

Preisdynamiken in gekoppelten Märkten bei unsicheren Nachfrageentwicklungen Ein agentenbasierter Ansatz unter Nutzung von GA

ALFONS BALMANN, HALLE
OLIVER MUBHOFF, BERLIN

Abstract

This paper addresses the question whether vertical integration allows to overcome certain investment burdens in cases of irreversible investments under uncertainty in interrelated markets, such as for hogs and piglets. An agent-based approach is used in which the producers are learning optimal investment strategies by means of a genetic algorithm. Simulation experiments with this model lead to the result that total production is not affected by different forms of vertical integration, i.e. "closed systems" versus pure market solutions.

1 Einführung und Problemstellung

Die Preise für Ferkel und Mastschweine sind im Zeitablauf erheblichen Schwankungen unterworfen. In noch stärkerem Ausmaß betrifft dies z.B. die daraus resultierenden Deckungsbeiträge. Mit Bezug auf den Realoptionsansatz bedeutet dies, dass unter Umständen erhebliche Investitionshemmnisse vorliegen, weil die Unternehmen angesichts der mit Investitionen verbundenen Flexibilitätsverluste diese aufschieben, bis der Markt entsprechende Informationen über die Rentabilität der Investitionen liefert. Verschärft wird diese Problematik möglicherweise dadurch, dass Schweinemäster einer doppelten Unsicherheit unterworfen werden; denn sie sind nicht nur von den Preisen für Schweinefleisch abhängig, sondern auch von den Ferkelpreisen. Daher wurde in letzter Zeit von verschiedenen Autoren (z.B. PIETOLA und WANG 2000) vorgeschlagen, dass den daraus resultierenden Risiken durch verschiedene Formen der Vertragsproduktion entgegnet werden könnte, womit sich sogar positive Wohlfahrtseffekte ergeben würden. Grundlage dieser Analyse waren empirische Schätzungen der Volatilität und der Korrelation von Schweine- und Ferkelpreisen. Die Autoren kommen dabei zu dem Ergebnis, dass davon auszugehen ist, dass die Preise kaum korreliert sind und geometrischen Brownschen Prozessen folgen. Das heißt, die oben angesprochene doppelte Unsicherheit für die Mäster führt zu besonderen Investitionshemmnissen. Aus theoretischer Sicht verwundert dieses empirische Ergebnis ein wenig; denn eigentlich sollte doch erwartet werden, dass die Nachfrage nach Ferkeln und damit auch die Preise besonders hoch sind, wenn die Preise für Schweinefleisch hoch sind und umgekehrt. Daher wird in diesem Beitrag der Frage nachgegangen, ob die empirisch gewonnenen Resultate eigentlich theoretisch nachvollziehbar sind. Hierfür werden die Entwicklungen zweier Märkte simuliert, bei dem in einem Markt ein Zwischenprodukt (Ferkel) und im zweiten Markt das Endprodukt (Schweinefleisch) angeboten und nachgefragt werden. Die Nachfrage auf dem zweiten Markt folgt dabei einer isoelastischen Nachfragekurve, die entsprechend eines geometrischen Brownschen Prozesses verschoben wird. Angebot und Nachfrage auf dem Primärmarkt ergeben sich aus dem Verhalten rationaler und risikoneutraler Produzenten, die für ihre Investitionsentscheidungen den Realoptionsansatz nutzen und mittels Genetischer Algorithmen optimale und gleichgewichtige Investitionsstrategien „lernen“.

Nach einer kurzen Darstellung des Modellansatzes (Abschnitt 2) werden die gewonnenen Ergebnisse vorgestellt und diskutiert (Abschnitt 3). Der Beitrag schließt mit einer kurzen Zusammenfassung (Abschnitt 4).

2 Das Bewertungsmodell

Es werden zwei Märkte betrachtet: Ein Markt für Ferkel und ein Markt für Schweinefleisch. In jedem dieser Märkte haben $N = 50$ Unternehmen wiederholt die Möglichkeit, in einen Ferkel- bzw. Mastschweinestall zu investieren. Die Investitionsanlagen sind beliebig teilbar. Somit kann auch ein schrittweiser Erwerb vorgenommen werden. Anfänglich sei kein Unternehmen investiert. Die Investitionsobjekte haben eine maximale Größe von 1 und können von den Unternehmen n , $n = 1, 2, \dots, N$, zur Produktion von einer Outputeinheit pro Produktionsperiode genutzt werden. Die maximalen Investitionsausgaben sind für alle Unternehmen gleich. Einmal aufgewendete Investitionskosten sind nach der Investitionsdurchführung komplett und irreversibel versunken. Für jede Periode wird eine geometrische Abschreibungsrate λ des Investitionsprojektes unterstellt. In dem vorliegenden Modell wird dies so implementiert, dass in jeder Produktionsperiode die Produktivität der Investitionsanlage auf $(1-\lambda)$ der Vorperiode sinkt. In jeder Periode kann jedes Unternehmen seine Produktion durch Investitionen oder Reinvestitionen maximal soweit ausdehnen, bis die Produktionsmenge eine Einheit beträgt. Unterstellt wird, dass keine weiteren variablen Produktionskosten anfallen. Der Geldrückfluss bzw. Deckungsbeitrag einer Einheit Output entspricht somit dem Preis. Die Unternehmen maximieren den erwarteten Gegenwartswert der Investitionsrückflüsse durch eine geeignete Wahl des unternehmensspezifischen Preistriggers P_n^* .

