Innovation by Leaders

Hausarbeit

im Seminar zur Konjunktur- und Wachstumstheorie

Universität Konstanz, Prof. Dr. Hans Jürgen Ramser

SS 2005

Verfasserin: Olga Bobukh
Rheingutstr. 34
78462 Konstanz

Konstanz, den 24 Juni 2005

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Aufbau der Arbeit

Who does research? Was treibt die einzelnen Unternehmen dazu innovative Produkte zu entwickeln? Diese Frage wird im Artikel “Innovation by Leaders” von Frederico Etro gestellt. Die zahlreichen empirischen Studien zeigen, dass auf dem Markt ein etabliertes Unternehmen ständig in Forschung und Entwicklung (FuE) investiert und dass sein Gewinn durch die Anzahl der Innovationen bestimmt wird. Die Dauer dieser Monopolstellung gibt Anreiz weiter in FuE zu investieren und hat somit einen indirekten Einfluss auf das aggregierte Wachstum in einer Wirtschaft.
In der Theorie fehlen aber die eindeutigen Argumente warum die Marktführer in FuE investieren. Es wird angenommen, dass bei vollständiger Konkurrenz die etablierten Unternehmen nicht investieren. Das Ziel der Arbeit besteht darin, neue Erklärungen für die Monopoldauer zu liefern und einige mikro- und makroökonomisch fundierte Konsequenzen zu entwickeln.
In den Modellen von Loury (1970) und Dasgupta und Stiglitz (1980) werden folgende Standardannahmen getroffen: abnehmende Skalenerträge, Fixkosten der Innovationen, die Investitionen in FuE und Nash-Cournot Mengenwettbewerb zwischen den Firmen. Die Teilnehmer des Patentwettbewerbs sind ein Marktführer der über ein Patent verfügt und eine bestimmte Anzahl von Firmen die versuchen seinen Platz zu bekommen. Die Hauptergebnisse: der Patentinhaber investiert weniger in FuE als die anderen Marktteilnehmer und überhaupt nichts beim freien Eintritt, weil der Anreiz zu investieren laut dem Arrow-Effekt sehr klein ist. Außerdem sind die Investitionshöhen jeder einzelnen Firma, die Gleichgewichtsanzahl der Firmen unter der Annahme des freien Eintritts und die aggregierten Investitionen in FuE ineffizient. Die Tatsache, dass der Patentinhaber nicht in FuE investiert führt zu einem ständigen Wechsel der marktführenden Firmen und bedeutet somit keine dauerhafte Monopolposition. Das ist das Gegenteil von dem was in der Realität beobachtet wird. Etro zeigt, dass der Arrow-Effekt unter zwei Bedingungen verschwindet: Erstens, wenn der Patentinhaber sich im Patentwettlauf strategisch verhält und zweitens, wenn der Markt durch die Möglichkeit des freien Eintritts charakterisiert wird. In diesen beiden Fällen hat der Marktführer mehr Anreize als alle anderen Teilnehmer in FuE zu investieren.
Im ersten Teil der Arbeit wird das Basismodell des Nash- und Stackelberg-Wettbewerbs beschrieben, wobei beim Stackelberg-Wettbewerb die Möglichkeiten des freien Eintritts und keinen freien Eintritts untersucht werden. Im nächsten

Abschnitt werden die Modellerweiterungen unternommen, welche die Gültigkeit des Modells in verschiedenen Varianten zeigen. Ein weiterer Teil behandelt ein numerisches Beispiel, sowie Schumpeters Wachstum. Zum Schluss kommen einige kritische Bemerkungen und eine kurze Zusammenfassung.

2. Das Modell

Auf dem Markt bekommt ein Patentinhaber mit Monopolstellung die Gewinne $\pi \in R_+$, die neue Technologie, falls sie entdeckt wird, kann patentiert werden und der Wert des neuen Patents beträgt dann $V \in R_+$. Es wird angenommen, dass die Innovationen drastisch sind, so dass die neue Technologie die alte vollständig ersetzt. An dem Patentwettbewerb für die nächste Technologie nehmen n Firmen i = 1,..., n und der Patentinhaber L teil, sie tragen die Fixkosten $F \in (0,V)$ und investieren einen bestimmten Ressourcenteil $z^j \in R_+$. Die Wahrscheinlichkeit der Innovationen beträgt dann

$$h^i = h(z^i) \tag{1}$$

und hat die „gedächtnislose“ oder Poisson-Verteilung mit h $h'(z) > 0$ und $h''(z) < 0$ für alle $z \in R_+$. Die aggregierte Innovationswahrscheinlichkeit ist die Summe der Wahrscheinlichkeiten von den potenziellen Konkurrenten und von dem Patentinhaber:

$$p = \sum_{j=1}^{n} h(z^i) + h(z^L) \tag{2}$$

Die Zielfunktion der eintretenden Firma:

$$\prod^i = \frac{h(z^i)V - z^i}{\left[r + \sum_{j=1}^{n} h(z^j) + h(z^L) \right]} - F \tag{3}$$

wobei *r* eine exogen gegebene Zinsrate ist, und die Zielfunktion des Monopolisten ist durch folgende Funktion beschrieben:

$$\prod^{L} = \frac{h(z^L)V + \pi - z^L}{\left[r + \sum_{j=1}^{n} h(z^j) + h(z^L)\right]} - F \qquad (4)$$

