

Märkte mit strukturierter Konkurrenz und Innovation¹

Von Siegmар Stöppler † und Klaus B. Schebesch

Auf Märkten mit hohem Innovationspotential ist Konkurrenz unter unvollkommener Information und reduziertem Wirkungsradius von Unternehmungen die Regel. Unvollständige Konkurrenz findet in dynamischen Innovationsmodellen bisher kaum Anwendung. Für die Modellierung der empirisch oft festgestellten Diskrepanz zwischen technologischen und ökonomischen Erfolgen der Unternehmungen ist gerade diese Markteigenschaft gut geeignet. Für diesen Bereich entwickeln wir ein dynamisches Konkurrenzmodell mit F&E-induzierter Nachfrage und Prozessinnovation. Qualitative Unternehmenssituationen führen auf F&E-Budgetierungspolitiken für technologische Risiko- und ökonomische Aggressionsprofile der Unternehmung. Die entstehenden Marktstrukturen werden durch Simulation validiert.

1 Konkurrenz und Innovation

Innovation und beständige Verschiebung der Nachfragestruktur auf Märkten veranlaßt Unternehmungen, klassische Preiskonkurrenz zunehmend durch Differenzierung des Produktangebots oder durch eigene Innovationsaktivitäten zu ersetzen. Technologische Erfolge und Absatzerfolge führen zu „Eindrücken“ bei Konsumenten, die Unternehmungen eine langfristig stabile Nachfrageentwicklung sichern können.

Besonders entstehende Märkte sind durch unvollständige Konkurrenz und einen *Reputationsmechanismus* als Informationsübermittler technologischer und ökonomischer Stärke ausgezeichnet. Die Reputation hat im Vergleich zu Preisen eine größere „Trägheit“ und ist schlechter meßbar. Auf den Zusammenhang von Reputation und Preis sowie Preis als Qualitätssignal (nicht nur für neue Produkte) ist in der Literatur wiederholt hingewiesen worden, siehe etwa *Wolinsky* 1983.

In der theoretischen Literatur wird der Bereich technologische Konkurrenz von dynamischen spieltheoretischen Modellen dominiert. Inzwischen „klassisch“ sind die Modelle von *Reinganum* 1981, 1982 oder *Feichtinger* 1982, die den nichtkooperativen Wettbewerb um eine Erstinnovation im Oligopol bzw. Duopol abbilden. Der Zustand *technisches Wissen* wird von Konkurrenten durch Investition in F&E aufgebaut. Hohes technisches Wis-

¹ Die diesem Beitrag zugrunde liegenden Forschungsarbeiten wurden von der deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

sen führt auf frühe Erstinnovation. Hohe F&E-Ausgaben erhöhen aber auch die Erfolgserwartung des Konkurrenten. Das Problem besteht dann in der Angabe von Nash-Ausgabepfaden für F&E, die die Erwartung für den *eigenen* Innovationserfolg maximieren. Die analytische Lösbarkeit dieser Modelle erlaubt recht ausführliche Sensitivitätsbetrachtungen, die Aufschluß über die Änderung der optimalen F&E-Pfade bei Veränderung der Innovationskosten, der Diskontierung, der Marktgröße etc. geben.

Intentional ähnliche Modelle (siehe *Mamer/McCardle 1987* für ein Duopol) bilden den Innovationsprozeß unter Konkurrenz auf zwei Zeitskalen ab. Die erste Skala ist die „natürliche Zeit“, die zweite Skala besteht aus den Stufen Generierung innovationsabhängiger Nachfrage und (nach dem ersten Innovationserfolg) Einsetzen klassischer Preiskonkurrenz. In einigen Konkurrenzmodellen ist die Wirkung der F&E-Ausgaben auf die Nachfrage ähnlich der Wirkung von Faktorveränderungen auf eine Produktionsfunktion (siehe etwa *Yeung 1988*).

Beschränkungen der direkten Konkurrenzwirkungen findet man in der neueren Literatur zu nichttechnologischer Konkurrenz. So betrachtet *Economides 1989* ein statisches strategisches Spiel in den drei hierarchischen Entscheidungsstufen Markteintritt, Produktpositionierung und Preissetzung. Dabei können Unternehmungen in einem *ringförmigen* „stetigen“ Produktraum entstehen. Es wird gezeigt, daß weder minimale noch maximale Produktdifferentiation optimal ist, folglich der Einfluß der (zwei) Nachbarprodukte auf die jeweilige (Einprodukt-)Unternehmung am größten ist. Territoriale Konkurrenz wird auch von *Axelrod 1984* für evolutionäre Verhaltensimitation untersucht.

Nelson/Winter 1982 und *Montaño/Ebeling 1980* verknüpfen die Erfolgserwartungen von Prozeßinnovation mit starken *technologischen Nachbarschaften* („success breeds success“). Erklärungsansätze der Entwicklung von Technologieübernahmen und/oder Nachfrage nach Innovationen findet man im Bereich externer Effekte („network competition“). Hier haben *in der Produkt- oder Prozeß-Verbreitung zunehmende* Nutzeffekte besondere Bedeutung. Dazu zählt Erwartung bezüglich Kompatibilität von neuen Erzeugnissen und die langfristige Festlegung von Gebrauchsgewohnheiten, siehe *Arthur 1989* und *Shapiro 1989*. In der neueren Literatur werden Vorteile gradueller technischer Verbesserungen vs. seltener spektakulärer Erfolge (siehe *Fine/Porteus 1989*) im Bereich der Produktionstechnologien diskutiert.

Schließlich können persistente Diskrepanzen zwischen technologischen und ökonomischen Erfolgen von Unternehmungen potentielle Neueinsteiger verunsichern. Solche Diskrepanzen führen bei etablierten Unternehmungen zu vielfältigen *strategischen Unternehmensallianzen* deren Erfolg aber häufig ausbleibt (*Lei 1989*).

In den verbleibenden Abschnitten entwickeln wir ein dynamisches Konkurrenzmodell für Märkte mit hohem Innovationspotential, mit unvollkommener Information und reduziertem Wirkungsradius von Unternehmungen. Die F&E-Ausgaben bewirken Produkt- und Prozeßentwicklung der Unternehmungen. Im Produktbereich (Abschn. 2) bewirken die F&E-Ausgaben graduelle Veränderungen, die indirekt durch die Nachfrageentwicklung erfaßt werden. Im Prozeßbereich (Abschn. 3) kann F&E-Aktivität zu Innovationen oder zur Übernahme effizienterer Techniken aus der „technologischen Nachbarschaft“ führen. Qualitative Unternehmenssituationen (Abschn. 4) führen auf drei heuristische F&E-Budgetierungspolitiken, die sich durch technologische Risiko- und ökonomische Aggressionsbereitschaft der Unternehmung unterscheiden. Die Evaluation der drei F&E-Budgetierungspolitiken (Abschn. 5) verdeutlicht die strategischen Tradeoffs von Unternehmungen (Märkten) mit unterschiedlicher technologischer Risikobereitschaft und die Entstehung von Diskrepanzen zwischen technologischen und ökonomischen Erfolgen der Unternehmungen. Schließlich vergleichen wir die Ergebnisse mit anderen Politikvarianten (Abschn. 6), ohne letztere detailliert vorzustellen und geben die relativen ökonomischen, technologischen und evolutionären Erfolge aller simulierten Politiken an.

2 Ein Unternehmensmodell mit strukturierten Konkurrenzbeziehungen

Wir geben die Wechselwirkung zwischen innovativer Unternehmung und dem Produktmarkt in einem dynamischen Modell an, das strukturierte Wettbewerbsbeziehungen, die Abbildung ungleicher Konkurrenten sowie Möglichkeiten der qualitativen Analyse der Unternehmenserfolge hervorhebt.

Wir bezeichnen die maximale Anzahl der Produktpositionen und (Einprodukt-)Unternehmungen auf dem Markt mit m ; dabei betrachten wir nur Märkte mit $m \geq 2$. Die i -te Unternehmung, mit $i \in \{1, \dots, m\} = \mathcal{M}$, hat eine *direkte Konkurrenzumgebung* $U_i \subset \mathcal{M}$; u_i bezeichnet die Anzahl der Elemente in U_i , d. h. die maximale Anzahl der direkten Konkurrenten der i -ten Unternehmung. Wir betrachten ausschließlich „3-er Konkurrenzumgebungen“ des Typs $U_i = \{i - 1, i, i + 1\}$, für $1 < i < m$. Weiter gilt für das dynamische Modell ein endlicher Zeithorizont $T > 0$ mit diskreten Zeitstufen $t \in [0, 1, \dots, T]$.

Periodenweise F&E-Ausgaben rufen „graduelle“ Produktveränderungen hervor und induzieren Veränderungen der kompetitiven Nachfrage. Um einen unternehmensinternen Ressourcenkreislauf endogen zu beschreiben, benötigen wir für jede Unternehmung zwei weitere Zustände, nämlich das Budget und die Reputation. Das Budget stellt in jedem Zeitpunkt Mittel zur

Verfügung, die zu Produktionszwecken und zur Generierung von (zusätzlicher) Nachfrage aufgeteilt werden können. Die Reputation ist eine in dem Nachfrageüberhang zunehmende Funktion und bestimmt ihrerseits den von der Unternehmung maximal forderbaren Preis.