Um die Wettbewerbseffekte abbilden zu können, wird ein agentenbasierter Ansatz entwickelt, in dem jedes Unternehmen einen Agenten darstellt, der seine Umwelt wahrnimmt und darauf reagiert. Die Umwelt besteht in dem Modell aus zwei Komponenten: Zum einem aus dem Verhalten der anderen Unternehmen (Konkurrenten innerhalb der Branche und Marktpartner aus der vor- bzw. nachgelagerten Branche) und zum anderen aus der Nachfrage nach dem Produktionsgut, die als eine iso-elastische Nachfragefunktion mit einer Preiselastizität -1 modelliert wird, d.h. $X_t = \alpha_t/P_t$. Der Nachfrageparameter α_t für Schweinefleisch folgt einem geometrisch Brownschen Prozess. Die Nachfrage nach Ferkeln entspricht der Produktionskapazität der Mäster. Hierbei wird allerdings ergänzend angenommen, dass bei variablen Produktionskosten von Null der Ferkelpreis nicht höher als der Schweinepreis sein kann. Ein Unternehmen n investiert, wenn der für die Folgeperiode erwartete Preis mindestens dem individuellen Triggerpreis entspricht. Außerdem wird angenommen, dass Unternehmen mit einem geringen Triggerpreis eher investieren als Unternehmen mit höheren. Durch Sortieren der Unternehmen und anschließendes iteratives Testen aller Unternehmen werden die Unternehmen bestimmt, die in der jeweiligen Periode investieren. Das zuletzt investierende Unternehmen füllt die Gesamtproduktionsmenge so weit auf, dass die Investitionsbedingung (der erwartete Produktpreis für die Folgeperiode entspricht gerade noch dem Triggerpreis) gerade noch erfüllt ist. Für Schweinemäster wie für Ferkelerzeuger werden rationale Erwartungen angenommen, d.h. ausgehend von Änderungen der Schweinefleischnachfrage wird das Verhalten nicht nur der Konkurrenten sondern auch das der jeweils anderen Erzeugergruppe in Abhängigkeit von den Triggerpreisen antizipiert.

Es wird angenommen, dass einmal jährlich über die Durchführung einer Investition entschieden werden kann. Der Diskontierungsfaktor r beträgt 6 % p.a. Die jährlichen Kapitalkosten der Anlagen werden auf 1 normiert. Die jährliche Volatilität σ des Nachfrageparameters α beträgt 20 %. Die Abschreibungsrate λ beträgt jeweils 5 %. Für die simulationsbasierte Ermittlung der Profitabilität der zu testenden Triggerpreise werden während jeder Generation 5 000 Wiederholungen durchgeführt. Der gesamte Betrachtungszeitraum für die Simulation der Wertentwicklung des Nachfrageparameters und die Laufzeit der Option ist in jeder Simulation auf 100 Jahre begrenzt. Der erwartete Rückfluss in späteren Perioden wird dem in

Jahr 100 beobachteten gleichgesetzt. Infolge der Diskontierung sind die Periodenergebnisse nach dem Jahr 100 allerdings ohnehin von untergeordneter Bedeutung.

Für einen gegebenen Satz von Triggerpreisen und ein willkürlich gewähltes α_0 kann der erwartete Optionswert jeder Strategie simultan durch eine hinreichend hohe Anzahl wiederholter stochastischer Simulationen der Marktentwicklung bestimmt werden. Um den gewinnoptimalen Triggerpreis zu bestimmen, wird das aus N -Unternehmen bestehende Marktmodell mit einem Genetischen Algorithmus (GA) kombiniert. GA sind eine heuristische Optimierungstechnik, die in Analogie zum Konzept der natürlichen Evolution entwickelt wurde (vgl. HOLLAND 1975). Eine anwendungsbezogene ausführliche Darstellung findet sich in BALMANN und MUBHOFF (2001 und 2002) sowie in BALMANN (1998).