2.1 Nash-Wettbewerb

Im Nash-Wettbewerb wählt jede Firma die Investitionshöhe in FuE, gegeben die Investitionen der anderen Firmen und die Zinsrate. Jede Firma wählt z^i entsprechend der Bedingung erster Ordnung.[1] Das liefert die Reaktionsfunktion des Unternehmens, welche vom Zinssatz, der Anzahl der Firmen, dem erwarteten Patentwert, der neuen Technologie und der Höhe von Investitionen, die von anderen gewählt werden, positiv abhängen. Das bedeutet strategische Komplementarität auf dem Markt. Bei der gegebenen Anzahl der Firmen kann man die gleiche Investitionshöhe und das symmetrische Gleichgewicht zwischen den Eintretenden beobachten.

$$\left[h'(z^i)V - 1\right]\left[r + \sum_{j=1}^{n} h(z^j) + h(z^L)\right] = h'(z^i)\left[h(z^i)V - z^i\right] \qquad (5)$$

Die Reaktionsfunktionen der potenziellen Konkurrenten hängen positiv von r, V und n und negativ von π ab.
Das etablierte Unternehmen wählt sein optimales z^L gemäß der Bedingung erster Ordnung:

$$\left[h'(z^L)V - 1\right]\left[r + \sum_{j=1}^{n} h(z^j) + h(z^L)\right] = h'(z^L)\left[h(z^L)V + \pi - z^L\right] \qquad (6)$$

Seine Reaktionsfunktion hängt negativ vom aktuellen Gewinn π ab. *Ceteris paribus*, investiert das etablierte Unternehmen weniger als jeder andere Markteilnehmer und sein erwarteter Gewinn von der Teilnahme an dem Patentwettbewerb ist kleiner. Es handelt sich um den Arrow-Effekt.

[1] Die Bedingung der zweiten Ordnung ist immer erfüllt, da die Funktion $h(\cdot)$ konkav ist.

Definition Arrow-Effekt: „Der Monopolist zieht weniger Vorteile aus der Vornahme der Innovation als ein unter vollkommenem Wettbewerb stehendes Unternehmen, weil der Monopolist „sich selbst *ersetzt*“, wohingegen sich das unter Wettbewerb stehende Unternehmen zum Monopolisten aufschwingt. Dieses Ergebnis beruht darauf, dass der Ausgangspunkt ein unterschiedlicher ist – ein Monopolist entwickelt die Neigung, sich „auf seinen Lorbeeren auszuruhen“. Diesen Effekt hat Arrow als erster aufgezeigt, man spricht von einem Ersetzungseffekt“.[2]

2.2 Stackelberg-Wettbewerb

Die Annahme des Nash-Wettbewerbs wird nun aufgehoben und es wird davon ausgegangen, dass der Patentinhaber nun die Möglichkeit hat eine strategische Selbstbindung (strategic precommitment) über die Investitionshöhe zu machen. Das kann auf verschiedene Art und Weise passieren, wie z. B. Investitionen in forschungsspezifische Labore, Einstellung neuer Forscher, etc. Das etablierte Unternehmen greift nach der Möglichkeit der strategischen Selbstbindung, um seine erwarteten Gewinne zu erhöhen. Ist die Marktstruktur durch eine fixe Firmenanzahl charakterisiert, dann legt das etablierte Unternehmen die Investitionshöhe niedrig fest, weil diese Strategie dazu führt, dass die anderen Unternehmen weniger investieren und somit auch die erwartete Lebensdauer des Patentes steigt. Zu diesen Ergebnissen kommen Fudenberg und Tirole (1984) und Bulow (1985), die in ihren Arbeiten gezeigt haben, dass der Marktführer eine aggressive Strategie bei strategischen Substituten und eine weniger aggressive Strategie bei strategischen Komplementen wählt.

Ist die Marktstruktur dagegen durch den freien Eintritt charakterisiert, sind die Investitionsausgaben des etablierten Unternehmens hoch. Die Grenzkosten der Investitionen sind für den Marktführer niedriger als für die potentiellen Konkurrenten. Dies führt dazu, dass der Marktführer mehr als die anderen Marktteilnehmer investiert und sich aggressiv verhält und zwar unabhängig davon, ob es sich um die strategischen Substitute oder strategische Komplemente handelt.[3]

[2] Definition aus: Tirole, J. (1999). *Industrieökonomik*, S.877

[3] S. auch Etro, F. (2002a) „Stackelberg competition with free entry“, mimeo, Harvard University

Es wird ein zweistufiger Patentwettbewerb angenommen. In der ersten Phase entscheidet der Marktführer über seine Teilnahme an dem Patentwettlauf und somit auch über die Investitionshöhe z^L. In der zweiten Phase legen die anderen Teilnehmer ihre Investitionshöhe z^i mit dem Wissen über die Investitionshöhe des Marktführers und die der anderen Firmen fest. Die Reaktionsfunktion erfüllt die Bedingung erster Ordnung und hängt positiv von der Investitionshöhe des Marktführers z^L ab. Je aggressiver das etablierte Unternehmen ist, desto aggressiver verhalten sich auch die potentiellen Konkurrenten.

