

Mikroökonomische Modelle der von Thünenschen Standorttheorie

Von Walter Buhr*

Diese Abhandlung faßt jene Beiträge zur gegenwärtigen Standorttheorie, die sich auf von Thünen beziehen, systematisch zusammen. Für die landwirtschaftliche Standorttheorie werden partialanalytische und totalanalytische von Thünen-Modelle unterschieden. Im Rahmen der Weiterentwicklung dieser Modelle sind zum einen die Verallgemeinerungen der landwirtschaftlichen Standorttheorie und zum anderen die Übertragung des von Thünen-Ansatzes auf die städtische Standortlehre erörtert worden.

I. Von Thünens „Isolirter Staat“ als Fundament der Standorttheorie

1. Methodische Ansatzpunkte des von Thünenschen Beitrages

„Man denke sich eine sehr große Stadt in der Mitte einer fruchtbaren Ebene gelegen, die von keinem schiffbaren Flusse oder Kanale durchströmt wird. Die Ebene selbst bestehe aus einem durchaus gleichen Boden, der überall der Kultur fähig ist. In großer Entfernung von der Stadt endige sich die Ebene in eine unkultivierte Wildniß, wodurch dieser Staat von der übrigen Welt gänzlich getrennt wird. Die Ebene enthalte weiter keine Städte, als die eine große Stadt, und diese muß also alle Produkte des Kunstfleißes für das Land liefern, sowie die Stadt einzig von der sie umgebenden Landfläche mit Lebensmitteln versorgt werden kann ... Es entsteht nun die Frage: wie wird sich unter diesen Verhältnissen der Ackerbau gestalten, und wie wird die größere oder geringere Entfernung von der Stadt auf den Landbau einwirken, wenn dieser mit der höchsten Konsequenz betrieben wird.“¹

Mit der Beantwortung dieser berühmten Frage ist das Fundament der Standorttheorie, insbesondere der landwirtschaftlichen Standorttheorie, von Johann Heinrich von Thünen (1783 - 1850) im Rahmen seines im Jahre 1826 erstmals erschienenen Werkes „Der isolirte Staat in Beziehung auf Landwirthschaft und Nationalökonomie“ gelegt worden. Im

* Der Verfasser dankt Dr. Reiner Wolff, Siegen, für seine Unterstützung bei der Abfassung dieser Arbeit.

¹ Von Thünen (1875), 1. Teil, 1 - 2.

Laufe der Zeit hat sein Ansatz vielseitige Erweiterungen erfahren und vor allem seit Anfang der sechziger Jahre dieses Jahrhunderts entscheidend zur Neufassung und Entwicklung der städtischen Standorttheorie beigetragen. Somit verdankt die Raumwirtschaftstheorie von Thünen nicht nur wichtige wissenschaftliche Ergebnisse, sondern darüber hinaus eine große Zahl von Anregungen zu ihrer Fortführung bis zum heutigen Stand. Auch daraus resultiert sein international hervorragender Ruf, der seine wirtschaftstheoretischen Leistungen als vergleichbar mit denen von David Ricardo (1772 - 1823) und Antoine Augustin Cournot (1801 - 1877) ausweist.²

Zur Gliederung dieser Abhandlung ist folgendes anzumerken. Nachdem die methodischen Ansatzpunkte im von Thünenschen Werk aufgezeigt worden sind, werden in diesem ersten Teil der Arbeit die wichtigsten allgemeinen Aussagen des „Isolirten Staates“ mit Bezug zur Standorttheorie zusammengestellt. Im zweiten Teil erfolgt die Diskussion grundlegender Modelle zur Lösung des landwirtschaftlichen Standortproblems. Dabei werden zunächst partialanalytische von Thünen-Modelle, danach totalanalytische Modelle betrachtet. Die Weiterentwicklungen der von Thünen-Modelle sind der Gegenstand des dritten Teils, der sich einerseits auf die Verallgemeinerungen der landwirtschaftlichen Standorttheorie konzentriert und sich andererseits mit der Übertragung des von Thünen-Ansatzes auf die städtische Standortlehre befaßt. Der vierte Teil bildet mit der Herausstellung der gegenwärtig zentralen Forschungsbereiche, die sich auf das Werk von Thünens berufen können, den Abschluß der Arbeit.

Die nachstehenden Darlegungen erfolgen aus der heutigen Sicht der von Thünenschen Standorttheorie als Bestandteil der Wirtschaftstheorie. Jene Beiträge zur modernen Standorttheorie, die sich auf von Thünen beziehen, werden systematisch zusammengeführt. Dabei wird auf eine kritische Auseinandersetzung mit den einzelnen Arbeiten weitestgehend verzichtet.

Mit Recht ist betont worden, daß von Thünen keine umfassende und geschlossene Standorttheorie im modernen Sinne formuliert hat³, sondern auf das von ihm betrachtete Standortproblem weitgehend jene Methode der wissenschaftlichen Analyse angewendet hat, die uns heute ohne weiteres geläufig ist: die Überprüfung eines mit empirischen Fakten angereicherten theoretischen Modells an der Realität.⁴ Das theoretische Modell des „isolirten Staates“ hat von Thünen bereits in früher Jugend konzipiert. Später hat er seine agrarwirtschaftlichen Einsichten

² Vgl. *Schumpeter* (1954), 465.

³ Vgl. *Chisholm* (1966), 20.

⁴ Vgl. auch *Salin* (1958), 252 - 3.

aus der eigenen Buchhaltung für sein Gut Tellow mit Hilfe der Mathematik systematisiert. Damit gehen die praxisrelevanten Überlegungen der Wirtschaftlichkeitsrechnung einer großbäuerlichen Einzelwirtschaft, die auf einer diskreten landwirtschaftlichen Fläche liegt, in seine Analyse ein. Diese Überlegungen werden dann mit den Annahmen des theoretischen Modells derart verbunden, daß allgemeine Aussagen über die Merkmale der Agrarproduktion auf der Fläche um die Stadt abgeleitet werden können.⁵ Von Thünens standorttheoretische Ergebnisse, die von Thünen schließlich mit der Realität konfrontiert, können somit als Ausfluß einer kontinuierlichen Raumbetrachtung der gesamten Fläche gesehen werden. Wichtig ist, daß sowohl die diskrete Analyse des Raumes als auch die kontinuierliche Berücksichtigung des Raumes im von Thünenschen Werk angelegt ist. Dieser Tatbestand wird im folgenden eine Rolle spielen.

2. Allgemeine Aussagen des von Thünen-Ansatzes

Von Thünens generelle Antwort auf seine Ausgangsfrage, wie sich der Ackerbau in Abhängigkeit von der Entfernung zur Stadt unter den gesetzten Annahmen gestalten wird, lautet, daß in Stadtnähe die Produkte angebaut werden müssen, deren Transportkosten aufgrund des Gewichtes, der Sperrigkeit und der Verderblichkeit der Agrargüter bei gegebenen Entfernungen der Anbauorte relativ zu ihren in der Stadt erzielbaren Preisen so bedeutend sind, daß sie aus entfernteren Gegenden nicht mehr geliefert werden können. Je größer die Entfernung von der Stadt ist, um so geringer ist der Preis ab Hof oder Ortspreis für jedes Gut, weil dieser Preis als Differenz zwischen dem jeweiligen Preis in der Stadt und den Transportkosten pro Outputeneinheit aufgefaßt werden kann.⁶ Mit der immer ungünstiger werdenden Lage des Bodens geht das Land auf die Erzeugung jener Produkte über, deren Preise ab Hof bei gegebenen sonstigen Durchschnittskosten je Anbauart höchstmögliche nichtnegative Grundrenten für die Bodennutzung zulassen. Damit wird der flächenmäßige Anbau der Produkte durch konzentrische Kreise exakt abgegrenzt. Die den Produkten zugeordneten Kreise werden von der Stadt her gesehen immer weniger intensiv bewirtschaftet. Dieser Übergang von intensiver zu extensiver Bewirtschaftung wird besonders deutlich, wenn man den entfernungsabhängigen Anbau eines Agrargutes, zum Beispiel Getreide, betrachtet. Ein Produkt mit besonders hohem Transportwiderstand kann die allein anbaubedingte Intensitätsreihung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse durchbrechen. So rückt zum Beispiel die extensive Forstwirtschaft re-

⁵ Vgl. *Schneider* (1959), 16.

⁶ Vgl. *von Thünen* (1875), 1. Teil, 5 passim.

lativ nahe an das Zentrum.⁷ Daher leitet *von Thünen* unter seinen Annahmen ausgehend von der Stadt nachstehende Reihenfolge der Kreisinge ab: freie Wirtschaft (Gartenwirtschaft, Gemüseanbau, Milchproduktion), Forstwirtschaft, Fruchtwechselwirtschaft, Koppelwirtschaft, Dreifelderwirtschaft, Viehzucht und in der Wildnis Jagd.⁸

Da von Thünen die Funktion der unternehmerischen Disposition und die Funktion des Produktionsfaktors Boden für jeden Bauernhof in der Fläche zusammenfaßt, nimmt er eine residualtheoretische Erklärung der Grundrente als Preis für die Bodennutzung vor.⁹ Diese Auffassung des Grundrenteneinkommens als Residuum erscheint bei von Thünen in der Form der Differentialrententheorie, zu deren Entwicklung er unabhängig von Ricardo beigetragen hat¹⁰, der die Erklärung der Grundrente als Intensitätsrente (= Differentialrente aufgrund der intensiven Bebauung des Bodens einer bestimmten Fruchtbarkeit) und Qualitätsrente (= Differentialrente aufgrund unterschiedlicher Fruchtbarkeit der Böden) vertreten hat.¹¹ Wenn ein Boden von gleicher Fruchtbarkeit in zureichender Menge vorausgesetzt wird, es also weder eine Intensitätsrente noch eine Qualitätsrente geben kann, so ist noch die Lagerrente als dritte Art der Differentialrente denkbar. Da sie sich aus dem Lagevorteil eines Bodens gegenüber dem für die Produktion noch benötigten fernerem Grenzboden ergibt, ist sie zentraler Gegenstand der von Thünenschen Analyse.¹² Mit wachsender Entfernung von der Stadt nehmen die Transportkosten pro Outputseinheit zu, und damit sinkt die Grundrente für eine Bodeneinheit. Geht man davon aus, daß marktferne Böden transportwirtschaftlich als von geringerer Qualität als marktnahe Böden aufgefaßt werden können, dann erkennt man, daß die Fruchtbarkeit und die Lage der Böden gleichartige Faktoren sind, die die Grundrenten der Böden als Differentialrenten zu erklären vermögen. Von Thünen ist sich im klaren darüber gewesen, daß die Ursache für die Entstehung der Grundrente in der Bodenknappheit zu sehen ist, die sich im Ertragsgesetz ausdrückt.¹³

Also geht es in dem von Thünenschen Ansatz vor allem um die Bestimmung der Anbaumengen der verschiedenen Agrargüter an den alternativen Standorten in der Fläche, das heißt die Reihenfolge und Breite der kreisringförmigen Produktionszonen, und der zugehörigen Grundrenten für die Bodennutzung an den Produktionsorten (vgl. die

⁷ Zur Diskussion dieser Problematik vgl. *Mantel* (1961).

⁸ Vgl. *von Thünen* (1875), 1. Teil.

⁹ Vgl. *von Thünen* (1875), 1. Teil, 14.

¹⁰ Vgl. *Chisholm* (1966), 21 - 6.

¹¹ Vgl. neuerdings *Needham* (1981).

¹² Vgl. *von Thünen* (1875), 1. Teil, 228.

¹³ Vgl. *von Thünen* (1875), 1. Teil, 35, 227 - 9; *von Stackelberg* (1951), 263 - 7.

nachstehenden partialanalytischen Modelle). Wenn darüber hinaus die Marktpreise der angebauten Agrargüter in der Stadt jeweils als Funktion des auf dem Lande erstellten Gesamtangebotes und der in der Stadt wirksamen Gesamtnachfrage ermittelt werden, dann ist ein allgemeines von Thünen-Modell konzipiert worden, dessen Voraussetzungen von Thünen zwar geschaffen hat, das er selbst aber nicht mehr entworfen hat (vgl. die folgenden totalanalytischen Modelle).