Für die weitere Analyse werden im folgenden zwei Szenarien verglichen. Zum einen wird als Referenzszenario das bereits beschriebene Modell mit den beiden gekoppelten Märkten für Schweinefleisch und Ferkel unterstellt. Als Alternativszenario wird eine perfekte vertikale Integration unterstellt, bei der die Unternehmen jeweils in geschlossene Systeme, bestehend aus einem perfekt aufeinander abgestimmten Bündel aus Sauen- und Schweinemastanlagen, investieren können.

3 Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt die Triggerpreise für Investitionen unter den alternativen Annahmen. Demzufolge ergeben sich bei der Investitionsmöglichkeit mit jährlichen Kapitalkosten von 2 in geschlossene Systeme Triggerpreise für die Mastschweine (Ferkelpreise sind in geschlossenen Systemen nicht von Bedeutung), die der Summe aus den Triggerpreisen der Schweinemäster und Ferkelerzeuger (jährliche Kapitalkosten sind jeweils 1) entsprechen. Damit lassen die Simulationen nicht den Schluss zu, dass durch Formen vertikaler Integration das aus dem Realloptionsansatz resultierende Investitionshemmnis abgebaut wird und eine Wohlfahrtssteigerung ermöglicht würde. Vielmehr hat die vertikale Integration keinen Einfluss auf die Produktionsumfänge - selbst wenn die Landwirte risikoscheu sind. Dies wird auch von Abbildung 1 verdeutlicht. Demzufolge ergeben sich für eine gegebene Nachfrageentwicklung in den beiden Szenarien praktisch identische Preispfade für Mastschweine.

Tabelle 1: Triggerpreise abhängig von vertikaler Integration und Abschreibung

| | Geschlossenes System | Marktkopplung | | |
|------------------------------|----------------------|----------------|--------|-------|
| | | Ferkelerzeuger | Mäster | Summe |
| Risikoneutralität | 2.362 | 1.018 | 1.345 | 2.363 |
| Risikoaversion ¹⁾ | 2.375 | 1.017 | 1.354 | 2.371 |

¹⁾ Optimierung erfolgte über die Nutzenfunktion $U=(a+Y)^{1/2}$ mit $a=2$ für Ferkelerzeuger und $a=10$ für Mäster sowie Y als mittlerer Optionswert der jeweiligen Strategie in einer Simulation.