2.2.1 Kein freier Eintritt

Stackelberg-Wettbewerb bei einer gegebenen Anzahl n von Unternehmen impliziert, dass die Investitionen positiv von r und negativ von π abhängen (diese Ergebnisse stimmen mit Ergebnissen im Nash-Wettbewerb überein). Der Effekt der Änderung in V und n ist aber unbestimmt. Die steigende Anzahl das Unternehmen hat einen positiven Einfluss auf die Investitionen jedes Marktteilnehmers, der Effekt auf $\partial\phi^i(z^L)/\partial z^L$ und somit auf die Investitionshöhe des etablierten Unternehmens ist unbestimmt. Reduziert der Marktführer seine Investitionen, hat das eine negative Auswirkung auf die Investitionshöhe der potenziellen Konkurrenten in der zweiten Phase des Patentwettbewerbs. Diese negative Auswirkung kann den Effekt der steigenden Teilnehmeranzahl übertreffen. Steigt der erwartete Wert der Innovation, führt dies zu einem aggressiven Verhalten der potenziellen Konkurrenten und das könnte mit unbestimmten Folgen die Investitionshöhe des etablierten Unternehmens reduzieren. Die aggregierten Investitionen jeder Firma in FuE sind bei Stackelberg-Wettbewerb niedriger als beim Nash-Wettbewerb.[4]

[4] Das totale Differential der Gleichung (5) liefert:

$$\frac{\partial\phi^{i}(z^L)}{\partial z^L} = \frac{-\left[h'(z^L)V-1\right]h'(z^L)}{h''(z^i)\left\{V\left[r+\sum_{j\neq 1}h(z^j)+h(z^L)\right]+z^i\right\}} > 0$$

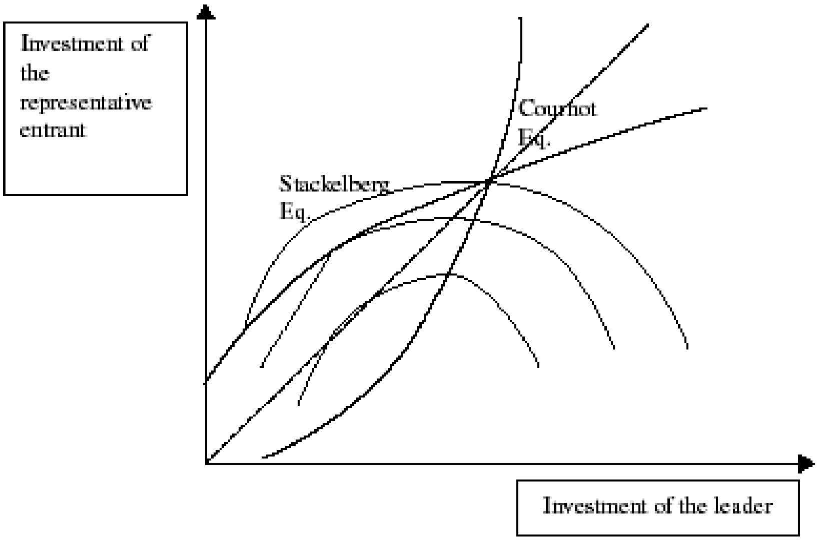

Bild 1. Nash und Stackelberg-Wettbewerb ohne freien Eintritt
Quelle: Etro, F. *Innovation by Leaders*, p. 288

Nash-Gleichgewicht befindet sich dort, wo die Reaktionsfunktionen sich schneiden; Stackelberg-Gleichgewicht ist dort, wo die Isoquante des Marktführers die Reaktionsfunktion des potentiellen Konkurrenten tangiert. In beiden Fällen investiert der etablierte Marktführer weniger als der potentielle Konkurrent, und die Investitionshöhe im Stackelberg-Wettbewerb ist kleiner als im Nash-Wettbewerb. Das Gleiche gilt auch für die eintretenden Firmen. Daraus folgt, dass die aggregierten Investitionen reduziert werden.
Investiert das innovative Unternehmen weniger, verringert das den Anreiz für die potentiellen Konkurrenten zu investieren, da der Markt durch die strategischen Komplemente charakterisiert wird. Der Marktführer nutzt den Vorteil des ersten Zuges um seine Investitionen zu reduzieren und die erwartete Lebensdauer des Patentes zu verlängern.
Somit kann der Stackelberg-Wettbewerb ohne freien Eintritt keine neuen Erklärungen liefern warum das etablierte Unternehmen in FuE investiert.