Die nachstehenden Ausführungen beruhen auf folgenden wichtigen Annahmen, die später ergänzt und zum Teil abgeändert werden. Die Stadt soll keine räumliche Ausdehnung und Struktur aufweisen, so daß sie sich als Mittelpunkt der Fläche auffassen läßt. Ausschließlich landwirtschaftliche Produktion ist auf dieser Fläche zugelassen, die homogen ist, das heißt, der Output je Bodeneinheit ist für jede Nutzungsart qualitativ und quantitativ überall gleich groß. Die Entfernungen der einzelnen Produktionsorte zur Stadt, die von jedem Standort gleichermaßen gut zugänglich ist, sind gegeben. Jeder Bauernhof in der Fläche unterliegt bei seiner Erzeugung für jede der möglichen Bewirtschaftungsarten einer standortunabhängigen Produktionsfunktion, die die Faktoren Arbeit und Boden von gleichartiger Qualität als wichtige Produktionsfaktoren ausweist. Der Produktionsfaktor Kapital (abgesehen von den Transportkapazitäten) wird vernachlässigt. Es gibt keine Zwischenprodukte und damit keine Lieferbeziehungen zwischen den Produzenten. Externe Effekte technologischer Art fehlen. Der Markttort für alle landwirtschaftlichen Produkte ist die Stadt. Von dort her sind die Preise der Agrarprodukte für die Bauern gegeben, die aus der Stadt weder Güter noch Dienstleistungen beziehen. Die Bodenmärkte, Arbeitsmärkte und Transportmärkte existieren an jedem Standort der Produktion. Der Faktor Arbeit und die Transportmittel sind vollständig mobil. Damit liegt ein für die gesamte Fläche einheitlicher und konstanter Nominallohn vor. Ebenso sind die Transporttarife gegeben und konstant. Für alle Personen herrscht Sicherheit und vollständige Information über alle wirtschaftlich relevanten Tatbestände.

II. Grundlegende Modelle zur Lösung des von Thünenschen Standortproblems

1. Partialanalytische von Thünen-Modelle

Zunächst wird der Rahmen skizziert, in den die von Thünenschen Ableitungen einzuordnen sind.¹⁴ Ausgangspunkt ist hier die bekannte Aussage, daß die Grundrente als Faktorpreis durch die Nachfrage nach Bodennutzung und das Angebot an Bodennutzung am Bodenmarkt be-

¹⁴ Vgl. auch *Garrison/Marble* (1957).

stimmt wird (der Bodenwert geht aus der Diskontierung der Grundrenten hervor). Bei gegebenem Bodenangebot an den einzelnen Standorten in der Fläche besteht das Problem in der Ermittlung der Bodennachfrage an jedem Standort.

Zur Lösung dieses Problems wird die einzelwirtschaftliche Nachfrage eines Landwirts nach diskreten Bodeneinheiten berechnet. Dabei wird der Gewinn des Bauernhofes explizit berücksichtigt, um die in den Theorien der Differentialrente gegebene Vernachlässigung des Unternehmergewinnes zu vermeiden. Somit wird die Grundrente im folgenden gemäß der Grenzproduktivitätstheorie erklärt. Welche Größe für den Gewinn des Hofes festzulegen ist und wie dieser Gewinnansatz mit den von Thünenschen Überlegungen zu vereinbaren ist, wird später gezeigt.

Bei der Ableitung der einzelwirtschaftlichen Bodennachfrage sind im wesentlichen zwei Modelle zu berücksichtigen, die zu identischen funktionalen Zusammenhängen führen. Von Böventer¹⁵ geht hinsichtlich der Erzeugung eines bestimmten Agrargutes von der Maximierung des Grundrenteneinkommens des Bauernhofes aus, und zwar unter folgenden Voraussetzungen: gegebener Gutspreis in der Stadt, festliegende Transportkosten pro Outputseinheit und Entfernungseinheit und damit fixierter Preis ab Hof; gegebene unterlinear-homogene Produktionsfunktion, die die Erzeugungsmenge des Agrargutes in Beziehung zur Arbeitsmenge und Bodenmenge als Inputs setzt, wobei die Unternehmerleistung als konstanter Faktor implizit im Skalenparameter erfaßt wird; konstanter Lohnsatz und schließlich gegebene Größe des zu erzielenden Gewinnes. Nach der rentenmaximalen Bestimmung der Arbeitsmenge gemäß dem Grenzproduktivitätsprinzip entsteht eine Isogewinnfunktion zwischen der Grundrente als Preis für die Bodennutzung, den der Bauernhof maximal unter den gemachten Annahmen zu zahlen in der Lage ist, und der Bodenmenge. Für alternative Größen des festgesetzten Gewinnes erhält man weitere Isogewinnfunktionen der beschriebenen Art. Der geometrische Ort aller Maxima der Isogewinnfunktionen ist die einzelwirtschaftliche Bodennachfragefunktion. Für sie gilt die rentenmaximale Anpassung der Bodenmengen nach dem Grenzproduktivitätsprinzip.

Der alternative und früher formulierte Ansatz von Alonso¹⁶ basiert auf der Maximierung des Gewinnes des Bauernhofes anstatt auf der Maximierung des Grundrenteneinkommens des Landwirts, wobei ansonsten dieselben Annahmen wie im Modell von Böventers zugrunde gelegt werden. Nachdem gleichzeitig die gewinnmaximale Bestim-

¹⁵ Von Böventer (1979), 72 - 84.

¹⁶ Alonso (1964), 52 - 55.

mung der Einsatzmengen an Arbeit und Boden nach dem Grenzproduktivitätsprinzip vorgenommen worden ist, läßt sich die maximal für den Bauernhof mögliche Grundrente als Funktion der Bodenmenge und der Entfernung zur Stadt herleiten. Somit erhält man für eine gegebene Entfernung zur Stadt die einzelwirtschaftliche Bodennachfragefunktion, die mit der aus dem von Böventerschen Ansatz identisch ist. Wird die Bodenmenge konstant gehalten, also die Grundrente in Abhängigkeit von der Entfernung zur Stadt angesetzt, dann betrachtet man die Preisgebotsfunktion nach Alonso (bid price function). Sie gibt an, welchen Betrag der Landwirt unter den gegebenen Annahmen für eine Bodeneinheit an den verschiedenen Standorten maximal zu zahlen bereit ist, falls der geplante Anbau des von ihm in Erwägung gezogenen Gutes realisiert wird. Diese Funktion bildet die Verbindung zur von Thünenschen Standorttheorie.

Wird die Marktform der vollständigen Konkurrenz unterstellt, so müssen die einzelwirtschaftlichen Bodennachfragefunktionen zur Ermittlung der Grundrente als Marktpreis für einen bestimmten Standort aggregiert werden und der Funktion des gesamten Bodenangebots an diesem Standort gegenübergestellt werden. Auf der Grundlage dieses Marktpreises wird die Einsatzmenge an Boden für jeden Bauernhof gemäß seiner einzelwirtschaftlichen Bodennachfragefunktion festgelegt. Damit ist die Betriebsgröße des Hofes am angenommenen Standort determiniert.

Zur Vorbereitung der Ableitung der von Thünen-Ringe¹⁷ wird zunächst die einzelwirtschaftliche Erzeugung eines bestimmten Gutes auf einem Bauernhof betrachtet. Dabei soll bedacht werden, daß eine Preisgebotsfunktion für die einzelwirtschaftliche Bodennutzung nicht nur für den Fall der gewinnmaximalen Bestimmung der Einsatzmengen beider Faktoren Arbeit und Boden, sondern daß auch Preisgebotsfunktionen bei optimaler Anpassung allein des Faktors Arbeit und ohne optimale Anpassung der Inputs denkbar sind.

Begonnen wird mit einer Preisgebotsfunktion ohne gewinnmaximale Anpassung der Inputmengen Arbeit und Boden. Der Gewinn G (unter Vernachlässigung der fixen Kosten) ist

$$(1) \quad G = (p - tr) x - q_b v_b - q_s v_s$$

mit der Produktionsfunktion

$$x = c v_b^\alpha v_s^\beta, \quad \alpha + \beta < 1, \quad \alpha, \beta, c > 0,$$

wobei gilt: p = Preis des Gutes in der Stadt, x = Outputmenge des Gutes, v_b = Arbeitsmenge, v_s = Bodenmenge, q_b = Lohnsatz, q_s = Grund-

¹⁷ Vgl. auch Casetti (1972).

gen¹⁸ aus der Stadt berücksichtigt, deren Transportkosten je Entfernungseinheit mit zunehmender Entfernung sinken.

Jones et al.¹⁹ verweisen mit Recht auf die von von Thünen angenommene Nichtlinearität der Transportkosten je Outputereinheit (genauer: Wagenladung) als Funktion der Entfernung. Aus ihrer Einführung würde eine nichtlineare Preisgebotsfunktion hervorgehen. Mit Bezug zu den von von Thünen für relevant gehaltenen Entfernungen von der Stadt läßt sich die Transportkostenfunktion jedoch ohne weiteres so approximieren, daß die Transportkosten pro Outputereinheit und Entfernungseinheit als konstant angesehen werden können²⁰. Im folgenden wird weiter von der obigen Funktion (2) in der unterstellten Form ausgegangen.

Subtrahiert man die Grundrenten zweier Standorte, etwa r_0 und r_1 in Abb. 1, so erhält man die Lagerrente für den Standort r_0 in Höhe von QC . Sie ist nach Relation (2) gleich dem rechnerischen Produkt aus der absolut genommenen Steigung der Preisgebotsfunktion (= outputbedingte Transportkosten pro Bodeneinheit) und der positiven Entfernung zwischen beiden Standorten. In einer raumlosen Wirtschaft, in der fortlaufend Böden von kontinuierlich sich verschlechternder Fruchtbarkeit bebaut werden müssen, ergeben sich Qualitätsrenten anstatt der Lagerrenten.²¹

Zu den für die Beziehung (2) möglichen Parametervariationen ist zu sagen, daß die Preisgebotsfunktion parallel nach oben, also in den Bereich höherer hypothetischer Grundrenten für jeden Standort verschoben wird, wenn der Preis p in der Stadt, die Outputmenge x und die Durchschnittsproduktivität des Bodens x/v_s jeweils zunehmen oder die Faktoreinsatzmengen v_b und v_s , das Mengenverhältnis v_b/v_s , der Lohnsatz q_b und der Gewinn G jeweils abnehmen (et vice versa). Die Steigung der Preisgebotsfunktion (2) wächst absolut, wenn der Frachtsatz t oder die Durchschnittsproduktivität des Bodens x/v_s steigt (et vice versa). Wird die Annahme aufgegeben, daß die Böden um die Stadt von gleicher Fruchtbarkeit sind, also etwa unterstellt, daß die Bodenqualität mit wachsender Entfernung von der Stadt sinkt, dann können Qualitätsrenten zusätzlich zu den Lagerrenten berücksichtigt werden. Im vorliegenden Zusammenhang müßte $c = c(r)$ mit $dc/dr < 0$ angesetzt werden, was zu einer nichtlinearen Preisgebotsfunktion führt.²²

¹⁸ Zum Beispiel Arztleistungen, vgl. von Thünen (1875), 1. Teil, 1, 266.

¹⁹ Jones et al. (1978), 4 - 5.

²⁰ Vgl. von Thünen (1875), 1. Teil, 10 - 13.

²¹ Vgl. auch von Thünen (1875), 1. Teil, 269 - 272.

²² Vgl. zu diesem Problem auch von Thünen (1875), 1. Teil, 35; Samuelson (1959), 20 - 35; Chisholm (1966), 29 - 30.

Der Übergang zur Preisgebotsfunktion bei optimaler Anpassung der Arbeitsmenge wird für den Standort r_0 in Abb. 1 vollzogen. Die Ausgangslage ist der Punkt C , für den die bei der Einführung der Preisgebotsfunktion ohne Faktoranpassung angenommene Parameterkonstellation gilt. Nimmt man die gewinnmaximale Bestimmung allein der Arbeitsmenge nach dem Grenzproduktivitätsprinzip vor, so bewegt man sich in Abb. 1 vom Punkt C nunmehr in Richtung auf E . Im Vergleich zur Preisgebotsfunktion ohne Faktoranpassung ergeben sich nun Intensitätsrenten, zum Beispiel für den Standort r_1 die Intensitätsrente PN . Wieso verläuft die Preisgebotsfunktion mit optimaler Anpassung des Faktors Arbeit DE absolut flacher als die Preisgebotsfunktion ohne Faktoranpassung AB ? Zur Beantwortung dieser Frage müssen folgende Überlegungen angestellt werden. Mit wachsender Entfernung sinkt der Preis ab Hof, so daß die physische Grenzproduktivität der Arbeit (= Reallohnsatz) steigen muß, wenn der über die Fläche konstante Lohnsatz gleich der monetären Grenzproduktivität der Arbeit sein soll.²³ Die zunehmende physische Grenzproduktivität der Arbeit führt zu einem abnehmenden Arbeitseinsatz, so daß $v_b = v_b(r)$ mit $dv_b/dr < 0$.²⁴ Das heißt, die Arbeitsmenge pro Bodeneinheit, die Intensität der Bewirtschaftung, reduziert sich mit wachsender Entfernung von der Stadt.²⁵ Berücksichtigt man $v_b = v_b(r)$ mit $dv_b/dr < 0$ bei der Differentiation von (2) nach r , so erhält man nach Umrechnung

$$(3) \quad \frac{dq_s}{dr} = \frac{1}{v_s} \frac{dv_b}{dr} \underbrace{\left(p \frac{\partial x}{\partial v_b} - q_b \right)}_{(=0)} - \left(t \frac{x}{v_s} + tr \underbrace{\frac{\partial x}{\partial v_b} \frac{dv_b}{dr}}_{(>0) (<0)} \frac{1}{v_s} \right)$$

Die Steigung der Preisgebotsfunktion AB vermindert sich aufgrund der Transportkostenersparnis, die aus der Reduktion der Outputmenge bei abnehmender Bewirtschaftungsintensität resultiert, so daß die Preisgebotsfunktion DE flacher verläuft.

