiore Allokation herbei führen.

Dieses schon aus dem Dixit-Stiglitz-Standardmodell ohne F&E bekannte Ergebnis wurde für das in der zweiten Periode stattfindende Teilspiel des zweiperiodigen Modells (Kapitel 3 und 4) ebenso gezeigt wie für das einperiodige Modell im vierten Kapitel und das Adoptionsmodell des sechsten Kapitels, das von einer gegebenen Firmenzahl ausgeht. Im hier behandelten Kontext von F&E-Anstrengungen hat dieses Resultat weitreichende Konsequenzen für die (wohlfahrtstheoretische) Beurteilung der Innovationsaktivitäten der einzelnen Firmen im Marktsystem:

Findet zwischen Markteintritt und F&E-Investition keine Produktion statt, befindet man sich also im Modell der optimalen Technologiewahl, oder ist die Zahl der Firmen auch für einen sozialen Planer unveränderlich, so führt die von den Firmen in einem nichtkooperativen Spiel getroffene F&E-Entscheidung zu dem Forschungsniveau bzw. zu dem Diffusionsmuster das auch der Planer wählen würde.

Dieses Ergebnis impliziert, daß sich eine staatliche Autorität allein auf die Frage der "richtigen" Zahl von Markteintritten beschränken kann, da die Forschungsanstrengungen entweder a priori effizient sind (z. B. im Ein-Perioden-Modell) oder sich bei einem, die Firmenzahl korrigierenden Eingriff entsprechend anpassen.

Im zweiten, zu unterscheidenden Fall ist ein solcher Eingriff auch für eine Regierung möglich und sinnvoll, d.h. effizienzsteigernd, die nur auf verzerrende Instrumente zurückgreifen kann. Wie in Kapitel 3 und 4 gezeigt wurde, gilt für eine Industrie, in der monopolistische Konkurrenten ein differenziertes Gut herstellen, folgende Aussage:

Weist die Industrie Innovationspotential in der Form auf, daß zu einem späteren Zeitpunkt (kostensenkende) F&E-Investitionen möglich werden, dann kommt es in der dezentralen Lösung (in den meisten Fällen) zu einer, im Vergleich zu einer zweitbesten Lösung, ineffizient hohen Zahl von Markteintritten. Durch eine einfache Gebühr auf den Markteintritt kann die Regierung eine Steigerung der Wohlfahrt erreichen, der Staatseingriff selbst muß dabei zum Zeitpunkt der Markteintritte verbindlich angekündigt sein.

Diese eindeutigen Schlußfolgerungen in bezug auf Sektoren, die man aufgrund ihres Innovationspotentials als "Zukunftsindustrien" bezeichnen könnte, basieren auf der Annahme, daß Produktdifferenzierung Sunk costs bedingt; sie wurde in Kapitel 3 ausführlich begründet. Die Richtung dieser Aussage mag verwundern, geht es in der politischen Diskussion doch häufig darum, wie Markteintritte in solche Industrien "angeregt" werden können. Dazu ist zweierlei anzumerken: Zum einen scheint das hinter dem Resultat stehende ökonomische Argument - eine hohe Zahl von Markteintritten führt zu einer "Zersplitterung" des Marktes, der F&E-Anreiz für die einzelnen Firmen ist aufgrund ihres geringen Umsatzes zu niedrig - wenig Beachtung zu finden. Zum anderen wurden die Ergebnisse in dieser Arbeit unter der Annahme abgeleitet, daß keine technologischen Externalitäten auftreten. Die Existenz solcher Externalitäten wird aber gerade für den Hochtechnologiesektor häufig unterstellt. Geht man etwa wie Romer (1990) davon aus, daß von den, für den Markteintritt nötigen, Forschungsaufwendungen einer Firma Wissens-"Spillovers" ausgehen, die die Produktentwicklungskosten zukünftig eintretender Firmen senken, so kann dies zu einer anderen wohlfahrtstheoretischen Beurteilung der in einer dezentralen Lösung stattfindenden Zahl von Markteintritten führen. Ohne weitere formale Analyse scheinen aber weitergehende Aussagen nicht möglich, wenn die verschiedenen Elemente - Sunk costs und Innovationspotential hier, Externalitäten dort - gleichzeitig auftreten.

Den Abschluß dieser Arbeit sollen einige Anmerkungen dazu bilden, warum ein Auftreten derartiger technologischer Externalitäten aber auch das von technologischer Unsicherheit nicht berücksichtigt wurde. Beide Phänomene werden oft als geradezu charakteristisch für den Prozeß der Forschung und Entwicklung betrachtet (zur Rolle von Spillovers vgl. z.B. Grossman und Helpman (1991), zur Bedeutung und zu verschiedenen Arten von Unsicherheit siehe z. B. Freeman (1982, Kap. 7)). Bei der Begründung oder, vielleicht besser, "Verteidigung" der Vernachlässigung dieser, auch von mir als wichtig erachteten, Elemente des Innovationsprozesses sind zwei Aspekte zu unterscheiden:

1. Die Integration von Unsicherheit oder von Externalitäten in die formale Analyse läßt unter bestimmten Umständen keine Ergebnisse erwarten, die nicht auch - auf Grundlage der Modelle, die diese Elemente nicht enthalten - ohne formale Analyse zumindest der Tendenz nach abgeleitet werden können. Betrachtet man insbesondere die behandelten Ein-Perioden-Modelle, in denen die Marktlösungen second-best waren, so gibt es m. E. keinen Grund für die Annahme, daß die Einführung von Unsicherheit etwa über den Erfolg des Forschungsprojektes den Charakter der Wohlfahrtsaussagen ändert, solange es keine Informationsasymmetrien gibt und von Risikoaversion bei den Firmen abgesehen wird. Ähnliches gilt in bezug auf Externalitäten: Hier ist nicht damit zu rechnen, daß die Marktlösung nach wie vor second-best ist. Aus der Theorie

des Marktversagens und aus verschiedenen Ansätzen der neuen Wachstumstheorie (vgl. Grossman und Helpman (1991)) läßt sich aber m. E. folgern, daß die Aktivität, die einen Spillover, also eine positive Externalität, verursacht, in der Marktlösung ein zu niedriges Niveau im Vergleich zum sozialen Optimum aufweist.

2. Die explizite Berücksichtigung von Unsicherheit und Externalitäten scheint dann besonders interessant, wenn man sich in einem Umfeld befindet, in dem Firmen im Zeitablauf mehrere F&E-Entscheidungen (z. B. über den Markteintritt und eine Prozeßinnovation) treffen und in dem gleichzeitig Sunk costs eine Rolle spielen. Wie oben schon angedeutet wurde, können beim Auftreten von Externalitäten ohne weitere formale Analyse keine (eindeutigen) politischen Schlußfolgerungen gezogen werden. Auch Unsicherheit erhält formal gesehen einen anderen Stellenwert, wenn man mehrstufige Entscheidungsprobleme betrachtet, die einen längeren Zeitraum umfassen und gleichzeitig die Möglichkeit bieten, nach gewissen Zeiträumen aufgrund neuer Informationen z. B. über den Erfolg eines durchgeführten Forschungsprojektes zu re-optimieren. Eine Firma könnte in diesem Fall ihr weiteres Verbleiben im Markt oder ihre weitere Teilnahme am Wettbewerb um neue Innovationen sowohl von den eigenen bisherigen Forschungserfolgen als auch von denen der Konkurrenten abhängig machen. Durch die Einführung von Unsicherheit in diesem Kontext könnte m. E. die Abbildung der komplexen dynamischen Entwicklung von Industrien möglich sein, in denen einzelne Firmen zunächst einen Konkurrenzvorsprung erzielen, dann aber wieder von Wettbewerbern ein- und möglicherweise überholt werden.

Eine konkrete formale Analyse dieser Problemstellungen konnte in dieser Arbeit nicht geleistet werden. Durch die Untersuchung verschiedener dynamischer Modelle und insbesondere durch die Darstellung, daß auch für relativ komplizierte dynamische Probleme durch die Verwendung eines Kontinuums von Akteuren auf einfache Weise dezentrale Lösungen z. B. in Form von Gleichgewichtsverteilungen abgeleitet werden können, wurde m. E. eine erfolgversprechende Basis für die weitere, auch die Phänomene der Unsicherheit und des Auftretens von technologischen Externalitäten einbeziehende, Erforschung der Innovationsaktivitäten von Firmen bei monopolistischem Wettbewerb gelegt.

Anhänge

Anhänge zu Kapitel 3

Anhang A:

Zu zeigen ist:

$$\pi_1^0 - \pi_0^0 > \pi_1^1 - \pi_0^1 .$$

Setzt man die jeweiligen Ausdrücke ein, erhält man:

$$(1-\alpha)\left(\left(\frac{\hat{c}}{\bar{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)} - 1\right)\frac{E}{n} > (1-\alpha)\left(1-\left(\frac{\bar{c}}{\hat{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\frac{E}{n}$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{\hat{c}}{\bar{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)} - 1 > 1-\left(\frac{\bar{c}}{\hat{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} > \frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}$$

Da $\hat{c} < \bar{c}$ und $\alpha < 1$ folgt sofort, daß die Ungleichung erfüllt ist, was zu zeigen war.

Anhang B:

Behauptung: Es gilt nicht:

$$\left(\left(\frac{\hat{c}}{\bar{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)} - 1\right)\frac{D}{2} - F < 0 \tag{3.16}$$

und zugleich

$$\left(1-\left(\frac{\bar{c}}{\hat{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)}\right)(D+F) > 2F \tag{3.19}$$

Beweis:
Aus (3.16) folgt:

$$\left(\frac{\hat{c}}{\overline{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)} < 1 + 2\frac{F}{D},$$

aus (3.19) folgt:

$$\left(\frac{\overline{c}}{\hat{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)} < \frac{D-F}{D+F} \Leftrightarrow \left(\frac{\hat{c}}{\overline{c}}\right)^{\alpha/(\alpha-1)} > \frac{D+F}{D-F}.$$

Notwendige Bedingung für die Gültigkeit der Behauptung wäre somit:

$$\frac{D+F}{D-F} < 1 + 2\frac{F}{D},$$

da für die linke Seite zusätzlich gelten muß: $D > F$ (s. Haupttext) folgt:

$$D + F < D + F - 2\frac{F^2}{D}.$$

Dies ist aber ein Widerspruch, die beiden Bedingungen können also nicht gleichzeitig erfüllt sein; es existieren unter den getroffenen Annahmen keine multiplen Gleichgewichte.

Anhang C:

Man erhält die gewünschte Ableitung durch Anwendung des Theorems über implizite Funktionen. Die Ableitung der impliziten Funktion (3.38), im folgenden mit *I* bezeichnet, nach *t* ist:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{D\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} \cdot$$

$$\cdot\left\{\left(\frac{\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} - 1\right) + \frac{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{q(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}\right\}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{D\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} \cdot$$

$$\cdot\left\{\left(-\frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} + \frac{1}{1-\alpha}\right) + \frac{\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}\right\}$$

Man sieht sofort, daß das Vorzeichen dieser Ableitung positiv sein muß, der linke Term in der geschweiften Klammer muß größer Null sein.

Als Ableitung der impliziten Funktion nach q erhält man:

$$\frac{dI}{dq} = -\frac{D\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^2}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^2} < 0$$

Aus den beiden Ableitungen erhält man dann auf übliche Weise die gewünschte Ableitung:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\left(-\frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\right)}{\frac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^2}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}} +$$

$$+ \frac{\frac{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{q(1-\alpha)}}{\frac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^2}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}} =$$

$$= \left\{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)(-1) + \frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q(1-\alpha)}\right\} \cdot$$

$$\cdot \frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^2} =$$

$$= \left\{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)(-1)q(1-\alpha) + q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\} \cdot$$

$$\cdot \frac{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{q(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^2} =$$

$$= \frac{\left\{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\alpha q + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{q(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^2} > 0$$

Anhang D:

Ausgangspunkt ist die Formel (3.46), zu berücksichtigen sind außerdem (3.39) und (3.41).

$$\frac{dV}{dt} = n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E\Bigg\{-\left[\frac{1}{\overline{c}} + \left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\right]\cdot$$
$$\cdot\frac{\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\alpha q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} + \left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]}\cdot$$
$$\cdot\frac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\alpha q + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\alpha q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} -$$
$$-\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\Bigg\}$$

$$\frac{dV}{dt} = n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E\Bigg\{-\left[\frac{1}{\overline{c}} + \left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\right]\cdot$$
$$\cdot\frac{\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\alpha q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} + \left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]}\cdot$$
$$\cdot\left[\frac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\alpha q + 2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\alpha q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} - 1\right]\Bigg\}$$

$$\frac{dV}{dt} = n^{(1-\alpha)/\alpha} E\Bigg\{-\left[\frac{1}{\overline{c}} + \left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\right]\cdot$$
$$\cdot\frac{\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} + \left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]}$$
$$\cdot\frac{2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}\Bigg\}$$

$$\frac{dV}{dt}=\frac{n^{(1-\alpha)/\alpha}E\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}\left\{-\frac{1}{\overline{c}}-\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}+\right.$$

$$\left.+2\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]}\right\}$$

$$\frac{dV}{dt}=\frac{n^{(1-\alpha)/\alpha}E\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}\left\{-\frac{1}{\overline{c}}+\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]}\right\}$$

Anhang E: Analyse der Wohlfahrtswirkung einer allgemeinen Verbrauchsteuer in der ersten Periode, die als Markteintrittssubvention wieder ausgeschüttet wird.

Betrachtet wird die Einführung einer 'kleinen' Steuer, die Vorgehensweise entspricht derjenigen bei der Analyse der Forschungspolitik.

Die Steuer in Form eines Abschlagsatzes wird wieder mit *t* bezeichnet, die Subventionen mit *s*. Für sie gilt: $s = tE/n$.

Der Gesamtertrag in der ersten Periode ergibt sich aus den laufenden Profiten, den Markteintrittskosten und der Subvention:

$$\pi - D + s = (1-\alpha)(1-t)\frac{E}{n} - D + s = \left[(1-\alpha)+\alpha t\right]\frac{E}{n} - D$$

Die Pay-offs für die zweite Stufe und die Bedingung für ein asymmetrisches Gleichgewicht (Bedingung (3.25)) entsprechen denen im Fall ohne Staatseingriff.

Die Nullprofitbedingung lautet:

$$\pi - D + s + \pi_0^q = \frac{(1-\alpha)E}{n}\left[1+\frac{\alpha t}{1-\alpha}+\frac{\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\right]-D=0$$

Die Firmenzahl *n* ist:

$$n=(1-\alpha)\frac{E}{D}\left[\frac{\alpha}{1-\alpha}t+\frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+2\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\overline{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\right]$$

Dies wird nun in die Bedingung (3.25) eingesetzt, man erhält:

$$\frac{(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)D}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}\alpha t+(1-\alpha)\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}=F$$

Aus dieser impliziten Funktion in q und t ergibt sich unter Beachtung von $t_0=0$:

$$\frac{dq}{dt}=-\frac{-\dfrac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)D\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}\alpha}{(1-\alpha)\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^2}}{-\dfrac{(1-\alpha)^2\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^2 D}{(1-\alpha)^2\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^2}}$$

$$\frac{dq}{dt}=-\frac{\alpha\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}<0$$

Die Änderung der Firmenzahl ist:

$$\frac{dn}{dt}=(1-\alpha)\frac{E}{D}\left[\frac{\alpha}{1-\alpha}+\frac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\cdot\right.$$
$$\left.\cdot\left(1-\frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\right)\frac{dq}{dt}\right]$$

$$\frac{dn}{dt}=(1-\alpha)\frac{E}{D}\left[\frac{\alpha}{1-\alpha}-\frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\frac{\alpha}{(1-\alpha)}\right]$$

$$\frac{dn}{dt}=\frac{\alpha E\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\right\}}{D\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}>0$$

Die indirekte Nutzenfunktion hat nun folgende Gestalt:

$$V=n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E\left[\frac{1-t}{\bar{c}}+\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)}-\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)+\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\right]$$

Durch Ableitung nach t an der Stelle $t_0=0$ erhält man die Wohlfahrtswirkung des Eingriffs:

$$\frac{dV}{dt} = n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E\left[-\frac{1}{\bar{c}} + \frac{1-\alpha}{\alpha}\frac{1}{n}\frac{dn}{dt}\left(\frac{1}{\bar{c}} + \left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{1-\alpha}{\alpha}\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{[(1-\alpha)/\alpha]-1}\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\frac{dq}{dt}\right]$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{n^{(1-\alpha)/\alpha}\alpha E}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}} \cdot$$
$$\cdot\left[-\frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\bar{c}} + \frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{\bar{c}} + \right.$$
$$+q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha} -$$
$$\left. -\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}\right]$$

$$\operatorname{sgn}\frac{dV}{dt} = -\frac{2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\bar{c}} +$$
$$+q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha} -$$
$$-\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + 2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\} \cdot$$
$$\cdot\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha}$$

$$\operatorname{sgn}\frac{dV}{dt} = -2\bar{c}^{1/(\alpha-1)} - 2\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha} < 0$$

Die Wohlfahrtswirkung der Steuer ist eindeutig negativ, die Einführung einer negativen Steuer, also eine Subventionierung des Produktpreises, verbunden mit einer Markteintrittsgebühr ist eindeutig wohlfahrtssteigernd. Die Firmenzahl sinkt, während der Anteil der F&E betreibenden Firmen steigt.