2.2.2 Freier Eintritt

Es wird nun der Stackelberg-Wettbewerb mit dem freien Eintritt untersucht. Der etablierte Monopolist kann vorhersehen, welchen Effekt seine Investitionen auf die

Gleichgewichtsanzahl der Firmen haben. In der zweiten Phase wählen alle eintretenden Firmen die gleiche Investitionshöhe *z*. Wegen der Symmetrie bekommt man die Null-Gewinn-Bedingungen:

$$\left[h(z)V - z\right] = F\left[r + nh(z) + h(z^{L})\right] \tag{7}$$

Die Anzahl der Unternehmen im Gleichgewicht ist von der Investitionswahl des Monopolisten abhängig:

$$n = \frac{V}{F} - \frac{z}{h(z)F} - \frac{r + h(z^{L)}}{h(z)} \tag{8}$$

Totales Differenzieren des Ergebnisses zeigt, dass die Änderungen der Investitionshöhe des Markführers negative Auswirkung auf die Investitionen der anderen Unternehmen haben:

$$\frac{\partial\left[\sum_{j=1}^{n} h(z^{j})\right]}{\partial z^{L}} = \frac{\partial nh(z)}{\partial z^{L}} = \frac{\partial n}{\partial z^{L}} h(z) + nh'(z)\frac{\partial\phi(z^{L})}{\partial z^{L}} = -h'(z^{L}) \tag{9}$$

Das ist ein Unterschied zu dem oben beschriebenen Fall ohne freien Eintritt, wo der Effekt positiv war. Obwohl die Erhöhung der Investitionen des etablierten Unternehmens dazu führt, dass die potentiellen Konkurrenten ihre Investitionen auch erhöhen, ist die Auswirkung auf die Gleichgewichtsanzahl der Unternehmen negativ und übertrifft den ersten Effekt.

Der Stackelberg-Wettbewerb mit dem freien Eintritt impliziert die gleiche Investitionshöhe wie beim Nash-Wettbewerb bei einer kleineren Teilnehmeranzahl. Der Patentinhaber investiert dagegen mehr als die Anderen. Der Stackelberg-Wettbewerb ruft ein aggressives Verhalten des Monopolisten hervor, während beim Nash-Wettbewerb nur der Vorteil des ersten Zuges ihm den Anreiz gegeben hat zu investieren. Das etablierte Untenehmen hat keinen Anreiz mehr wenig in FuE zu investieren, da die Investitionen keinen Einfluss auf die erwartete Lebensdauer des aktuellen Patents haben. Das einzige Ziel der FuE Investitionen besteht darin, ein Gewinner im Patentwettlauf zu sein. Und sein Anreiz ist stärker als bei allen anderen Teilnehmern. Der Marktführer nimmt die aggregierte Wahrscheinlichkeit der Innovation als gegeben hin. Seine optimale Investition maximiert ($h(z^L)V - z^L$) ohne die Auswirkung von der Ankunftsrate in Betracht zu ziehen. Diese Auswirkung wird aber wohl von den potenziellen Konkurrenten berücksichtigt und das führt zur Reduzierung der Gewinne. Das erklärt warum die anderen Unternehmen weniger als der etablierte Marktführer in FuE investieren.

In diesem Fall spielt der Arrow-Effekt keine Rolle und die Investitionen des etablierten Monopolisten sind von seinen Gewinnen π unabhängig. Der Arrow-Effekt verschwindet aus folgenden Gründen. In einem Patentrennen, bei dem alle Firmen von dem Nash-Wettbewerb ausgehen, sind die Opportunitätskosten zu investieren für den Patentinhaber höher. Die Investitionshöhe steigert die aggregierten Investitionen und reduziert die erwartete Patentlebensdauer und die erwarteten Gewinne des Monopolisten. In dem Stackelberg-Wettbewerb sind die erwarteten Gewinne aber konstant und von den Investitionen des Monopolisten unabhängig.

2.2.3 Schlussfolgerungen

Im Stackelberg-Wettbewerb mit freiem Eintritt werden folgende Ergebnisse festgestellt:

a) Die Investitionen von jeder Firma hängen positiv von *V*, negativ von *F* ab. Sie sind vom Zinssatz und den aktuellen Gewinnen unabhängig.

b) Die Investitionen des etablierten Monopolisten steigen in *V* und sind von *r*, *π* und *F* unabhängig.

c) Die Firmenanzahl im Gleichgewicht ist fallend in *r*, unabhängig von *π*. Einfluss von *V* und *F* ist unbestimmt.

Wenn der Wert der Innovation steigt, steigen die Investitionen der potenziellen Konkurrenten mehr an als die vom Marktführer und sie konvergieren wenn *V* ausreichend groß oder *F* ausreichend klein ist.