In den vorstehenden Überlegungen ist argumentiert worden, daß die physische Grenzproduktivität der Arbeit und damit der Reallohnsatz mit wachsender Entfernung von der Stadt zunimmt. Hier wird die Ansicht vertreten, daß von Thünen diesem Tatbestand durch die Einführung eines recht komplizierten Ansatzes zur Berechnung der Entlohnung des Faktors Arbeit entgegenwirkt. Er legt fest, daß die Lohnsumme der Arbeitskräfte im Durchschnitt zu drei Vierteln in Korn und zu einem Viertel in Geldform ausgezahlt wird.²⁶ Da der Preis ab Hof

²³ Vgl. von Thünen (1875), 2. Teil, 1. Abt. 13 - 4, 18 - 9.

²⁴ Vgl. von Böventer (1964), 717 - 721; *dto.* (1979), 103 - 5.

²⁵ Vgl. auch Krzymowski (1928); Haase (1933).

²⁶ Vgl. von Thünen (1875), 1. Teil, 28 - 30.

für Getreide mit wachsender Entfernung von der Stadt abnimmt, impliziert dieses Entlohnungssystem über die Fläche sinkende Nominallohnsätze, so daß die Reallohnsätze bei zunehmender Entfernung unter Berücksichtigung der abnehmenden Bewirtschaftungsintensität möglicherweise konstant bleiben.²⁷

Wird die gewinnmaximale Bestimmung der Einsatzmengen beider Faktoren Arbeit und Boden vorgenommen, so ergibt sich in Abb. 1 die Preisgebotsfunktion *FH*, wenn wieder von der eingangs vorausgesetzten Parameterkonstellation mit Bezug zu Punkt *C* ausgegangen wird. Nach dem in der Abbildung angenommenen Verlauf zeigt sie ab Punkt *C* höhere hypothetische Grundrenten für jeden Standort $r > r_0$ gegenüber den beiden anderen Preisgebotsfunktionen an.

Die Preisgebotsfunktionen *AB*, *DE* und *FH* in Abb. 1 gelten aufgrund der zugrunde gelegten Parameterwerte für unterschiedliche Gewinnniveaus, zum Beispiel hat der Gewinn für *FH* seine maximale Höhe. Gleichgültig von welcher Preisgebotsfunktion ausgegangen wird, durch Verzicht auf seinen Gewinn (Übergang zu $G = 0$) kann der Landwirt sein Preisgebot je Bodeneinheit für die gegebene Bodenmenge am betrachteten Standort oder einem näher zur Stadt gelegenen Standort steigern. In Abb. 1 ist beispielsweise ausgehend von der Preisgebotsfunktion *DE* die gestrichelte Parallele *KL* eingezeichnet worden, die für den Standort r_0 mit Bezug zu *DE* angibt, daß die hypothetische Grundrente um *CM* durch Gewinnverzicht erhöht werden kann.

Somit folgt, daß je nach gewählter Kombination der Faktormengen v_b (Arbeit) und v_s (Boden) in der Ausgangslage, nach dem von dem Bodennachfrager gewählten Anpassungsverhalten beim Faktoreinsatz und nach der Bereitschaft zum Verzicht auf einen Teil oder die Gesamtheit seines Gewinnes für jeden Standort eine Vielzahl von Preisgebotsfunktionen denkbar ist. Ohne weitere Annahmen ist eine eindeutig determinierte Preisgebotsfunktion und damit Nachfragefunktion für Bodennutzung nicht zu ermitteln.

Um diesen Ansatz in die allgemeine Gleichgewichtslehre einordnen zu können, macht man in der Raumwirtschaftstheorie folgende Annahmen: (1) Nur die Preisgebotsfunktion bei optimaler Anpassung beider Faktormengen wird betrachtet (*FH* in Abb. 1); (2) der Gewinn des Bauernhofes wird mit Null angesetzt, das heißt, daß jeder Landwirt sein höchstmögliches Preisgebot für die Bodennutzung unter Verzicht auf die Entlohnung seiner Unternehmerfunktion abgibt (abgesehen vom Unternehmerlohn, der den Arbeitskosten zuzurechnen ist). Wenn die Unternehmerfunktion direkt kein Entgelt mehr beanspruchen

²⁷ Vgl. auch Chisholm (1966), 28-9; Artle/Varaiya (1975), 423.

kann, dann ist sie unter die Funktion eines anderen Inputs subsumiert worden. Von Thünen verbindet die Unternehmerfunktion mit dem Faktor Boden, so daß seine Erklärung des Grundrenteneinkommens als Residuum gerechtfertigt erscheint. Mit der Unterordnung der Unternehmerleistung entsteht eine andere, nämlich linear-homogene Produktionsfunktion ($\alpha + \beta = 1$), für die die residualtheoretische Erklärung und die grenzproduktivitätstheoretische Erklärung der Grundrente bekanntlich übereinstimmen, weil der Gewinn gleich Null ist. In Abb. 1 wird die den vorstehenden Ausführungen entsprechende Preisgebotsfunktion (mit negativer Steigung) durch die Kurve *RS* dargestellt. Auch für sie gilt, daß die Bewirtschaftungsintensität des Bodens und die Outputmenge mit wachsender Entfernung von der Stadt abnehmen.²⁸

Liegt der Expansionspfad einer linear-homogenen Produktionsfunktion bei totaler Faktorvariation fest, dann kann man fixe Inputkoeffizienten unterstellen, die einem effizienten Prozeß einer linear-limitationalen Produktionsfunktion entsprechen, die den Darlegungen im von Thünenschen Werk am besten nahekommt. Für einen solchen Prozeß erhält man nur eine Preisgebotsfunktion, nämlich gemäß (2) die linear fallende Funktion (unter Berücksichtigung von $G = 0$)

$$(4) \quad q_s = (p - tr) \frac{1}{a_s} - q_b \frac{a_b}{a_s},$$

wobei a_b den Arbeitskoeffizienten und a_s den Bodenkoeffizienten darstellt, die beide konstant sind.

Nun wird die Produktion mehrerer Güter auf der Fläche um die Stadt vorausgesetzt. Den zugehörigen nichtlinearen (oder linearen) Preisgebotsfunktionen unterliegen die vorstehenden Annahmen. Lagert man die verschiedenen Preisgebotsfunktionen mit Bezug zum jeweiligen Bodenangebot an den Standorten übereinander, das heißt, berücksichtigt man die Konkurrenz der Bodennachfrager um das Bodenangebot an den verschiedenen Standorten nach dem Grundsatz, daß der Boden demjenigen Produzenten zugewiesen wird, der die höchste Grundrente bietet, entsteht die entfernungsabhängige Funktion der gleichgewichtigen Grundrenten für die kurze Frist.²⁹ Diese Funktion hat einen kontinuierlich fallenden Verlauf, wie Abb. 2 zeigt. Die räumliche Spezialisierung der Güterproduktion begründet die von Thünen-Ringe. Gut 1 wird bis zur Entfernung r_1 um die Stadt angebaut. Im Kreisring mit der Breite $r_2 - r_1$ erfolgt die Erzeugung von Gut 2, während die Produktion von Gut 3 im Kreisring mit der Breite $r_3 - r_2$ vor sich geht.

²⁸ Vgl. auch Beckmann (1972 a); Katzmann (1974), 683 - 6.

²⁹ Ein diskretes lineares Programm zur Lösung dieses Problems entwirft Stevens (1968), 24 - 7.

Im Fall linear-limitationaler Produktionsfunktionen verlaufen die einzelnen Abschnitte der Grundrentenfunktion linear. Innerhalb eines Kreisringes ist die Intensität der Bewirtschaftung konstant; sie sinkt aber von Ring zu Ring mit wachsender Entfernung zur Stadt.

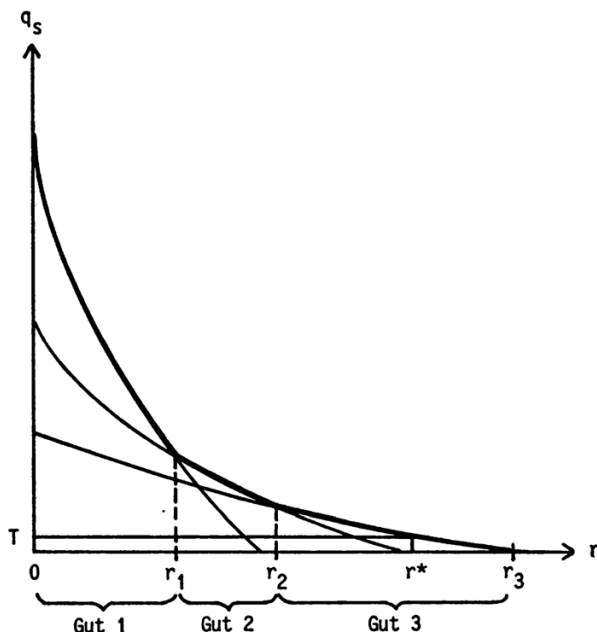


Abb. 2: Die Grundrente in Abhängigkeit von der Entfernung zur Stadt

Geht man von der Erzeugung hinreichend vieler Agrargüter aus, läßt sich der Verlauf der Grundrentenfunktion in stetig differenzierbarer Form approximieren.

Wenn die Fläche um die Stadt begrenzt ist, etwa nur bis zur Entfernung r^* gegeben ist, dann kann eine absolute Grundrente entstehen, die sich in Abb. 2 in Höhe von OT einstellt.³⁰

Artle und Varaiya³¹ diskutieren den Fall des Anbaues eines Gutes auf der gesamten Fläche, und zwar mit mehreren Produktionsprozessen. Sie zeigen, daß ausgehend von der Stadt der Bodenkoeffizient von Ring zu Ring zunimmt, während der Arbeitskoeffizient mit wachsender Entfernung zur Stadt abnimmt, wie hier aufgrund der bisherigen Ergeb-

³⁰ Vgl. auch Walker (1974), 53 - 5.

³¹ Artle/Varaiya (1975), 423 - 4.

nisse erwartet werden darf. Dieser entfernungsabgängige Vorgang der Faktorsubstitution vollzieht sich entlang der Isoquante einer linear-limitationalen Produktionsfunktion mit mehreren Prozessen, die die Produktionsverhältnisse auf der Fläche auf dem Einheitsniveau der Outputmenge von der Stadt bis zum Rande der Anbaufläche beschreibt.

Einen andersartigen Ansatz zur Ableitung der von Thünen-Ringe bietet *Hartwick*³² im Anschluß an grundlegende Ausführungen von *Lösch*.³³ Hartwick setzt gegebene Marktpreise der ausgewählten Produkte, Bodenkoeffizienten der Güter und Transportkosten pro Output-einheit und Entfernungseinheit als bekannt voraus. Seine Zielsetzung besteht in der Maximierung des Grundrenteneinkommens aus allen Produktionsrichtungen als Funktion der zu bestimmenden Radien der konzentrischen von Thünen-Ringe. Dieses Einkommen ist als Differenz zwischen der Summe der Erlöse der Outputmengen und der Summe aller für die Outputs anfallenden Transportkosten definiert (Arbeit als Produktionsfaktor wird nicht betrachtet!). Man kann sich das vorliegende Problem graphisch so veranschaulichen, daß zunächst für jedes Produkt eine Angebotsfunktion abgeleitet wird. Sie entsteht durch die Variation der Outputmenge, die durch die Veränderung der Breite des jeweils in Frage kommenden Kreisringes ermöglicht wird, und durch die darauf folgende Variation der Transportkosten der Outputmenge. Diese Angebotsfunktion wird mit der parallel zur Mengenachse verlaufenden Nachfragefunktion für das Gut (Marktpreis gegeben!) konfrontiert. Das aus der Erzeugung dieses Gutes stammende Grundrenteneinkommen ist somit gleich der entsprechenden Produzentenrente, so daß die Zielsetzung auch in der Maximierung der Produzentenrenten aller anzubauenden Produkte gesehen werden kann. Da die Veränderung des Grundrenteneinkommens aus einer Produktionsrichtung aufgrund der für die Outputsteigerung notwendigen Zunahme der Bodenmenge gleich der Grundrente für diese Anbauart in einer bestimmten Entfernung ist, lassen sich die linearen Preisgebotsfunktionen für die einzelnen Outputs bestimmen und einander gegenüberstellen, so daß die von Thünen-Ringe darstellbar werden.

Ein zusätzliches Problem aller bisher vorgestellten Modelle besteht in folgendem Tatbestand. Bei den als gegeben vorausgesetzten Marktpreisen der Güter entsprechen die in den Kreisringen realisierten Anbaumengen in der Regel nicht der Nachfrage in der Stadt, so daß sich diese Marktpreise und damit das Güterangebot, die Faktornachfrage, die Faktorpreise usw. solange ändern werden, bis ein allgemeines langfristiges Gleichgewicht eintritt. Auch Störungen eines solchen Gleich-

³² *Hartwick* (1972), 32 - 6.