Für den Produktbereich wird jede Unternehmung durch folgende dynamische Variable beschrieben:

- der Zustand $d_t^i \geq$ bezeichnet die Mengennachfrage nach dem Produkt der Unternehmung,
- der Zustand $q_t^i > 0$ bezeichnet das Budget,
- der Zustand $x_t^i > 0$ bezeichnet die Reputation,
- die Entscheidungsvariable $0 < y_t^i < 1$ bestimmt, welcher Anteil des Budgets für F&E-Aufwendungen eingesetzt wird. Der komplementäre Anteil kann „direkt produktiv“ genutzt werden,
- der Output s_t^i gibt die Menge des hergestellten Produktes an und
- der Output p_t^i bezeichnet den Preis des Produktes.

Die Gesamtnachfrage der Konkurrenzumgebung der i -ten Unternehmung wird mit $D_t^i = \sum_{j \in U, j \neq i} d_t^j$ bezeichnet.

Die Übergangsgleichung für die F&E-induzierte *Mengennachfrage* ergibt sich aus einem Konkurrenzterm und einem Vergessensterm. Der Konkurrenzterm $G_t^i > 0$ gibt die Nachfrageerhöhung einer Periode in Abhängigkeit von der relativen Position der Unternehmung in ihrer Konkurrenzumgebung an.

$$(1) \quad G(y_t^i, q_t^i, d_t^i, D_t^i) = (q_t^i y_t^i) \left[\psi \frac{d_t^i}{D_t^i} + \beta y_t^i \left(\xi \frac{1}{u^i} - \frac{d_t^i}{D_t^i} \right) \right] \geq 0, \quad \psi, \beta, \xi > 0$$

Der Nachfragezuwachs verhält sich – für den in F&E-Ausgaben ansteigenden Bereich der Funktion G – wie in einem komplementären Konkurrenzsystem. Zu G wird ein Vergessensterm addiert. Dieser Term übernimmt die Nachfrage der Vorperiode und verringert sie autonom um den Anteil δ , mit $0 < \delta \leq 1$. Die *Nachfrageträgheit* der Konsumenten verringert sich mit zunehmendem δ . Die vollständige Übergangsgleichung für d ist dann durch

$$(2) \quad d_{t+1}^i = G(y_t^i, q_t^i, d_t^i, D_t^i) + (1 - \delta) d_t^i, \quad \text{mit } d_0^i \geq 0$$

gegeben (siehe auch Anhang A1).

Die Produktionsmöglichkeiten $s \geq 0$ sind über eine invertierte Kostenfunktion gegeben. Fixkosten werden in dem Modell nicht berücksichtigt.

$$(3) \quad s_t^i = \sigma \{ (1 - y_t^i) q_t^i \}^{\pi^{(k^i)}}, \quad \text{mit } \sigma > 0$$

Die Effizienz direkt produktiver Investitionen $(1 - y)q$ ist durch π gegeben. Die Funktion $\pi(k)$ gibt den technischen Stand des Produktionsverfahrens an und wird in Abschnitt 3 erläutert.

Tritt auf Grund einer F&E-Anteilsentscheidung y^* Überproduktion ein, d.h. $s(y^*) > d(y^*)$, dann „verliert“ die Unternehmung die Menge $s - d$ des Produktes². Um diese Fälle zu vermeiden, geben wir die Budgetgleichung durch

$$(4) \quad q_{t+1}^i = s_t^i(1 - y^a)p(x_t^i) + (y^a - y^*)q_t^i, \quad q_0^i > 0 \text{ mit}$$

$$(5) \quad y^a = \begin{cases} \arg \min_y (s(1 - y) - d(y^*)), & s \geq d \quad \text{wenn} \quad s(y^*) > d(y^*) \\ y^* & \text{sonst} \end{cases}$$

an. Dabei ist $(y^a - y^*)q_t^i \geq 0$ das in t nicht verwendete Budget. Im Modell wird von Problemen der Kapazitätsauslastung, der Unternehmensfinanzierung und der Ausschüttung von Gewinnen abgesehen.

Die Reputation x bewertet Unternehmungen und ihre Produkte aus Konsumentensicht und reagiert auf (eventuelle) Diskrepanzen zwischen F&E-induzierter Nachfrage d und Produktionsmöglichkeiten s (siehe auch Anhang A2). Um die „Trägheit“ der Reputation zu berücksichtigen, ist der Betrag der Reputationsveränderung von der schon erreichten Reputation abhängig:

$$(6) \quad x_{t+1}^i = \left\{ 1 + \varrho \frac{d_t^i(y^*) - s_t^i(y^*)}{d_t^i(y^*) + s_t^i(y^*)} \right\} x_t^i, \text{ mit } x_0^i > 0 \text{ gegeben.}$$

Der Parameter $0 < \varrho \leq 1$ gibt die Stärke der Konsumentenreaktion auf Abweichungen von Produktion und Nachfrage an.

Der Preis $p \geq 0$ des Produktes der Unternehmung ist eine in der Reputation zunehmende Funktion. Die Reputation führt in jeder Periode auf einen Preisvorschlag $v(x_t^i) > 0$. Der tatsächliche Preis wird dann durch ein Preis-clearing über die „nächstverwandten“ Produkte in jeder Umgebung U_i bestimmt:

$$(7) \quad p_t^i = \min_{j \in U_i} \{ v(x_t^j) \}, \quad v' > 0, \quad v'' < 0 \quad \text{und} \quad v(0) = 0.$$

Preis Anpassungen finden in den Konkurrenzumgebungen in einer Periode statt. Klassische, markträumende Preiskonkurrenz wird nicht betrachtet. Vielmehr wird angenommen, daß ein aus der Reputation folgender Maximalpreis – soweit dieser nicht die Preisforderungen der (direkten) Konkur-

² Mit der Funktion $d_t^i(y)$ oder, wenn nicht mißverständlich mit $d(y)$, wird die potentielle Nachfragebildung durch zulässige F&E-Anteile in t bezeichnet um von d_{t+1}^i , der tatsächlich eintretenden Nachfrage, zu unterscheiden.

renten überschreitet – von der Unternehmung auch tatsächlich gefordert wird. Diese Annahme ist restriktiv, jedoch auf Märkten mit stark innovativen Produkten gerechtfertigt.

Schließlich verwenden wir im Simulationsmodell ein Kriterium, das *ökonomisch leistungsschwache* Unternehmungen aus dem Markt eliminiert. *Marktaustritte* verhindern im Modell pathologische, d. h. sich auf sehr kleinen Zustandswerten bewegende Unternehmungen. Das Marktaustrittskriterium ist an kurz- und längerfristig zurückreichende Information über die Unternehmensleistung gebunden:

$$(8) \quad (q_i^i < \epsilon_0^q q_0^i) \vee (q_i^i < \epsilon_p^q q_{i-1}^i) \vee (d_i^i < \epsilon_0^d d_0^i) \leadsto \text{Marktaustritt von } i,$$

mit ϵ_0^q , ϵ_p^q und ϵ_0^d positiven Konstanten, die in dem Simulationsmodell gewählt werden. Die Austrittsbedingungen beziehen sich auf die leichter „meßbaren“ Unternehmensgrößen Budget und Nachfrage. Je nach Höhe der Austrittskonstanten sprechen wir von *nachsichtigen* bzw. *strengen* Austrittsbedingungen.

3 Prozeßinnovation

Wenn Produkte und F&E-Aktivitäten nicht „zu eng“ definiert werden, findet in unserem Simulationszeitraum kompetitive Produktperfektionierung (Produktverbesserung ausgedrückt durch Nachfragenentwicklung) statt. Unternehmungen können die im Anfangszeitpunkt gegebenen Produkte „weiterentwickeln“ oder diese Produkte verschwinden vom Markt. Innerhalb des Zeitraumes der Produktperfektionierung *kann* die Unternehmung aufgrund ihrer F&E-Aktivitäten effizientere Produktionstechniken für „ihr“ Produkt entdecken oder eine Technik von Unternehmungen mit ähnlichen (im Produktraum benachbarten) Produkten imitieren. Wir beschränken uns daher auf eine kleine Anzahl von *Entdeckungsereignissen*. Von stetiger, sofort in der Produktion wirksamer Lernerfahrung wird abgesehen. Dafür kann die Unternehmung durch Kumulation von F&E ihr technisches Wissen vermehren³.

Im Modell produzieren alle Unternehmungen zu jedem Zeitpunkt mit genau einem Produktionsprozeß. Für jede Produktposition kann eine begrenzte Anzahl zunehmend effizienter Produktionstechniken $\pi_k \stackrel{\text{def}}{=} \pi(k)$ aus Π „entdeckt“ werden (für die Rolle von π_k in der Produktion siehe Abschnitt 2):

$$(9) \quad \Pi^i = [\pi_1^i \dots \pi_{\bar{s}}^i], \text{ mit } \bar{s} \geq 2 \text{ und } \pi_k^i < \pi_{k+1}^i \text{ für } k \in \{1, \dots, \bar{s} - 1\}.$$

³ Technisches Wissen kann auf Grund von „Abkopplung“ in F&E-Abteilungen langfristig vermehrt werden ohne Anwendung im Produktionsbereich zu finden, siehe etwa Reich 1989.