Auf dem Markt, der durch eine Zählebigkeit des Monopols charakterisiert wird, herrscht die Konkurrenz (der Markt ist wettbewerbsfähig). Und der Markt, wo ein ständiger Wechsel herrscht hat zahlreiche Eintrittsbarrieren. Das ist genau das Gegenteil von den vermuteten Annahmen des Nash-Wettbewerbs. Das Model impliziert also dass die aggregierten Investitionen in FuE im Stackelberg-Wettbewerb höher als im Nash-Wettbewerb sind. Im Nash-Wettbewerb ist aber die Anzahl der Teilnehmer größer.

3. Modellerweiterungen

Ziel des Abschnitts besteht darin zu zeigen, dass die Zählebigkeit des Monopols unter dem Stackelberg-Wettbewerb mit dem freien Markteintritt auch in verschiedenen Varianten ihre Gültigkeit bewahrt und das Modell komplexe Zusammenhänge beschreiben kann. Es werden verschieden Erweiterungen wie Kontraktkosten, nicht drastische Innovationen und Endogenisierung der Innovationenanzahl untersucht.

3.1 Vertragskosten (Contractual Costs)

Alle Firmen investieren am Anfang des Patentwettbewerbs und die Anfangsinvestition determiniert die Wahrscheinlichkeit der Innovation über die Zeit. Es wird angenommen, dass die Innovationswahrscheinlichkeit eine Funktion der Fixkosten, die von jeder Firma gezahlt werden, ist. Es gilt: $h^i = h(z^i)$, wobei $h(0) = 0, h'(z)$>0 und $h'(z) \gtrless 0$ für $z \gtrless \hat{z}$. Sind die Investitionen niedrig, dann liegen zunehmende Skalenerträge vor, übersteigen die Investitionen den Wert $\hat{z}$ >0, dann liegen abnehmende Skalenerträge vor. Beim Nash-Wettbewerb hängen die Investitionen des etablierten Unternehmens negativ von dem Gewinn ab. Das bedeutet, dass der Marktführer weniger als alle anderen Teilnehmer investiert. Die Annahme der zunehmenden Skalenerträge ermöglicht positiven Investitionen, die der Marktführer tätigt. Beim Stackelberg-Wettbewerb maximiert das etablierte Unternehmen seinen Gewinn:

$$\Pi^L = \frac{h(z^L)V + \pi}{\left[r + nh(z^S) + h(z^L)\right]} - z^L = \frac{h(z^L)V + \pi}{h(z^S)V} z^S + z^L \tag{10}$$

Der Stackelberg-Wettbewerb mit dem freien Eintritt und den Kontraktkosten von FuE impliziert die gleiche Investitionshöhe der potentiellen Konkurrenten wie beim Nash-Wettbewerb und höhere Investitionen für den etablierten Marktführer. Die Investitionen des etablierten Marktführers und der potentiellen Konkurrenten sind vom Zinssatz und dem Gegenwartsgewinn unabhängig. Der Arrow-Effekt verschwindet.

3.2 Nichtdrastische Innovationen

Wird die Annahme der drastischen Innovationen aufgehoben führt es zu einer Art der geheimen Absprache zwischen dem neuen und alten Patentinhaber, die es ermöglicht, dass Beide Gewinne bekommen. Es entsteht ein Dyopol. Der erwartete Wert des Patents beträgt für das etablierte Untenehmen – falls es den Wettbewerb gewinnt – V^W; gewinnt dagegen der potentielle Konkurrent, dann bekommt der frühere Marktführer V^L und der Gewinner erhält V^E, was offensichtlich kleiner als V^W ist. Die Standardannahme die hier gemacht wird besagt, dass im Fall der perfekten Absprache die abdiskontierten Gewinne des etablierten Marktführers, falls er den Wettbewerb gewinnt größer als die Summe der abdiskontierten Gewinne beider Dyopolisten sind:

$$V^W \geq V^E + V^L > 0$$

Das ist ein Spezialfall der drastischen Innovation mit $V^W = V^E \equiv V$ und $V^L = 0$. Das etablierte Unternehmen hat weniger Anreiz zu investieren. Die Ursache hierfür liegt in der unbefristeten Sicherung des Gewinns (selbst wenn es den Patentwettlauf verliert).

$$\Pi^i = \frac{h(z^i)V^E - z^i}{\left[r + \sum_{j=1}^{n} h(z^j) + h(z^L)\right]} - F \qquad (11)$$

und die des etablierten Unternehmens

$$\Pi^L = \frac{h(z^L)V^W + \pi - z^L + \sum_{j=1}^{n} h(z^j)V^L}{\left[r + \sum_{j=1}^{n} h(z^j) + h(z^L)\right]} - F \qquad (12)$$

Der Arrow-Effekt verschwindet und es führt zum gleichen Ergebnis, wie im Fall mit Vertragskosten. Die Investitionen des Marktführers hängen mit dem voraussichtlichen Wert der Innovation $V^W - V^L$ zusammen und dieser Wert ist größer als V^E. Das bedeutet, dass die Zählebigkeit des Monopols größer ist im Vergleich zum Fall mit der dramatischen Innovation.