³³ *Lösch* (1962), 24 - 47.

gewichts sind denkbar. Zum Beispiel führt eine Bevölkerungsvermehrung zur Erhöhung der Nachfrage nach Gütern und zu einer Steigerung des Angebots an Arbeit. Oder eine Verbesserung des Transportsystems senkt generell die Transportkosten, so daß das Angebot an zugänglichem Boden wächst, mit der Folge, daß die Grundrenten an allen Standorten fallen.³⁴ Nun erweist es sich als zweckmäßig, daß sich die vorstehenden Darlegungen mit der Konzeption eines langfristigen Gleichgewichts bei vollständiger Konkurrenz vereinbaren lassen.³⁵

2. Totalanalytische von Thünen-Modelle

Zur Bestimmung der Güterpreise in der Stadt führt von Thünen aus, daß die Marktpreise einerseits sich nach der Höhe der Kosten der jeweiligen Grenzproduzenten richten³⁶ und andererseits durch das Zusammenwirken von auf der Fläche erstelltem Güterangebot und in der Stadt herrschender Güternachfrage gebildet werden, die aus dem Einkommen der Stadtbewohner hervorgeht.³⁷ Von diesen beiden Aussagen ist die erste unhaltbar. Damit die Marktpreise an den Kosten der Grenzproduzenten orientiert sein können, muß das von Thünen-Problem gelöst sein, das heißt, das jeweilige Grenzangebot der Agrargüter muß determiniert sein. Aber die vorliegende Standortfrage kann nicht beantwortet werden, wenn nicht zuvor die Marktpreise der Güter bekannt sind. Dieser Widerspruch verliert sein Gewicht, wenn von Thüdens zweite Aussage zur Marktpreisbildung zur Grundlage der weiteren Überlegungen in Richtung auf die Ableitung eines allgemeinen langfristigen Gleichgewichts gemacht wird.

Wichtige Verallgemeinerungen des von Thünen-Standortproblems im Sinne der modellendogenen Erklärung von als konstant angenommenen Größen sind von einer Reihe von Autoren seit Beginn der fünfziger Jahre vorgenommen worden. *Dunn*³⁸ diskutiert nicht nur ausführlich die verschiedenen Aspekte des gegebenen Problems, sondern erklärt zum ersten Mal auch die Marktpreise der Agrargüter im Rahmen eines allgemeinen Gleichungssystems. Die Zusammenfassung der Diskussionsergebnisse in einer generell gültigen Substitutionsanalyse, die ein Konkurrenzgleichgewicht im Raum beschreibt, ist das Anliegen der Arbeiten von *Isard*.³⁹ Wenn diese Ansätze auch einzelne Schwächen zeigen — zum Beispiel gibt Dunn die Zuweisung der Produkte auf die von Thünen-Ringe vor; bei Isard werden die Marktpreise als bekannt

³⁴ Vgl. *Chisholm* (1961), *Goldberg* (1970); vgl. dazu auch *von Thünen* (1875), 2. Teil, 1. Abt., 147.

³⁵ Vgl. *Mills* (1972 b), 75.

³⁶ Vgl. *von Thünen* (1875), 1. Teil, 224.

³⁷ Vgl. *von Thünen* (1875), 1. Teil, 225 - 6.

³⁸ *Dunn* (1954), (1954/55).

³⁹ *Isard* (1952), (1956), 188 - 199, 243 - 251.

vorausgesetzt — so liegt die eigentliche Schwierigkeit beider Beiträge doch in der nicht gesicherten Lösbarkeit der Gleichungen. Dieses Problem ist dann grundsätzlich bewältigt, wenn operationale mathematische Programme zur Lösung des von Thünen-Problems formuliert werden. Hier ist zuerst von *Böventers* Arbeit (1962 a) zur Theorie des räumlichen Gleichgewichts zu erwähnen, die jedoch im anglo-amerikanischen Sprachraum wenig Beachtung gefunden hat. Daher ist der Anstoß zur Formulierung des Problems in der Form von mathematischen Programmen später von *Lefebvre* (1966) und *Stevens* (1968) ausgegangen, die ihre Beiträge auch direkt mit dem Namen von Thünen verbinden. Während Lefebvre durchaus den richtigen problemadäquaten Ansatz wählt, ist sein Modell aufgrund restriktiver Annahmen stark reduziert. Dagegen stellt Stevens seine Analyse in einen weiteren Rahmen, scheitert aber mit seinem für wesentlich gehaltenen nicht-linearen Programm zur Erklärung der Marktpreise (S. 27 - 32) an einer Reihe von Einwänden.⁴⁰

Im folgenden wird ein totalanalytisches Gleichgewichtsmodell zur Bestimmung der Marktpreisbildung, der Standortwahlakte und der Produktion in der Fläche vorgeschlagen. Dieses Modell, das an Arbeiten von *Buhr* (1970 a, 1970 b) anschließt, wird in vereinfachter Form präsentiert. Zunächst wird der Ansatz eines mathematischen Programms gewählt, der eine operationale Vorgehensweise der Analyse und Berechnung sowie die diskrete Berücksichtigung des Faktors Boden erlaubt, ohne daß auf die Ableitung kontinuierlich für die gesamte Fläche geltender Aussagen verzichtet werden muß. Darüber hinaus ist das Modell aggregiert; zum Beispiel wird nur eine Nutzenfunktion für alle Konsumenten in der Stadt angenommen. Die Disaggregation zu einem umfassenderen Modell ist ohne weiteres möglich. Schließlich werden einige beschränkende Annahmen eingeführt: Die auf der Fläche existierenden Faktormengen sind preisunabhängig und gegeben. Die aus den Faktoreinsätzen resultierenden Einkommen werden in der Stadt als Nachfrage wirksam. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Familien der Landwirte in der Stadt leben, während die Produzenten selbst als Bodeneigentümer und Eigentümer der Transportkapazitäten zusammen mit ihren Arbeitskräften den Boden bestellen. Auch die Arbeitskräfte entfalten ihre Güternachfrage in der Stadt. Streng genommen gibt es also nur einen Konsumort, die Stadt, in der nicht produziert wird; um den Konsumort herum liegen die Produktionsorte, an denen nicht konsumiert wird.

Das Modell erfüllt alle wesentlichen Gleichgewichtsbedingungen. Bei positiven Preisen befinden sich die Produktmärkte, die Bodenmärkte,

⁴⁰ Zur Kritik vgl. *Buhr* (1970 a), *Macmillan* (1979).

der Arbeitsmarkt und der Transportmarkt im Gleichgewicht. Für alle Produzenten sind die Gewinne gleich Null, wenn ihre Erzeugnisse hergestellt werden.

Das zu betrachtende Gleichgewichtsproblem ist nachstehend formuliert.

$$\begin{aligned}
 & U = U(y_1, \dots, y_n) \stackrel{!}{=} \text{Max.} \\
 (a) \quad & y_i - \sum_j x_{ij} \leq 0 \\
 (b) \quad & \sum_i a_{si} x_{ij} \leq S_j \\
 (5) \quad & \\
 (c) \quad & \sum_{i,j} a_{bi} x_{ij} \leq B \\
 (d) \quad & \sum_{i,j} r_j a_{ti} x_{ij} \leq T \\
 (e) \quad & y_i, x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, n, \\
 & \quad \quad \quad j = 1, \dots, m.
 \end{aligned}$$

Die Symbole bedeuten:

U = gesellschaftlicher Nutzen der Konsumenten in der Stadt,

y_i = in der Stadt nachgefragte Menge des Agrargutes i ,

x_{ij} = Menge des Gutes i , die am Standort j erzeugt wird,

a_{si} = Menge des Bodens, die zur Herstellung einer Einheit des Gutes i benötigt wird,

a_{bi} = Menge an Arbeit, die zur Erzeugung einer Einheit des Gutes i erforderlich ist,

a_{ti} = Transportkapazität, die zur Beförderung einer Einheit des Gutes i über eine Entfernungseinheit eingesetzt werden muß,

S_j = am Standort j verfügbare Bodenmenge, die beliebig klein wählbar vorausgesetzt wird ($S_j = \pi(r_j^2 - r_{j-1}^2)$).

B = insgesamt gegebene Arbeitsmenge,

T = insgesamt verfügbare Transportkapazität,

r_j = Entfernung vom Standort j zur Stadt,

$i = 1, \dots, n,$

$j = 1, \dots, m.$

Die Zielfunktion des Problems (5) besagt, daß der gesellschaftliche Nutzen der Konsumenten in der Stadt in Abhängigkeit von den nachgefragten Gütermengen ein Maximum werden soll. Diese Funktion wird als linear oder quadratisch-konkav vorausgesetzt. In der Nebenbedingung (a) wird sichergestellt, daß die nachgefragte Menge eines

Gutes nicht die an den Standorten erbrachte Güterproduktion überschreiten kann. Diese Relation repräsentiert die Gütermärkte im Modell. Die Nebenbedingungen (b), (c) und (d) gewährleisten, daß jeweils die Faktornachfrage nicht größer als das Faktorangebot wird. Dabei sind die Bodenmärkte standortspezifisch ausgewiesen, während es nur einen Arbeitsmarkt und einen Transportmarkt gibt. In der Nebenbedingung (e) wird verlangt, daß die Nachfragemengen und Produktionsmengen nicht negativ werden.

Aus den Kuhn-Tucker-Bedingungen für die Problemlösung werden die wichtigsten Relationen hervorgehoben. Sie sind

$$(6) \quad \frac{\partial U}{\partial y_i} - p_i \begin{cases} = 0, \\ \leq 0, \end{cases} \quad \text{wenn } y_i \begin{cases} > 0 \\ = 0 \end{cases}$$

$$(7) \quad p_i - q_{sj} a_{si} - q_b a_{bi} - q_t r_j a_{ti} \begin{cases} = 0, \\ \leq 0, \end{cases} \quad \text{wenn } x_{ij} \begin{cases} > 0 \\ = 0 \end{cases}$$

Die noch nicht erläuterten Symbole repräsentieren Lagrangemultiplikatoren, die als Realpreise interpretiert werden müssen.

p_i = Marktpreis des Gutes i ,

q_{sj} = Grundrente am Standort j ,

q_b = Lohnsatz,

q_t = Transportsatz.

In der optimalen Lösung herrscht im Haushaltssektor und im Unternehmensbereich jeweils Gleichgewicht. Zunächst wird die Konsumsphäre betrachtet. Wird eine positive Menge des Gutes i nachgefragt, ist also $y_i > 0$, dann folgt aus der Beziehung (6), daß der Marktpreis gleich dem Grenznutzen dieses Gutes ist.

$$(8) \quad \frac{\partial U}{\partial y_i} = p_i$$

Damit ergibt sich auch die Bedingung für das Haushaltsgleichgewicht, daß sich die Grenznutzen der nachgefragten Güter zueinander wie die Güterpreise verhalten müssen. Gemäß Relation (8) wird die Grenznutzenfunktion zur Nachfragefunktion für das Gut i , die sich insgesamt schreiben läßt (die unterstrichenen Größen sind als Vektoren geeigneter Dimension aufzufassen)

$$(9) \quad y_i = f(p; \underline{q}_s, q_b, q_t; \underline{S}, B, T) \\ i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m$$

Diese Funktion verdeutlicht, daß die Nachfragemengen auch durch die Faktoreinkommen determiniert werden.

Ist die Nachfragemenge eines Gutes i positiv, also $y_i > 0$, so muß in der Produktionssphäre mindestens an einem Standort j eine entsprechende Erzeugungsmenge positiv sein, also $x_{ij} > 0$. Dann folgt nach Relation (7)

$$(10) \quad p_i - p_{ij} - q_t r_j a_{ti} = 0$$

mit

$$p_{ij} = q_{sj} a_{si} + q_b a_{bi}$$

Die Beziehung (10) bedeutet, daß die Differenz zwischen dem Marktpreis p_i und den jeweils pro Outputseinheit ausgewiesenen Bodenkosten, Arbeitskosten und Transportkosten gleich Null ist. Die durchschnittlichen Boden- und Arbeitskosten bilden den Preis ab Hof p_{ij} .

Im einzelnen ergeben sich die weiteren Aussagen, bei denen zu beachten ist, daß aufgrund des prozeßtheoretischen Ansatzes und der vorausgesetzten Ringstruktur der Fläche in der Regel an jedem Standort nur ein Gut produziert wird (vollständige Spezialisierung). Im Hinblick auf dieses Gut läßt sich für jeden Produktionsfaktor analog festhalten, was hier jetzt für den Faktor Boden niedergelegt wird, nämlich

$$(11) \quad q_{sj} = \frac{\partial U}{\partial S_j} = \frac{\partial U}{\partial y_i} \frac{dy_i}{dS_j} = p_i \frac{dy_i}{dS_j} = p_i \frac{dx_{ij}}{dS_j}$$

Die Grundrente am Standort j ist gleich der mit dem realen Marktpreis p_i bewerteten Grenzproduktivität des Bodens an diesem Standort. Ist der Boden knapp, das heißt, reicht die vorgegebene Anzahl m der Kreisringflächen S_j nicht aus, dann bildet sich am Rande der Fläche eine für alle Standorte einheitliche absolute Grundrente, die gleich der Grundrente gemäß der Beziehung (11) ist, wenn die Gesamtfläche landwirtschaftlich genutzt wird.