Im Extremfall wird die \bar{s} -te Effizienzstufe im Endzeitpunkt von allen überlebenden Unternehmungen verwendet.

Wir nennen die Entdeckung einer Technik $k_{neu} \leq \bar{s}$ durch eine Unternehmung *Imitationserfolg*, wenn diese Technik mindestens einer anderen Unternehmung aus der Konkurrenzumgebung bekannt ist. Findet eine Entdeckung außerhalb einer Konkurrenzumgebung, in der das technische Niveau k_{neu} schon erreicht wurde statt, oder führt die Entdeckung auf die höchste technische Stufe in der Konkurrenzumgebung, so nennen wir sie *Innovationserfolg*.

Das Ereignis „Entdeckung einer effizienteren Technik k_{neu} “ ist von den kumulierten F&E-Aufwendungen c_t^i (Wissen) der Unternehmung, und von den momentanen F&E-Anstrengungen sowie den erreichten technischen Niveaus aller Unternehmungen in der Konkurrenzumgebung abhängig. Die technologische Konkurrenzsituation wird durch die Variable $z_t^i := k_t^{i-1} y_t^{i-1} + k_t^{i+1} y_t^{i+1} - 2 k_t^i y_t^i$ erfaßt. Die Variable z_t^i gibt die „Übernahmebereitschaft“ für eine effizientere Technologie aus der Konkurrenznachbarschaft U_i an.

Eine Entdeckung findet dann in t statt, wenn eine *Entdeckungsfunktion* f

$$(10) \quad f(c^i, z^i, y^i) := h(z^i, c^i) y^i \geq 0, \quad \text{mit } h(\cdot, \cdot) > 0$$

durch geeignete Kombination der drei Einflüsse

- Akkumulation von Wissen (c_t^i) und/oder
- kompetitive Übernahmebereitschaft (z_t^i) und
- in der aktuellen Periode F&E-Aktivität ($y_t^i > 0$),

einen Schwellenwert $\bar{f} > 0$ überschreitet, d.h. $f(c^i, z^i, y^i) > \bar{f} \rightarrow k_{neu}$.

Die Forderung von F&E-Aktivität im Zeitpunkt des Innovationserfolges findet man auch in dem Modell von *Reinganum* 1981, 1982. Der Entdeckungsprozeß wird in Anlehnung an *zelluläre Schwellenwert-Automaten* modelliert (siehe *Demongeot et al.* 1985). Technische Details des Entdeckungsprozesses werden in *Stöppler/Schebesch* 1990 beschrieben.

Der Einfluß der Unternehmung auf ihren Entdeckungserfolg ist wegen der zeitlichen und strategischen Abhängigkeiten nur indirekt. Der im Modell verwendete Entdeckungsprozeß „erschwert“ bei technologischer Führerschaft und (lokaler) Monopolstellung der Unternehmung weitere Innovation und neutralisiert die Konkurrenzwirkung bei gleichen technischen Niveaus in der Konkurrenzumgebung. Weiter begünstigt relative technische Rückschrittlichkeit das Auffinden einer effizienteren Technik durch Möglichkeiten zur Imitation. Hohe eigene F&E-Anteile in der Periode und hohe kumulierte F&E-Aufwendungen erhöhen die Erwartung einer Erstinnovation⁴. Mit zunehmend heterogener Konkurrenzwirkung

$z \neq 0$ treten die Erstinnovationen i. A. früher auf. Auch korrelieren sie mit den F&E-Anstrengungen weniger gut und geben dem Prozeß ein „zufälliges Aussehen“. Früh innovierende Unternehmungen können dennoch von später erfolgreichen Innovatoren technologisch überholt werden. Die kumulierte F&E-Tätigkeit c wird schließlich nach jeder Entdeckung um einen festen Anteil zurückgesetzt, um auszudrücken, daß ein Teil des Wissens über „alte“ Techniken nicht mehr relevant ist.

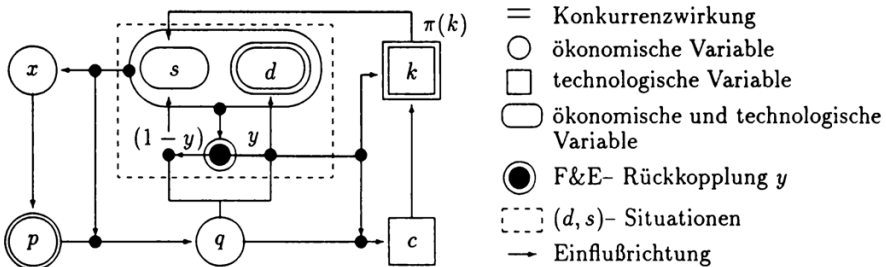


Abb. 1: Abhängigkeit ökonomischer und technologischer Unternehmensvariablen

4 Vier qualitative Unternehmenssituationen

Die Einzelunternehmung kann in unserem Modell ökonomische und technologische Prozesse beeinflussen (siehe Abb. 1). Wir nennen die Gegenüberstellung der potentiellen Nachfrage-Produktionsmöglichkeiten jeder Unternehmung (d, s) -Situation. Hier treffen direkte Auswirkungen von Produktinnovation (siehe Abschnitt 2) und Prozeßinnovation (siehe Abschnitt 3) in den Variablen $d(\cdot, y)$ und $s(\cdot, \pi)$ zusammen. Die (d, s) -Situation ist eine aggregierte Momentanbewertung der Unternehmung aus der man auf kurzfristig rationale F&E-Aktivierungen schließen kann.

Bei geeigneter Wahl von Ober- und Untergrenzen der periodenweisen F&E-Anteile, $0 < \underline{y} \leq y \leq \bar{y} < 1$, können sich die Unternehmungen in jedem Zeitpunkt nur in jeweils einer von vier (d, s) -Situationen befinden. Die Variable $(d, s)_t \in \{A, B, C, D\}$ erfaßt diese vier qualitativen Situationen (siehe Abb. 2).

Die Situation A ist durch einen Nachfragedefekt für alle zulässigen F&E-Anteile gekennzeichnet. Der Unternehmung steht ein Produktionsverfahren $(\pi(k))$ zur Verfügung, das für alle in der Periode möglichen F&E-induzierten Nachfragen zu Überproduktion führt. Diese Situation kann etwa in einer frühen Marktphase durch eine besonders effiziente Technik bei niedrigem Preisniveau entstehen.

⁴ Die Unternehmung kann diese Korrelation nur begrenzt ausnutzen, da „zu hohe“ F&E-Anteile unweigerlich zu Marktaustritten führen würden, siehe Abschn. 2.

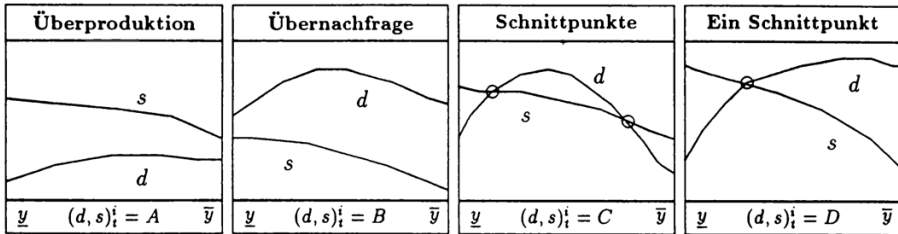


Abb. 2: Vier qualitative $(d, s)_i^j$ -Situationen mit $0 < \underline{y} < \bar{y} < 1$

In der Situation *B* weckt die Unternehmung – für jede zulässige Aufteilung des Budgets in F&E-Aufwendungen und Produktion – mehr Nachfrage als sie mit der aktuellen Technik herstellen kann. Die Wahrscheinlichkeit für Situation *B* steigt, wenn der Nachfrageanteil der Unternehmung in ihrer Konkurrenzumgebung klein ist oder wenn die Entwicklung der Herstellungsverfahren mit der Produktentwicklung nicht schritthält.

Die Situation *C* entsteht, wenn die Unternehmung in ihrer Konkurrenzumgebung einen großen Marktanteil erreicht. Wegen ihrer „Frontstellung“ im Bereich der Produktentwicklung ist es riskant, zu hohe F&E-Anteilsaufwendungen einzusetzen. In dieser Situation haben die Kurven der Produktionsmöglichkeiten und der potentiellen Nachfrage zwei und mehr Schnittpunkte.

Die vierte Situation (*D*) entsteht, wenn für alle zulässigen F&E-Aufwendungen genau ein Schnittpunkt zwischen den Kurven der Produktionsmöglichkeiten und der potentiellen Nachfrage vorliegt. Im Unterschied zu *C* ist *D* nicht auf Unternehmungen mit großem relativen Marktanteil beschränkt. Die Wahrscheinlichkeit für *D* ist demnach erheblich höher.