3.3 Endogenisierung der Innovationen

In dem oben beschriebenen Modell war die Innovationenanzahl endogen. Jedes Unternehmen kann auf verschiedene Art und Weise die Investitionen vornehmen. Erstens kann jede Firma investieren um die Innovationswahrscheinlichkeit zu erhöhen. Zweitens kann jede Firma investieren um den größeren Gewinn zu bekommen, falls das Patentrennen gewonnen wird. Diese Investition ist also durch abnehmende Skalenerträge charakterisiert. Je höher die Investition, desto drastischer die Innovation. Der damit verbundene Preis steigt aber unterproportional.

Der Wert der Innovation ist eine firmenspezifische Funktion der Investitionen, wobei $V(x)>0$, $V'(x)>0$ und $V''(x)<0$; $x \in R_+$ ist ein Investitionsstrom, welcher notwendig ist, um die Innovation zu entdecken. Beim Stackelberg-Wettbewerb ist die Investitionshöhe der potenziellen Konkurrenten die Gleiche wie beim Nash-Wettbewerb. Das etablierte Unternehmen investiert mehr als die übrigen Teilnehmer. Seine Investitionen sind umso mehr je höher der Wert der Innovation ist, wenn die Fixkosten genügend klein sind.

3.4 Schumpeters Wachstum

Schumpeters Vorstellung von einem dynamischen Innovator-Unternehmen, das in einem Prozess schöpferischer Zerstörung durch permanente Innovationstätigkeit das Wachstum vorantreibt wurde bereits in Modellen von Aghion und Howitt (1992, 1998), Grossman und Helpman (1991), Barro und Sala-i-Martin (1995) beschrieben. In diesen Modellen ist die Innovation der Wachstumsantrieb. Der Anreiz die Innovationen zu tätigen besteht in der Möglichkeit die Monopolposition zu bekommen und so lange die Monopolgewinne abzuschöpfen bis der nächste Innovator auf den Markt kommt.

3.4.1 Modellstruktur

<u>Firmen</u>: in Zwischenproduktsektoren werden die Zwischenprodukte j = 1,..., n hergestellt. Die Gesamtwirtschaftliche Produktion eines homogenen Gutes Y –

welches zu konsumtiven oder produktiven Zwecken verwendet wird – wird durch die CRS Funktion beschrieben:

$$Y = AL^{1-\alpha} \sum_{j=1}^{N} \left(q^{K_j} X_j \right)^{\alpha} \tag{13}$$

L ist Arbeitsangebot und der Einfachheit halber wird angenommen A = L = 1, X_j ist ein Zwischenprodukt von der Qualität k_j und Parameter $\alpha \in (1/2,1)$. Auf dem Markt für Endprodukte herrscht vollkommene Konkurrenz, während jedes Zwischenprodukt von einem Unternehmen (welches auch über das Patent verfügt) hergestellt wird und zum Monopolpreis abgesetzt wird. Der Monopolist maximiert seinen Periodengewinn:

$$\pi_{k_j} = \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) X(k_j) = \left(\frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \alpha^{2/(1-\alpha)} q^{k_j \alpha/(1-\alpha)} \tag{14}$$

Der gewinnmaximierende Preis ($P_i = 1/\alpha$), den der Monopolist für das Zwischenprodukt j setzen kann, ist größer als Eins und übersteigt damit die Grenzkosten um den Betrag in Höhe von $(1-\alpha)/\alpha$.

<u>Haushalte</u>: der einzelne Haushalt maximiert seinen intertemporalen Nutzen aus Konsum:

$$U = \int_0^{\infty} \frac{C_t^{1-\theta}}{1-\theta} e^{-\rho t} dt \tag{15}$$

wobei *θ* die Substitutionselastizität und *ρ* die Zeitpräferenzrate sind. Als Ergebnis des Optimierungsproblems erhält man die Wachstumsrate des Konsums die aus der Euler -Gleichung folgt:

$$g = \frac{r - \rho}{\theta} \tag{16}$$

<u>Marktgleichgewicht</u>: im Cournot-Nash Gleichgewicht investiert jede Firma

$$z_{k_j}^C = \frac{\varepsilon\eta\left(\frac{1-\alpha}{\alpha} - \eta\right)}{\left[1-\varepsilon\left(\frac{1-\alpha}{\alpha} - \eta\right)\right]} X(k+1_j) \quad (17)$$

Diese Investitionen hängen positiv von der Umsatz-Investment-Elastizität ε und dem Preisaufschlag auf die Grenzkosten – den so genannten mark up – $(1-\alpha)/\alpha - \eta$ positiv ab. Die Lösung des sozialen Planers beinhaltet folgende Ergebnisse

$$X^*(k_j +1) = X (k_j +1)\alpha^{-1/1-\alpha} > X (k_j +1) \quad (18)$$

Die Investitionshöhe ist größer als im Gleichgewicht:

$$z_{k_j}^* = \frac{\varepsilon\eta}{(1-\varepsilon)} X^*(k_j+1) \quad (19)$$

Dieses Ergebnis impliziert dass die Subventionen in diesem Modell optimal sind, während in anderen Modellen z. B. bei Barro und Sala-i-Martin, es nicht eindeutig ist.