Generell gilt, daß die Entlohnung eines Faktors am Markttort (Stadt) der physischen Grenzproduktivität dieses Inputs multipliziert mit dem realen Marktpreis entspricht. Für jeden anderen Ort muß der Marktpreis durch den Preis ab Hof ersetzt werden.

Stellt man Relation (11) entsprechend für die beiden anderen Produktionsfaktoren auf und setzt die gewonnenen Ausdrücke zueinander in Beziehung, so bekommt man die grundlegende Gleichgewichtsbedingung für den Unternehmensbereich, nämlich die Aussage, daß sich die Grenzproduktivitäten der Faktoren zueinander verhalten wie die Faktorpreise. Zudem ist der Gewinn aller Produzenten nach (10) gleich Null.

Schließlich erhält man aus der Relation (10) durch Auflösung

$$(12) \quad q_{sj} = (p_i - q_t a_{ti} r_j) \frac{1}{a_{si}} - q_b \frac{a_{bi}}{a_{si}}$$

$$(13) \quad p_{ij} = p_i - q_t r_j a_{ti}$$

Mit (12) ist die inverse lineare Beziehung zwischen der gleichgewichtigen Grundrente und der Entfernung gegeben. Zum Aufbau dieser Formel vergleiche man die Beziehung (4), die ihr entspricht. Schließlich verdeutlicht (13), daß der Preis ab Hof für jedes produzierte Gut gleich der Differenz zwischen dem Marktpreis und den durchschnittlichen Transportkosten ist.

Wenn auch das vorstehende Modell wegen seiner Geschlossenheit zusage — von der Existenz der Realpreise abgesehen — so kommt man den eingangs erwähnten Vorstellungen von Thünens doch wohl näher, wenn man davon ausgeht, daß das Einkommen der Stadtbewohner nicht aus dem Eigentum an den in der Fläche befindlichen Produktionsfaktoren stammt. Die Städter und Landbewohner sind dann getrennte Personengruppen, die über jeweils eigene Einkommensquellen verfügen. Während die Stadtbewohner ihren Lebensunterhalt mit ihrem Einkommen aus überwiegend gewerblicher Tätigkeit bestreiten, betreiben die Landwirte als Bodeneigentümer und Eigentümer der Transportkapazitäten mit ihren Familien Eigenversorgung, an der auch die Arbeitskräfte auf dem Land (einschließlich der Landwirte) gemäß ihrer Entlohnung beteiligt werden. Wenn ferner vorausgesetzt wird, daß der Anteil der Konsumausgaben der Stadtbewohner für die Güter vom Lande an ihren Einkommen so gering ist, daß für sie zwischen diesen Gütern keine Komplementaritäts- oder Substitutionsbeziehungen bestehen, dann kann in der Stadt für jedes Agrargut eine Nachfragefunktion exogen angenommen werden. Auch in diesem Fall ist dann die gleichgewichtige Bestimmung der Marktpreise und der Faktorpreise möglich. Nur ist eben die Totalanalyse im strengen Sinn aufgegeben worden: das Gleichgewicht im Haushaltssektor existiert nicht mehr! Ansonsten gelten die vorstehenden Aussagen, insbesondere für den Unternehmensbereich, unverändert; dabei ist zu berücksichtigen, daß jetzt alle Preise monetär ausgedrückt werden.

Für die formale Diskussion dieses Problems wird für das Gut i die lineare Nachfragefunktion $p_i = \lambda_i - \omega_i \eta_i$ unterstellt, wobei p_i = (monetärer) Marktpreis des Gutes i , η_i = Nachfragemenge des Gutes i , λ_i , ω_i = positive Parameter der Funktion. Die zu maximierende Zielfunktion lautet dann

$$(14) \quad W(\underline{y}) = \sum_i \int_0^{y_i} (\lambda_i - \omega_i \eta_i) d\eta_i = \sum_i (\lambda_i y_i - \frac{1}{2} \omega_i y_i^2)$$

Diese Funktion erfaßt die Summe der Konsumentenrenten der Stadtbewohner für alle nachgefragten Güter als Ausdruck des Wohlstandes W der Stadt.⁴¹ Dieser Wohlstandsterm ist dann unter den Nebenbedingungen (a) bis (e) des Problems (5) zu maximieren. Sollen die Transportkosten der Outputmengen über festzulegende konstante Koeffizienten und die variablen Produktionsmengen in der Zielfunktion abgezogen werden, so muß die Nebenbedingung (5d) entfallen.

Zur Vorbereitung einer späteren Diskussion von Fragen der mikroökonomischen Einkommensverteilung zwischen den Faktoren Arbeit, Kapital und Boden im Raum integriert Scott (1976) ein Gleichgewichtsmodell von Sraffa mit dem von Thünen-Ansatz. Dabei entsteht ein neues Modell, das die vorstehenden Ableitungen zur Totalanalyse aus einem anderen Blickwinkel aufnimmt. Im wesentlichen hat es die Schwächen, daß der Lohnsatz exogen festgelegt ist und daß die Wirkungen der Faktoreinkommen auf die Güternachfrage vernachlässigt werden. Das Gleichgewicht auf dem Arbeitsmarkt und das Gleichgewicht der Haushalte ist damit in der Regel nicht gewährleistet.

Für eine zunächst bestimmte Zuweisung der Agrargüter auf die von Thünen-Ringe besteht das Modell von Scott aus folgenden Gleichungen. (1) Für jede Produktionsrichtung auf dem Lande werden die Erlöse und Kosten der Outputs einander gleichgesetzt. Die Erlöse werden auf der Basis der Preise ab Hof unter Vernachlässigung der durchschnittlichen Bodenkosten berechnet. Die Kosten, deren Ermittlung fixe Inputkoeffizienten zugrunde liegen, ergeben sich aus dem Einsatz von Zwischenprodukten als Faktor Kapital, aus dem Arbeitseinsatz sowie einem „normalen“ Gewinn. Die Zwischenprodukte, die in anderen Ringen als in dem Ring hergestellt werden, in dem das betrachtete Gut erzeugt wird, können über den zentralen Markt der Stadt bezogen werden. (2) Die Nachfrage nach einem Gut als Zwischenprodukt plus die Endnachfrage nach diesem Gut müssen gleich der entsprechenden Produktionsmenge sein. (3) Die Grundrente am Rande der Gesamtfläche ist gleich Null, wenn die Gesamtfläche keine beschränkende Wirkung auf die landwirtschaftliche Produktion im Raum ausübt. Für jede Grenze zwischen dem Anbau verschiedener Produkte müssen die Grundrenten, die aus der Produktion der jeweiligen Erzeugnisse stammen, gleich hoch sein. (4) Erweist sich der Boden in der Modelllösung als insgesamt knapp, dann kommen die Definitionen der absoluten Grundrenten pro Einheit der Endnachfragemengen zum Tragen. (5) Der Marktpreis eines

⁴¹ Vgl. Takayama / Judge (1971), 278.

Agrargutes wird festgelegt jeweils als Summe aus dem Preis ab Hof, den durchschnittlichen Transportkosten, der durchschnittlichen Differentialrente und der durchschnittlichen absoluten Rente.

Die vorausgesetzte Zuordnung der Güter auf die Ringe kann aufgegeben werden, wenn die Produktion eines jeden Gutes an jedem Standort zugelassen wird und eine Zielfunktion eingeführt wird, die das Maximum des gesamten Grundrenteneinkommens im Problem fordert (S. 158). Diese Vorgehensweise erinnert an den Vergleich der Modelle von Alonso und von Böventer im partialanalytischen Teil dieser Arbeit.

*Hartwick*⁴² erweitert seinen bereits vorgestellten partialanalytischen Beitrag dadurch, daß er mehr als ein von Thünen-System (Region) zuläßt und in den Städten preisabhängige Nachfragefunktionen für die Güter einführt, die jedoch auch nicht den Einfluß der Faktoreinkommen auf die Nachfrage berücksichtigen. Sein Grundansatz geht zunächst von zwei Regionen aus, in denen ein Gut erzeugt wird, das auch zwischen beiden Regionen ausgetauscht werden kann. Damit ist im Kern das Problem der Ableitung der Angebots- und Nachfragefunktionen auf den Weltmärkten in der realen Außenwirtschaftstheorie erkennbar. Für den vorliegenden Zusammenhang sind im einzelnen folgende Größen zu bestimmen: die Radien der Anbaugebiete um die beiden Städte, die Preise des Gutes in den Marktorten, die zwischen den Städten zu transportierende Gutsmenge sowie die Grundrenten für die Anbaugebiete um die Städte. Dieses Problem impliziert ein regionales Preisgefälle derart, daß der Marktpreis des Gutes in einer Region, die an die andere Region liefert, größer/gleich dem Marktpreis in der Empfangsregion minus den Transportkosten pro Outputereinheit ist. Das Gleichheitszeichen gilt dann, wenn der Gütertausch tatsächlich in der genannten Richtung erfolgt. Obwohl dieses Problem seit langem bekannt ist⁴³, ist seine operationale Lösung auf der Grundlage einer Reihe von Arbeiten doch erst in jüngerer Zeit gelungen.⁴⁴ Hartwick verallgemeinert dann seinen Grundansatz durch die Einführung beliebig vieler Güter und vieler Regionen sowie die modellendogene Bestimmung der Transportleistungen.

Schließlich wird von der Marktform der vollständigen Konkurrenz zur unvollständigen Konkurrenz in der Form übergegangen, daß die Zahl der Anbieter auf einen Produzenten beschränkt wird. Dieser

⁴² *Hartwick* (1972), 36 - 44.

⁴³ Vgl. *Cournot* (1924).

⁴⁴ Vgl. *Enke* (1951), *Samuelson* (1952), *Smith* (1963), *Takayama / Judge* (1964). Eine übersichtliche Darstellung der Problemlösung bietet *Henrichsmeyer* (1966), 446- 461; vgl. zusätzlich *Takayama / Judge* (1971). Zur Fassung dieses Problems als Transportproblem des linearen Programmierens vgl. *Dorfman et al.* (1958), 122 - 127; *von Böventer* (1979), 65 - 72.

Schritt führt ebenfalls zurück in Richtung auf die Partialanalyse. Das zu betrachtende Angebotsmonopol soll aus dem Zusammenschluß der einzelnen Betriebe hervorgegangen sein, die zuvor bei vollständiger Konkurrenz bestanden haben. Damit verfügt der Monopolist über viele Betriebsstätten, die an den verschiedenen Standorten angesiedelt sind. Wem der Boden auf der Fläche und die Transportkapazitäten gehören, muß hier nicht weiter interessieren.

Die in der Stadt für die Güter i ($i = 1, \dots, n$) repräsentativen Nachfragefunktionen, denen sich das Angebotsmonopol bei seiner Produktionsplanung gegenübergestellt sieht, werden als determiniert vorausgesetzt: $p_i = c_i - d_i y_i$ (p_i = monetärer) Monopolpreis des Gutes i , y_i = Produktions- bzw. Absatzmenge des Gutes i , c_i , d_i = positive Parameter der Funktion).

Bei der dem vorliegenden Problem adäquaten Formulierung der Zielfunktion als Ziel der Erlösmaximierung — in diesem Fall erfolgt modellendogen die Maximierung des Monopolgewinnes — erweist es sich als zweckmäßig, die Nebenbedingung (a) des Problems (5) in der Form $y_i = \sum_j x_{ij}$ einzubeziehen. Der zu maximierende Erlös ist dann

$$(15) \quad E = \sum_{i,j} c_i x_{ij} - \sum_i d_i \left(\sum_j x_{ij} \right)^2$$

Er ist unter den Nebenbedingungen (b) - (e) des Problems (5) zu ermitteln.

Im Hinblick auf das Gleichgewicht des Unternehmens muß beachtet werden, daß an die Stelle des Konkurrenzpreises p_i in Relation (10) jetzt der ortsspezifische Grenzerlös $e_{ij} = c_{ij} - 2d_i x_{ij}$ mit $c_{ij} = c_i - 2d_i \sum_{k \neq j}^m x_{ik}$ tritt, der gleich dem Grenzerlös des Angebotsmonopols ist: $e_i = e_{ij} = c_i - 2d_i y_i$. Die Entstehung des ortsspezifischen Grenzerlöses kann so erklärt werden, daß man sich modellintern für jedes Gut die Ableitung einer ortszugehörigen Nachfragefunktion vorstellt, zu der eine spezifische Grenzerlösfunktion gehört, die parallel zur Grenzerlösfunktion des Angebotsmonopols für dieses Gut verläuft. Da es sich hier um das Problem des Angebotsmonopols mit mehreren Betrieben handelt, besteht das implizierte Gewinnmaximierungsproblem in der Egalisierung der Grenzkosten in den verschiedenen Betrieben, die sich zu den konstanten Grenzkosten des Angebotsmonopols summieren. In der Tat ergeben sich wegen der räumlichen Substitution zwischen den Bodenkosten und den Transportkosten für alle Orte und damit für jedes Gut insgesamt gleich hohe Grenzkosten, die zur Bestimmung der Produktionsmengen x_{ij} gleich den ortsspezifischen Grenzerlösen sind. Setzt man die ermittelten Mengen x_{ij} jeweils in die ortsspezifischen

Nachfragefunktionen ein, dann erhält man die Preise ab Hof (vgl. (13)). Die Produktionsmengen summieren sich über die Standorte zur Nachfragemenge des Gutes, der der jeweilige Monopolpreis entspricht.