Anhang F: Untersuchung der Bedeutung des 'Konsumentenrenteneffekts'

Die Art der Politik, die durchgeführt wird, wurde im Haupttext ausführlich beschrieben. Die Steuereinnahmen sind wieder $T = tE$, die Forschungssubventionen s_F und Lump-Sum-Transfers an **alle** Firmen s_L betragen:

$$s_F = \gamma \frac{tE}{qn} \quad , \quad s_L = (1-\gamma)\frac{tE}{n} \ .$$

Die Bedingung für ein asymmetrisches Gleichgewicht, die Gleichheit des Pay-offs einer Firma unabhängig davon, ob sie forscht oder nicht, ist fast identisch mit der im Fall der im Haupttext analysierten Politik (vgl. Gleichung (3.36)):

$$(1-\alpha)\frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}} \frac{(1-t)E}{n} - F + \gamma \frac{tE}{qn} = 0$$

Da n per Konstruktion konstant bleibt, kann aus dieser Bedingung sofort die Veränderung von q infolge des Eingriffs abgeleitet werden. Man erhält:

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{-(1-\alpha)\dfrac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}} \dfrac{E}{n} + \dfrac{\gamma E}{qn}}{-(1-\alpha)\dfrac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)^2}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^2} \dfrac{E}{n}}$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{-(1-\alpha) + \dfrac{\gamma\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}}{(1-\alpha)\dfrac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}}$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{(1-\alpha)\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} \left[\gamma + \alpha - 1 + \frac{\gamma \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}\right]$$

Im nächsten Schritt wird der Anteil γ so festgelegt, daß sich der Pay-off der Firmen in der zweiten Periode nicht verändert. Auf diese Weise wird sicher gestellt, daß die Firmenzahl konstant bleibt. Ich verwende den Profit im Fall ohne Forschung (π_0^q steht hier für die Summe aus laufendem Profit und Subvention!). Dieser lautet nun:

$$\pi_0^q = (1-\alpha)\frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{(1-t)E}{n} + (1-\gamma)\frac{tE}{n}$$

$$\frac{d\pi_0^q}{dt} = -(1-\alpha)\frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\frac{E}{n}\cdot$$

$$\cdot\left[1 + \frac{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{dq}{dt}\right] + (1-\gamma)\frac{E}{n}$$

$$\frac{d\pi_0^q}{dt} = -(1-\alpha)\frac{\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}\frac{E}{n}\cdot$$

$$\cdot\frac{\gamma\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}{(1-\alpha)q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} + (1-\gamma)\frac{E}{n}$$

$$\frac{d\pi_0^q}{dt} = -\frac{E}{n}\frac{\gamma\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} + (1-\gamma)\frac{E}{n}$$

Es gilt:

$$\frac{d\pi_0^q}{dt} = 0 \Leftrightarrow -\frac{\gamma\bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)} + (1-\gamma) = 0$$

Aus dieser Bedingung erhält man γ:

$$\gamma = \frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}$$

Die bei diesem γ durch den Staatseingriff induzierte Änderung von q lautet:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\alpha}{(1-\alpha)}\frac{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right)}$$

Zur Bestimmung der Wohlfahrtswirkung braucht nur die indirekte Nutzenfunktion für die zweite Periode verwendet werden, da sich in der ersten Periode nichts ändert.

$$V^2 = n^{(1-\alpha)/\alpha}\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha} \alpha(1-t)E$$

$$\frac{dV}{dt} = n^{(1-\alpha)/\alpha}\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}^{(1-\alpha)/\alpha} \alpha E \cdot$$

$$\cdot\left[-1 + \frac{1-\alpha}{\alpha}\frac{\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}}{\left\{q\left(\hat{c}^{\alpha/(\alpha-1)} - \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right) + \bar{c}^{\alpha/(\alpha-1)}\right\}}\frac{dq}{dt}\right]$$

$$\frac{dV}{dt} = 0$$

Die Wohlfahrt ändert sich nicht durch die durchgeführte Maßnahme.

Anhänge zu Kapitel 4

Anhang A: Existenz und Eindeutigkeit der F&E-Ausgaben im Teilspiel in der zweiten Periode

In diesem Teil des Anhangs wird gezeigt, daß für alle $n \leq \overline{n}$ ein eindeutiges, von allen Firmen gewähltes Niveau e^* der F&E-Ausgaben existiert, wenn man die Annahmen aus dem Haupttext unterstellt[77]. Dazu ist zu beweisen, daß es ein Niveau der F&E-Anstrengungen $\overline{e}$ der Konkurrenten einer Firma *j* gibt, derart, daß dieses Niveau auch für die Firma *j* die optimale Wahl darstellt, also die Bedingung erster Ordnung (Gleichung (4.7)) erfüllt. Dieser Beweis erfolgt in mehreren Schritten:

1. Die F&E-Ausgaben *e* der Firma *j* sind positiv (wg. Annahme 4.2), aber endlich (wg. Annahme 4.3), wenn $\overline{e} = 0$.

2. Die F&E-Ausgaben *e* der Firma *j* nehmen ab, wenn $\overline{e}$ steigt. Man erhält dieses Resultat durch die Anwendung des Theorems impliziter Funktionen auf die Bedingung erster Ordnung (Gleichung (4.7)). Die Ableitung lautet:

$$\frac{de}{d\overline{e}} = -\frac{\dfrac{\alpha^2 E \cdot (\overline{c} - f(e))^{1/(\alpha-1)} f'(e) f'(\overline{e})}{(\alpha-1) n \cdot (\overline{c} - f(\overline{e}))^{1/(\alpha-1)}}}{\partial^2 \Pi_j^2(.) / (\partial e)^2}.$$

Der Nenner dieses Ausdrucks ist durch Annahme 4.4 negativ, der Zähler ist negativ, da $\alpha < 1$ und $f'(e) > 0$. Die Ableitung ist also negativ.

3. Die Existenz folgt nun sofort , da die Ableitung für alle $\overline{e}$ existiert, die Funktion $e(\overline{e})$ somit stetig ist, und es immer Werte von $\overline{e}$ gibt, so daß $\overline{e} > e$ (Man nehme z. B. für $\overline{e}$ den Wert, der sich für *e* bei $\overline{e} = 0$ ergab).

4. Die Eindeutigkeit folgt aus der strengen Monotonie des funktionalen Zusammenhangs zwischen *e* und $\overline{e}$.

Anhang B: Existenz, Eindeutigkeit und Stabilität des Gleichgewichts des gesamten Spieles

[77] Allgemeine Beweise für die Existenz von Nash-Gleichgewichten in Spielen mit einem Kontinuum von Akteuren finden sich in Mas-Colell (1984) und in Pascoa (1993b).

Der Beweis besteht aus drei Schritten. In den ersten beiden wird gezeigt, daß der Pay-off einer Firma für das ganze Spiel (4.11) bei $\underline{n}$ ($\overline{n}$) positiv (negativ) ist, im letzten Schritt wird bewiesen, daß die Ableitung dieser Pay-off-Funktion nach n negativ ist. Setzt man die Definition von $\underline{n}$, (4.13), in die Pay-off-Funktion (4.11) ein, erhält man: $\Pi_j(\underline{n}) = D - e^*(\underline{n})$. Dieser Ausdruck muß wegen Ungleichung (4.14) positiv sein. In analoger Weise leitet man den bei $\overline{n}$ (definiert in Gleichung (4.5)) anfallenden Pay-off ab, er lautet: $\Pi_j(\overline{n}) = -e^*(\overline{n})$. Dieser Ausdruck ist negativ, da die F&E-Ausgaben durch Annahme 4.2 streng positiv sind. Die Existenz eines Werts von n, der die Gleichgewichtsbedingung (4.12) erfüllt, folgt sofort aus der Stetigkeit der Pay-off-Funktion in Bezug auf n. Es existiert damit ein Gleichgewicht des gesamten Spieles.

Die Eindeutigkeit des Gleichgewichts und seine Stabilität im Sinne der im Haupttext angeführten Definition wird durch den Nachweis gezeigt, daß die Ableitung der Pay-off-Funktion nach n negativ ist. Differenziert man (4.11) nach n, so erhält man unter Berücksichtigung der Ableitung de^* / dn (Gleichung (4.10)) folgendes Resultat:

$$\frac{\partial \Pi_j}{\partial n} = -\frac{2(1-\alpha)E}{n^2} - \frac{f'(e)(\overline{c} - f(e))}{n\left(f''(e)(\overline{c} - f(e)) + (f'(e))^2\right)}.$$

Der zweite Term ist gerade de^* / dn; da dieser Ausdruck negativ ist, sind einige zusätzliche Umformungen nötig, um zum negativen Vorzeichen des gesamten Ausdrucks zu gelangen. Man beachte zunächst, daß gilt:

$$\operatorname{sgn} \frac{\partial \Pi_j}{\partial n} = \operatorname{sgn}\left[-\frac{2(1-\alpha)E}{n} + \frac{(\overline{c} - f(e))}{f'(e)\left\{-f''(e)(\overline{c} - f(e)) / (f'(e))^2 - 1\right\}}\right]$$

Der Term in geschweiften Klammern ist aufgrund von Annahme 4.4 größer als $1/(1-\alpha) - 1$, daraus folgt, daß die Beziehung $\partial \Pi_j / \partial n < 0$ in jedem Fall gilt, wenn die Ungleichung

$$-\frac{2(1-\alpha)E}{n} + \frac{(\overline{c} - f(e))}{\alpha f'(e) / (1-\alpha)} < 0$$

erfüllt ist. Dies ist der Fall, wenn

$$\frac{(\bar{c} - f(e))}{f'(e)} < \frac{2\alpha E}{n}.$$

Aus der Gleichgewichtsbedingung für die F&E-Ausgaben, (4.8), folgt aber, daß die linke Seite gleich $\alpha E / n$ ist, diese Bedingung ist also für jeden zulässigen Wert von n erfüllt. Die Profite fallen also mit steigender Firmenzahl, das Gleichgewicht ist eindeutig und stabil.

Anhang C: Der Quellcode und die Ergebnisse der Politikanalyse fuer das Zwei-Perioden-Modell

Anmerkung: Mit diesem Abschnitt beginnt eine Reihe von Anhaengen, in denen die Ergebnisse mit Hilfe des Softwarepaketes Mathematica abgeleitet wurden. Um die Vorgehensweise nachvollziehbar zu machen, wurde die fuer Mathematica typische Form beibehalten. Zu weiteren Anmerkungen bezueglich der Verwendung von Mathematica siehe auch den Anhang zu Kapitel 5.
Anmerkung zu Anhang C und D: Die im Haupttext angefuehrten Ergebnisse weichen geringfuegig vom Mathematica Output ab; die Ausdruecke wurden in offensichtlicher Weise vereinfacht.

Ausgangspunkt sind die Gleichungen (4.23), (4.21) und (4.24). Die Gleichungen wurden umgeformt, die Gleichung (4.21) wird in der impliziten Form (implizite Funktion glg=0) verwendet, an Stelle der Variable E wird ex verwendet, a steht fuer "alpha" und die Grossbuchstaben wurden durch kleine ersetzt. Zu beachten ist, dass durch die anfaengliche Definition n in glg und in v substituiert wird.

```
n=2 ((1-a)+a t) ex/(d+e)
glg=a (1-t) ex/n f'[e]/(c-f[e])-1
v=n^((1-a)/a) a ex (1-t)(1/c+1/(c-f[e]))
```

$$\frac{2\ ex\ (1 - a + a\ t)}{d + e}$$

$$-1 + \frac{a\ (d + e)\ (1 - t)\ f'[e]}{2\ (1 - a + a\ t)\ (c - f[e])}$$

$$2^{(1 - a)/a}\ a\ ex\ (1 - t) \left(\frac{ex\ (1 - a + a\ t)}{d + e}\right)^{(1 - a)/a} \left(\frac{1}{c} + \frac{1}{c - f[e]}\right)$$

■ Die Durchfuehrung der komparativen Statik

Zunaechst wird durch Anwendung des Theorems ueber implizite Funktionen auf die Funktion glg die Ableitung de/dt (im Programm mit dedt bezeichnet) bestimmt. Gedruckt wird der entsprechende Term erst spaeter.

```
dfde=D[glg,e];
dfdt=D[glg,t];
-(dfdt / dfde);
dedt=Together[%];
```

Im naechsten Schritt wird definiert, dass dedt die Ableitung der Variable e nach t ist. Danach wird v unter Beruecksichtigung dieses Zusammenhangs nach t abgeleitet.

```
e/:Dt[e,t,Constants->{a,c,d,ex}]=dedt;
dvdt=Dt[v,t,Constants->{a,c,d,ex}];
```

Nun erfolgt die Auswertung dieser Ableitung an der Stelle t=0, anschliessend wird sie vereinfacht und in Zaehler (num) und Nenner (den) aufgespaltet.

```
Together[dvdt/.t->0];
Simplify[%];
den=Denominator[%];
Numerator[%%];
Collect[%,{f'[e],f''[e]}];
num=Simplify[%];
```

■ Die Ergebnisse der komparativen Statik

■ Der Zaehler von dV/dt (Num[dV/dt])

```
num
```

```
 1/a           (1 - a) ex 1/a
2    (d + e) (----------)     f'[e]
                d + e
          2         2
  (-2 c  + 2 a c  + 3 c f[e] -
                          2          2
    3 a c f[e] - f[e]  + a f[e]  +
    a c d f'[e] + a c e f'[e])
```

■ Der Nenner von dV/dt (Den[dV/dt])

```
den
```

```
            2
2 (-1 + a)  c (c - f[e])
                                    2
  (c f'[e] - f[e] f'[e] + d f'[e]  +
           2
    e f'[e]  + c d f''[e] + c e f''[e] -
    d f[e] f''[e] - e f[e] f''[e])
```

■ Die Veraenderung der F&E-Ausgaben de/dt

```
Simplify[dedt];
%/.t->0
```

```
-(((d + e) (-c + f[e]) f'[e]) /
    ((1 - a) (c f'[e] - f[e] f'[e] +
                 2              2
        d f'[e]  + e f'[e]  + c d f''[e] +
        c e f''[e] - d f[e] f''[e] -
        e f[e] f''[e])))
```

■ Die Veraenderung der Firmenzahl dn/dt

```
Dt[n,t,Constants->{a,c,d,ex}];
%/.t->0
```

```
2 a ex
------ - (2 ex (-c + f[e])
d + e
     (d f'[e] + e f'[e])) /
            2
   ((d + e)  (-(c f'[e]) + f[e] f'[e] -
                2              2
       d f'[e]  - e f'[e]  - c d f''[e] -
       c e f''[e] + d f[e] f''[e] +
       e f[e] f''[e]))
```

Anhang D: Die Ergebnisse der Politikanalyse fuer das Ein-Perioden-Modell

Die Vorgehensweise entspricht der in Anhang C; Ausgangspunkt sind die Gleichungen (4.32), (4.31) und (4.33).

```
n= (1-a+a t) ex/e
glg=-a (1-t) ex/n c'[e]/c[e]-1
v=n^((1-a)/a) a ex (1-t)/c[e]
```

```
ex (1 - a + a t)
----------------
       e

      a e (1 - t) c'[e]
-1 - -------------------
     (1 - a + a t) c[e]

             ex (1 - a + a t) (1 - a)/a
a ex (1 - t) (----------------)
                    e
---------------------------------------
                c[e]
```

■ Die komparative Statik

```
dfde=D[glg,e];
dfdt=D[glg,t];
-(dfdt / dfde);
dedt=Together[%];
e/:Dt[e,t,Constants->{a,ex}]=dedt;
dvdt=Dt[v,t,Constants->{a,ex}];
```

Der Effekt bei t=0 und einige Umformungen und Definitionen:

```
Together[dvdt/.t->0];
Simplify[%];
den=Denominator[%];
Numerator[%%];
Collect[%,{f'[e],f''[e]}];
num=Simplify[%];
```

■ Die Ergebnisse

■ Der Zaehler von dV/dt (Num[dV/dt], Gleichung (4.34))

```
num
```

```
   (1 - a) ex 1/a
e (----------)    c'[e]
       e
  (-c[e] + a c[e] - a e c'[e])
```

■ Der Nenner von dV/dt (Den[dV/dt], Gleichung (4.35))

```
den
```

```
         2                              2
(-1 + a)  c[e] (c[e] c'[e] - e c'[e]  +
    e c[e] c''[e])
```

■ Die Veraenderung der F&E-Ausgaben de/dt, im Haupttext nicht erwaehnt!

```
dedt/.t->0
```

```
-((e c[e] c'[e]) /
                                        2
    ((1 - a) (-(c[e] c'[e]) + e c'[e]  -
        e c[e] c''[e])))
```

Anhang zu Kapitel 5

Dieser Anhang soll zwei Zwecke erfuellen: Zum einen werden hier die Ergebnisse der Analyse abgeleitet, zum anderen soll aufgezeigt werden, auf welche Weise die auftretenden mathematischen Probleme mit Hilfe von entsprechender Software (hier: Mathematica) geloest werden koennen. Diese zwei Aufgaben lassen sich aufgrund der Komplexitaet des Problems allerdings nicht trennen. Dieser Anhang ist daher auch der Versuch, Ergebnisse zu dokumentieren, die m. E. ohne entsprechende Hilfsmittel nicht gewonnen werden koennen. Fuer Leserinnen und Leser, die sich nicht mit den Details der Programmierung beschaeftigen moechten, wird an den jeweiligen Stellen beschrieben, welche Schritte sie ueberspringen koennen. Die zentralen Bedingungen sind eingerahmt. Eine Einfuehrung zu Mathematica gibt Wolfram (1991).