Die Einführung einer neuen Produktionstechnik (siehe Abschn. 3) kann die (d, s) -Situation der Unternehmung verändern. Besonders aus den Situationen *D*, *C* und *B* kann ein Übergang in die Situation *potentielle Überproduktion A* erfolgen. Befindet sich eine Unternehmung in *A*, kann sie in ihrer Konkurrenzumgebung Preisverfall auslösen.

5 F&E-Politiken und entstehende Märkte

Im Modell treten implizit verschiedene ökonomische Akteure auf. So ist die Einzelunternehmung an einem hohen Produktionsniveau (hohe Nachfrage und Budgets), an möglichst hoher Reputation (potentielle Preisforderung) und an einer hohen Überlebenschance interessiert. Der Staat strebt kompetitive Marktformen, Diversität des Angebots und ein hohes technologisches Niveau der Unternehmungen an. Der Nutzen der Konsumenten

steigt mit fallendem Preisniveau und mit der Ausweitung des Produktangebots (siehe auch die Marktbewertung in Tab. 1).

Wir betrachten drei F&E-Politiken des Marktakteurs *Einzelunternehmung* im Detail, die auf Information der vier qualitativen Situationen aus Abschnitt 4, d.h. auf räumlich und zeitlich kurzfristige Marktinformationen, zurückgreifen. Resultate zu weiteren F&E-Politiken der Unternehmung werden im letzten Abschnitt zusammengefaßt.

In den *potentiell gleichgewichtigen* Nachfrage-Produktionssituationen *C* und *D* werden bei Risikoscheu F&E-Anteile verwendet, die auf Schnittpunkte der (d, s) -Kurven führen⁵. Abweichen von den Schnittpunkten bedeutet in jedem Fall kurzfristiger Absatzverlust. Bei hoher Zukunftsbewertung kann solches Abweichen aber von Vorteil sein.

Das Verhalten des risikoaversen Unternehmers verhindert einen Preisanstieg in der Konkurrenzumgebung durch das Ausbleiben von Reputationsveränderungen in den Gleichgewichtspunkten der Situationen *C* und *D*. Bei *potentieller Übernachtfrage B* ($d > s$, für alle y) wählt ein risikoaverses Unternehmen den F&E-Anteil \underline{y} , bei *potentieller Überproduktion A* ($s > d$, für alle y) hingegen \bar{y} . Die *risikoaverse* Budgetierungsregel $y(C)$ lautet daher pro Periode und Unternehmung

$$(11) \quad y_i^j(\mathcal{C}) = \begin{cases} \bar{y} & \text{wenn } (d, s)_t^i = A \\ \underline{y} & \text{wenn } (d, s)_t^i = B \\ \operatorname{argmax}_y \{d(y) = s(y)\} & \text{wenn } (d, s)_t^i \in \{C, D\} \end{cases}$$

Der *reputations-* oder *technologieorientierte* Typ eines risikofreudigen Unternehmens, versucht seine Reputation und folglich den Preis in der Konkurrenzumgebung über größere (relative) F&E-Anstrengungen zu erhöhen. Dadurch entsteht ein *strategisches Risiko*, da es zu einer tatsächlichen Preiserhöhung nur im Fall gleichförmigen Verhaltens in der Konkurrenzumgebung kommt. Bei *potentieller Überproduktion A* wird – wie bei der Politik \mathcal{C} – die F&E-Aktivierung \bar{y} gewählt, in den restlichen (d, s) -Situationen wird der risikoaversen F&E-Aktivierung $y(\mathcal{C})$ ein zusätzlicher Teil des Budgets für F&E-Zwecke zugeführt:

$$(12) \quad y_i^j(\mathcal{F}) = \begin{cases} \alpha(\bar{y} - y_i^j(\mathcal{C})) + y_i^j(\mathcal{C}) & \text{wenn } (d, s)_t^i \in \{B, C, D\} \\ \bar{y} & \text{wenn } (d, s)_t^i = A \end{cases} \quad \text{mit } 0 < \alpha < 1.$$

Der *aggressive* Konkurrent ist ein (ökonomisch) risikofreudiger Unternehmenstyp, der Konkurrenten durch ausgelösten Preisverfall aus dem

⁵ In der Situation *C* wird der Schnittpunkt mit dem höchsten Produktionsniveau gewählt.

Markt zu eliminieren versucht. Wie bei risikoaverser Politik wählt die Unternehmung bei *potentieller Übernachfrage B* die F&E-Anteile \underline{y} . Im Gegensatz zur reputationsorientierten F&E-Politik werden die \bar{F} &E-Anteile in den Situationen A, C und D eingeschränkt. Das Risiko dieser Politik liegt in der möglichen Elimination der eigenen Existenz (besonders wenn direkte Konkurrenten die gleiche Politik benutzen), die potentiellen Gewinne liegen in der „Schädigung“ oder Elimination der direkten Konkurrenten:

$$(13) \quad y_t^i(\mathcal{D}) = \begin{cases} \alpha(y_t^i(\mathcal{E}) - \underline{y}) + \underline{y} & \text{wenn } (d, s)_t^i \in \{A, C, D\} \text{ mit } 0 < \alpha < 1. \\ \underline{y} & \text{wenn } (d, s)_t^i = B \end{cases}$$

Wir stellen nun die Entwicklung von drei Märkten dar, für den Fall, daß alle Unternehmungen pro Markt die gleiche F&E-Politik benutzen. Die Simulation eines Marktes wird anhand quantitativer und qualitativer Ergebnisse diskutiert. Qualitative Bewertungen der Ergebnisse einer Politik gelten dabei als vergleichende Abgrenzungen zu Ergebnissen anderer Politiken (siehe dazu Abschnitt 2 und zur Initialisierung Anhang B).

Tab. 1 enthält die höchstaggregierte Bewertung der simulierten Märkte. Hier tritt der evolutionäre Nachteil der ökonomisch aggressiven Politik \mathcal{D} hervor – insofern sie keine technologieorientierte Politiken (Unternehmungen) „ausnutzen“ kann. Die technologisch risikofreudige Politik \mathcal{T} führt auch in einem Markt mit „gleichartigen“ Konkurrenten eher zur Vermehrung des technischen Wissens und zu Prozeßinnovation/imitation. Die ökonomisch wie technologisch risikoaverse Politik \mathcal{E} führt den Vergleich in der ökonomischen und ökonomisch-technologischen Bewertung an.

Die weitere Ergebnisdiskussion beginnt mit dem Markt *risikoaverser* Unternehmungen (Politik \mathcal{E} , siehe Abb. 3.1 - 3.2 und Anhang B, Abb. B1). Im Vergleich zur Ausgangssituation $t = 0$ (Abb. B1), ergeben die aggregierten Resultate (Tab. 1) im Endzeitpunkt eine erfolgreiche Nachfrage- und Budgetposition bei niedrigem Preisniveau. Das erreichte technische Niveau ist bei hohen kumulierten F&E-Ausgaben auf dem Markt mit 0.308 relativ niedrig⁶. Die Marktstruktur ist extrem stabil; es findet nur ein (später) Marktaustritt statt. Die in der ersten Periode vorherrschende (d, s) -Situation *potentielle Übernachfrage B* geht in eine sehr stabile Region *potentiellen Gleichgewichts D* über.

Innovationserfolge treten nur im Bereich stark schwankender Anfangsnachfrage auf, Imitation ist räumlich begrenzt und findet nur in zeitlicher Nähe zu Innovationserfolgen statt. Im Bereich höherer *technologischer*

⁶ Das Maximum 1.0 wird erreicht, wenn alle in T überlebenden Unternehmungen das höchste technische Niveau \bar{s} erreicht haben (siehe auch Abschnitt 3).

Tabelle 1

Aggregierte Marktresultate im Endzeitpunkt für Märkte mit F&E-Politiken
 \mathcal{C} , \mathcal{T} und \mathcal{D} ; $\{p_T^j\}$ bezeichnet die Menge der (unterschiedlichen) Preise
 und \bar{s} steht für das maximal mögliche Effizienzniveau (siehe Abschn. 3)

BEWERTUNG DES MARKTES		POLITIK \mathcal{C}	POLITIK \mathcal{T}	POLITIK \mathcal{D}
evolutionär, Marktform				
Anzahl aktiver Produktpositionen zum Anfangszeitpunkt.	m_0	40	40	40
Anzahl aktiver Produktpositionen zum Endzeitpunkt.	m_T	39	39	15
Anzahl der Preisblöcke (Diversität, Konkurrenzabhängigkeit).	$ \{p_T^j\} $	19	16	14
ökonomisch				
Budget (finanzieller Unternehmenserfolg).	$\sum_i (q_T^i - q_0^i)/m_T$	3.7×10^5	3.4×10^5	4.7×10^4
Minimalpreis (Erfolg der Preiskonkurrenz).	$\min_j \{p_T^j\}$	15.57	18.67	10.42
ökonomisch und technologisch				
Nachfrage (Nachfragezuwachs durch Produktperfektionierung).	$\sum_i d_T^i/m_T$	1.0×10^5	8.6×10^4	1.9×10^4
Maximalpreis (Erfolg des Reputationsmechanismus).	$\max_j \{p_T^j\}$	36.52	41.98	30.21
technologisch				
Kumulierte F&E- Ausgaben (technisches Wissen).	$\sum_i c_T^i/m_T$	3.0×10^6	5.0×10^6	1.7×10^5
Effizienzniveaus der Produktion (Innovations- Imitationserfolge).	$\sum_i k_T^i/(\bar{s}m_T)$	0.308	0.462	0.252

Niveaus finden vereinzelt Übergänge in die Situation *potentielle Überproduktion A* statt, die zu einer starken, räumlich begrenzten, Preiskonkurrenz und zu einer verstärkten Differentiation der Nachfrage- und Budgetentwicklungen der Unternehmungen führen (siehe Abb. 3.1, rechts und Abb. 3.2, Variable $p(i, t)$). Innerhalb dieses Bereichs erreichen zwei Unternehmungen das maximal mögliche technische Niveau (Niveau 5).