Auch in der Beziehung (11) muß jetzt der Konkurrenzpreis p_i durch den Grenzerlös e_i ersetzt werden. In dem Tatbestand, daß der Grenzerlös kleiner als der Monopolpreis ist, kommt die monopolistische Ausbeutung der Produktionsfaktoren zum Ausdruck. Nur ein Teil des Gesamterlöses wird den Faktoren zugewiesen, der andere Teil bildet den maximalen Gewinn des Angebotsmonopols.

Wird auch in Relation (12) p_i durch e_i ersetzt, erhält man die inverse Beziehung zwischen der Grundrente und der Entfernung zur Stadt. Dieses Ergebnis entspricht der Konkurrenzlösung, da die Grenzkosten konstant sind. Wäre hingegen der Grenzerlös e_i kleiner als der bei vollständiger Konkurrenz gültige Marktpreis p_i (bei Existenz einer unterlinear-homogenen Produktionsfunktion), dann läßt sich eine negative Grundrente als Monopolrente für jeden Standort konstatieren.⁴⁵ Wenn die gesamte Bodenfläche des von Thünen-Systems dem Angebotsmonopol gehört, ist das Grundrenteneinkommen als Residuum größer als das Grundrenteneinkommen, das auf der Basis der grenzproduktivitätstheoretischen Erklärung der Grundrente resultiert.

III. Weiterentwicklungen der von Thünen-Modelle

1. Verallgemeinerungen der landwirtschaftlichen Standorttheorie

(a) Eine Reihe von Verallgemeinerungen ist bereits im Zuge der vorstehenden Darlegungen behandelt worden, wie zum Beispiel die Einführung von Input-Output-Beziehungen.⁴⁶ Mit dem Schritt zu den Verallgemeinerungen wird der analytischen Vorgehensweise *von Thürens* entsprochen, der selbst drei grundlegende Verschiedenheiten zwischen dem „isolierten Staat“ und der Wirklichkeit herausstellt.⁴⁷ Erstens weist er auf die unterschiedliche Fruchtbarkeit des Bodens hin, für die er graphisch nicht-konzentrische Einteilungen der betrachteten Gesamtfläche darstellt (S. 398 - 400). Da diese Frage bereits im partial-analytischen Teil aufgegriffen worden ist, soll mit Bezug zum total-analytischen Teil der Arbeit der Hinweis genügen, daß die mit wachsender Entfernung abnehmende Qualität des Bodens durch entsprechend zunehmende Bodenkoeffizienten berücksichtigt werden kann. Zweitens stellt von Thünen das Vorhandensein von günstigen Transportwegen (Fluß, Kanal) zu den großen Städten heraus. Führt ein Fluß

⁴⁵ Vgl. auch Walker (1974), 51 - 3.

⁴⁶ Vgl. dazu auch Beckmann (1971).

⁴⁷ Vgl. von Thünen (1875), 1. Teil, 268 - 275.

zur Stadt, dann werden die Anbauzonen der Agrargüter von zum Wasserweg parallel verlaufenden Bodenstreifen gebildet (S. 391 - 392). Mit diesem Hinweis wird nochmals der die Landschaftsstruktur gestaltende Einfluß der Transportkosten deutlich, deren Bedeutung für die Ressourcen- und Güterallokation im Raum sich im letzten Jahrhundert durch die moderne Technik erheblich gewandelt hat, die zum Beispiel sinkende Transportsätze bei wachsender Entfernung ermöglicht. Und drittens hebt von Thünen die in der Regel gegebene Existenz mehrerer Städte unterschiedlicher Größe in der Fläche (vgl. auch S. 391) hervor, die im totalanalytischen Teil schon angesprochen worden ist und auf die nochmals einzugehen sein wird. Schließlich wird hier betont, daß die Modelle im totalanalytischen Teil dieser Arbeit durch Änderungen wie die Einführung zusätzlicher Produktionsfaktoren, insbesondere weiterer Kapitalarten außer Zwischenprodukten und Transportkapazitäten, die Abhängigkeit der Inputkoeffizienten von den Outputmengen oder die Verteilung der Faktormengen auf der Fläche sowie deren Variation erweitert werden können.

(b) Da nur wenige Gebiete der Erde den Voraussetzungen des von Thünen-Modells entsprechen — Ausnahmen sind bestimmte Regionen in Argentinien, Brasilien, Uruguay und Australien — konnten die von Thünenschen Ergebnisse bisher nur in wenigen Fällen empirisch getestet werden. *Griffin* (1973) zeigt anhand seines von Thünen-Modells für Uruguay auf, daß einerseits in einer Reihe von Punkten Übereinstimmung mit den von Thünenschen Ableitungen herrscht, andererseits aber auch erhebliche Abweichungen existieren, die er durch die Divergenzen in der Bodenqualität, den räumlich begrenzten Einsatz moderner Techniken, die traditionellen Siedlungsstrukturen und die Konkurrenz ausländischer Märkte erklärt. Hinsichtlich der Preise ab Hof, der Grundrenten, der Bodennutzung, der Faktorproportionen und der Faktorproduktivitäten entsprechen die Untersuchungen des Südtails von Zentralbrasilien durch *Katzman*⁴⁸ dann weitgehend den von Thünenschen Darlegungen, wenn von begrenzter Substitution zwischen den Inputs Arbeit und Boden ausgegangen wird. Die Schätzungen der Kapitalintensität der Landwirtschaft verbessern sich, wenn die Entwicklung der lokalen Industrien berücksichtigt wird. Das räumliche Verhältnis von Landwirtschaft und Industrie beschreibt Katzman mit der empirisch relevanten Hypothese, daß die landwirtschaftliche Produktion als Funktion der Entfernung zu den Märkten und der Industrieentwicklung in den Städten für kleine Gebiete aufgefaßt werden kann, während die städtische Entwicklung der Industrie in Abhängigkeit von der Agrarproduktion nur für große übergeordnete Räume identifizierbar ist.

⁴⁸ *Katzmann* (1974), 690 - 5.

(c) Die Frage nach der Entstehung der Stadt im von Thünen-System erweist sich als das Problem der Integration der Beiträge von *von Thünen*, *Christaller* (1933) und *Lösch* (1962), dem *von Böventer*⁴⁹ grundlegende Überlegungen gewidmet hat. Der Sache nach ist die Frage nach der Entstehung der Städte eine der landwirtschaftlichen Standorttheorie vorgelagerte Frage, deren Beantwortung von der Annahme der geographischen Gleichverteilung aller Ressourcen sowie Konsum- und Produktionsaktivitäten auf der Fläche ausgeht und im Rahmen einer Theorie der Konkurrenz im Raum die günstigste räumliche Anordnung der Anbieter derart beschreibt, daß Orte verschiedener Ordnung entstehen. Beschränkt man sich auf die Erklärung der einen Stadt im von Thünenschen Modell⁵⁰, dann kann man eine Zunahme der verfügbaren Kapitalmenge bei zunächst einer ausgewählten Produktionseinheit (später bei mehreren Einheiten) zugrunde legen, die damit ein bestimmtes Gut, abgesehen vom Eigenverbrauch, für die im Raum verteilten Konsumenten erzeugt. Aufgrund der verfolgten Zielsetzung der Gewinnmaximierung entsteht ein optimales Marktgebiet für das Gut unter der Annahme einer gegebenen auf die Fläche bezogenen Nachfragefunktion und gegebener Produktions- und Transportkosten. Erstreckt sich das Kapitalwachstum auf mehrere Produzenten desselben Gutes und anderer Güter, entstehen sich überlagernde Netze von lokalen Märkten für jedes Produkt. Je niedriger die Transportkosten pro Outputeinheit und je größer die internen Ersparnisse der Produktion sind, um so weitläufiger werden die Marktgebiete der einzelnen Anbieter sein. Je größer die flächenmäßigen Absatzbereiche ausfallen, um so größer ist dann auch die Wahrscheinlichkeit, daß sich die Betriebe im Zentrum der Fläche niederlassen. Die Ballung von Produktionsaktivitäten wird durch die Entstehung von Agglomerationsvorteilen begünstigt, die sich in einer Senkung der Produktionsstückkosten ausdrücken, so daß höhere Transportkosten in Kauf genommen werden können, die eine Erweiterung der Absatzgebiete ermöglichen.⁵¹

(d) Vorstehend ist die gleichmäßige Verteilung der Güternachfrage im Raum unterstellt worden, die gemäß der Annahmen Lieferströme von der Stadt zum Land impliziert. Solche Güterströme werden in der von Thünenschen Analyse weitestgehend vernachlässigt, obwohl sie dort ohne weiteres berücksichtigt werden können. Von Thünen konzentriert sich auf die Bestimmung der Mengen von Agrargütern, die vom Land zur Stadt transportiert werden. Damit ist die Aufgabe gestellt, den beiderseitigen Austausch von Gütern, aber auch Faktorbewegungen, zwischen der Stadt und dem Land analytisch zu erfassen.⁵²

⁴⁹ *Von Böventer* (1962 b), (1963).

⁵⁰ Vgl. *Giersch* (1949/50), 87 - 9.

⁵¹ Vgl. *Weber* (1909), *Serck-Hanssen* (1970).

(e) Als Ergänzung zu den Fragen der Stadtbildung sind für das Land weitere Fragen zu lösen, die sich nach der Ermittlung der optimalen Größen der landwirtschaftlichen Betriebe stellen. Dabei geht es zunächst um die Frage der Zuordnung der Anbauflächen zu den Bauernhöfen und damit der Entfernung der Felder zueinander für jeden Bauernhof.⁵³ Größere Entfernungen zwischen den Äckern sind zum Beispiel in der afrikanischen Landwirtschaft oberhalb des Subsistenzniveaus anzutreffen — eine in der Realität gegebene Schwierigkeit, die die von Thünenschen Ergebnisse modifiziert, ihnen jedoch nichts von ihrer Gültigkeit nimmt.⁵⁴ Dann stellt sich die Frage der Lage der Bauernhöfe zueinander, mit der das Problem der Dorfbildung verbunden ist. Zur Erklärung der Dorfbildung müssen Agglomerationsansätze und Transportmodelle miteinander verbunden werden.⁵⁵

(f) Auch in der Formulierung zahlreicher Programmierungsmodelle zur Planung der landwirtschaftlichen Produktion kommt zum Ausdruck, daß das von Thünen-Modell einen maßgeblichen Einfluß auf die Entwicklung der allgemeinen räumlichen und zeitlichen Preis- und Allokationstheorie ausgeübt hat (*Takayama/Judge* (1971)). Diese Programmierungsmodelle gehen in der Regel von einer größeren Zahl von Regionen aus, die verschiedene Agrargüter erzeugen und sich damit auch gegenseitig versorgen. Dabei kann jede Region nicht nur mehrere Produktionsorte, sondern nun auch mehrere Konsumorte aufweisen. Die Einbeziehung vieler Konsumorte ist die entscheidende Erweiterung gegenüber dem ursprünglichen von Thünen-Problem, abgesehen von der bereits angesprochenen Erhöhung der Zahl der betrachteten Regionen. Ansonsten weisen die Grundmodelle der Agrarplanung weder im Hinblick auf ihre Zielfunktionen (zum Beispiel Maximierung der Gewinne der Produktionsaktivitäten, Minimierung der gesamten Produktions- und Transportkosten) noch mit Bezug zu ihren Nebenbedingungen (zum Beispiel Angebot-Nachfrage-Beziehungen, Faktorrestriktionen) bemerkenswerte Besonderheiten auf. Um zeitliche Verzögerungen der Angebotserstellung zu erfassen, werden zeitrekursive und dynamische Ansätze vorgeschlagen.⁵⁶

(g) Schon bei *von Thünen*⁵⁷ ist die Übertragung des „isolierten Staates“ in einen geographisch umfassenderen Rahmen angedeutet. In dieser Richtung wird ein bedeutender Beitrag durch die These von der Ent-

⁵² Wichtige Ansatzpunkte bieten *Webber* (1973), *Beckmann* (1973 a), *Giersch* (1982); vgl. auch *von Thünen* (1875), 1. Teil, 320 - 6.

⁵³ Vgl. auch *von Thünen* (1875), 1. Teil, 92 - 188, 110 - 4.

⁵⁴ Vgl. *Jackson* (1970).

⁵⁵ Vgl. *von Böventer* (1979), 111 - 124.

⁵⁶ Vgl. *Spulber / Horowitz* (1976), 289 - 306; *Day et al.* (1978), 217 - 231.