Verzeichnis der verwendeten Variablen

Anmerkung: Bei diesem Anhang handelt es sich um ein sogenanntes Mathematica-Notebook. Dies ist die Datei die unmittelbar als Quellcode fuer Mathematica verwendet wird. Sie ist beim Autor erhaeltlich. Da in Mathematica Variable nicht ohne weiteres mit Sub- oder Superscript geschrieben werden koennen, werden die jeweiligen Laenderbezeichnungen hier im Gegensatz zum Haupttext in normaler Schrift angefuegt. "alpha" wird durch a ersetzt. Auch die Formatierungen weichen etwas vom Haupttext ab.

☐ Differenzierte Gueter

Produzentenpreis der in- bzw. auslaendischen Monopolisten:		pi bzw pa
Konsumentenpreise im Inland:	inlaendische Gueter:	pici
	auslaendische Gueter:	pica
Konsumentenpreise im Ausland:	inlaendische Gueter:	paci
	auslaendische Gueter:	paca
Nachfragen des Inlandes bei:	inlaendischen Firmen:	xii
	auslaendischen Firmen:	xia
Nachfragen des Auslandes bei:	inlaendischen Firmen:	xai
	auslaendischen Firmen:	xaa
"Preisindizes" (Term im Nenner der Nachfragefunktionen der In- und Auslaender, die entsprechend zu Gleichung (5.3) gebildet werden.):		
	Inland:	pI
	Ausland:	pA
Firmenzahl:	Inland:	ni
	Ausland:	na
Profitfunktion:	inlaendische Firma:	profitI
	auslaendische Firma:	profitA
R&D-Anstrengungen einer repr. Firma:	Inland:	ei
	Ausland:	ea

☐ Staat

Outputsubvention:	z
Zoll:	t
Exportsubvention:	s
Transfer an HH:	i
R&D-Subvention:	r
Markteintrittspraemie:	u

Verbleibende Groessen:

Loehne:	Inland:	wi
	Ausland:	wa
Arbeitsausstattung:	Inland:	li
	Ausland:	la
Ausgabenanteil des homogenen Gutes:		g
Gesamtausgaben fuer differenzierte Gueter:		
	Inland:	expI
	Ausland:	expA
Nachfrage homogenes Gut:		yi bzw ya

Definitionen

Die hier vorgenommenen Definitionen ergeben sich unmittelbar aus der optimalen Preissetzungsregel und der Nachfragefunktion in (5.3).

```
pi=wi c[ei]/a
pa=wa c[ea]/a
pici=pi (1-z)
pica=pa (1+t)
paci=pi (1-z)(1-s)
paca=pa
pI=HoldForm[ni pici^(a/(a-1))+na pica^(a/(a-1))]
pA=HoldForm[ni paci^(a/(a-1))+na paca^(a/(a-1))]


expI=(1+i)(1-g) wi li
expA=(1-g) wa la
xii=pici^(1/(a-1))/pI expI      (* Inland *)
xia=pica^(1/(a-1))/pI expI
xai=paci^(1/(a-1))/pA expA      (* Ausland *)
xaa=paca^(1/(a-1))/pA expA
```

Gleichgewichtsbedingungen fuer das Zwei-Laender-Modell

Hier wird jeweils nur eine Seite der Gleichgewichtsbedingungen abgeleitet, die andere Seite ist, mit Ausnahme der Faktormarktgleichgewichtsbedingung, jeweils 0.

■ Die Arbeit im Ausland als Numeraire

```
wa=1;
```

■ Ableitung der Nullprofitbedingungen

□ Die Nullprofitbedingung fuer inlaendische Firmen

Der Profit einer inlaendischen Firma lautet:

```
profitI=(pi-wi c[ei])(xii+xai)-wi ei(1-r)+u
```

Aufgrund der vorgenommenen Definitionen ersetzt Mathematica die entsprechenden Ausdruecke. Im folgenden wird das Ergebnis nur noch vereinfacht, das endgueltige Resultat wird mit nullprofitI bezeichnet. Wer sich nicht mit den Vereinfachungsschritten beschaeftigen moechte, kann direkt zum naechsten Kasten gehen, in dem sich der zugehoerige Term befindet.
Bezueglich Mathematica ist anzumerken, dass ein % fuer den vorhergehenden Output steht, entsprechendes gilt fuer %%, es bezeichnet den vorletzten Output.

```
PowerExpand[%]
Simplify[%]
%/.{c[ei]^(1/(-1+a))->1,
c[ei]->c[ei] c[ei]^(1/(-1+a))}
```

Term mit c(ei) wurde im letzten Schritt ausgeklammert. Die Zulaessigkeit dieses Schrittes wird am Ende dieser Ableitungen ueberprueft.

```
profitIfoc=%
```

```
u + ei (-1 + r) wi +
  ((1 - a) wi c[ei]^(1 + 1/(-1 + a))
     ((a^(1/(1 - a)) (1 - g) la (1 - s)^(1/(-1 + a))
         wi^(1/(-1 + a)) (1 - z)^(1/(-1 + a))) /
        (ni paci^(a/(a - 1)) + na paca^(a/(a - 1))) +
       (a^(1/(1 - a)) (1 - g) (1 + i) li wi^(a/(-1 + a))
          (1 - z)^(1/(-1 + a))) /
        (ni pici^(a/(a - 1)) + na pica^(a/(a - 1))))) / a
```

In profitIfoc sind im Preisindex die Preise noch nicht ersetzt, die entsprechende Evaluierung wurde durch HoldForm verhindert. Diese Form wird dann zur Ableitung der FOC verwendet, HoldForm verhindert, dass der Preisindex nach den jeweiligen Variablen differenziert wird. Im folgenden wird diese Bedingung weiter vereinfacht, indem durch ReleaseHold HoldForm aufgehoben wird und komplizierte Terme getrennt vereinfacht und dann ersetzt werden.

```
ReleaseHold[profitIfoc]
neu=PowerExpand[%]
neu1=Simplify[Part[neu,3,5,1]]
neu2=Simplify[Part[neu,3,5,2]]
neu/.{Part[neu,3,5,1]->neu1,Part[neu,3,5,2]->neu2}
```

Der so erhaltene Term wird per Hand weiter vereinfacht, man erhaelt die vereinfachte Nullprofitbedingung fuer das Inland:

```
nullprofitI=u+ei*(-1 + r)*wi + (1 - a)*
     (1 - g)*wi^(a/(-1 + a))*c[ei]^(a/(-1 + a))*
     (((1 + i)*li*wi*(1 - z)^(-1 + a)^(-1))/
     (na*(1 + t)^(a/(-1 + a))*c[ea]^(a/(-1+a))+
   ni*wi^(a/(-1 + a))*(1 - z)^(a/(-1 + a))*
      c[ei]^(a/(-1+a)))+(la*(1-s)^(-1 + a)^(-1)*
      (1-z)^(-1+a)^(-1))/(na*c[ea]^(a/(-1 + a)) +
       ni*(1 - s)^(a/(-1 + a))*wi^(a/(-1 + a))*
       (1 - z)^(a/(-1 + a))*c[ei]^(a/(-1 + a))))
```

```
u + ei (-1 + r) wi +
  (1 - a) (1 - g) wi^(a/(-1 + a)) c[ei]^(a/(-1 + a))
   (((1 + i) li wi (1 - z)^(1/(-1 + a))) /
      (na (1 + t)^(a/(-1 + a)) c[ea]^(a/(-1 + a)) +
        ni wi^(a/(-1 + a)) (1 - z)^(a/(-1 + a))
         c[ei]^(a/(-1 + a))) +
     (la (1 - s)^(1/(-1 + a)) (1 - z)^(1/(-1 + a))) /
      (na c[ea]^(a/(-1 + a)) +
        ni (1 - s)^(a/(-1 + a)) wi^(a/(-1 + a))
         (1 - z)^(a/(-1 + a)) c[ei]^(a/(-1 + a))))
```

Das Uebereinstimmen dieses Ausdrucks mit dem Ausgangspunkt, profitI, wird ueberprueft, indem beide Teile vollstaendig ausmultipliziert und dann verglichen werden.

```
ExpandAll[PowerExpand[ReleaseHold[profitI]]]-
    ExpandAll[nullprofitI];
Simplify[%]
```

```
0
```

☐ Nullprofitbedingung fuer Firmen aus dem Ausland

Der Profit einer auslaendischen Firma ergibt sich aus:

```
profitA=(pa-wa c[ea])(xia+xaa)-wa ea
```

Das Ergebnis der Vereinfachungen ist nullprofitA, es befindet sich im naechsten Kasten.

Vereinfachungen:

```
PowerExpand[%];
Simplify[%]
%/.{c[ea]^(1/(-1+a))->1,
    c[ea]->c[ea] c[ea]^(1/(-1+a))}
profitAfoc=%
ReleaseHold[profitAfoc];
neu=PowerExpand[%]
neu1=Simplify[Part[neu,2,4,1]]
neu2=Simplify[Part[neu,2,4,2]]
neu/.{Part[neu,2,4,1]->neu1,
    Part[neu,2,4,2]->neu2}
```

Das Resultat wurde durch ausklammern und kuerzen vereinfacht.

```
nullprofitA=-ea+(1-a)*(1-g)*c[ea]^(a/(-1 + a))*
     (((1 + i)*li*(1 + t)^(-1 + a)^(-1)*wi)/
        (na*(1+t)^(a/(-1+a))*c[ea]^(a/(-1 + a)) +
          ni*wi^(a/(-1+a))*(1-z)^(a/(-1+a))*c[ei]^
          (a/(-1 + a))) +
       la/(na*c[ea]^(a/(-1 + a)) +
          ni*(1-s)^(a/(-1+a))*wi^(a/(-1 + a))*
          (1-z)^(a/(-1 + a))*c[ei]^(a/(-1 + a))))
```

```
                                 a/(-1 + a)
-ea + (1 - a) (1 - g) c[ea]
                          1/(-1 + a)
   (((1 + i) li (1 + t)             wi) /
                  a/(-1 + a)       a/(-1 + a)
      (na (1 + t)           c[ea]            +
              a/(-1 + a)        a/(-1 + a)
        ni wi            (1 - z)
              a/(-1 + a)
         c[ei]           ) +
                      a/(-1 + a)
     la / (na c[ea]              +
                  a/(-1 + a)    a/(-1 + a)
        ni (1 - s)            wi
                a/(-1 + a)       a/(-1 + a)
         (1 - z)           c[ei]           ))
```

```
ExpandAll[PowerExpand[ReleaseHold[profitA]]]-
    ExpandAll[nullprofitA];
Simplify[%]
```

```
0
```

Ableitung der Profitfunktion des Monopolisten nach den F&E Anstrengungen

Bedingung erster Ordnung einer inlaendischen Firma hinsichtlich ihres F&E Arbeitseinsatzes

Hier wird die Profitfunktion (profitfocI, nicht: nullprofitI!) nach dem F&E-Arbeitseinsatz abgeleitet und das Resultat vereinfacht. Das endgueltige Ergebnis wird mit glgfocI bezeichnet (siehe Kasten)

```
focI=D[profitIfoc,ei]
ReleaseHold[%]
neu=PowerExpand[%]
neu1=Simplify[Part[neu,2,6,1]]
neu2=Simplify[Part[neu,2,6,2]]
neu/.{Part[neu,2,6,1]->neu1,Part[neu,2,6,2]->neu2}
```

Dieses Ergebnis wird noch geringfuegig veraendert.

```
glgfocI=(-1+r)*wi - (a*(1 - g)*wi^(a/(-1 + a))*
 c[ei]^(-1+a)^(-1)*(((1+i)*li*wi*
  (1-z)^(-1 + a)^(-1))/(na*(1 + t)^(a/(-1 + a))*
   c[ea]^(a/(-1 + a)) +  ni*wi^(a/(-1 + a))*
   (1 - z)^(a/(-1 + a))*c[ei]^(a/(-1 + a))) +
   (la*(1-s)^(-1+a)^(-1)*(1 - z)^(-1 + a)^(-1))/
    (na*c[ea]^(a/(-1+a))+ni*(1-s)^(a/(-1 + a))*
     wi^(a/(-1 + a))*(1 - z)^(a/(-1 + a))*
      c[ei]^(a/(-1 + a))))*Derivative[1][c][ei])
```

```
(-1 + r) wi - a (1 - g) wi^(a/(-1 + a))
   c[ei]^(1/(-1 + a)) (((1 + i) li wi
        (1 - z)^(1/(-1 + a))) /
      (na (1 + t)^(a/(-1 + a)) c[ea]^(a/(-1 + a)) +
        ni wi^(a/(-1 + a)) (1 - z)^(a/(-1 + a))
         c[ei]^(a/(-1 + a))) +
     (la (1 - s)^(1/(-1 + a)) (1 - z)^(1/(-1 + a))) /
      (na c[ea]^(a/(-1 + a)) +
        ni (1 - s)^(a/(-1 + a)) wi^(a/(-1 + a))
         (1 - z)^(a/(-1 + a)) c[ei]^(a/(-1 + a))) ) c'[ei]
```

```
ExpandAll[%]-ExpandAll[%%];
Simplify[%]
```

0

Bedingung erster Ordnung einer auslaendischen Firma hinsichtlich ihres F&E Arbeitseinsatzes (glgfocA siehe Kasten)

```
focA=D[profitAfoc,ea]
ReleaseHold[%]
neu=PowerExpand[%]
neu1=Simplify[Part[neu,2,-2,1]]
neu2=Simplify[Part[neu,2,-2,2]]
neu/.{Part[neu,2,-2,1]->neu1,
    Part[neu,2,-2,2]->neu2}
```

```
glgfocA=-1 - a (1-g)c[ea]^(-1 + a)^(-1)*
    (((1 + i)*li*(1 + t)^(-1 + a)^(-1)*wi)/
       (na*(1+t)^(a/(-1+a))*c[ea]^(a/(-1 + a)) +
         ni*wi^(a/(-1+a))*(1 - z)^(a/(-1 + a))*
         c[ei]^(a/(-1 + a))) +
      la/(na*c[ea]^(a/(-1 + a)) +
         ni*(1-s)^(a/(-1 + a))*wi^(a/(-1 + a))*
         (1 - z)^(a/(-1 + a))*
          c[ei]^(a/(-1+a))))*Derivative[1][c][ea]
```

$$-1 - a\,(1-g)\,c[ea]^{1/(-1+a)}\left(\frac{(1+i)\,li\,(1+t)^{1/(-1+a)}\,wi}{na\,(1+t)^{a/(-1+a)}\,c[ea]^{a/(-1+a)} + ni\,wi^{a/(-1+a)}\,(1-z)^{a/(-1+a)}\,c[ei]^{a/(-1+a)}} + \frac{la}{na\,c[ea]^{a/(-1+a)} + ni\,(1-s)^{a/(-1+a)}\,wi^{a/(-1+a)}\,(1-z)^{a/(-1+a)}\,c[ei]^{a/(-1+a)}}\right) c'[ea]$$

```
ExpandAll[%]-ExpandAll[%%];
Simplify[%]
```

0

Guetermarkt fuer das homogene Gut (kein Numeraire-Gut, kann aber in Arbeitseinheiten ausgedrueckt werden!)

```
yi=g (1+i) li
ya=g la
```

Faktormarktgleichgewichtsbedingungen

Die Arbeitsnachfrage im Inland

```
arbeitsnachfrageI=yi+c[ei] (xii+xai) ni+ni ei
```

Diese Gleichgewichtsbedingung wird wegen des Walras-Gesetzes nicht weiter beruecksichtigt.