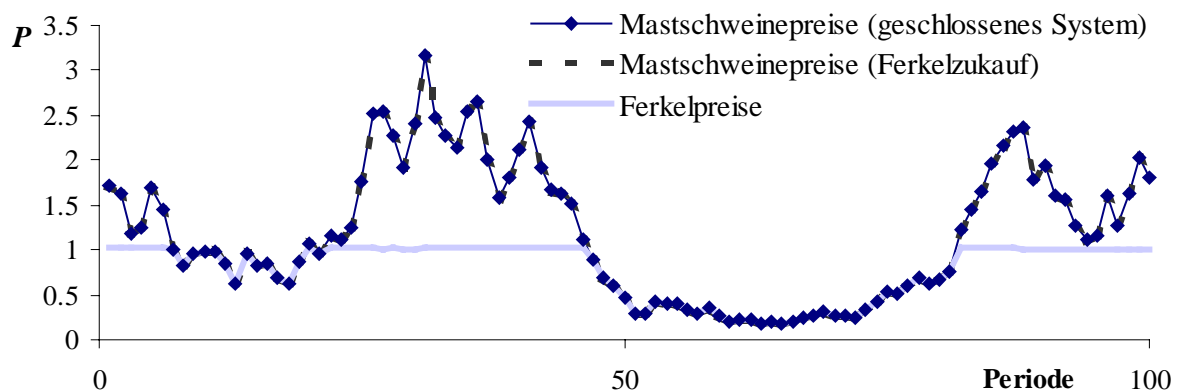


Abbildung 1: Aus alternativen Szenarien resultierende Preispfade

Dieses Ergebnis widerspricht den empirisch gestützten Ergebnissen von PIETOLA und WANG (2000) und es stellen sich Fragen nach der Auflösung des Widerspruchs. Eine davon betrifft die Allgemeingültigkeit der Simulationsergebnisse; denn diese basieren auf einer Reihe spezifischer Annahmen, wie z.B. die unterstellte identische Nutzungsdauer der Ställe für Schweinemast und Ferkelerzeugung, die feste Abschreibungsrate von 5 %, die Annahme rationaler Erwartungen sowie die unterstellte Preistransmission zwischen Schweinepreisen und Ferkelpreisen mit der Annahme einer Preiselastizität von 1. Außerdem verwundern die gewonnenen Ergebnisse zumindest insofern, weil z.B. die in Abbildung 1 dargestellten Ferkelpreise über weite Phasen konstant sind, während reale Ferkelpreise erheblichen Schwankungen unterworfen sind. Erklären lassen sich die Ferkelpreise mit einigen der genannten Annahmen, nämlich der unterstellten gleichen Nutzungsdauer für Mastschweine- und Ferkelställe, der festen Abschreibungsrate und der rationalen Erwartungen. Diese Annahmen ermöglichen, dass die Kapazitäten der Ferkelerzeugung optimal an die Schweinemastkapazitäten angepasst werden können. Eine Variation der Nutzungsdauer der Sauenställe wirkt sich aber nicht gravierend auf den Umfang der Schweinefleischproduktion aus. Wie Tabelle 2 zeigt, bleibt die Summe der Triggerpreise von Variationen der Abschreibungsrate für Ferkelställe weitgehend unberührt. Es finden lediglich Verschiebungen statt. Höhere Abschreibungsraten für Sauenställe senken deren Investitionstrigger, während die der Mastställe ansteigen. Dies ist Folge der höheren Flexibilität der Ferkelerzeugung. Umgekehrt führen geringere Abschreibungsraten für Ferkelställe zu einer höheren Volatilität der Ferkelpreise und damit zu höheren Triggerpreisen während zugleich die Triggerpreise der Schweinemäster abnehmen. Erklärungsbedürftig ist, dass bei hohen Abschreibungsraten für Ferkelställe die Triggerpreise kleiner als 1 sind. Der Grund liegt darin, dass die Ferkelerzeuger von der geringeren Flexibilität der Schweinemäster bei moderaten Nachfragerückgängen für Schweinefleisch kurzfristig profitieren.

Tabelle 2: Triggerpreise in Abhängigkeit von Abschreibungsraten ($^{Mä}\lambda = 5\%$)¹⁾

| | $^F\lambda = 2.5\%$ | $^F\lambda = 5\%$ | $^F\lambda = 7.5\%$ | $^F\lambda = 10\%$ |
|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| $^{Mä}P^*$ | 1.2555 | 1.3450 | 1.4013 | 1.4238 |
| $^FP^*$ | 1.1184 | 1.0180 | 0.9601 | 0.9393 |
| $^{Mä}P^* + ^FP^*$ | 2.3739 | 2.3630 | 2.3614 | 2.3631 |

¹⁾ Die linksseitig hochgestellten Kürzel Mä und F bezeichnen Mäster bzw. Ferkelproduzenten.

Die obigen Überlegungen zeigen, dass sich einige der Annahmen durchaus auf die hier gewonnenen Ergebnisse auswirken. Allerdings bleibt durch Variation der Annahmen das grundsätzliche Ergebnis erhalten, dass geschlossene Systeme gegenüber Marktlösungen nicht überlegen sind. Möglicherweise würden sich gewisse Änderungen ergeben, würde man eine beschränkte Rationalität bei der Erwartungsbildung unterstellen. Allerdings müsste man diese Annahme dann auch für eine stärkere vertikale Integrationslösungen geltend machen und überlegen, ob die Beteiligten über die erforderlichen Informationen verfügen.

4 Zusammenfassung

Die Modellrechnungen verdeutlichen die hohe Flexibilität agentenbasierter Modelle in Verbindung mit Genetischen Algorithmen zur Bestimmung von Marktgleichgewichtsstrategien. Die Simulationsergebnisse deuten darauf hin, dass bei unterstellter vollkommener Rationalität der Akteure die Investitionsschwellen durch Vertragsproduktion und andere Formen vertikaler Integration im Vergleich zu einer reinen Marktlösung nicht vermindert werden können.

5 Literatur

- BALMANN, A. (1998): Zur Verhaltensfundierung in ökonomischen Modellen mittels Genetischer Algorithmen - Eine Anwendung auf ein räumliches Bodenmarktmodell. *Zeitschrift für Agrarinformatik*, Heft 5, 94-102.
- BALMANN, A. und MUBHOFF, (2001): Analyse Realer Optionen mittels Genetischer Algorithmen. Referate der 22. GIL-Jahrestagung, Rostock, 9–13.
- BALMANN, A. und MUBHOFF, (2002): Real Options and Competition: The Impact of Depreciation and Reinvestment. <http://www.alfons-balman.de>.
- DIXIT, A. und PINDYCK, R.S. (1994): Investment under Uncertainty. Princeton University Press, Princeton.
- HOLLAND, J.H. (1975): Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor, Mich.: University of Michigan Press.
- PIETOLA, K.S. und WANG, H.H. (2000): The Value of Price and Quantity Fixing Contracts. *European Review of Agricultural Economic* 27, 431-447.