⁵⁷ *Von Thünen* (1875), 2. Teil, 2. Abt., 106 - 114.

wicklung der konzentrischen zur multizentrischen Weltwirtschaft gebildet, in der die dichtbevölkerten Zonen Westeuropas, der Vereinigten Staaten, der Sowjetunion und Japans große „von Thünensche Städte“ darstellen. In der Weltwirtschaft haben die Transportkosten auch heute noch ein so großes Gewicht, daß die von Thünenschen Systeme weitgehend der Landschaftsstruktur der Weltwirtschaft in der Realität entsprechen.⁵⁸

Ein anderer Beitrag (*Herlemann* (1969)) nimmt die von Thünensche Standortlehre zum Ausgangspunkt der Erklärung unterschiedlicher Intensitätszonen in der Weltlandwirtschaft. Während *von Thünen*⁵⁹ generell nur den Fall der begrenzt verfügbaren Bodenmenge bei variablem Arbeitseinsatz erörtert, wird hier systematisch die relative Knappheit der drei Produktionsfaktoren Boden, Arbeit und Kapital zur Typisierung der Agrar- und Industrieländer sowie ihre Entwicklung über die Zeit betrachtet.

2. Übertragung des von Thünen-Ansatzes auf die städtische Standortlehre

Die bedeutendsten Weiterentwicklungen der von Thünen-Modelle haben sich aus dem von Thünen-Ansatz durch seine Übertragung auf die Stadt zur Erklärung der urbanen Bodennutzung ergeben. Diese Übertragung ist zuerst von *Isard*⁶⁰ vorgeschlagen worden. Unterstellt wird eine homogene Fläche, die vollständig von einer Stadt beansprucht wird. Ihr einziges punktförmiges Zentrum (central business district) erfaßt den städtischen Produktionsbereich (Gewerbe, Dienstleistungen). Im Zentrum wird die Nachfrage nach den Arbeitsleistungen von Personen entfaltet, die auf der Fläche den Faktor Boden für Wohnzwecke (Hausbau) nachfragen. Somit dient der das Zentrum umschließende Kreisring als Wohngebiet und zur Errichtung eines Verkehrssystems, das das Pendeln der Arbeitskräfte zwischen dem Zentrum und dem Umland ermöglicht. In diesem Rahmen wird dann die marktmäßige Allokation des städtischen Bodens insbesondere auf den Wohnungssektor und den Verkehrssektor sowie die räumliche Zuordnung des Faktors Arbeit auf die Wohnraumeinheiten im Zustand des langfristigen Gleichgewichts erklärt. Damit ist das Grundproblem der „new urban economics“ umrissen, die die städtische Standorttheorie in den letzten Jahrzehnten entscheidend geprägt haben.⁶¹ Die grundlegenden Beiträge stammen von *Alonso* (1960), (1964), *Muth* (1961 a), (1961 b), (1969), *Wingo* (1961), *Mills* (1967), (1972 a) und *Beckmann* (1969),

⁵⁸ Vgl. *Melamid* (1955), *Predöhl* (1961), *Peet* (1969).

⁵⁹ *Von Thünen* (1875), 2. Teil, 1. Abt., 13.

⁶⁰ *Isard* (1956), 200 - 206.

⁶¹ Vgl. *Richardson* (1977 a).

(1972 b), (1973 b), (1974). Unterschiede einiger Ansätze diskutiert *Mills* (1969). Siehe neuerdings auch *Henderson* (1977).

Da die Standortwahl der Betriebe als im wesentlichen behandelt gelten konnte, hat sich die städtische Standorttheorie zunächst mit der Standortwahl der Haushalte befaßt, deren Erklärung auf der mikroökonomischen Haushaltstheorie aufbaut (die folgenden Darlegungen beziehen sich auf *Alonso*⁶² und *Mills*⁶³. Der betrachtete Haushalt ist durch eine Nutzenfunktion charakterisiert, in die die in einer Menge zusammengefaßten Konsumgütermengen und die beanspruchte Bodenmenge eingehen. Diese Bodenmenge kann hier repräsentativ für die vom Haushalt eigentlich nachgefragten Wohnraumleistungen (housing services) stehen, da angenommen wird, daß außer der Grundrente kein Faktorpreis mit der Entfernung variiert. Die Realisierung des Nutzens unterliegt der Nebenbedingung, daß die Ausgaben für die Konsumgütermenge und den Boden (Wohnraum) zuzüglich der entfernungsabhängigen Pendelkosten gleich dem gegebenen Einkommen sein müssen. Maximiert der Haushalt seinen Nutzen, dann gilt für das Haushaltsgleichgewicht, daß sich der Grenznutzen der Konsumgütermenge zum Grenznutzen der Bodenmenge wie der Preis der Konsumgüter zur Grundrente verhält. Eine andere Bedingung erhält man für den Fall, daß der Haushalt nicht seinen größtmöglichen Nutzen anstrebt. Da das vorliegende Problem so gefaßt werden kann, daß die drei Gleichungen (Nutzenfunktion, Nebenbedingung und Relation für den angestrebten Nutzen) insgesamt vier Unbekannte (Konsumgütermenge, Bodenmenge, Entfernung und Grundrente als Preisgebot) bei gegebenem Nutzenniveau aufweisen, entsteht ein Freiheitsgrad, der durch die Ermittlung der vom Haushalt gebotenen Grundrente als Funktion der Entfernung eliminiert wird. Diese Preisgebotsfunktion gibt die Grundrente an, die der Konsument bei unterschiedlichen Entfernungen zur Stadtmitte bei gegebenem Nutzenniveau zu zahlen bereit ist, das heißt, der Haushalt ist hinsichtlich seines Wohnortes indifferent.

In der Regel hat die Preisgebotsfunktion eine negative Steigung. Daraus folgt, daß die gebotene Grundrente für die Nähe zum Zentrum höher als für die Vororte ausfällt. Und damit resultiert wiederum, daß am Zentrum die nachgefragte Bodenmenge geringer, die Kapitalintensität mit Bezug zum Faktor Boden und die Bevölkerungsdichte jedoch größer als im sonstigen Umland sind. Das Modell gibt also wichtige Merkmale der städtischen Vorortbildung korrekt wieder.

Wird das vorausgesetzte Nutzenniveau des Haushalts erhöht, dann verschiebt sich die Preisgebotsfunktion nach unten, so daß es die redu-

⁶² *Alonso* (1964), 18 - 35.

⁶³ *Mills* (1972 b), 59 - 65, 69 - 72.

zierten Grundrentengebote erlauben, größere Einkommensteile für Konsumgüter an einem bestimmten Wohnort auszugeben, was den Nutzen steigert.

Wie im betriebsorientierten Teil dieser Abhandlung ist die Lage der Preisgebotsfunktion dann für einen Haushalt und damit die Lage der Funktion der gleichgewichtigen Grundrenten für alle Haushalte unbestimmt, wenn nicht zusätzliche Annahmen eingeführt werden. Herkömmlicherweise wird unterstellt: die Haushalte maximieren ihren Nutzen; jede Einheit der Bodenmenge wird dem Bodennachfrager zugewiesen, der das höchste Preisgebot abgibt; die Haushalte mit jeweils gegebenen Nutzenfunktionen, die am gleichen Ort zu wohnen wünschen, müssen gleich hohe Nutzenniveaus aufweisen (andernfalls würden sie umziehen); auf den Bodenmärkten, am Arbeitsmarkt, Transportmarkt und Konsumgütermarkt herrscht Gleichgewicht. Diese Bedingungen müssen sich nicht notwendigerweise auf einen langfristigen Rahmen beziehen, wie die Literatur unterstellt.

An dieser Stelle ist nun darauf hinzuweisen, daß die für den Unternehmensbereich und die für den Haushaltsbereich abgeleiteten entfernungsabhängigen Grundrentenfunktionen übereinander gelagert gesehen werden müssen. Läßt man eine städtische Kreisfläche und einen sie umgebenden nichtstädtischen Kreisring auf der von Thünenschen Gesamtfläche zu, dann kann man sich vom Stadtzentrum her betrachtet eine fallende Grundrentenfunktion vorstellen, die sich zunächst auf eine Zone des Gewerbes und der Dienstleistungen (Fall eines central business district mit positivem Radius), dann auf eine Zone für Wohnzwecke und schließlich auf eine Zone der Landwirtschaft bezieht. Die Ableitung einer solchen Funktion ist im Idealfall das Ergebnis eines Modells der gesellschaftlichen Nutzenmaximierung, das den Raum diskret berücksichtigt. Solch ein Modell ist vorstehend vor allem mit Bezug zum Unternehmensbereich konzipiert worden. In der gegebenen Form müßte es nun unter Berücksichtigung der Darlegungen über den Haushaltsbereich und durch die Bestimmung der absoluten Güter- und Faktorpreise ergänzt werden.

Anstatt diesen Gedanken eines Gesamtansatzes weiter zu verfolgen, erscheint es hier sinnvoller, auf die kontinuierliche Alternative der für die städtische Standortlehre repräsentativen von Thünen-Mills-Modelle⁶⁴ hinzuweisen, die auch zur Lösung von Teilproblemen formuliert werden können. Die Grundvorstellung dieser Modelle besteht in der Gliederung der Fläche in infinitesimal nahe beieinander liegenden konzentrischen Kreisen, die über ihren jeweiligen Radius, also durch die Entfernung zum Mittelpunkt der Fläche, mit dem Zentrum verbunden

⁶⁴ Vgl. Mills (1967), (1969), (1972 a), (1972 b).

sind. Den Kreisen insgesamt oder Teilen davon sind die ökonomischen Variablen (Inputs, Outputs, Preise usw.) zugeordnet, das heißt, diese Größen sind Funktionen des jeweiligen Radius. Die Lösung der Modelle besteht in der Ermittlung der funktionalen Beziehungen zwischen den Variablen und der Entfernung zum Zentrum.

Inzwischen ist eine Fülle von Ansätzen zur Verallgemeinerung der grundlegenden Beiträge zu den „new urban economics“ erschienen, über die hier nicht im einzelnen berichtet werden kann. Die betrachteten Fragen reichen von den Problemen der Verfeinerung der haushaltsorientierten Standorttheorie über die Probleme der dynamischen Modellanalyse bis hin zu den Problemen der optimalen Landschaftsstruktur. Stichwortartig sollen nachstehende Spezialaspekte der Forschung hervorgehoben werden: Agglomerationseffekte im Zentrum, intra-urbane Hierarchie von Stadtkernen, Standorte des Gewerbes in Vororten, Nutzenwirkungen der Umweltqualität, diskontinuierliche Bevölkerungsdichte und Nachbarschaftseffekte im Wohnbereich. Die erforderliche Erweiterung der Analyse wird auch durch die empirische Forschung deutlich, die die Bedeutung zusätzlicher Erklärungselemente aus anderen Theoriebereichen (zum Beispiel der industriellen Standorttheorie) wie das Vorhandensein von Agglomerationsvorteilen oder die Existenz von bestimmten Kategorien der materiellen Infrastruktur (haushaltsorientierte Infrastruktur, Verkehrseinrichtungen) hervorhebt.⁶⁵

IV. Schlußbemerkungen

Die bisherigen Ausführungen bestätigen, daß die herausragende und grundlegende Bedeutung des Beitrages von Thünens zur Standorttheorie und damit zur Raumwirtschaftstheorie nach wie vor unbestreitbar ist. Daran ändert sich nichts durch den Umstand, daß sich die Konsumverhältnisse, Produktionsweisen und Transporttechniken für alle Güter, also auch die Agrarprodukte, seit der Abfassung des „Isolirten Staates“ erheblich verändert haben. Aus diesem Tatbestand kann sich ergeben, daß der ursprüngliche von Thünen-Ansatz in verschiedene Richtungen erweitert werden muß. Bezieht man mehrere wesentliche Verallgemeinerungen ein, wird wahrscheinlich bereits eine derart komplizierte Landschaftsstruktur entstehen, daß der Bezug zu den von Thünen-Ringen verloren geht. Dabei ist zu bedenken, daß die Ableitung eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells, das der Wirklichkeit auch nur annähernd entspricht, unmöglich erscheint, weil sehr schwierige Zusammenhänge berücksichtigt werden müßten.⁶⁶ Somit folgt, daß

⁶⁵ Vgl. Yeates (1965), Mills (1969), Fales / Moses (1972).