Die Arbeitsnachfrage im Ausland

```
arbeitsnachfrageA=ya+c[ea] (xia+xaa) na+na ea
```

Endgueltige Form: glgArbeitsnachfrageA (siehe Kasten)

Vereinfachungen:

```
ReleaseHold[%]
neu=PowerExpand[%]
neu1=Simplify[ Part[neu,3,3,1]]
neu2=Simplify[ Part[neu,3,3,2]]
neu/.{Part[neu,3,3,1]->neu1,Part[neu,3,3,2]->neu2}
```

```
glgArbeitsnachfrageA=g*la + ea*na + a*(1 - g)*na*
    c[ea]^(a/(-1 + a))*
    (((1 + i)*li*(1 + t)^(-1 + a)^(-1)*wi)/
       (na*(1 + t)^(a/(-1 + a))*c[ea]^(a/(-1+a))+
         ni*wi^(a/(-1 + a))*(1 - z)^(a/(-1 + a))*
          c[ei]^(a/(-1 + a))) +
      la/(na*c[ea]^(a/(-1 + a)) +
         ni*(1 - s)^(a/(-1 + a))*wi^(a/(-1+a))*
          (1 - z)^(a/(-1+a))*c[ei]^(a/(-1+a))))
```

```
g la + ea na + a (1 - g) na c[ea]^(a/(-1 + a))
    (((1 + i) li (1 + t)^(1/(-1 + a)) wi) /
      (na (1 + t)^(a/(-1 + a)) c[ea]^(a/(-1 + a)) +
        ni wi^(a/(-1 + a)) (1 - z)^(a/(-1 + a))
         c[ei]^(a/(-1 + a))) +
     la / (na c[ea]^(a/(-1 + a)) +
        ni (1 - s)^(a/(-1 + a)) wi^(a/(-1 + a))
         (1 - z)^(a/(-1 + a)) c[ei]^(a/(-1 + a))))
```

```
ExpandAll[%]-ExpandAll[%%];
Simplify[%]
```

0

Ausgeglichenes Staatsbudget

Das Budgetdefizit des Staates lautet in der allgemeinen Form, wenn alle moeglichen Politiken - gleichzeitig - beruecksichtigt werden:

```
budgetdefizit=r ei wi ni+z pi (xii+xai) ni+
i wi li+s pi xai ni-t xia pa na+u ni
```

Man beachte, dass auch ein positives i das Budgetdefizit erhoeht, da es als Transfer formalisiert wurde (endgueltige Form: glgbudgetdefizit s. Kasten).

```
ReleaseHold[%]
neu=PowerExpand[%]
```

```
glgbudgetdefizit=ni*u + i*li*wi + ei*ni*r*wi +
  ((-1 + g)*(1 + i)*li*na*t*(1 + t)^(-1 + a)^(-1)*
     wi*c[ea]^(a/(-1 + a)))/
   (na*(1 + t)^(a/(-1 + a))*c[ea]^(a/(-1 + a)) +
     ni*wi^(a/(-1 + a))*(1 - z)^(a/(-1 + a))*
      c[ei]^(a/(-1 + a))) +
  ((1 - g)*la*ni*(1 - s)^(-1 + a)^(-1)*s*
     wi^(a/(-1 + a))*(1 - z)^(-1 + a)^(-1)*
     c[ei]^(a/(-1 + a)))/
   (na*c[ea]^(a/(-1 + a)) +
     ni*(1 - s)^(a/(-1 + a))*wi^(a/(-1 + a))*
      (1 - z)^(a/(-1 + a))*c[ei]^(a/(-1 + a))) +
  (ni*wi*z*c[ei]*((a*(1 - g)*(1 + i)*li*
```

```
          wi^(a/(-1 + a))*(1 - z)^(-1 + a)^(-1)*
          c[ei]^(-1 + a)^(-1))/
        (na*(1 + t)^(a/(-1 + a))*
           c[ea]^(a/(-1 + a)) +
          ni*wi^(a/(-1 + a))*(1 - z)^(a/(-1 + a))*
           c[ei]^(a/(-1 + a))) +
       (a*(1 - g)*la*(1 - s)^(-1 + a)^(-1)*
          wi^(-1 + a)^(-1)*(1 - z)^(-1 + a)^(-1)*
          c[ei]^(-1 + a)^(-1))/
        (na*c[ea]^(a/(-1 + a)) +
          ni*(1 - s)^(a/(-1 + a))*wi^(a/(-1 + a))*
           (1-z)^(a/(-1+a))*c[ei]^(a/(-1+a))))
   )/a
```

```
ni u + i li wi + ei ni r wi +
  ((-1 + g) (1 + i) li na t (1 + t)^(1/(-1 + a)) wi
     c[ea]^(a/(-1 + a))) /
   (na (1 + t)^(a/(-1 + a)) c[ea]^(a/(-1 + a)) +
     ni wi^(a/(-1 + a)) (1 - z)^(a/(-1 + a))
      c[ei]^(a/(-1 + a))) +
  ((1 - g) la ni (1 - s)^(1/(-1 + a)) s wi^(a/(-1 + a))
     (1 - z)^(1/(-1 + a)) c[ei]^(a/(-1 + a))) /
   (na c[ea]^(a/(-1 + a)) +
     ni (1 - s)^(a/(-1 + a)) wi^(a/(-1 + a))
      (1 - z)^(a/(-1 + a)) c[ei]^(a/(-1 + a))) +
  (ni wi z c[ei] ((a (1 - g) (1 + i) li
          wi^(a/(-1 + a)) (1 - z)^(1/(-1 + a))
          c[ei]^(1/(-1 + a))) /
        (na (1 + t)^(a/(-1 + a)) c[ea]^(a/(-1 + a)) +
          ni wi^(a/(-1 + a)) (1 - z)^(a/(-1 + a))
           c[ei]^(a/(-1 + a))) +
       (a (1 - g) la (1 - s)^(1/(-1 + a)) wi^(1/(-1 + a))
          (1 - z)^(1/(-1 + a)) c[ei]^(1/(-1 + a))) /
        (na c[ea]^(a/(-1 + a)) +
          ni (1 - s)^(a/(-1 + a)) wi^(a/(-1 + a))
           (1 - z)^(a/(-1 + a)) c[ei]^(a/(-1 + a)))) / a
```

```
ExpandAll[PowerExpand[ReleaseHold[budgetdefizit] \
    ]]- ExpandAll[glgbudgetdefizit];
Simplify[%]
```

0

Das Handelsgleichgewicht der beiden Oekonomien

Das Handelsgleichgewicht der beiden Oekonomien, in dem die Werte der endogenen Variablen ea, ei, wi, na und ni bestimmt werden, ist durch folgende Bedingungen beschrieben:

nullprofitI = 0
nullprofitA = 0
glgfocI = 0
glgfocA = 0
glgArbeitsnachfrageA = la.

Die Bedingung eines ausgeglichenen Staatshaushalts wird beruecksichtigt durch
glgbudgetdefizit = 0.

Die Ausdruecke in den sechs vorangegangenen Kaesten muessen also gleich Null gesetzt werden.

Komparative Statik

Im folgenden Abschnitt wird die komparativ statische Wirkung des Einsatzes der verschiedenen Politikinstrumente analysiert. Dabei wird jeweils eine Politik analysiert, deren Ertraege ueber einen Transfer **i** wieder ausgeschuettet werden. Sind die Ertraege negativ, liegt eine Einkommensteuer vor. Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Ableitung der Politikwirkung ist dann folgende:

Zunaechst wird ueber die Anforderung eines ausgeglichenen Budgets **i** als Funktion der jeweiligen Politikvariable bestimmt und dann in das obige Gleichungssystem eingesetzt. Dieses Gleichungungssystem wird dann total differenziert und so umgeformt, dass man ein lineares Gleichungssystem der

Form **Ax=b** erhaelt. Die Matrix **A** umfasst dabei die Ableitung der Gleichgewichtsbedingungen nach den endogenen Variablen,**x** ist der Vektor der Ableitungen der endogenen Variablen nach der Politikvariable und **b** enthaelt den negativen Wert der Ableitung der Gleichgewichtsbedingungen nach der Politikvariable. Unter Verwendung der Cramer'schen Regel wird dann der gesuchte Vektor **x** bestimmt.

Im weiteren Programm wird zur Ableitung dieser Ergebnisse wie folgt vorgegangen: Zunaechst wird die Matrix **A** (bezeichnet als **matrixA**) bestimmt. Dies geschieht an der Stelle, an der die Politikvariable den Wert 0 annimmt, da nur eine kleine Politik ausgehend vom Freihandelsgleichgewicht analysiert wird. Anschliessend wird der Vektor (-1) **b** gebildet, indem die Gleichgewichtsbedingungen nach der Politikvariablen abgeleitet werden. Zur Bestimmung der Ableitung einer bestimmten endogenen Variable nach der Politikvariablen wird die zur endogenen Variablen gehoerende Spalte in der Matrix **A** durch den Vektor **b** ersetzt. Die entsprechende Ableitung erhaelt man durch Bildung der Determinante der entstehenden Matrix und durch die Division dieser Determinante durch die Jacobi Determinante, also die Determinante von **matrixA**. Dabei muss dieser Term noch mit (-1) multipliziert werden, da oben der Vektor (-1) **b** abgeleitet wurde. Zur Bestimmung der Determinanten wird eine einheitliche Prozedur verwendet, die unten naeher beschrieben wird.

Der Vektor der Ableitungen der endogenen Variablen nach der Politikvariablen

Die entsprechenden Ableitungen des Vektors **x** werden kurz mit **dna**, etc. bezeichnet.

```
endogeneVariable={dna,dni,dwi,dea,dei}
```

```
{dna, dni, dwi, dea, dei}
```

Ableitung von matrixA

Nullsetzen der Politikvariablen:

```
z=0;
r=0;
i=0;
t=0;
s=0;
u=0;
```

Ableitung der Gleichgewichtsbedingungen nach den endogenen Variablen und Darstellung dieser Ableitungen als Matrix

```
neu={{D[nullprofitI,na],D[nullprofitI,ni],
 D[nullprofitI,wi],D[nullprofitI,ea],
  D[nullprofitI,ei]},
 {D[nullprofitA,na],D[nullprofitA,ni],
  D[nullprofitA,wi],D[nullprofitA,ea],
  D[nullprofitA,ei]},
 {D[glgfocI,na],D[glgfocI,ni],D[glgfocI,wi],
  D[glgfocI,ea],D[glgfocI,ei]},
 {D[glgfocA,na],D[glgfocA,ni],D[glgfocA,wi],
  D[glgfocA,ea],D[glgfocA,ei]},
 {D[glgArbeitsnachfrageA,na],
  D[glgArbeitsnachfrageA,ni],
  D[glgArbeitsnachfrageA,wi],
  D[glgArbeitsnachfrageA,ea],
  D[glgArbeitsnachfrageA,ei]}};
```

Verwendung von Eigenschaften des Freihandelsgleichgewichtes: **ea=ei=eglg** (e im Gleichgewicht), **wi=wa**

```
%/.{ea->eglg,ei->eglg,wi->1};
neu=Simplify[%]
```

Dieses hier mit neu bezeichnete Ergebnis ist die gesuchte Matrix **A**, diese Matrix wurde nun noch durch die Einfuehrung der neuen Variablen kostenglg und inbesondere durch die Verwendung von HoldForm vereinfacht. HoldForm dient hier vor allem dazu bei der Berechnung der Determinanten dieser Matrix ein Ausmultiplizieren von Termen wie (1-a) zu verhindern. Daneben wurde die ganze Matrix mit (na+ni)^2 multipliziert; dies muss spaeter auch mit den Ableitungen der Gleichgewichtsbedingungen nach der Politikvariablen gemacht werden.

```
matrixA={{-((kostenglg*HoldForm[1 - a])/a),
  -((kostenglg*HoldForm[1 - a])/a),
  -(eglg*HoldForm[na + ni]^2) +
   HoldForm[1 - g]*(-(a*na*HoldForm[la + li]) +
```

```
      li*HoldForm[1 - a]*HoldForm[na + ni]),
  (kostenglg*na*Derivative[1][c][eglg])/c[eglg],
  -((c[eglg]*HoldForm[na + ni]^2 +
   kostenglg*na*Derivative[1][c][eglg])/c[eglg])},
 {-((kostenglg*HoldForm[1 - a])/a),
  -((kostenglg*HoldForm[1 - a])/a),
  HoldForm[1 - g]*HoldForm[HoldForm[1 - a]*li*na +
   (a*la+li)*ni], -((c[eglg]*HoldForm[na + ni]^2 +
     kostenglg*ni*Derivative[1][c][eglg])/c[eglg]),
  (kostenglg*ni*Derivative[1][c][eglg])/c[eglg]},
 {(kostenglg*Derivative[1][c][eglg])/c[eglg],
  (kostenglg*Derivative[1][c][eglg])/c[eglg],
  -((HoldForm[1 - a]*HoldForm[na + ni]^2 +
     (a*HoldForm[1 - g]*
    HoldForm[li*(na + ni)*HoldForm[1 - a] -
      a*na*HoldForm[la+li]]*Derivative[1][c][eglg]
           )/c[eglg])/HoldForm[1 - a]),
  -((a*kostenglg*na*Derivative[1][c][eglg]^2)/
     (c[eglg]^2*HoldForm[1 - a])),
  -((kostenglg*((-na - ni*HoldForm[1 - a])*
          Derivative[1][c][eglg]^2 +
         c[eglg]*HoldForm[1 - a]*HoldForm[na + ni]*
          Derivative[2][c][eglg]))/
     (c[eglg]^2*HoldForm[1 - a]))},
 {(kostenglg*Derivative[1][c][eglg])/c[eglg],
  (kostenglg*Derivative[1][c][eglg])/c[eglg],
  -((a*HoldForm[1-g]*HoldForm[HoldForm[1-a]*li*na +
  (a*la + li)*ni]*
   Derivative[1][c][eglg])/(c[eglg]*HoldForm[1-a]))
   , -((a*HoldForm[1 - g]*HoldForm[la + li]*
      ((-ni - na*HoldForm[1 - a])*
          Derivative[1][c][eglg]^2 +
         c[eglg]*HoldForm[1 - a]*HoldForm[na + ni]*
          Derivative[2][c][eglg]))/
     (c[eglg]^2*HoldForm[1 - a])),
  -((a*kostenglg*ni*Derivative[1][c][eglg]^2)/
     (c[eglg]^2*HoldForm[1 - a]))},
 {kostenglg*ni + eglg*HoldForm[na + ni]^2,
  -(kostenglg*na), (a*na*HoldForm[1 - g]*
    HoldForm[HoldForm[1-a]*li*na+(a*la+li)*ni])/
   HoldForm[1 - a], -((na*
      (-(c[eglg]*HoldForm[1-a]*HoldForm[na+ni]^2) +
         a*kostenglg*ni*Derivative[1][c][eglg]))/
      (c[eglg]*HoldForm[1 - a])),
   (a*kostenglg*na*ni*Derivative[1][c][eglg])/
    (c[eglg]*HoldForm[1 - a])}}
```

Demonstration, dass **matrixA** mit der oben beschriebenen Einschraenkung mit der Matrix neu uebereinstimmt. Dabei werden die Definitionen der neuen Variablen wieder eingesetzt.

```
%/.kostenglg->a(la+li)HoldForm[1-g];
ReleaseHold[%];
ReleaseHold[%];
%/(na+ni)^2;
ExpandAll[%]-ExpandAll[neu];
Simplify[%]
```

```
{{0, 0, 0, 0, 0}, {0, 0, 0, 0, 0}, {0, 0, 0, 0, 0},
  {0, 0, 0, 0, 0}, {0, 0, 0, 0, 0}}
```

■ Ableitung des Vektors (-1)b: die Ableitung der Gleichgewichtsbedingungen nach der jeweiligen Politikvariablen hier dargestellt am Beispiel eines Zolles

Das Ergebnis, der gesuchte Vektor, findet sich wieder im Kasten. Die uebrigen Ausfuehrungen in diesem Abschnitt demonstrieren am Beispiel eines Zolles, wie die komparativ statischen Ergebnisse abgeleitet werden. Dabei wird zuerst die Nullsetzung von **t** und **i** rueckgaengig gemacht und t danach als Politikvariable definiert.

```
t=.;
i=.;
politikVariable=t;
```