Der durchschnittliche Zeitverlauf der F&E-Anteile steigt am Anfang schnell auf sein maximales Niveau und sinkt in den verbleibenden Perioden langsam ab. Dieser relativ glatte Verlauf wird durch den raum-zeitlichen Verlauf von $y(i, t)$ bestätigt. In der Budgetentwicklung $q(i, t)$ bildet sich eine räumliche Differenzierung heraus, die zu den qualitativ unterschiedlichen Verteilungen der Unternehmenszustände zu den Zeitpunkten 0 und 40 (Abb. B 1) führt.

Die Unternehmungen mit besonderen Markterfolgen befinden sich unter *vollständiger lokaler Konkurrenz*. Niedrigere Preise bilden sich nur bei Unternehmungen mit höherem technischen Niveau heraus.

Ein Markt mit der F&E-Politik *cet. par.* ist konkurrenzerhaltend und läßt, stark lokalisiert, ökonomisch und technisch erfolgreiche Unternehmungen entstehen.

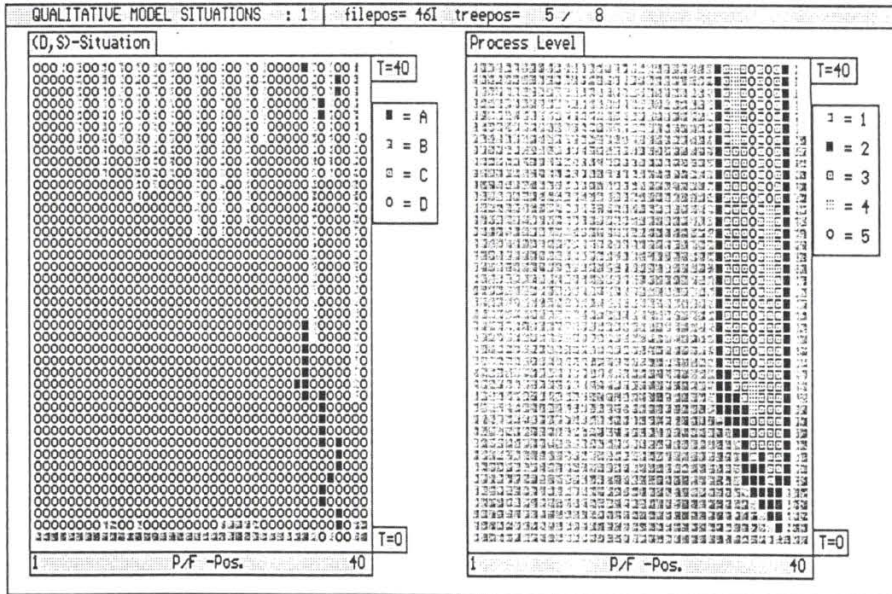


Abb. 3.1: (d, s)-Situationen und Prozeßinnovation/imitation – Politik @

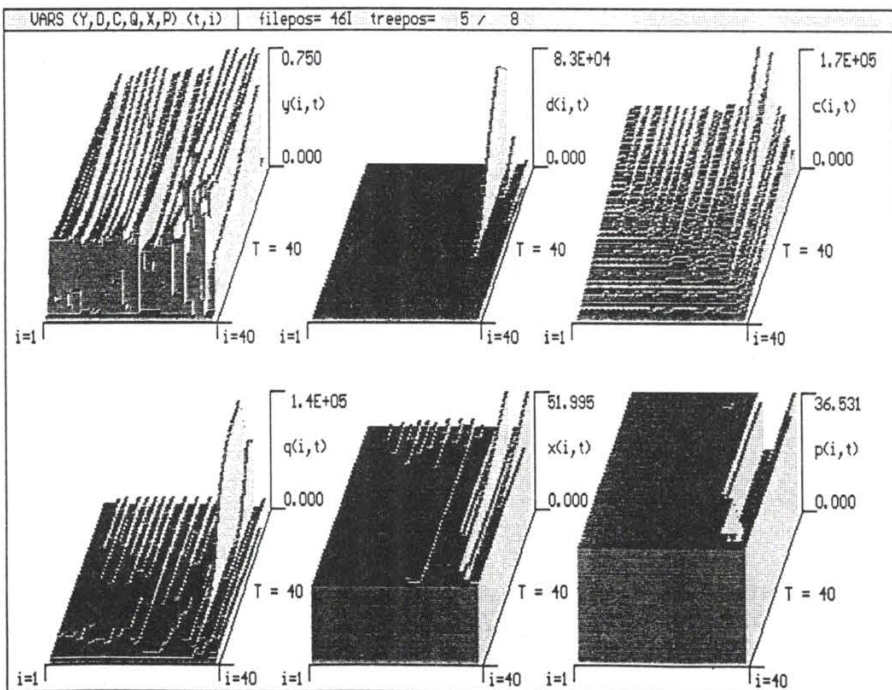


Abb. 3.2: Raum-zeitliche Entwicklung – Politik @

Der Markt mit *reputationsorientierter* Politik \mathcal{T} (Abb. 4.1 - 4.2 und Anhang B, Abb. B.2) erreicht zum Endzeitpunkt hohe Nachfragen und Budgets, das Preisniveau sinkt aber geringfügig ab. Maximaler und minimaler Preis haben nun einen größeren Abstand; es kommt zu etwas verminderter Preisdifferenzierung (16 Preisblöcke, Tab. 1). Die Marktstruktur ist wie bei Politik \mathcal{E} extrem stabil; es findet nur ein (später) Marktaustritt statt. Das technische Niveau des Marktes ist mit 0.462 höher als bei risikoaverser Budgetierung. Ähnlich der risikoaversen Politik behält die reputationsorientierte Politik die nach Innovationserfolgen gelegentlich auftretenden Situationen A nur kurzzeitig und kehrt wieder in D zurück. Innovationserfolge setzen im Bereich stark streuender Anfangsnachfragen früh ein und führen zu einem breiten Imitationskegel. Nachfolgeinnovationen setzen hingegen relativ spät ein. Diese technologische Entwicklung führt hier zu der stärkeren Clusterbildung der Nachfrage- und Budgetverläufe und zu der starken Differenzierung der Reputationsverläufe.

Das Budgetwachstum der ökonomisch erfolgreichen Unternehmungen bleibt jedoch unter demjenigen bei risikoaversen Budgetierung. Die räumliche Entwicklung der Reputation führt auf eine starke Preisdifferenzierung im Bereich der Unternehmungen mit höheren technischen Niveaus. Der Bereich mit Preisen $p_T > p_0$ ist hier erheblich kleiner als bei der risikoaversen Politik.

Die Politik \mathcal{T} führt bei extrem stabiler Marktform zur Herausbildung lokalisierter, *ökonomisch erfolgreicher* Unternehmenscluster und zu schnell diffundierenden technischen Erfolgen.

Schließlich geben Abb. 5.1 - 5.2 und Anhang B, Abb. B.3 die Entwicklung eines Marktes mit ökonomisch aggressiven Konkurrenten \mathcal{D} an. Im Endzeitpunkt werden relativ hohe Nachfragen und ein hohes Budget erreicht. Das Preisniveau, der Maximal- und Minimalpreis sind niedriger als bei den Politiken \mathcal{E} und \mathcal{D} . Die Marktstruktur ist extrem unstabil; außer einer *reduzierten Konkurrenzsituation* verbleiben im Endzeitpunkt nur *lokale Monopole* am Markt. Das erreichte *technische Niveau* des Marktes ist ebenfalls niedrig. Wegen der zu Anfang abnehmenden (durchschnittlichen) Budgetentwicklung, die durch starke Preiskonkurrenz entsteht, geraten die meisten Unternehmungen in die Situation potentieller Übernachfrage B . Aus B kehren einige Unternehmungen wieder in das potentielle Gleichgewicht D zurück, können aber wegen der inzwischen zu stark abgefallenen Finanzkraft (Budgets) keine weitere Budgetakkumulation auslösen. Nach diesem „Überlebenstest“ verschwinden mehr als die Hälfte der Unternehmungen innerhalb weniger Perioden vom Markt. Die verbleibenden Unternehmungen kommen in der jetzt erleichterten Konkurrenzsituation wieder in Bereiche wachsender Nachfragen und Budgets und schließlich auch (wegen Eintreten der Situation D) wieder in Bereiche wachsender Reputation.