Die Wachstumsrate im Nash-Gleichgewicht ist kleiner als die optimale Wachstumsrate und zwar dann wenn θ klein ist.

Im Fall der Stackelberg-Lösung sind die Rechnungen etwas komplizierter und liefern ein System mit vier Gleichungen und vier Unbekannten Variablen r^s, p^s, n^s und die Wachstumsrate

$$g^s = g^s(q,\varepsilon,\eta,\alpha,\rho,\theta) \quad (20)$$

3.4.2 Numerisches Beispiel

Die analytische Form der Lösung fehlt, man kann aber, an einem numerischen Beispiel, durch eine Simulation die Resultate beweisen. Angenommen die Parameter nehmen folgende Werte an: ρ = 0.02, q = 1.01, α = 2/3, ε = 0.5 und η = 0.02. In einem realistischen Fall mit θ = 2 ist die Wachstumsrate im Nash-Gleichgewicht 5.7% bei einem Zinssatz von 9.4%, die optimale Wachstumsrate beträgt dann 2.6%. Die Anzahl der Firmen im Gleichgewicht liegt bei 36 in jedem

Sektor und es wäre eine Anzahl von 3 Firmen optimal. Jede Firma investiert 9.3% von den Investitionen. Bei der Stackelberg-Lösung sind 11 Teilnehmer auf dem Markt, die 28% investieren, während das etablierte Unternehmen 30% investiert. Die daraus resultierende Wachstumsrate beträgt 3.3% bei einem Zinssatz von 4.6%.

4. Kritische Bemerkungen

4.1 Patentwettlauf und Erfahrungskurven

Das Grundmodell beruht auf einer unrealistischen Annahme, dass die Unternehmen während des Innovationsprozesses nichts lernen. Die Wahrscheinlichkeit, dass dem Unternehmen die Erfindung gelingt, hängt nur von seinen Aufwendungen zu diesem Zeitpunkt ab und nicht von seinen Aufwendungen in der Vergangenheit (Erfahrung, Forschung). Ebenso wenig hängt diese Wahrscheinlichkeit vom Zeitpunkt selbst oder von den Forschungsschwerpunkten ab, auf die sich sein potentieller Konkurrent in der Vergangenheit konzentriert hat. Eine Möglichkeit die Erfahrungskurveneffekte bei Patentwettläufen zu formalisieren, besteht darin zu unterstellen, dass die Wahrscheinlichkeit mit der dem Unternehmen zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Erfindung gelingt, nicht nur von seinen laufenden FuE-Aufwendungen abhängt, sondern auch von den Erfahrungen, die es bis zu diesem Zeitpunkt gesammelt hat:

$$h_i = h(\omega(t)z^i) \tag{21}$$

wobei ω eine zunehmende Funktion ist.

„Während des Patentwettlaufs lässt sich der Spieler bis zum jeweiligen Betrachtungszeitpunkt also stets zusammenfassend durch den Vektor der Erfahrung darstellen, die das Unternehmen gesammelt hat“.[5]

[5] S Tirole, J. (1999). *Industrieökonomik*, S.891.

4.2 Wahl der Technologie

Die FuE-Aufwendungen stellen nur eine Dimension des Innovationsprozesses dar. Im Grundmodell verkürzen die Unternehmen die Zeit bis zur Erfindung, indem sie mehr für FuE ausgeben. In der Realität müssen sie auch zwischen verschiedenen Forschungsstrategien, d.h. FuE-Technologien, wählen. Sie können a) Technologien wählen, die mehr oder weniger risikobehaftet sind, oder auch b) die Wahl haben zwischen Technologien, die unterschiedlich miteinander korreliert sind.

a) In den Modellen, die von Dasgupta und Maskin (1986), Judd (1985), Klette und de Meza (1986) entwickelt wurden, führt das Wirken der „Marktkräfte“ unter Umständen zur Wahl übermäßig riskanter FuE-Technologien. Wenn ein Patent bedeutet, dass der Sieger alles erhält, kommt es nur darauf an, wer der Erste ist. Wie weit der Zweite hinter dem Ersten „nachhinkt“, ist unerheblich.

b) Wenn die Unternehmen sich für den Einsatz ähnlicher („korrelierter“) FuE-Technologien entscheiden, dann ist ein „zweifacher“ Erfolg (beiden gelingt die Erfindung fast zur selben Zeit) wahrscheinlicher als wenn sich die von ihnen eingesetzten Technologien dramatisch unterscheiden. Diese Fragestellung wird in den Arbeiten von Bhattacharya und Mookherjee (1986), Dasgupta und Maskin (1986) und Glazer (1986) untersucht. Die Korrelation ist unter bestimmten Voraussetzungen „überoptimal“ – im Vergleich zum Pareto-Optimum. Der Grund dafür ist der Folgende: wenn sich ein Unternehmen im Raum der möglichen FuE-Technologien von seinem Rivalen wegbewegt, dann erhöht sich dadurch die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Misserfolg des Einen der Andere erfolgreich ist – und dies erhöht die gesellschaftliche Wohlfahrt. Deswegen kann es sein, dass „zu ähnliche“ Technologien gewählt werden.