Zunaechst wird die Befehlsfolge dargestellt, mit der der Vektor (-1) **b** abgeleitet wird. Spaeter wird diese Prozedur als allgemeine Routine definiert, wie sie auch bei allen uebrigen Politikvariablen verwendet wird.
Fogende Schritte werden dabei durchgefuehrt:
- Bestimmung des Wertes von **i** in Abhaengigkeit vom Wahlparameter des Staates
als Folge eines ausgeglichenen Staatshaushaltes und Einsetzen dieses Ausdrucks
- Ableitung der Gleichgewichtsbedingungen nach der Politikvariablen und Verwendung verschiedener Bedingungen des integrierten Gleichgewichts.
- Definition des Vektors (-1) **b**, hier mit exogeneVariable bezeichnet. Dabei wurde mit (na+ni)^2 multipliziert, da auch alle Elemente von **matrixA** damit multipliziert wurden!

```
Simplify[glgbudgetdefizit];
Solve[%==0,i];
i=i/.%[[1]]

D[nullprofitI,politikVariable];
%/.{politikVariable->0,ea->eglg,ei->eglg,wi->1};
s1=Simplify[%]

D[nullprofitA,politikVariable];
%/.{politikVariable->0,ea->eglg,ei->eglg,wi->1};
s2=Simplify[%]

D[glgfocI,politikVariable];
%/.{politikVariable->0,ea->eglg,ei->eglg,wi->1};
s3=Simplify[%]

D[glgfocA,politikVariable];
%/.{politikVariable->0,ea->eglg,ei->eglg,wi->1};
s4=Simplify[%]

D[glgArbeitsnachfrageA,politikVariable];
%/.{politikVariable->0,ea->eglg,ei->eglg,wi->1};
s5=Simplify[%]

exogeneVariable={s1,s2,s3,s4,s5} (na+ni)^2
```

Dieser Vektor wird wieder durch Verwendung von HoldForm leicht veraendert

```
exogeneVariable=%/.{(1-a)->HoldForm[1-a],
(-1+a)->(-HoldForm[1-a]),(1-g)->HoldForm[1-g],
(-1+g)->(-HoldForm[1-g]),(la+li)\
->HoldForm[la+li],(na+ni)->HoldForm[na+ni],
-na-ni->(-HoldForm[na+ni])}
```

```
{li na (1 - g) (a g + 1 - g),
  -(li (g na - a g na + ni) (1 - g)),
  -(a li na (1 - g) (a g + 1 - g) c'[eglg] / (c[eglg] (1 - a))),
  a li (g na - a g na + ni) (1 - g) c'[eglg] / (c[eglg] (1 - a)),
  -(a li na (g na - a g na + ni) (1 - g) / (1 - a))}
```

Die zur Ableitung der exogenen Variablen verwendeten Befehle werden nun in der Prozedur **algExogeneVariable** zusammengefasst. Dabei muessen vorher die Definitionen der Politikvariablen rueckgaengig gemacht werden.

```
politikVariable=.;i=.;z=.;r=.;t=.;s=.;u=.

algExogeneVariable[politikVariable_]:=
algExogeneVariable[politikVariable]=
Block[{z,r,t,s,u,budget,iAlsFunktion,i,s1,s2,s3,
s4,s5,loesungExVar},
z=If[politikVariable=!=z,0,z];
r=If[politikVariable=!=r,0,r];
t=If[politikVariable=!=t,0,t];
s=If[politikVariable=!=s,0,s];
u=If[politikVariable=!=u,0,u];
budget=Simplify[glgbudgetdefizit];
iAlsFunktion=Solve[budget==0,i];
i=i/.iAlsFunktion[[1]];
s1=D[nullprofitI,politikVariable];
s1=s1/.{politikVariable->0,ea->eglg,
  ei->eglg,wi->1};
s1=Simplify[s1];
s2=D[nullprofitA,politikVariable];
s2=s2/.{politikVariable->0,ea->eglg,
  ei->eglg,wi->1};
s2=Simplify[s2];
s3=D[glgfocI,politikVariable];
s3=s3/.{politikVariable->0,ea->eglg,
  ei->eglg,wi->1};
s3=Simplify[s3];
s4=D[glgfocA,politikVariable];
s4=s4/.{politikVariable->0,ea->eglg,
  ei->eglg,wi->1};
s4=Simplify[s4];
s5=D[glgArbeitsnachfrageA,politikVariable];
s5=s5/.{politikVariable->0,ea->eglg,
  ei->eglg,wi->1};
s5=Simplify[s5];
loesungExVar={s1,s2,s3,s4,s5} (na+ni)^2;
loesungExVar/.{(1-a)->HoldForm[1-a],(-1+a)->\
  (-HoldForm[1-a]),(1-g)->HoldForm[1-g],
  (-1+g)->(-HoldForm[1-g]),(la+li)\
  ->HoldForm[la+li],(na+ni)->HoldForm[na+ni],
  -na-ni->(-HoldForm[na+ni])}]
```

Diese Prozedur bestimmt denVektor (-1) **b** in Abhaengigkeit von der jeweiligen Politikvariablen, die anderen Politikvariablen werden, mit Ausnahme von **i**, gleich Null gesetzt. Die verwendete doppelte Definition bewirkt, dass einmal bestimmte Ausdruecke gespeichert und nicht jedesmal neu berechnet werden. Im naechsten Schritt wird gezeigt, dass diese Prozedur zum gleichen Ergebnis fuehrt, wie die oben verwendete Befehlsfolge.

```
algExogeneVariable[t]
```

$$\left\{li\ na\ (1-g)\ (a\ g+1-g),\ -(li\ (g\ na-a\ g\ na+ni)\ (1-g)),\ -\left(\frac{a\ li\ na\ (1-g)\ (a\ g+1-g)\ c'[eglg]}{c[eglg]\ (1-a)}\right),\ \frac{a\ li\ (g\ na-a\ g\ na+ni)\ (1-g)\ c'[eglg]}{c[eglg]\ (1-a)},\ -\left(\frac{a\ li\ na\ (g\ na-a\ g\ na+ni)\ (1-g)}{1-a}\right)\right\}$$

```
algExogeneVariable[t]-exogeneVariable
```

$$\{0,\ 0,\ 0,\ 0,\ 0\}$$

Laden eines Zusatzpaketes zur Vereinfachung von Polynomen

```
<<"~/math.notebooks/polymv.m"
```

■ Bestimmung der Ableitung der endogenen Variablen nach der Politikvariablen (hier: der Zollsatz) unter Verwendung der Cramerschen Regel

□ Die Veraenderung von na, der Firmenzahl im Ausland

Hier werden wieder zunaechst die einzelnen Schritte dargestellt und dann am Ende des naechsten Abschnitts zu einer einzigen Prozedur zusammengefasst. Die Zwischenergebnisse, d.h. die jeweiligen Determinanten, die in der Cramerschen Regel benoetigt werden und die Endergebnisse, also der entsprechende Quotient, sind fuer diese und die folgenden endogenen Variablen wieder eingerahmt.

Die Definition der endogenen Variablen, deren Veraenderung bestimmt werden soll; geschieht hier durch Bestimung der Position im Vektor **endogeneVariable** .

```
posEndVar=1;
```

Ersetzen der betreffenden Spalte von matrixA durch denVektor exogeneVariable und Umwandlung der Funktion c[e] und ihrer Ableitung in "gewoehnliche" Variable

```
matrixEndogen=matrixA;
Do[matrixEndogen=ReplacePart[matrixEndogen,
    exogeneVariable[[i]],{i,posEndVar}],{i,1,5}];
matrixEndogenPol=matrixEndogen/.{c[eglg]->cEglg,
    c'[eglg]->cStrEglg,c''[eglg]->c2StrEglg}
```

Bildung der Determinanten

```
DetFactored[matrixEndogenPol];
SeparateTerms[{%}];
```

Multiplikation mit cEglg^4 HoldForm[1-a]^2;man hat nun keine Brueche mehr, die Ausdruecke sind leichter zu vereinfachen. Dieser Schritt muss spaeter wieder rueckgaengig gemacht werden.

```
% cEglg^4 HoldForm[1-a]^2;
detmatrixEndogen=ReleaseHold[ReleaseHold[%/.\
kostenglg->a(la+li)HoldForm[1-g]]];
```

Verwendung von diversen Beziehungen aus dem integrierten Gleichgewicht

```
%/.{eglg-> (1-a)(1-g)(la+li)/(na+ni),
    cEglg->(- cStrEglg a (1-g) (la+li)/(na+ni))};
%/.la->li na/ni;
```

Weitere Vereinfachungen

```
GatherTerms[%];
Collect[%[[1]],cStrEglg];
SeparateTerms[{%}];
Table[Simplify[%[[i]]],{i,1,Length[%]}];
```

Zwischenergebnis:

```
{endogeneVariable[[posEndVar]],InputForm[%]}
```

```
{dna, {0}}
```

Die Determinante hat den Wert 0, damit veraendert sich **na** nicht bei einer Zolleinfuehrung. Die Bestimmung der Determinanten der **matrixA** wird noch aufgeschoben bis zur naechsten komparativen Statik.

☐ Die Veraenderung von ni, der Firmenzahl im Inland

```
posEndVar=2;

matrixEndogen=matrixA;
Do[matrixEndogen=ReplacePart[matrixEndogen,
    exogeneVariable[[i]],{i,posEndVar}],{i,1,5}];
matrixEndogenPol=matrixEndogen/.{c[eglg]->cEglg,
    c'[eglg]->cStrEglg,c''[eglg]->c2StrEglg}
DetFactored[matrixEndogenPol];
SeparateTerms[{%}];
% cEglg^4 HoldForm[1-a]^2;
detmatrixEndogen=ReleaseHold[ReleaseHold[%/.\
    kostenglg->a(la+li)HoldForm[1-g]]];
%/.{eglg-> (1-a)(1-g)(la+li)/(na+ni),
    cEglg->(- cStrEglg a (1-g) (la+li)/(na+ni))};
%/.la->li na/ni;
GatherTerms[%];
Collect[%[[1]],cStrEglg];
SeparateTerms[{%}];
Table[Simplify[%[[i]]],{i,1,Length[%]}]
```

Wieder einfuegen von cEglg ueber FOC

```
%/.{%[[1]]->%[[1]]/(- cStrEglg a (1-g) (la+li)/
    (cEglg(na+ni)))^2,%[[2]]->%[[2]]/
    (- cStrEglg a (1-g) (la+li)/(cEglg(na+ni))) }
```

$$\{((-1 + a)^3\ a^2\ cEglg^2\ c2StrEglg^2\ (-1 + g)^7\ g\ li^7\ na\ (na + ni)^{10}) / ((1 - g)^2\ (la + li)^2\ ni^6),$$
$$(-2\ (-1 + a)^2\ a^2\ cEglg\ cStrEglg^2\ c2StrEglg\ (-1 + g)^6\ g\ li^6\ na\ (na + ni)^9) / ((1 - g)\ (la + li)\ ni^5),$$
$$((-1 + a)\ a^2\ cStrEglg^4\ (-1 + g)^5\ g\ li^5\ na\ (na + ni)^8) / ni^4\}$$

Wieder Einfuegen von la durch Verwendung von la+li= li (na+ni)/ni

```
% ((la+li)/(li(na+ni)/ni))^5 (* mit 1 erweitern *)
%/.{%[[1]]->%[[1]] ((la+li)/(li(na+ni)/ni)),
    %[[3]]->%[[3]]/((la+li)/(li(na+ni)/ni))}
Simplify[%]
```

```
GatherTerms[%][[1]]
Factor[%]
```

```
(-1 + a) a^2 cStrEglg^4 (-1 + g)^5 g li (la + li)^4 na
   (na + ni)^4 + 2 (-1 + a)^2 a^2 cEglg cStrEglg^2
   c2StrEglg (-1 + g)^5 g li (la + li)^4 na (na + ni)^4
    + (-1 + a)^3 a^2 cEglg^2 c2StrEglg^2 (-1 + g)^5 g li
   (la + li)^4 na (na + ni)^4

(-1 + a) a^2 Power[cStrEglg^2 - cEglg c2StrEglg +
    a cEglg c2StrEglg, 2] (-1 + g)^5 g li (la + li)^4
  na (na + ni)^4
```

Division durch den Term, mit dem oben multipliziert wurde:
cEglg^4 HoldForm[1-a]^2 entspricht c[eglg]^4 (1-a)^2

```
%/(cEglg^4 (1-a)^2)
%/.{cEglg->c[eglg],cStrEglg->c'[eglg],
    c2StrEglg->c''[eglg]}
```

```
((-1 + a) a^2 Power[cStrEglg^2 - cEglg c2StrEglg +
      a cEglg c2StrEglg, 2] (-1 + g)^5 g li
    (la + li)^4 na (na + ni)^4) / ((1 - a)^2 cEglg^4)

((-1 + a) a^2 (-1 + g)^5 g li (la + li)^4 na
    (na + ni)^4 Power[c'[eglg]^2 -
      c[eglg] c''[eglg] + a c[eglg] c''[eglg], 2]) \
   / ((1 - a)^2 c[eglg]^4)
```

Dieser Term stellt die gesuchte Determinante dar, er wird mit loesungDetDni bezeichnet!

```
loesungDetDni=%
```

```
((-1 + a) a^2 (-1 + g)^5 g li (la + li)^4 na
    (na + ni)^4 Power[c'[eglg]^2 -
      c[eglg] c''[eglg] + a c[eglg] c''[eglg], 2]) \
   / ((1 - a)^2 c[eglg]^4)
```

Zur Bestimmung der Ableitung ist nun noch die Determinante von **matrixA** zu bestimmen. Dies geschieht mit Hilfe derselben Prozedur.

```
matrixEndogen=matrixA;
matrixEndogenPol=matrixEndogen/.{c[eglg]->cEglg,
    c'[eglg]->cStrEglg,c''[eglg]->c2StrEglg};
DetFactored[matrixEndogenPol];
SeparateTerms[{%}];
% cEglg^4 HoldForm[1-a]^2;
detmatrixEndogen=ReleaseHold[ReleaseHold[%/.\
    kostenglg->a(la+li)HoldForm[1-g]]];
%/.{eglg-> (1-a)(1-g)(la+li)/(na+ni),
    cEglg->(- cStrEglg a (1-g) (la+li)/(na+ni))};
%/.la->li na/ni;
GatherTerms[%];
Collect[%[[1]],cStrEglg];
SeparateTerms[{%}];
Table[Simplify[%[[i]]],{i,1,Length[%]}];
%/.{%[[1]]->%[[1]]/(- cStrEglg a (1-g) (la+li)/
  (cEglg(na+ni)))^2,%[[2]]->%[[2]]/(- cStrEglg a*
    (1-g) (la+li)/(cEglg(na+ni))) };
% ((la+li)/(li(na+ni)/ni))^5;
%/.{%[[1]]->%[[1]] ((la+li)/(li(na+ni)/ni)),
    %[[3]]->%[[3]]/((la+li)/(li(na+ni)/ni))};
Simplify[%];
GatherTerms[%][[1]];
Factor[%];
%/(cEglg^4 (1-a)^2);
%/.{cEglg->c[eglg],cStrEglg->c'[eglg],
  c2StrEglg->c''[eglg]};
Simplify[%]
```

```
(a^2 (-1 + g)^5 li (la + li)^4 (na + ni)^5
    Power[c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
      a c[eglg] c''[eglg], 2]) /
  ((-1 + a) ni c[eglg]^4)
```

```
loesungDetmatrixA=%
```

```
(a^2 (-1 + g)^5 li (la + li)^4 (na + ni)^5
    Power[c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
      a c[eglg] c''[eglg], 2]) /
  ((-1 + a) ni c[eglg]^4)
```

Dieser Term ist die Determinante von **matrixA**, also der Term, der bei der Bestimmung aller komparativ-statischen Effekte im Nenner auftritt.

Es ist offensichtlich, dass das Vorzeichen dieser Determinante durch den Klammerterm mit den ersten und zweiten Ableitungen determiniert wird. Aus Annahme 4.4', die die Gueltigkeit der Bedingungen zweiter Ordnung sicherstellt, ergibt sich, dass dieser Term strikt negativ sein muss, also sicher ungleich 0 ist!