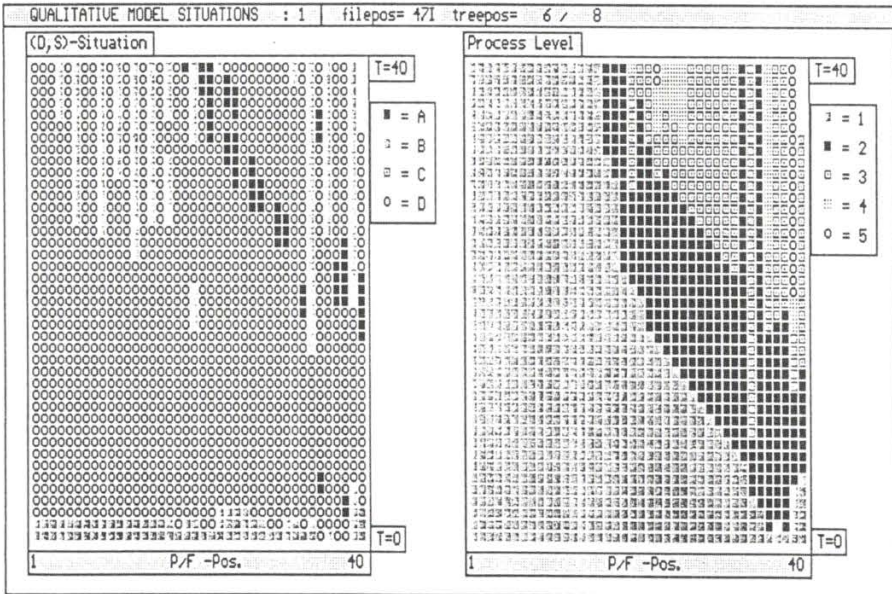


Abb. 4.1: (d,s)-Situationen und Prozeßinnovation/imitation – Politik \mathcal{T}

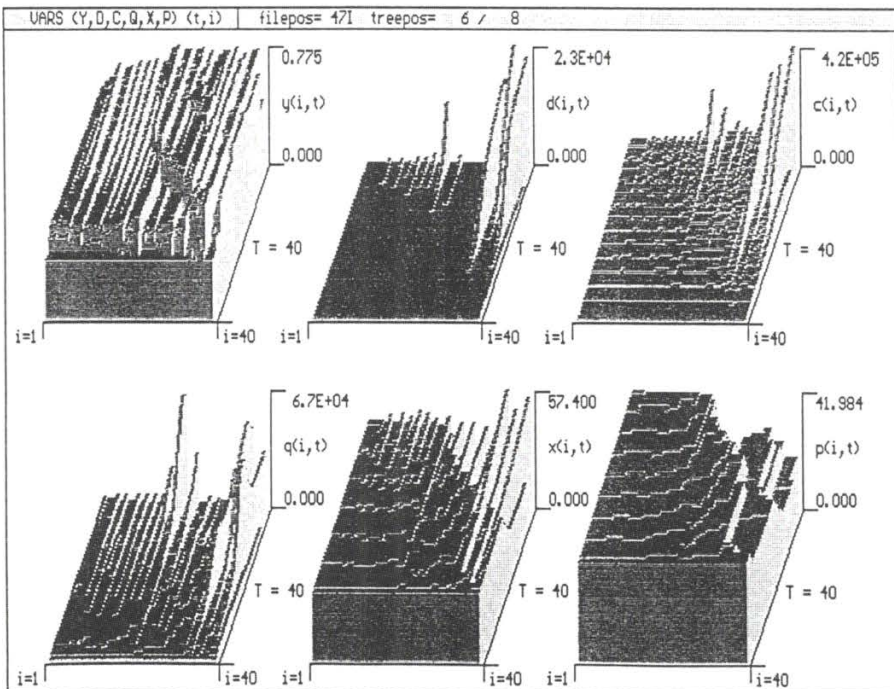


Abb. 4.2: Raum-zeitliche Entwicklung – Politik \mathcal{T}

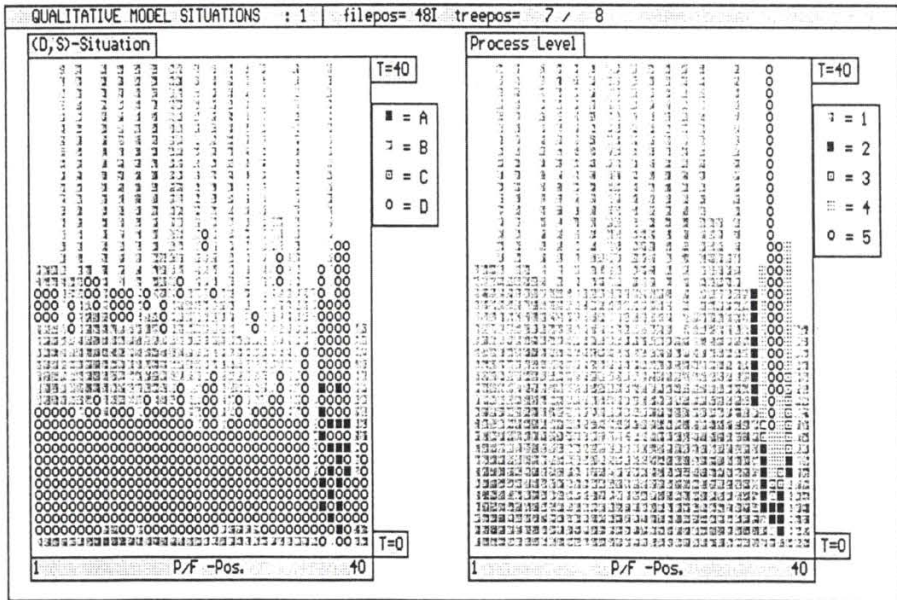


Abb. 5.1: (d,s)-Situationen und Prozeßinnovation/imitation – Politik \mathcal{D}

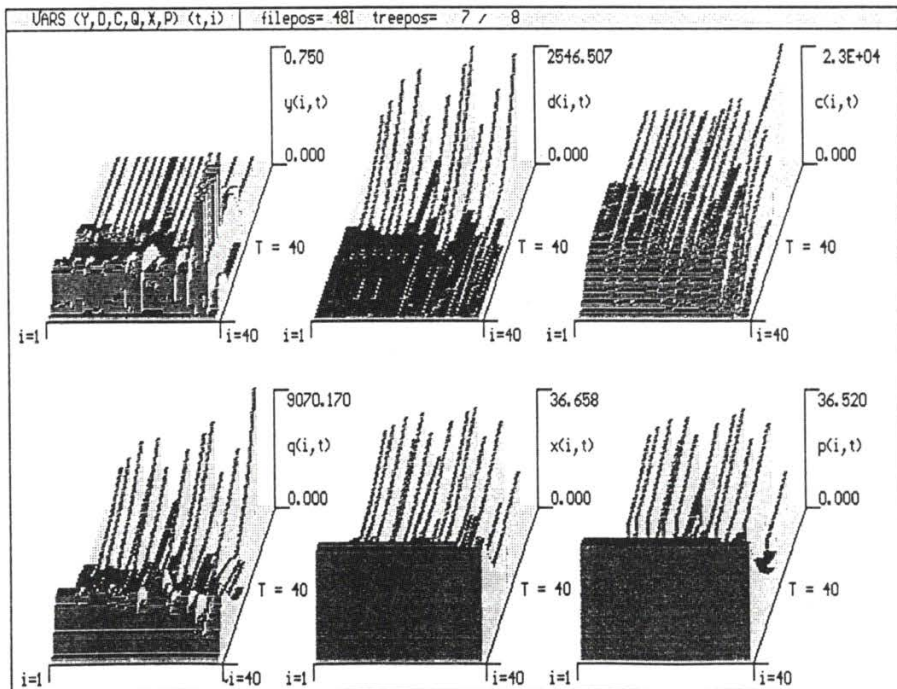


Abb. 5.2: Raum-zeitliche Entwicklung – Politik \mathcal{D}

Erste Innovationserfolge stellen sich auf diesem Markt früh ein; die Diffusion der neuen Techniken bleibt aber eng begrenzt.

Ein Markt mit (ökonomisch) aggressiver F&E-Budgetierungspolitik \mathcal{D} führt (intentionsgemäß) zu vielen *Marktaustritten*. Das Erreichen eines Wachstumspfadens als lokales Monopol wird erst nach einer riskanten Dekumulationsphase möglich.

6 Die aggregierten Marktresultate

Die Wahl der F&E-Budgetierungspolitik führt auf (verschieden ausgeprägte) Diskrepanzen zwischen *ökonomischem Erfolg* (Wachstum von Budget und Nachfrage pro Produktposition), *technologischem Erfolg* (Entdeckung/Verwendung neuer Produktionsverfahren) und *evolutionärem Erfolg* (Überleben auf möglichst vielen Produktpositionen, Resistenz gegen Invasion durch andere Unternehmenstypen).