4.3 Wohlfahrtstheoretische Aspekte des Patentwesens

Im Modell wird unterstellt, dass es nur eine einzige patentierte Innovation gibt und diese von einem gewinnmaximierenden Unternehmen mit Hilfe einer einzigen FuE-Technologie hervorgebracht wird. In der Realität werden die Patente häufig umgangen und Erfindungen nachgeahmt (jedenfalls nach einiger Zeit). Die Frage nach der optimalen Laufzeit des Patentes bleibt auch ungelöst. Was

Nachahmungen anbetrifft, ist den Ökonomen seit langem klar, dass die Anreize für FuE dramatisch zurückgehen, wenn Nachahmungen möglich sind und sei es auch nur eine teilweise Nachahmung.[6] Spillovers sind geeignet die Erträge desjenigen zu mindern, der den Patentlauf gewonnen hat und den Verlierer zu begünstigen. Die Spillovers führen zu einem heftigeren Wettbewerb auf dem Absatzmarkt und dies wirkt sich für das innovative Unternehmen gewinnmindernd aus. Die Spillovers erhöhen die Gewinne der Verlierer, die an dem Nutzen aus der Erfindung teilhaben, ohne notwendigerweise auch entsprechende Kosten getragen zu haben. Der springende Punkt dabei ist, dass dieses Problem besonders schwerwiegend (und der Anreiz zur Vornahme von Innovationen besonders schwach) wird, wenn die positiven externen Effekte (Spillovers) auf andere Unternehmen ausfallen. In Wirtschaftszweigen, in denen solche Spillovers eine erhebliche Rolle spielen, spricht einiges für eine Substitution des Patentwesens.

Die Annahme, dass genau eine Innovation vorzunehmen ist, kann auch aufgehoben werden. Dann verliert derjenige, der in einem Patentwettlauf nicht den Sieg davongetragen hat, selbst dann nicht auf der ganzen Linie, wenn Spillovers keine Rolle spielen. Manchmal erhält er ein Patent für eine andere Innovation (oder er sichert sich für den nächsten Patentwettlauf bessere Startbedingungen). Außerdem sind selbst bei einem gut funktionierenden Patentwesen die Monopolstellungen, die durch Patentverleihung entstehen, nur vorübergehender Natur. Es werden ja ständig neue Technologien entwickelt, die die alten verdrängen. Schumpeter (1943) nannte dies einen „Prozess der schöpferischen Zerstörung“. Indessen wäre es wünschenswert, ein Modell mit einer Mehrzahl aufeinander folgender Patentwettläufen zu besitzen.[7] Die Frage nach den Förderungsmaßnahmen für FuE bleibt auch unbeantwortet.

5. Schlusswort

In dem Artikel von Etro „Innovation by Leaders“ werden neue Erklärungen für die Langlebigkeit der Marktführer untersucht. Bei vollkommener Konkurrenz hat das etablierte Unternehmen wegen des Arrow-Effekts weniger Anreiz in FuE zu

[6] Arrow (1962), Nelson (1959)
[7] Erste Schritte zur Entwicklung eines solchen Modells unternahmen Dasgupta und Stiglitz (1981), Futia(1980), Nelson und Winter (1982) und Reinganum (1985).

investieren. Es entsteht ein ständiger Wechsel zwischen den Unternehmen (leapfrogging).

Der Arrow-Effekt verschwindet beim Stackelberg-Wettbewerb mit freiem Eintritt. Der Marktführer investiert mehr als die potentiellen Konkurrenten und behält seine führende Position. Diese Ergebnisse beobachtet man auch bei Modellerweiterungen, wie z.B. Berücksichtigung der Vertragskosten oder nichtdrastischer Innovationen. Das numerische Beispiel bestätigt, dass der Marktführer etwa 30% investiert während die anderen Unternehmen nur etwa 28% investieren.

Es bestehen noch Möglichkeiten das Modell zu erweitern und zu vervollständigen. Die Annahme, dass die Unternehmen während des Innovationsprozesses nichts lernen kann berücksichtigt werden, sowie die Technologiewahl und die Alternativen zum Patent.

Literaturverzeichnis

Barro, R.J. and Sala-I-Martin, X. (2004). *Economic Growth*, Second Edition, New York: Mc Graw Hill

Etro, F. (2004). Innovation by Leaders. Economic Journal, vol. 114 (April), pp.281-303

Grossman, G., Shapiro, C. Dynamic R&D Competition. Economic Journal, vol. 97, No. 386 (Jun. 1987), pp. 372-387

Grossman, G., Helpman, E. (1997). *Innovation and Growth in the Global Economy*, 6. print, MIT Press

Maußner, A., Klump, R. (1996). *Wachstumstheorie*, Springer

Tirole, J. (1999). *Industrieökonomik*, 2., Aufl., München (Oldenbourg)