Den gesuchten komparativ statischen Effekt erhaelt man nun aus folgendem Quotienten:

```
- loesungDetDni/loesungDetmatrixA
```

$$-\left(\frac{(-1 + a)^2\ g\ na\ ni}{(1 - a)^2\ (na + ni)}\right)$$

```
Simplify[%];
```

```
loesungDni=%
```

$$-\left(\frac{g\ na\ ni}{na + ni}\right)$$

```
{endogeneVariable[[posEndVar]],InputForm[%]}
```

```
{dni, -((g*na*ni)/(na + ni))}
```

Bei der Bestimmung dieser Loesungen wurde deutlich, dass die Verwendung der gleichen Vereinfachungsschritte zum erwuenschten Ergebnis fuehrt. Deshalb wird diese Befehlsfolge nun als Prozedur **algAbleitEndogene** definiert, die als Resultat bereits das Endergebnis liefert. Dabei muss vorher die Definition von posEndVar rueckgaengig gemacht werden.

```
posEndVar=.

algAbleitEndogene[politikVariable_,posEndVar_]:=
algAbleitEndogene[politikVariable,posEndVar]=
Module[{matrix,determinante,loesungDet},
matrix=matrixA;
Do[matrix=ReplacePart[matrix,algExogeneVariable[
    politikVariable][[i]],
    {i,posEndVar}],{i,1,5}];
matrix=matrix/.{c[eglg]->cEglg,c'[eglg]->cStrEglg,
    c''[eglg]->c2StrEglg};
determinante=DetFactored[matrix];
determinante=SeparateTerms[{determinante}];
determinante=determinante cEglg^4 HoldForm[1-a]^2;
determinante=ReleaseHold[ReleaseHold[
 determinante/.kostenglg->a(la+li)HoldForm[1-g]]];
determinante=determinante/.\
    {eglg->(1-a)(1-g)(la+li)/(na+ni),
    cEglg->(- cStrEglg a (1-g) (la+li)/(na+ni))};
determinante=determinante/.la->li na/ni;
determinante=GatherTerms[determinante];
determinante=Collect[determinante[[1]],cStrEglg];
determinante=SeparateTerms[{determinante}];
determinante=Table[Simplify[determinante[[i]],
    {i,1,Length[determinante]}];
determinante=determinante/.{determinante[[1]]->\
    determinante[[1]]/
    (- cStrEglg a (1-g) (la+li)/(cEglg(na+ni)))^2,
    determinante[[2]]->determinante[[2]]/
    (- cStrEglg a (1-g)*(la+li)/(cEglg(na+ni)))};
determinante=determinante*
    ((la+li)/(li(na+ni)/ni))^5;
determinante=determinante/.{determinante[[1]]->
  determinante[[1]] ((la+li)/(li(na+ni)/ni)),
    determinante[[3]]->determinante[[3]]/
    ((la+li)/(li(na+ni)/ni))};
determinante=Simplify[determinante];
determinante=GatherTerms[determinante][[1]];
determinante=Factor[determinante];
determinante=determinante/(cEglg^4 (1-a)^2);
determinante=determinante/.{cEglg->c[eglg],
    cStrEglg->c'[eglg],c2StrEglg->c''[eglg]};
determinante=Simplify[determinante];
loesungDet=- determinante/loesungDetmatrixA;
Simplify[loesungDet]]
```

algAbleitEndogene[t,2]

$$-\left(\frac{g\ na\ ni}{na + ni}\right)$$

☐ **Die Veraenderung von wi, dem Lohnsatz im Inland**

algAbleitEndogene[t,3]

$$\boxed{\frac{ni}{na + ni}}$$

☐ **Die Veraenderung von ea, den F&E Arbeitsanstrengungen im Ausland**

algAbleitEndogene[t,4]

```
Part::partw: Part 2 of {0} does not exist.

Part::partw: Part 2 of {0} does not exist.

Part::partw: Part 3 of {0} does not exist.

General::stop:
   Further output of Part::partw
     will be suppressed during this calculation.
```

$$\boxed{0}$$

☐ **Die Veraenderung von ei, den F&E Arbeitsanstrengungen im Inland**

algAbleitEndogene[t,5]

$$\boxed{0}$$

Wohlfahrtsanalyse, dargestellt am Beispiel des Zolles

Ich fuehre nun die Wohlfahrtsanalyse fuer den Zoll durch. Als Wohlfahrtskriterium wird die indirekte Nutzenfunktion verwendet, die nun abgeleitet wird. Zu dieser Ableitung sei angemerkt, dass in diesem Fall die Verwendung von Bleistift und Papier - bei meinen Kenntnissen von Mathematica - schneller zum Ziel fuehrt. Das Problem liegt darin, die Ergebnisse geeignet umzuformen. Der Vollstaendigkeit halber wird trotzdem die Ableitung mittels Mathematica dargestellt.

Die (logarithmierte) indirekte Nutzenfunktion des Inlands (nutzenI siehe Kasten)

```
nutzenfunktionVI=yi^g (Integrate[HoldForm[xii]^a,ni]+
Integrate[HoldForm[xia]^a,na])^((1/a)(1-g))
```

$$(g\ (1 + i)\ li)^g\ (na\ xia^a + ni\ xii^a)^{(1 - g)/a}$$

```
PowerExpand[%];
ReleaseHold[%];
%/.{pici->HoldForm[pici],pica->HoldForm[pica]};
PowerExpand[%];
Simplify[%]
neu=ReleaseHold[%]/.ReleaseHold[pI]->pI
```

```
g^g (1 + i)^g li^g Power[((1 - g)^a (1 + i)^a li^a wi^a
      (na pica^(a/(-1 + a)) + ni pici^(a/(-1 + a)))) /
    (ni pici^(a/(a - 1)) + na pica^(a/(a - 1)))^a,
   (1 - g)/a]
```

```
g^g (1 + i)^g li^g Power[(1 - g)^a (1 + i)^a li^a wi^a
    (ni pici^(a/(a - 1)) + na pica^(a/(a - 1)))^(1 - a),
   (1 - g)/a]
```

Dieser Ausdruck muss noch logarithmiert werden. Zur weiteren Vereinfachung des Ausdrucks werden die fuer den Log ueblichen Regeln definiert und im naechsten Schritt solange angewendet, bis alle derartigen Muster transformiert sind.

```
log={Log[varU_^varV_]->varV Log[varU],
    Log[varU_ varV_]->Log[varU]+Log[varV]}
```

```
Log[neu]//.log
```

```
g Log[g] + g Log[1 + i] + g Log[li] +
  ((1 - g) (a Log[1 - g] + a Log[1 + i] +
       a Log[li] + a Log[wi] +
                          a/(a - 1)
       (1 - a) Log[ni pici          +
                  a/(a - 1)
          na pica          ])) / a
```

```
Apart[%];

ReleaseHold[%];

nutzenI=%
```

```
Log[1 - g] - g Log[1 - g] + g Log[g] + Log[1 + i] +
  Log[li] + Log[wi] - g Log[wi] +
  ((-1 + a) (-1 + g)
               (1 + t) c[ea]  a/(-1 + a)
     Log[na (--------------)            +
                   a
             wi (1 - z) c[ei]  a/(-1 + a)
       ni (-----------------)            ]) / a
                  a
```

Die indirekte Nutzenfunktion fuer das Ausland (nutzenA siehe Kasten)

```
nutzenfunktionVA=ya^g (Integrate[HoldForm[xai]^a,
  ni]+Integrate[HoldForm[xaa]^a,na])^((1/a)(1-g))
```

```
      g          a        a (1 - g)/a
(g la)  (na xaa  + ni xai )
```

```
PowerExpand[%];
ReleaseHold[%];
%/.{paci->HoldForm[paci],paca->HoldForm[paca]};
PowerExpand[%];
Simplify[%];
neu=ReleaseHold[%]/.ReleaseHold[pA]->pA
```

```
 g   g              a   a
g  la  Power[(1 - g)  la
              a/(a - 1)          a/(a - 1) 1 - a
     (ni paci          + na paca          )     ,
    (1 - g)/a]
```

```
Log[neu]//.log
```

$$g\,\mathrm{Log}[g] + g\,\mathrm{Log}[la] + \left((1-g)\left(a\,\mathrm{Log}[1-g] + a\,\mathrm{Log}[la] + (1-a)\,\mathrm{Log}\left[ni\;paci^{a/(a-1)} + na\;paca^{a/(a-1)}\right]\right)\right)/a$$

```
Apart[%];
ReleaseHold[%];
nutzenA=%
```

$$\boxed{\mathrm{Log}[1-g] - g\,\mathrm{Log}[1-g] + g\,\mathrm{Log}[g] + \mathrm{Log}[la] + \left((-1+a)\,(-1+g)\,\mathrm{Log}\left[na\left(\frac{c[ea]}{a}\right)^{a/(-1+a)} + ni\left(\frac{(1-s)\,wi\,(1-z)\,c[ei]}{a}\right)^{a/(-1+a)}\right]\right)/a}$$

Die Bestimmung der Wohlfahrtsaenderung

Die jeweilige indirekte Nutzenfunktion wird nun nach der Politikvariablen abgeleitet, wobei die funktionalen Beziehungen zwischen **i**, **ni** bzw. **wi** und der Politikvariablen beruecksichtigt werden. Die Nutzenaenderungen fuer das In- bzw. Ausland finden sich in den naechsten beiden Kaesten.
Bezueglich des Programms ist anzumerken: Da das verwendete Kommando **Dt** alle Variablen nach der Politikvariablen differenziert, werden bestimmte Variable darunter die endogenen des Auslands explizit mit dem Attribut "konstant" belegt. Dabei wurde vorweggenommen, dass ea und na bei allen Politiken konstant bleiben, wobei dieses Ergebnis fuer jede Politik natuerlich noch gezeigt wird.

```
SetAttributes[{a,g,la,li},Constant]
SetAttributes[{ea,na},Constant]
```

```
utiI[politikVariable_]:=Block[
{z,r,t,s,u,dU,neu,neu3,budget,iAlsFunktion,i},
z=If[politikVariable=!=z,0,z];
r=If[politikVariable=!=r,0,r];
t=If[politikVariable=!=t,0,t];
s=If[politikVariable=!=s,0,s];
u=If[politikVariable=!=u,0,u];
budget=Simplify[glgbudgetdefizit];
iAlsFunktion=Solve[budget==0,i];
i=i/.iAlsFunktion[[1]];
dU=Dt[nutzenI,politikVariable];
dU=dU/.{Dt[wi,politikVariable]->algAbleitEndogene[
  politikVariable,3],Dt[ni,politikVariable]->\
  algAbleitEndogene[politikVariable,2],
  Dt[ei,politikVariable]->algAbleitEndogene[
   politikVariable,5]};
neu=dU/.{politikVariable->0,ea->eglg,ei->eglg,
  wi->1};
neu=neu/.neu[[2]]->Simplify[neu[[2]]];
neu3=neu[[3]];
neu3=Simplify[PowerExpand[neu3]];
neu=neu/.neu[[3]]->neu3]
```

```
utiI[t]
```

$$\frac{(1-g)\ na}{na+ni}+\frac{ni}{na+ni}-\frac{g\ ni}{na+ni}+\Bigg(((-1+a)\ (-1+g)\ \Bigg(-\Bigg(\frac{g\ na\ ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}}{na+ni}\Bigg)+\frac{na\ c[eglg]\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{-1+a/(-1+a)}}{-1+a}+\frac{ni^2\ c[eglg]\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{-1+a/(-1+a)}}{(-1+a)\ (na+ni)}\Bigg)\Bigg)\Bigg/\Bigg(a\ \Bigg(na\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}+ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}\Bigg)\Bigg)$$

```
Simplify[%]
```

$$\boxed{\frac{(1-g)\ (a-g+a\ g)\ na\ ni}{a\ (na+ni)^2}}$$

Dieser Term gibt die Nutzenaenderung im Inland an; die im Text verwendete Loesung erhaelt man wieder, wenn man die Bedingung la/(la+li)=na/(na+ni) aus dem integrierten Gleichgewicht verwendet.

```
utiA[politikVariable_]:=Block[
{z,r,t,s,u,dU,neu,neu3,budget,iAlsFunktion,i},
z=If[politikVariable=!=z,0,z];
r=If[politikVariable=!=r,0,r];
t=If[politikVariable=!=t,0,t];
s=If[politikVariable=!=s,0,s];
u=If[politikVariable=!=u,0,u];
budget=Simplify[glgbudgetdefizit];
iAlsFunktion=Solve[budget==0,i];
i=i/.iAlsFunktion[[1]];
dU=Dt[nutzenA,politikVariable];
dU=dU/.{Dt[wi,politikVariable]->algAbleitEndogene[
    politikVariable,3],Dt[ni,politikVariable]->\
    algAbleitEndogene[politikVariable,2],
  Dt[ei,politikVariable]->algAbleitEndogene[
  politikVariable,5]};
neu=dU/.{politikVariable->0,ea->eglg,ei->eglg,
  wi->1}]
```

```
utiA[t]
```

$$\frac{(-1+a)\,(-1+g)\left(-\left(\dfrac{g\,na\,ni\,\left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}}{na+ni}\right)+\dfrac{ni^2\,c[eglg]\,\left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{-1+a/(-1+a)}}{(-1+a)\,(na+ni)}\right)}{a\left(na\left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}+ni\left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}\right)}$$

```
Simplify[%]
```

$$\boxed{\frac{(-1+g)\,ni\,(g\,na-a\,g\,na+a\,ni)}{a\,(na+ni)^2}}$$

Die Nutzenaenderung im Ausland ist immer negativ!

Analyse einer Exportsubvention s

Die Ableitungen der endogenen Variablen nach der Politikvariablen

algExogeneVariable[s]

$$\left\{-(la\ (-na - g\ ni + a\ g\ ni)\ (1 - g)),\ -(la\ ni\ (1 - g)\ (a\ g + 1 - g)),\ \frac{a\ la\ (-na - g\ ni + a\ g\ ni)\ (1 - g)\ c'[eglg]}{c[eglg]\ (1 - a)},\ \frac{a\ la\ ni\ (1 - g)\ (a\ g + 1 - g)\ c'[eglg]}{c[eglg]\ (1 - a)},\ -\left(\frac{a\ la\ na\ ni\ (1 - g)\ (a\ g + 1 - g)}{1 - a}\right)\right\}$$

Nach der Bestimmung des Vektors (-1)b fuer diese Politik wird mit Hilfe des oben definierten Algorithmus ueber die Cramer-Regel die Aenderung der endogenen Variablen abgeleitet. Dieser Vektor wird bei den spaeter behandelten Politken nicht mehr getrennt ausgewiesen, da er automatisch bei der Anwendung von **algAbleitEndogene** ausgewertet wird. In Klammern ist nochmal angegeben, welche Veraenderung jeweils bestimmt wurde.

algAbleitEndogene[s,1] (* dna *)

0

algAbleitEndogene[s,2] (* dni *)

$$\frac{g\ na\ ni}{na + ni}$$

algAbleitEndogene[s,3] (* dwi *)

$$\frac{na}{na + ni}$$

algAbleitEndogene[s,4] (* dea *)

0

algAbleitEndogene[s,5] (* dei *)

0

Wohlfahrtsanalyse

```
utiI[s]
```

$$\frac{na}{na+ni}-\frac{g\ na}{na+ni}+\frac{(-1+g)\ la\ ni}{li\ (na+ni)}+\Big((-1+a)\ (-1+g)\ \Big(\frac{g\ na\ ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}}{na+ni}+\frac{na\ ni\ c[eglg]\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{-1+a/(-1+a)}}{(-1+a)\ (na+ni)}\Big)\Big)\Big/\Big(a\ \Big(na\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}+ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}\Big)\Big)$$

```
%/.la->li na/ni; (* aus integr. Gleichgewicht *)
```

```
Simplify[%]
```

$$\boxed{\frac{(-1+g)\ (a-g+a\ g)\ na\ ni}{a\ (na+ni)^{2}}}$$

Dieser Term gibt die Nutzenaenderung im Inland infolge einer Exportsubvention an!

```
utiA[s]
```

$$\Big((-1+a)\ (-1+g)\ \Big(\frac{g\ na\ ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}}{na+ni}+\Big(a\ ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{-1+a/(-1+a)}\Big(-\left(\frac{c[eglg]}{a}\right)+\frac{na\ c[eglg]}{a\ (na+ni)}\Big)\Big)\Big/(-1+a)\Big)\Big)\Big/\Big(a\ \Big(na\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}+ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}\Big)\Big)$$

```
Simplify[%]
```

```
(-1 + g) ni (-(g na) + a g na - a ni)
-------------------------------------
                        2
          a (na + ni)
```

Im Ausland steigt die Wohlfahrt!