Neben den in Abschnitt 5 beschriebenen F&E-Politiken wurden fünf weitere Politiken ausgewertet. Diese Politiken verwenden ebenfalls *räumlich und zeitlich lokale Information* über Konkurrenten oder sie sind – als Referenzregeln – konkurrenzunabhängig (siehe Markierung „(U)“):

\mathcal{K} : *Konstant* (U)

\mathcal{Z} : *Zyklisch* (U), mit einer Periode der Länge T

\mathcal{R} : *Zufällig* (U), gleichverteilt

\mathcal{E} : *Risikoavers* (Abschnitt 5)

\mathcal{T} : *Reputationsorientiert* (Abschnitt 5)

\mathcal{D} : *Aggressiv* (Abschnitt 5)

\mathcal{I} : *Minimierung zukünftiger Nachfragevariation*

\mathcal{L} : *Reaktion auf ökonomisch-technologische Disparitäten in U_i*

Die acht F&E-Budgetierungsregeln werden in *Stöppler/Schebesch* 1990 auch in komplexeren Marktmodellen verwendet. Insgesamt werden Märkte mit a) Austritt von Unternehmungen (wie in diesem Beitrag), b) Marktein- und -austritt sowie c) Marktein- und -austritt und Politikverdrängung zugelassen (siehe Anhang C).

Die F&E-Politiken \mathcal{E} und \mathcal{T} sind in den drei Erfolgsbewertungen ausgleichlichen, wobei die Politik \mathcal{T} auf höhere technologische Erfolge führt. Die auf dem ersten Erfolgsplatz noch auftretenden Politiken \mathcal{K} , \mathcal{I} und \mathcal{Z} sind in ihren Erfolgen nicht ausgewogen. Die Politiken \mathcal{K} und \mathcal{I} haben jeweils nur besondere technologische und evolutionäre Erfolge. Die Politik \mathcal{Z} hat einseitige ökonomische Erfolge.

Danach ist es für die Unternehmung lohnend, eine wettbewerbsorientierte, *ausgewogene* oder eine „vorsichtig technologieorientierte“ Politik zu verwenden. Aggressiv wettbewerbsorientierte, auf Marktverdrängung zielende Politiken haben (unter den hier modellierten Bedingungen) nur eine

geringe Erfolgserwartung. Stark adaptive Politiken (\mathcal{T} und \mathcal{L}) sind in den bisher getesteten Varianten – so wie auch die wettbewerbsunabhängigen Referenzpolitiken \mathcal{K} , \mathcal{R} , \mathcal{Z} – nur bedingt erfolgreich.

Wir haben mit dem Modell illustriert, daß bei (temporär) übermäßiger Technologieorientierung in einer Konkurrenzumgebung „zu frühe“ Erfolge in der Entdeckung (Einführung) neuer Produktionstechniken eintreten, wenn diese Erfolge auf Kosten einer (relativen) Vernachlässigung der ökonomisch-finanziellen Akkumulation entstehen. Obwohl der technologische Erfolg im Produktionsbereich von einem „neutralen Beobachter“ als Fortschritt wahrgenommen wird, kann eine Diskrepanz zwischen Produktionsmöglichkeiten und Attraktivität des nachfragebestimmenden Produktes auftreten, die dann zu Reputationsverlusten, zu vorzeitigem Preisverfall in der Konkurrenzumgebung und eventuell zur Existenzaufgabe der *ökonomisch zu schwachen* Unternehmung führt.

Zusammenfassung

Auf Märkten mit hohem Innovationspotential ist Konkurrenz unter unvollkommener Information und reduziertem Wirkungsradius von Unternehmungen die Regel. Die theoretische Literatur diskutiert in diesem Zusammenhang hauptsächlich spieltheoretische oligopolistische Modelle. Unvollständige Konkurrenz findet in der Modellierung von Innovation kaum Anwendung. Für die Modellierung der empirisch oft festgestellten Diskrepanz zwischen technologischen und ökonomischen Erfolgen der Unternehmungen ist aber gerade raum-zeitlich begrenzte Konkurrenz und Voraussicht gut geeignet. Wir entwickeln für diesen Bereich ein dynamisches Konkurrenzmodell mit F&E-induzierter Nachfrage und Prozeßinnovation. Anhand qualitativer Unternehmenssituationen geben wir F&E-Budgetierungsregeln für technologische Risiko- und ökonomische Aggressionsprofile der Unternehmung an. Wir zeigen den zu erwartenden ökonomischen und technologischen Unternehmenserfolg sowie die entstehende Marktstruktur.

Summary

In highly innovative markets firms both receive information and propagate their actions imperfectly. Theoretical literature treats the subject mainly via game-theoretic, perfect information optimization models. But imperfect competition and myopic foresight seems appropriate to model the divergence of technological and economic success of firms quite often cited in empirical work. To serve this purpose we develop a dynamic competition model with R&D induced demand and process innovation. Along four mutually exclusive, qualitative states of the firm we identify R&D-budgeting rules, which stand for different technological risk and economic aggression profiles of the firm. We evaluate the expected economic and technological success of the policies and the emerging market structure.

Anhang A

A1 In Abschnitt 2 unterscheiden wir drei Extremfälle um die Abhängigkeit der Funktion G von ihren Variablen zu motivieren. Läßt man $\frac{d}{D}$ nacheinander gegen 0, gegen $\frac{1}{u}$ und gegen 1 laufen, so ist der Exponent von G (zur Erleichterung der Interpretation setzen wir hier $\psi = \beta = \zeta = 1$):

- $y \frac{1}{u}$, die Unternehmung hat einen verschwindenden Nachfrageanteil; die Effektivität von F&E erhöht sich mit zunehmendem y progressiv.
- $\frac{1}{u}$, der Nachfrageanteil der Unternehmung entspricht der „gerechten“ Verteilung, die Effektivität von F&E ist durch die Anzahl der in U vorhandenen Unternehmungen bestimmt.
- $1 + y \left(\frac{1}{u} - 1 \right)$, in y abnehmend; G hat dadurch einen unimodalen Verlauf in y ; bei großem Marktanteil in U wird die höchste Effektivität von F&E bei relativ kleinen Anteilsaufwendungen erreicht.

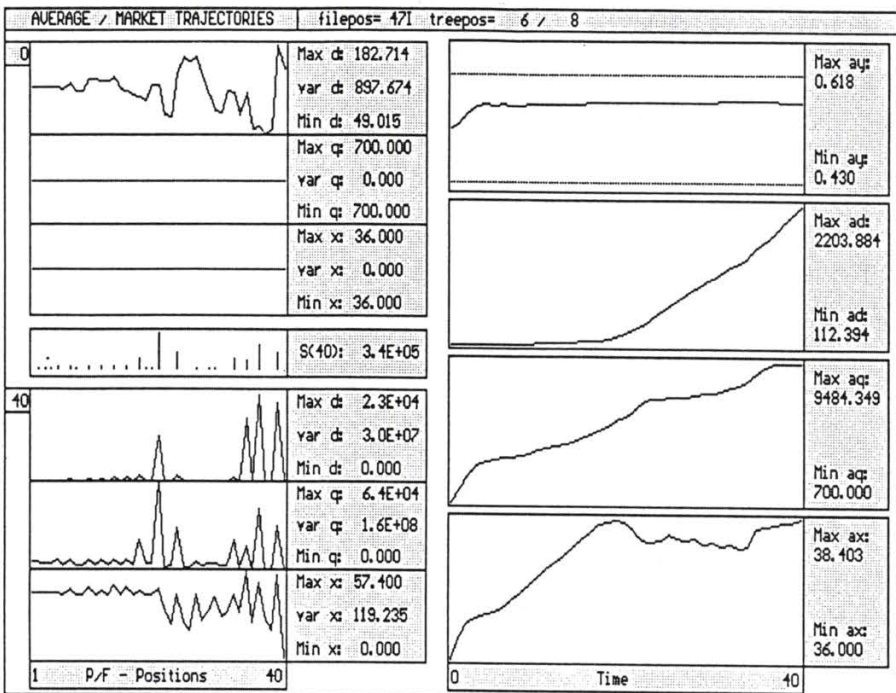
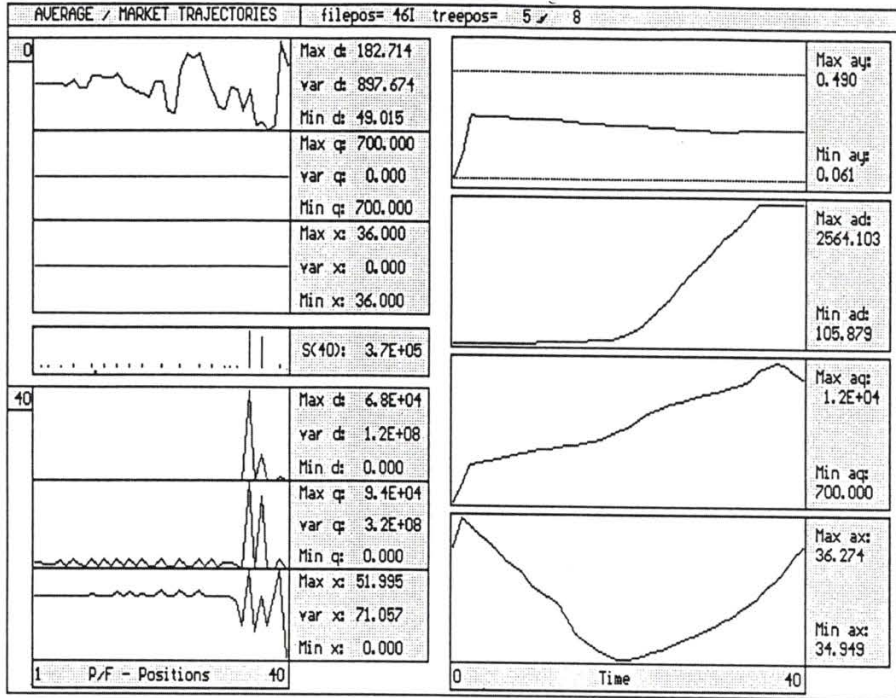
A2 Das folgende überzeichnete Beispiel soll den Reputationsmechanismus aus Abschnitt 2 verdeutlichen: Für eine Unternehmung, die ein konzeptionell minderwertiges Produkt mit Industrierobotern herstellt, sinkt nach unserer Modellauffassung die Reputation, während die Reputation für eine Unternehmung steigt, die Produkte der gleichen Produktklasse mit hohem *Neuigkeitsgrad* und in Handarbeit herstellt.