Analyse einer Outputsubvention z

Die Ableitungen der endogenen Variablen nach der Politikvariablen

```
algAbleitEndogene[z,1]   (* dna *)
```

```
0
```

```
algAbleitEndogene[z,2]   (* dni *)
```

```
g ni
```

```
algAbleitEndogene[z,3]   (* dwi *)
```

```
1
```

```
algAbleitEndogene[z,4]   (* dea *)
```

```
0
```

```
algAbleitEndogene[z,5]   (* dei *)
```

```
0
```

Wohlfahrtsanalyse

```
utiI[z]
```

$$1 - g + \frac{(-1 + g)\ (la + li)\ ni}{li\ (na + ni)} + \left((-1 + a)\ (-1 + g)\ g\ ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)}\right) \Big/ \left(a\ \left(na\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)} + ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)}\right)\right)$$

```
%/.%[[3]]->%[[3]] /((la+li)/(li(na+ni)/ni));
Simplify[%]
```

$$\boxed{\frac{(-1 + a)\ (-1 + g)\ g\ ni}{a\ na + a\ ni}}$$

Dieser Term gibt die Nutzenaenderung infolge einer Outputsubvention an!
Wie die folgende Berechnung zeigt, ist diese im In-und Ausland gleich hoch.

```
utiA[z]
```

$$\left((-1 + a)\ (-1 + g)\ g\ ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)}\right) \Big/ \left(a\ \left(na\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)} + ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)}\right)\right)$$

```
Simplify[%]
```

$$\boxed{\frac{(-1 + a)\ (-1 + g)\ g\ ni}{a\ na + a\ ni}}$$

Analyse einer F&E Subvention r

Die Ableitungen der endogenen Variablen nach der Politikvariablen

```
algAbleitEndogene[r,1]   (* dna *)
```

0

```
algAbleitEndogene[r,2]
```

$$\frac{ni}{1 - a}$$

Dieses Resultat ist bedauerlicherweise falsch! Man stellt dies fest, wenn man ueberprueft, ob der bestimmte Loesungsvektor tatsaechlich das Gleichungsystem loest. Dies ist hier nicht der Fall. Daneben ist auch die aufgrund des Walras-Gesetzes unterdrueckte Gleichgewichtsbedingung fuer das Inland nicht erfuellt. Diese Konsistenzbedingungen wurden von mir ueberprueft und sind auf Anfrage erhaeltlich. Das beschriebene Problem tritt nur bei der Berechnung dieser speziellen Ableitung auf. Im folgenden wird das richtige Ergebnis abgeleitet, wobei gleichzeitig demonstriert wird, in welchem Schritt des Loesungsalgorithmus der Fehler auftritt. Zu diesem Zweck wird wieder auf die anfangs verwendete Vorgehensweise zurueckgegriffen, wobei einige Variable definiert werden muessen.

```
z=0;s=0;t=0;u=0;i=.;r=.; politikVariable=r;
```

```
exogeneVariable=algExogeneVariable[r]
```

$$\{eglg\ (na + a\ ni + g\ ni - a\ g\ ni)\ (na + ni),\ -(eglg\ ni\ (1 - a)\ (1 - g)\ (na + ni)),\ (na + ni)^2\ \left(1 + \frac{a\ eglg\ ni\ (1 - g)\ c'[eglg]}{c[eglg]\ (na + ni)}\right),\ \frac{a\ eglg\ ni\ (1 - g)\ (na + ni)\ c'[eglg]}{c[eglg]},\ -(a\ eglg\ na\ ni\ (1 - g)\ (na + ni))\}$$

```
posEndVar=2;
```

Nun wird die Befehlsfolge bis zu dem Schritt abgearbeitet, nach dem der Fehler auftritt. Das Ergebnis wird als zwischenresultat definiert.

```
matrixEndogen=matrixA;
Do[matrixEndogen=ReplacePart[matrixEndogen,
  exogeneVariable[[i]],{i,posEndVar}],{i,1,5}];
matrixEndogenPol=matrixEndogen/.{c[eglg]->cEglg,
  c'[eglg]->cStrEglg,c''[eglg]->c2StrEglg};
DetFactored[matrixEndogenPol];
SeparateTerms[{%}];
% cEglg^4 HoldForm[1-a]^2;
detmatrixEndogen=ReleaseHold[ReleaseHold[%/.\
kostenglg->a(la+li)HoldForm[1-g]]];
%/.{eglg-> (1-a)(1-g)(la+li)/(na+ni),
    cEglg->(- cStrEglg a (1-g) (la+li)/(na+ni))};
%/.la->li na/ni;
GatherTerms[%];
Collect[%[[1]],cStrEglg];
SeparateTerms[{%}];
Table[Simplify[%[[i]]],{i,1,Length[%]}];
%/.{%[[1]]->%[[1]]/(- cStrEglg a (1-g) (la+li)/
     (cEglg(na+ni)))^2,%[[2]]->%[[2]]/
     (- cStrEglg a (1-g) (la+li)/(cEglg(na+ni))) };
% ((la+li)/(li(na+ni)/ni))^5;
%/.{%[[1]]->%[[1]] ((la+li)/(li(na+ni)/ni)),
    %[[3]]->%[[3]]/((la+li)/(li(na+ni)/ni))};
Simplify[%];
GatherTerms[%][[1]];

zwischenresultat=%
```

$$2\ (-1 + a)^2\ a^2\ cEglg\ cStrEglg^2\ c2StrEglg\ (-1 + g)^5$$
$$(-a - g + a\ g)\ li\ (la + li)^4\ (na + ni)^5 +$$
$$(-1 + a)^3\ a^2\ cEglg^2\ c2StrEglg^2\ (-1 + g)^5$$
$$(-a - g + a\ g)\ li\ (la + li)^4\ (na + ni)^5 +$$
$$a^2\ cStrEglg^4\ (-1 + g)^5$$
$$(a - a^2 + g - 2\ a\ g + a^2\ g)\ li\ (la + li)^4$$
$$(na + ni)^5$$

Fuehrt man nun die Befehle Factor oder Simplify aus, erhaelt man folgende Ergebnisse.

```
Factor[zwischenresultat]
Simplify[zwischenresultat]
```

$$a^2 \text{ Power}[\text{cStrEglg}^2 - \text{cEglg c2StrEglg} + \text{a cEglg c2StrEglg}, 2]\ (-1 + g)^5\ \text{li}\ (\text{la} + \text{li})^4\ (\text{na} + \text{ni})^5$$

$$a^2 \text{ Power}[\text{cStrEglg}^2 - \text{cEglg c2StrEglg} + \text{a cEglg c2StrEglg}, 2]\ (-1 + g)^5\ \text{li}\ (\text{la} + \text{li})^4\ (\text{na} + \text{ni})^5$$

Vergleicht man diese Ergebnisse mit dem zwischenresultat, wird sofort klar, dass diese Vereinfachung falsch ist, der Term (-a-g+a g) taucht nicht auf . Formal erreicht man in Mathematica das richtige Ergebnis, indem man zunaechst durch die Terme dividiert, die ausgeklammert werden koennen, und diese Terme erst nach erfolgter Vereinfachung wieder einfuegt.

```
SeparateTerms[{zwischenresultat}];
%/(a^2*(-1 + g)^5*li*(la + li)^4*(na + ni)^5)
GatherTerms[%][[1]];
Simplify[%]
% (a^2*(-1 + g)^5*li*(la + li)^4*(na + ni)^5)
```

$$\{2\ (-1 + a)^2\ \text{cEglg cStrEglg}^2\ \text{c2StrEglg}\ (-a - g + a\ g),\ (-1 + a)^3\ \text{cEglg}^2\ \text{c2StrEglg}^2\ (-a - g + a\ g),\ \text{cStrEglg}^4\ (a - a^2 + g - 2\ a\ g + a^2\ g)\}$$

$$(-1 + a)\ \text{Power}[\text{cStrEglg}^2 - \text{cEglg c2StrEglg} + \text{a cEglg c2StrEglg}, 2]\ (-a - g + a\ g)$$

$$(-1 + a)\ a^2\ \text{Power}[\text{cStrEglg}^2 - \text{cEglg c2StrEglg} + \text{a cEglg c2StrEglg}, 2]\ (-1 + g)^5\ (-a - g + a\ g)\ \text{li}\ (\text{la} + \text{li})^4\ (\text{na} + \text{ni})^5$$

Das endgueltige und richtige Ergebnis fuer die Veraenderung von ni im Fall einer F&E-Subvention erhaelt man, wenn man die noch verbliebenen Schritte aus der Befehlsfolge ausfuehrt.

```
%/(cEglg^4 (1-a)^2);
%/.{cEglg->c[eglg],cStrEglg->c'[eglg],
  c2StrEglg->c''[eglg]};
Simplify[%];
- %%/loesungDetmatrixA;
Simplify[%]
```

```
(a + g - a g) ni
```

Dieser Term wird anstelle der oben mit Hilfe von **algAbleitEndogene** verwendet und ich definiere:

```
algAbleitEndogene[r,2]=(a + g - a*g)*ni  (* dni *)
```

```
(a + g - a g) ni
```

Bevor nun wieder die Standard-Algorithmen verwendet werden koenne, muessen die hier gemachten Definitionen rueckgaengig gemacht werden.

```
z=.;s=.;t=.;u=.;i=.;r=.; politikVariable=.;
posEndVar=.;
```

Nun fahre ich fort mit der Bestimmung der Veraenderung von **wi**, **ea** und **ei** im Fall der F&E-Subvention.

```
algAbleitEndogene[r,3]  (* dwi *)
```

```
1 - a
```

```
algAbleitEndogene[r,4]  (* dea *)
```

```
0
```

```
algAbleitEndogene[r,5]  (* dei *)
```

```
0
```

Wohlfahrtsanalyse

```
utiI[r]
```

$$1 - a + (-1 + a)\, g - \frac{eglg\ ni}{li} + ((-1 + a)\,(-1 + g)\left((a + g - a\, g)\, ni \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)} + \frac{(1 - a)\, ni\, c[eglg] \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{-1 + a/(-1 + a)}}{-1 + a}\right)) \Big/ \left(a \left(na \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)} + ni \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)}\right)\right)$$

```
Simplify[%]
```

$$1 - a + (-1 + a)\, g - \frac{eglg\ ni}{li} + \frac{(-1 + a)^2\, (1 - g)\, g\, ni}{a\, na + a\, ni}$$

```
%/.eglg-> (1-a)(1-g)(la+li)/(na+ni);
%/.%[[-2]]->%[[-2]]/((la+li)/(li(na+ni)/ni));
Simplify[%]
```

$$\boxed{\frac{(-1 + a)^2\, (1 - g)\, g\, ni}{a\, na + a\, ni}}$$

Dies ist die Nutzenaenderung im Inland im Fall der F&E Subvention.

```
utiA[r]
```

$$((-1 + a)\,(-1 + g)\left((a + g - a\, g)\, ni \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)} + \frac{(1 - a)\, ni\, c[eglg] \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{-1 + a/(-1 + a)}}{-1 + a}\right))\backslash \Big/ \left(a \left(na \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)} + ni \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)}\right)\right)$$

```
Simplify[%]
```

```
(-1 + a)^2 (1 - g) g ni
-----------------------
     a na + a ni
```

Die Wohlfahrtsaenderung im Ausland entspricht der inlaendischen.

Analyse einer Markteintrittspraemie u

Die Ableitungen der endogenen Variablen nach der Politikvariablen

```
algAbleitEndogene[u,1]  (* dna *)
```

```
0
```

```
algAbleitEndogene[u,2]  (* dni *)
```

```
(ni^2 (-(g c'[eglg]^2) + a c[eglg] c''[eglg] +
      g c[eglg] c''[eglg] - a g c[eglg] c''[eglg]))\
    / ((-1 + g) li (c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
      a c[eglg] c''[eglg]))
```

Dieser Term wurde im Haupttext noch geringfuegig vereinfacht!

```
algAbleitEndogene[u,3]  (* dwi *)
```

```
    ni
----------
li - g li
```

```
algAbleitEndogene[u,4]  (* dea *)
```

```
0
```

```
algAbleitEndogene[u,5]  (* dei *)
```

```
(ni c[eglg] c'[eglg]) /
  ((-1 + g) li (c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
      a c[eglg] c''[eglg]))
```

Dieser Term wird durch die Verwendung von Gleichgewichtsbedingungen weiter vereinfacht, um die im Haupttext verwendete Form zu erhalten. Diese Form ersetzt dann die entsprechende Ableitung.

```
% (- cStrEglg a (1-g) (la+li)/(cEglg(na+ni)));
%/((la+li)/(li(na+ni)/ni));
%/.{cEglg->c[eglg],cStrEglg->c'[eglg],
  c2StrEglg->c''[eglg]};
Simplify[%]
```

```
(a c'[eglg]^2) /
  (c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
    a c[eglg] c''[eglg])
```

```
algAbleitEndogene[u,5]=%;
```

Wohlfahrtsanalyse

```
utiI[u]
```

$$-\left(\frac{ni}{li}\right) + \frac{ni}{li - g\ li} - \frac{g\ ni}{li - g\ li} + ((-1 + a)\ (-1 + g)\ ((ni^2\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)}\ (-(g\ c'[eglg]^2) + a\ c[eglg]\ c''[eglg] + g\ c[eglg]\ c''[eglg] - a\ g\ c[eglg]\ c''[eglg]))\ /\ ((-1 + g)\ li\ (c'[eglg]^2 - c[eglg]\ c''[eglg] + a\ c[eglg]\ c''[eglg])) + (a\ ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{-1 + a/(-1 + a)}\ \left(\frac{ni\ c[eglg]}{a\ (li - g\ li)} + c'[eglg]^3\ /\ (c'[eglg]^2 - c[eglg]\ c''[eglg] + a\ c[eglg]\ c''[eglg])))\ /\ (-1 + a)))\ /\ (a\ (na\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)} + ni\ \left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1 + a)}))$$

```
SeparateTerms[{%}];
GatherTerms[%,{1,2,3}];
Simplify[%]
```

```
                                 c[eglg]  a/(1 - a)
{0, ((-1 + a) (-1 + g) (-------)
                                    a
              c[eglg]  a/(-1 + a)
     ((ni^2 (-------)
                 a
          (-(g c'[eglg]^2) + a c[eglg] c''[eglg] +
            g c[eglg] c''[eglg] -
            a g c[eglg] c''[eglg])) /
        ((-1 + g) li
          (c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
            a c[eglg] c''[eglg])) +
                 c[eglg]  1/(-1 + a)
       (a ni (-------)
                   a
           ni c[eglg]
          (------------ +
           a li - a g li
            c'[eglg]^3 /
             (c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
               a c[eglg] c''[eglg]))) / (-1 + a))) \
    / (a na + a ni)}
```

```
GatherTerms[%][[1]];
%/.c'[eglg]^3->c'[eglg]^3 /(- c'[eglg] a (1-g)*
    (la+li)/(c[eglg](na+ni)))
```

```
                         c[eglg]  a/(1 - a)
((-1 + a) (-1 + g) (-------)
                            a
             c[eglg]  a/(-1 + a)
    ((ni^2 (-------)
                a
         (-(g c'[eglg]^2) + a c[eglg] c''[eglg] +
           g c[eglg] c''[eglg] -
           a g c[eglg] c''[eglg])) /
       ((-1 + g) li (c'[eglg]^2 -
           c[eglg] c''[eglg] + a c[eglg] c''[eglg]))
                      c[eglg]  1/(-1 + a)
       + (a ni (-------)
                        a
          ni c[eglg]
         (------------ -
          a li - a g li
           ((na + ni) c[eglg] c'[eglg]^2) /
            (a (1 - g) (la + li)
               (c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
                 a c[eglg] c''[eglg])))) / (-1 + a)))
    / (a na + a ni)
```

```
PowerExpand[%];
neu=Simplify[%]
```

```
((-1 + a) a^(a/(-1 + a)) (-1 + g) c[eglg]^(a/(1 - a))
     ((a^(a/(1 - a)) ni^2 c[eglg]^(a/(-1 + a))
          (-(g c'[eglg]^2) + a c[eglg] c''[eglg] +
            g c[eglg] c''[eglg] -
            a g c[eglg] c''[eglg])) /
        ((-1 + g) li (c'[eglg]^2 -
            c[eglg] c''[eglg] + a c[eglg] c''[eglg]))
        + (a^(1 + 1/(1 - a)) ni c[eglg]^(1/(-1 + a))
          (ni c[eglg]/(a li - a g li) +
            ((na + ni) c[eglg] c'[eglg]^2) /
             (a (-1 + g) (la + li)
               (c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
                 a c[eglg] c''[eglg])))) / (-1 + a)))
     / (a na + a ni)
```

```
neu[[-1]];
SeparateTerms[{%}];
Factor[%];
%/.la ni->li na;
Simplify[%]
```

```
{(a^(a/(1 - a)) ni^2 c[eglg]^(a/(-1 + a))
      (g c'[eglg]^2 - a c[eglg] c''[eglg] -
        g c[eglg] c''[eglg] + a g c[eglg] c''[eglg]))
      / ((1 - g) li (c'[eglg]^2 - c[eglg] c''[eglg] +
        a c[eglg] c''[eglg])),
  (a^(1/(1 - a)) ni (na + ni) c[eglg]^(1 + a/(-1 + a))
      c''[eglg]) /
    ((-1 + g) (la + li)
      (-c'[eglg]^2 + c[eglg] c''[eglg] -
        a c[eglg] c''[eglg]))}
```

```
%/.%[[2]]->%[[2]] ((la+li)/(li(na+ni)/ni));
GatherTerms[%];
Simplify[%]
```