In Abhängigkeit von einer Entscheidung y^* befindet sich die Unternehmung in einem der folgenden drei Fälle:

1. Die Produktionsmöglichkeiten der Unternehmung übertreffen die durch vergangene F&E-Anstrengungen geweckte Nachfrage (Unterauslastung, Diskrepanz zwischen Produktneuheit und Herstellungsverfahren), $\Delta x_i^t < 0$,
2. Die maximal produzierbare Menge ist kleiner als die geweckte Nachfrage (Überauslastung, Diskrepanz zwischen Produktneuheit und Herstellungsverfahren), $\Delta x_i^t > 0$ und
3. Produktionsmöglichkeiten und Nachfrage stimmen überein, $\Delta x_i^t = 0$.

Anhang B

Die F&E-Budgetierungspolitiken werden in Abschnitt 5 jeweils durch Simulation von 40 Unternehmungen über 40 Perioden validiert. Märkte mit nachlässigen Austrittsbedingungen und hoher Nachfrageträgheit haben eine Belegung der Parameter $\epsilon_0^q = 0.4$ und $\delta = 0.1$ (siehe Abschnitt 2). Alle Unternehmungen sind mit Ausnahme der Nachfragen identisch initialisiert. Die Nachfragen streuen zufällig um d_0^q . Die maximale Variationsbreite nimmt dabei in i stetig zu (siehe Abb. B1 - B3). Zur detaillierten Parametrisierung der Läufe siehe *Stöppler/Schebesch 1990*.



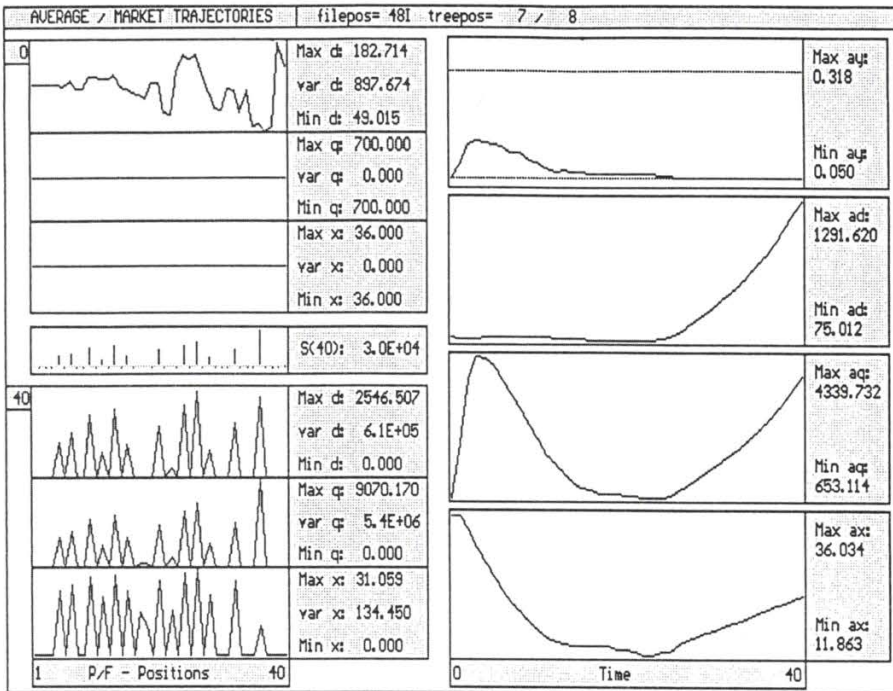


Abb. B1 - B3 Anfangs- und Endverteilungen der Zustände d , q und x , Budgetsaldo des Marktes im Endzeitpunkt $s = \sum_i q_t^i - q_0^i$ und zeitliche Entwicklung des durchschnittlichen Teilsystems \bar{y}_t , \bar{d}_t , \bar{q}_t , \bar{x}_t für Märkte mit den F&E-Politiken \mathcal{E} , \mathcal{I} und \mathcal{D} aus Abschnitt 5.

Anhang C

Insgesamt wurden in *Stöppler/Schebesch 1990* 72 Läufe durchgeführt; davon wurden 32 Läufe mit einer F&E-Politik pro Markt, ausschließlich mit Marktaustritt und unter je vier Umweltsituationen durchgeführt. Die nächsten 32 Läufe waren bis auf Marktein- und -austritt mit den vorherigen Läufen identisch. In weiteren 8 Läufen wurden alle F&E-Politiken pro Markt und *Politikverdrängung* zugelassen.

Aus Sicht der Einzelunternehmung ergibt sich für die Verwendung der Politiken (im Durchschnitt über alle simulierten Märkte) folgendes Risiko:

- Stark konkurrenzerhaltend sind die Politiken \mathcal{I} , \mathcal{E} , \mathcal{J} und \mathcal{K} .
- Riskant sind die Politiken \mathcal{D} , \mathcal{L} und \mathcal{R} .
- Äußerst riskant ist die Politik \mathcal{O} .

Wir klassifizieren den Erfolg von F&E-Budgetierungspolitiken weiter nach der Häufigkeit mit der sie in einer Rangordnung an bestimmten Stellen auftreten. Dabei werden die Läufe gezählt in denen jede der Politiken an erster, zweiter, etc. Stelle bezüglich der Erfolgsbewertungen (ökonomisch, technologisch, evolutionär) auftritt.

Auf dem ersten bis dritten Platz in der Rangordnung der F&E-Politiken zeigt sich ein deutlicher Vorteil der Politiken *Risikoavers* (\mathcal{E}) und *Reputationsorientiert* (\mathcal{J}).

Literatur

- Arthur, B. W. (1989), Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock In by Historical Events. *The Economic Journal* 99, 116 - 131.
- Axelrod, R. (1984), *The Evolution of Cooperation*. New York.
- Demongeot, J./Goles, E./Tchuente, M. (1985), *Dynamical Systems and Cellular Automata*. London und New York.
- Economides, N. (1989), Symmetric Equilibrium Existence and Optimality in Differentiated Product Markets. *Journal of Economic Theory* 47, 178 - 194.
- Feichtinger, G. (1982), Optimal Policies for Two Firms in a Noncooperative Research Project, in: Feichtinger, G. (Hrsg.), *Optimal Control Theory and Economic Analysis*. Amsterdam.
- Fine, C. H./Porteus, E. L. (1989), Dynamic Process Improvement. *Operations Research* 37, 580 - 591.
- Lei, D. (1989), Strategies for Global Competition. *Long Range Planning* 22, 102 - 109.
- Mamer, J. W./McCardle, K. F. (1987), Uncertainty, Competition, and The Adoption of New Technology. *Management Science* 33, 161 - 177.
- Montañó, M. A. J./Ebeling, W. (1980), A Stochastic Evolutionary Model of Technological Change. *Collective Phenomena* 3, 107 - 114.
- Nelson, R. R./Winter, S. G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge (Mass.) und London.
- Reich, R. B. (1989), The Quiet Path to Technological Pereminence. *Scientific American* 4, 19 - 25.
- Reinganum, J. F. (1981), Dynamic Games of Innovation. *Journal of Economic Theory* 25, 21 - 41.
- (1982), A Dynamic Game of R&D: Patent Protection and Competitive Behaviour. *Econometrica* 50, 671 - 688.
- Stöppler, S./Schebesch, K. B. (1990), Dynamische Unternehmensplanung als Funktion des technologischen Wandels und der Marktstruktur. Abschlußbericht aus dem DFG-Forschungsschwerpunkt „Theorie der Innovation im Unternehmen“ Band I und II.
- Shapiro, C. (1989), The Theory of Business Strategy. *Rand Journal of Economics* 20, 125 - 137.
- Wolinsky, A. (1983), Prices as Signals of Product Quality. *Review of Economic Studies* 674 - 658.
- Yeung, D. (1988), A Feedback Nash Equilibrium Solution for Non-Cooperative Innovations in a Stochastic Differential Game Framework. *TIMS/ORSA* 88, Paris.