$$\left\{\left(g\, ni^2\, c[eglg]^{a/(-1+a)} \left(a^{a/(1-a)}\, c'[eglg]^2 + a^{1/(1-a)}\, c[eglg]\, c''[eglg] - a^{a/(1-a)}\, c[eglg]\, c''[eglg]\right)\right) \Big/ \left((1-g)\, li\, \left(c'[eglg]^2 - c[eglg]\, c''[eglg] + a\, c[eglg]\, c''[eglg]\right)\right)\right\}$$

```
neu/.neu[[-1]]->%;
Simplify[%]
```

$$\left\{\frac{(1-a)\, g\, ni^2}{a\, li\, na + a\, li\, ni}\right\}$$

```
%/.li na->la ni;
Simplify[%]
```

$$\boxed{\left\{\frac{(1-a)\, g\, ni}{a\, la + a\, li}\right\}}$$

Dieser Term beschreibt die Nutzenaenderung im Falle einer Markteintrittspraemie! Die naechsten Schritte zeigen, dass diese wiederum im In- und Ausland gleich hoch ist.

```
utiA[u]
```

$$\left((-1+a)\,(-1+g)\,\left(\left(ni^2\left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)} \left(-(g\, c'[eglg]^2) + a\, c[eglg]\, c''[eglg] + g\, c[eglg]\, c''[eglg] - a\, g\, c[eglg]\, c''[eglg]\right)\right) \Big/ \left((-1+g)\, li\, \left(c'[eglg]^2 - c[eglg]\, c''[eglg] + a\, c[eglg]\, c''[eglg]\right)\right) + \left(a\, ni\left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{-1+a/(-1+a)} \left(\frac{ni\, c[eglg]}{a\,(li - g\, li)} + c'[eglg]^3 \Big/ \left(c'[eglg]^2 - c[eglg]\, c''[eglg] + a\, c[eglg]\, c''[eglg]\right)\right)\right) \Big/ (-1+a)\right)\right) \Big/ \left(a\left(na\left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)} + ni\left(\frac{c[eglg]}{a}\right)^{a/(-1+a)}\right)\right)$$

```
utiA[u]-utiI[u]
```

$$\frac{ni}{li} - \frac{ni}{li - g\ li} + \frac{g\ ni}{li - g\ li}$$

```
Simplify[%]
```

0

Literaturverzeichnis

Anderson, Simon P. und de Palma, André (1992), The Logit as a Model of Product Differentiation, Oxford Economic Papers 44, S. 51-67.

Anderson, Simon P., de Palma, André und Thisse, Jacques-Francois (1992), Discrete Choice Theory of Product Differentiation, MIT Press, Cambridge, Ma., London.

Baldwin, William L. und Scott, John T. (1987), Market Structure and Technological Change, Harwood Academic Publishers, Chur, London, u.a.O.

Ball, Lawrence und Romer, David (1990), Real Rigidities and the Nonneutrality of Money, Review of Economic Studies 57, S. 183-203.

Beath, John und Katsoulacos, Yannis (1991), The Economic Theory of Product Differentiation, Cambridge University Press, Cambridge.

Beath, John, Katsoulacos, Yannis und Ulph, David (1989), The Game-Theoretic Analysis of Innovation: A Survey, Bulletin of Economic Research 41, S. 163-184.

Bernheim, B. Douglas und Shoven, J. B. (1992), Comparing the Cost of Capital in the United States and Japan, in: Technology and the Wealth of Nations, hrsg. von Rosenberg, Nathan, Landau, Ralph und Mowery, David C., Stanford University Press, Stanford, Ca.

Blanchard, Olivier J. und Fischer, Stanley (1989), Lectures on Macroeconomics, MIT Press, Cambridge, Ma., London.

Boskin, Michael J. und Lau, Lawrence J. (1992), Capital, Technology, and Economic Growth, in: Technology and the Wealth of Nations, hrsg. von Rosenberg, Nathan, Landau, Ralph und Mowery, David C., Stanford University Press, Stanford, Ca.

Brander, James A. und Spencer, Barbara J. (1983a), Strategic Commitment with R&D: The Symmetric Case, Bell Journal of Economics 14, S. 225-235.

– (1983b), International R&D Rivalry and Industrial Strategy, Review of Economic Studies 50, S. 707-722.

– (1984), Tariff Protection and Imperfect Competition, in: Monopolistic Competition and International Trade, hrsg. von Kierzkowski, H., Oxford University Press, Oxford.

Bresnahan, Timothy F. (1981), Duopoly Models with Consistent Conjectures, American Economic Review 71, S. 934-945.

Brown, Drusilla K. (1991), Tariffs and Capacity Utilization by Monopolistically Competitive Firms, Journal of International Economics 30, S. 371-381.

Chamberlin, Edward H. (1957), Towards a more general theory of value, Oxford University Press, Oxford, New York.

– (1965), The Theory of Monopolistic Competition (8th ed.), Harvard University Press, Cambridge, Ma.

Chou, Chien-Fu und Shy, Oz (1991), Intra-Industry Trade and the Variety of Home Products, Canadian Journal of Economics 24, S. 405-416.

Clemenz, Gerhard (1992), Market Structure and R&D Competition, European Economic Review 36, S. 847-864.

– (1993), Forschung und Entwicklung als Suchprozeß bei oligopolistischem Wettbewerb, Ifo Studien 39, S. 257-277.

Dasgupta, Partha (1986), The Theory of Technological Competition, in: Economic Organizations as Games, hrsg. von Binmore, Ken and Dasgupta, Partha, Basil Blackwell, Oxford, New York.

Dasgupta, Partha und Stiglitz, Joseph E. (1980a), Industrial Structur and the Nature of Innovative Activity, Economic Journal 90, S. 266-293.

– (1980b), Uncertainty, Industrial Structure, and the Speed of R&D, Bell Journal of Economics 11, S. 1-28.

Dasgupta, Partha, Gilbert, R. und Stiglitz, Joseph E. (1986), Strategic Considerations in Invention and Innovation: The Case of Natural Resources, in: Economic Organizations as Games, hrsg. von Binmore, Ken and Dasgupta, Partha, Basil Blackwell, Oxford, New York.

Deneckere, Raymond und Rothschild, Michael (1992), Monopolistic Competition and Preference Diversity, Review of Economic Studies 59, S. 361-373.

Dixit, Avinash K. (1988), A General Model of R&D Competition and Policy, Rand Journal of Economics 19, S. 317-326.

Dixit, Avinash K. und Norman, Victor (1980), Theory of International Trade, Cambridge University Press, Cambridge.

Dixit, Avinash K. und Stiglitz, Joseph E. (1977), Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity, American Economic Review 67, S. 297-308.

– (1979), Monopolistic Competition and Optimal Product Diversity: Reply, American Economic Review 69, S. 961-963.

Flam, Harry und Helpman, Elhanan (1987), Industrial Policy under Monopolistic Competition, Journal of International Economics 22, S. 103-121.

Flemmig, Jörg und Götz, Georg (1993), Externalitäten, Nichtkonvexitäten und endogener technischer Fortschritt. Ein Einblick in die Funktionsweise der "neuen" Wachstumstheorie, Jahrbuch für Sozialwissenschaft 44, S. 203-215.

Florida, Richard und Kenney, Martin (1990), Silicon Valley and Route 128 Won't Save Us, California Management Review 33, S. 68-88.

Freeman, Christopher (1982), The Economics of Industrial Innovation (2nd ed.), MIT Press, Cambridge, Ma.

Fudenberg, Drew und Tirole, Jean (1985), Preemption and Rent Equilization in the Adoption of New Technology, Review of Economic Studies 52, S. 383-401.

Green, E.J. (1980), Noncooperative Price Taking in Large Dynamic Markets, Journal of Economic Theory 22, S. 155-182.

Griliches, Zvi (1994), Productivity, R&D, and the Data Constraint., American Economic Review 84, S. 1-23.

Gros, Daniel (1987), A Note on the Optimal Tariff, Retaliation and the Welfare Loss from Tariff Wars in a Framework with Intra-Industry Trade, Journal of International Economics 23, S. 357-367.

Grossman, Gene M. und Helpman, Elhanan (1991), Innovation and Growth in the Global Economy, MIT Press, Cambridge, Ma., London.

Helpman, Elhanan und Krugman, Paul R. (1985), Market Structure and Foreign Trade, MIT Press, Cambridge, Ma., London.

– (1989), Trade Policy and Market Structure, MIT Press, Cambridge, Ma., London.

Hertel, Thomas W. (1994), The 'Procompetitive' Effects of Trade Policy Reform in a Small, Open Economy, Journal of International Economics 36, S. 391-411.

Heuser, Harro (1991), Lehrbuch der Analysis, Teil 1, 9te Auflage, B. G. Teubner, Stuttgart.

Intriligator, Michael D. (1971), Mathematical Optimization and Economic Theory, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J.

Ireland, N. und Stoneman, P. (1986), Technological Diffusion, Expectations and Welfare, Oxford Economic Papers 38, S. 33-47.

Jensen, Richard (1982), Adoption and Diffusion of an Innovation of Uncertain Profitability, Journal of Economic Theory 27, S. 182-193.

Judd, Kenneth L. (1985), On the Performance of Patents, Econometrica 53, S. 567-585.

Kamien, Morton I. und Schwartz, Nancy L. (1981), Dynamic Optimization: The Calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management, North-Holland, New York, Amsterdam, Oxford.

– (1982), Market Structure and Innovation, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Kamien, Morton I., Muller, Eitan und Zang, Israel (1992), Research Joint Ventures and R&D Cartels, American Economic Review 82, S. 1293-1306.

Kessler, Martin (1992), Internationaler Technologiewettbewerb, Physica-Verlag, Heidelberg.

Komiya, Ryutaro (1967), Non-Traded Goods and the Pure Theory of International Trade, International Economic Review 8, S. 132-152.

Krugman, Paul R. (1989), Industrial Organization and International Trade, in: Handbook of Industrial Organization, Volume II, hrsg. von Schmalensee, Richard and Willig, Robert D., North-Holland, Amsterdam, New York u. a. O.

Lancaster, Kelvin (1991), The 'Product Variety' Case for Protection, Journal of International Economics 31, S. 1-26.

Laussel, Didier und Montet, Christian (1994), Strategic Trade Policies, in: Surveys in International Trade, hrsg. von Greenaway, David and Winters, L. Alan, Blackwell, Oxford, Cambridge, Ma.

Lawrence, Robert Z. (1993), Japan's Different Trade Regime: An Analysis with Particular Reference to Keiretsu, Journal of Economic Perspectives 7, S. 3-19.

Mankiw, N.G. und Whinston, M.D. (1986), Free Entry and Social Inefficiency, Rand Journal of Economics 17, S. 48-58.

Mariotti, Marco (1989), Being Identical, Behaving Differently: A Theorem on Technological Diffusion, Economic Letters 30, S. 275-278.

Markusen, James R. (1988), Production, Trade and Migration with Differentiated, Skilled Workers, Canadian Journal of Economics 21, S. 492-506.

– (1990), Derationalizing Tariffs with Specialized Intermediate Inputs and Differentiated Final Goods, Journal of International Economics 28, S. 375-383.

– (1991), First Mover Advantages, Blockaded Entry, and the Economics of Uneven Development, in: International Trade and Trade Policy, hrsg. von Elhanan Helpman and Assaf Razin, MIT Press, Cambridge, Ma, London.

Markusen, James R. und Venables, Anthony J. (1988), Trade Policy with Increasing Returns and Imperfect Competition: Contradictory Results from Competing Assumptions, Journal of International Economics 24, S. 299-316.

Mas-Colell, Andreu (1984), On a Theorem of Schmeidler, Journal of Mathematical Economics 13, S. 201-206.

Matsuyama, Kiminori (1995), Complementarities and Cumulative Processes in Models of Monopolistic Competition, Journal of Economic Literature 33, S. 701-729.

Mazzola, Fabio (1992), Spatial Competition and the Adoption of New Technology, Rivista Internazionale di Scienze Economiche e Commerciali 39, S. 23-48.

Murphy, Kevin M., Shleifer, Andrei und Vishny, Robert W. (1989), Industrialization and the Big Push, Journal of Political Economy 97, S. 1003-1026.

Okuno-Fujiwara, Masahiro und Suzumura, Kotaro (1993), Symmetric Cournot Oligopoly and Economic Welfare: A Synthesis, Economic Theory 3, S. 43-59.

Pascoa, Mario R. (1993a), Noncooperative Equilibrium and Chamberlinian Monopolistic Competition, Journal of Economic Theory 60, S. 335-353.

Pascoa, Mario R. (1993b), Approximate Equilibrium in Pure Strategies for Non-Atomic Games, Journal of Mathematical Economics 22, S. 223-241.

Pettengill, John S. (1979), Monopolistic Competition and Optimal Product Diversity: Comment, American Economic Review 69, S. 957-960.

Quirmbach, Herman C. (1986), The Diffusion of New Technology and the Market for an Innovation, Rand Journal of Economics 17, S. 33-47.

Rasmusen, Eric (1989), Games and Information. An Introduction to Game Theory, Basil Blackwell, Oxford, New York.

Reinganum, Jennifer F. (1981a), On The Diffusion of New Technology: A Game Theoretic Approach, Review of Economic Studies 48, S. 395-405.

− (1981b), Market Structure and the Diffusion of New Technology, Bell Journal of Economics 12, S. 618-624.

− (1989), The Timing of Innovation: Research, Development, and Diffusion, in: Handbook of Industrial Organization, Vol.1, hrsg. von Schmalensee, R. and Willig, R.D., North-Holland, Amsterdam u.a.O.

Romer, Paul M. (1990), Endogenous Technological Change, Journal of Political Economy 98, S. S71-S102.

Sah, Raaj K. und Stiglitz, Joseph E. (1987), The Invariance of Market Innovation to the Number of Firms, Rand Journal of Economics 18, S. 98-108.

Scherer, Frederic M. und Ross, David (1990), Industrial market structure and economic performance (3rd ed.), Houghton, Boston, Mass.

Schumpeter, Joseph A. (1993), Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie (7te Auflage), Francke, Tübingen, Basel.

Shaked, Avner (1982), Existence and Computation of Mixed Strategy Nash Equilibrium for 3-Firms Location Problem, Journal of Industrial Economics 31, S. 93-96.

Spence, Michael (1976), Product Selection, Fixed Costs, and Monopolistic Competition, Review of Economic Studies 43, S. 217-235.

Stadler, Manfred (1989), Marktstruktur und technologischer Wandel, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg u.a.O.

Stern, Nicholas (1991), The Determinants of Growth, Economic Journal 101, S. 122-133.

Stoneman, Paul und Diederen, Paul (1994), Technology Diffusion and Public Policy, Economic Journal 104, S. 918-930.

Sutton, John (1991), Sunk Costs and Market Structure, MIT Press, Cambridge, Ma., London.

Thirtle, Colin G. und Ruttan, Vernon W. (1987), The Role of Demand and Supply in the Generation and Diffusion of Technical Change, Harwood Academic Publishers, Chur, London.

Tirole, Jean (1988), The Theory of Industrial Organization, MIT Press, Cambridge, Ma., London.

Venables, Anthony J. (1987), Trade and Trade Policy with Differentiated Products: A Chamberlinian-Ricardian Model, Economic Journal 97, S. 700-717.

Weitzman, Martin L. (1994), Monopolistic Competition with Endogenous Specialization, Review of Economic Studies 61, S. 45-56.

Wolfram, Stephen (1991), Mathematica. A System for Doing Mathematics by Computer, Addison-Wesley, Redwood City, California u.a.O.

Yarrow, G.K. (1985), Welfare Losses in Oligopoly and Monopolistic Competition, Journal of Industrial Economics 33, S. 515-529.

Ziesemer, Thomas (1995), Optimale Produktionssubventionen, Wachstum und Strukturwandel in einer geteilten Welt, in: Moderne Makroökonomik: Eine kritische Bestandsaufnahme, hrsg. von Flemmig, Jörg, Metropolis, Marburg.