⁶⁶ Ähnlich von Böventer (1979), 131.

die wissenschaftlichen Analysen problembezogen partiell angelegt sein sollten. Diesem Gebot entsprechen die theoretischen und empirischen Forschungen der Gegenwart weitgehend. Allerdings haben die theoretischen Modelle der „new urban economics“, die den Raum vor allem in kontinuierlicher Form zur Ableitung allgemeiner Aussagen einbezogen haben, wenig zur Lösung praktischer Regional- und Stadtprobleme beitragen können. Die Ursache liegt hauptsächlich darin, daß durch die Verwendung von traditionellen mathematischen Verfahren wie der Differentialrechnung oft eine Formulierung der Prämissen erzwungen wird, die eine realitätsbezogene Abbildung der regionalen oder städtischen Wirtschaft von vornherein ausschließen. Demgegenüber kann man in der Fortentwicklung der empirischen, diskret (zonenweise) angelegten „land use and transportation models“ einen unmittelbar erfolgversprechenden Weg zur Lösung der zentralen Probleme der Regional- und Stadtwirtschaft sehen, da die Stadtentwicklungsmodelle ihre Brauchbarkeit für die Planungspraxis bereits mehrfach erwiesen haben⁶⁷. Wenn auch einerseits der Mangel an empirischen Bezügen in den theoretischen Arbeiten und andererseits der Mangel an Bezügen zur fundierten Theorie in der empirischen Analyse für die Zweigleisigkeit der Entwicklung beider Forschungsbereiche spricht⁶⁸, so läßt doch die verstärkte Hinwendung zu diskreten und dynamischen Problemen im Rahmen der theoretischen Analyse in den letzten Jahren auf eine Integration beider Arbeitsrichtungen hoffen.⁶⁹ Insbesondere die Berücksichtigung der Zeit, die in den dynamischen und zeitrekursiven Regional- und Stadtmodellen gegeben ist⁷⁰, erscheint zur weitergehenden Erklärung der Grundrente geboten. Diese Aussage wird deutlich, wenn man bedenkt, daß der Wert einer Einheit Boden, der gleich der Summe der abgezinsten Grundrenten als Preisen für die Bodennutzung ist, in Abhängigkeit von der auf dem Boden investierten Kapitalmenge, der Zeit der Kapitalabschreibung, dem durchschnittlichen Gewinnsatz und ausgewählten Zinssätzen am Kapitalmarkt angesetzt werden kann.⁷¹

Zusammenfassung

Nachdem die methodischen Ansatzpunkte und allgemeinen Aussagen zur Standorttheorie im „Isolierten Staat“ dargelegt worden sind, führt diese Abhandlung jene Beiträge zur gegenwärtigen Standorttheorie, die sich auf von Thünen beziehen, systematisch zusammen. Für die landwirtschaftliche Standorttheorie werden partialanalytische und totalanalytische von Thünen-Modelle unterschieden. Die partiellen Modelle befassen sich vor allem mit

⁶⁷ Vgl. Buhr / Pauck (1981).

⁶⁸ Vgl. Richardson (1977 a), 243.

⁶⁹ Vgl. auch Mills / MacKinnon (1973).

⁷⁰ Vgl. auch Evans (1975), Carlberg (1981).

⁷¹ Vgl. Regnault / Sallee (1979).

der Ableitung von Preisgebotsfunktionen für den Produktionsfaktor Boden auf der Basis unterschiedlicher Annahmen. In der Form mathematischer Programme stellen die totalen Modelle die Beziehungen zwischen dem von Thünen-Problem und der Theorie der Preisbildung und Faktorallokation im Raum her. Schließlich werden die Verallgemeinerungen der landwirtschaftlichen Standorttheorie und die Übertragung des von Thünen-Ansatzes auf die städtische Standortlehre behandelt.

Summary

Having presented the methodical aspects and general results of the "Isolated State" on location theory, this paper reviews those contributions to modern location theory that refer to von Thünen. For agricultural location theory partial and general equilibrium models are distinguished. Concerning the partial models attention is given to the derivation of bid price functions for land on the basis of different assumptions. The general models, in the form of mathematical programs, relate the von Thünen problem to the theory of price formation and factor allocation in space. Finally, the generalizations of agricultural location theory and the application of the von Thünen approach to urban location theory have been dealt with.

Literatur

- Aereboe*, F. (1920), *Allgemeine landwirtschaftliche Betriebslehre*. Berlin.
- Alonso*, W. (1960), A Theory of the Urban Land Market. *Papers of the Regional Science Association* 6, 149 - 157.
- (1964), *Location and Land Use, Toward a General Theory of Land Rent*. Cambridge/Mass.
- (1967), A Reformulation of Classical Location Theory and Its Relation to Rent Theory. *Papers of the Regional Science Association* 19, 23 - 44.
- Artle*, R. and P. P. *Varaiya* (1975), Economic Theories and Empirical Models of Location Choice and Land Use: A Survey. *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers* 63, 421 - 430.
- Beckmann*, M. J. (1968), *Location Theory*, New York.
- (1969), On the Distribution of Urban Rent and Residential Density. *Journal of Economic Theory* 1, 60 - 67.
- (1971), An Input-Output Model of a von Thünen Economy. *The Annals of Regional Science* 5, 6 - 10.
- (1972 a), Von Thünen Revisited: A Neoclassical Land Use Model. *The Swedish Journal of Economics* 74, 1 - 7.
- (1972 b), Application of a Neoclassical von Thünen Model to the Housing Market. *The Annals of Regional Science* 6, 35 - 40.
- (1973 a), The Isolated Region: A Model of Regional Growth. *Regional and Urban Economics* 3, 223 - 231.
- (1973 b), Equilibrium Models of Residential Location. *Regional and Urban Economics* 3, 361 - 368.
- (1974), Spatial Equilibrium in the Housing Market. *Journal of Urban Economics* 1, 99 - 107.

- Binder-Johnson*, H. (1962), A Note on Thünen's Circles. *Annals of the Association of American Geographers* 52, 213 - 220.
- von Böventer*, E. (1962 a), Theorie des räumlichen Gleichgewichts. Tübingen.
- (1962 b), Die Struktur der Landschaft, Versuch einer Synthese und Weiterentwicklung der Modelle J. H. von Thünens, W. Christallers und A. Löschs, in: E. Schneider (Hrsg.), *Optimales Wachstum und optimale Standortverteilung*, Schriften des Vereins für Socialpolitik, N.F., Bd. 27. Berlin.
- (1963), Towards a United Theory of Spatial Economic Structure. *Papers of the Regional Science Association* 10, 163 - 187.
- (1964), Art. Raumwirtschaftstheorie, in: E. von Beckerath et al. (Hrsg.), *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften*, 8. Bd. Stuttgart.
- (1979), *Standortentscheidung und Raumstruktur*. Hannover.
- (1981), *Raumwirtschaft I: Theorie*, in: W. Albers et al. (Hrsg.), *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft*, 6. Bd. Stuttgart.
- Braeuer*, W. (1950), Der Mathematiker-Ökonom, Zur Erinnerung an Johann Heinrich von Thünen. *Kyklos* 4, 150 - 171.
- Brinkmann*, I. (1951), Die von Thünensche Rentenlehre und die Entwicklung der neuzeitlichen Landwirtschaft. *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 107, 307 - 356.
- Brinkmann*, T. (1922), Die Ökonomik des landwirtschaftlichen Betriebes. *Grundriß der Sozialökonomik*, VII, 1, 27 - 124.
- Buhr*, W. (1970 a), On the Generalization of Agricultural Location Theory, in: W. F. Smith (ed.), *Land Using Activities, Theoretical Issues in Land Economics*. Berkeley (The Center for Real Estate and Urban Economics, University of California).
- (1970 b), An Operational Generalized Version of von Thünen's Model. *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 126, 427 - 432.
- und R. Pauck (1981), Stadtentwicklungsmodelle, Analytische Instrumente empirisch orientierter Simulationsansätze zur Lösung von Projektions- und Planungsproblemen der Städte. Baden - Baden.
- Carell*, E. (1950), Johann Heinrich v. Thünen und die moderne Wirtschaftstheorie, Zum 100. Todestag Thünens am 22. September 1950. *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 106, 600 - 610.
- Carlberg*, M. (1981), An Economic Growth Model of the Productive City, in: P. Nijkamp, P. Rietveld (eds.), *Cities in Transition: Problems and Policies*, Alphen aan den Rijn.
- Casetti*, E. (1971), Equilibrium Land Values and Population Densities in an Urban Setting. *Economic Geography* 47, 16 - 20.
- (1972), Spatial Equilibrium Distribution of Agricultural Production and Land Values. *Economic Geography* 48, 193 - 198.
- Chisholm*, M. (1961), *Agricultural Production, Location, and Rent*. Oxford *Economic Papers*, 13, 342 - 359.
- (1966), *Rural Settlement and Land Use, An Essay in Location*. London.
- Christaller*, W. (1933), *Die zentralen Orte in Süddeutschland, Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmäßigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen*. Jena.

- Clark, C. (1967), Von Thünen's Isolated State. Oxford Economic Papers 19, 370 - 377.
- Cournot, A. (1924), Untersuchungen über die mathematischen Grundlagen der Theorie des Reichtums (deutsche Übersetzung von W. G. Waffenschmidt). Jena.
- Day, R. H. and P. E. Kennedy (1970), On a Dynamic Location Model of Production. Journal of Regional Science 10, 191 - 197.
- Day, R. H. et. al. (1978), A Cobweb Version of the von Thünen Model, in: R. H. Day, A. Cigno (eds.), Modelling Economic Change, The Recursive Programming Approach, Amsterdam.
- Dickinson, H. D. (1969), Von Thünen's Economics. The Economic Journal 79, 894 - 902.
- Dorfman, R. et al. (1958), Linear Programming and Economic Analysis. New York.
- Dunn, E. S. (1954), The Location of Agricultural Production, Gainesville.
- (1954/55), The Equilibrium of Land-Use Patterns in Agriculture. The Southern Economic Journal 21, 173 - 187.
- Enke, S. (1951), Equilibrium among Spatially Separated Markets: Solution by Electric Analogue. Econometrica 19, 40 - 47.
- Evans, A. W. (1975), Rent and Housing in the Theory of Urban Growth. Journal of Regional Science 15, 113 - 125.
- Fales, R. L. and L. N. Moses (1972), Thünen, Weber and the Spatial Structure of the Nineteenth Century City, in: M. Perlman et al. (eds.), Spatial, Regional and Population Economics, Essays in Honor of E. M. Hoover. New York.
- Franz, G. (1978), Thünens Testament, in: J. Schneider (Hrsg.), Wirtschaftskräfte und Wirtschaftswege, IV: Übersee und allgemeine Wirtschaftsgeschichte, Festschrift für Hermann Kellenbenz. Bamberg.
- Gaffney, M. M. (1962), Land and Rent in Welfare Economics, in: J. Ackerman et al. (eds.), Land Economics Research. Baltimore.
- Garrison, W. L. and D. F. Marble (1957), The Spatial Structure of Agricultural Activities. Annals of the Association of American Geographers 47, 137 - 144.
- Giersch, H. (1949 - 1950), Economic Union between Nations and the Location of Industries. The Review of Economic Studies 17, 87 - 97.
- (1982), Arbeit, Lohn und Produktivität. Weltwirtschaftliches Archiv 119, 1 - 18.
- Goldberg, M. A. (1970), Transportation, Urban Land Values, and Rents: A Synthesis. Land Economics 46, 153 - 162.
- Greenhut, M. L. (1951 - 52), Integrating the Leading Theories of Plant Location. The Southern Economic Journal 18, 526 - 538.
- Griffin, E. (1973), Testing the von Thünen Theory in Uruguay. Geographical Review 63, 500 - 516.
- Grotewold, A. (1959), Von Thünen in Retrospect. Economic Geography 35, 346 - 355.
- Haase, A. (1933), Die Thünensche Intensitätstheorie in graphischer Darstellung, in: W. Seedorf, H.-J. Seraphim (Hrsg.), Joh. Heinr. von Thünen zum 150. Geburtstag, Versuch der Würdigung einer Forscherpersönlichkeit. Rostock.

- Hartwick, J. M.* (1972), The Pricing of Goods and Agricultural Land in Multi-regional General Equilibrium. *The Southern Economic Journal* 39, 31 - 45.
- Henderson, J. V.* (1977), *Economic Theory and the Cities*. New York.
- Henrichsmeyer, W.* (1966), Neuere Modelle zur Ermittlung des räumlichen Gleichgewichts der landwirtschaftlichen Produktion. *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft* 122, 438 - 480.
- Herlemann, H.-H.* (1961), *Grundlagen der Agrarpolitik, Die Landwirtschaft im Wirtschaftswachstum*. Berlin.
- (1969), Technisierungsstufen der Landwirtschaft, Versuch einer Erweiterung der Intensitätslehre Thünens, in: E. Gerhardt, P. Kuhlmann (Hrsg.), *Agrarwirtschaft und Agrarpolitik*, Köln.
- Hildreth, C. and S. Reiter* (1951), On the Choice of a Crop Rotation Plan, in: T. C. Koopmans (ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*. New York.
- Isard, W.* (1952), A General Location Principle of an Optimum Space-Economy. *Econometrica* 20, 406 - 430.
- (1956), *Location and Space-Economy, A General Theory Relating to Industrial Location, Market Areas, Land Use, Trade, and Urban Structure*. Cambridge/Mass.
- Jackson, R. T.* (1970), Some Observations of the von Thünen Method of Analysis: With Reference to Southern Ethiopia, in: Social Science Council, University of East Africa, Fifth Annual Conference, Nairobi, December 8 - 12, 1969, *Proceedings* 2, 827 - 833.
- Jones, A. P. et al* (1978), A Reexamination of Some Aspects of von Thünen's Model of Spatial Location. *Journal of Regional Science* 18, 1 - 15.
- Kanemoto, Y.* (1976), Optimum, Market and Second-best Land Use Patterns in a von Thünen City with Congestion. *Regional Science and Urban Economics* 6, 23 - 32.
- Katzman, M. T.* (1974), The von Thünen Paradigm, the Industrial-Urban Hypothesis and the Spatial Structure of Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics* 56, 683 - 696.
- Krzyszowski, R.* (1928), Graphical Presentation of Thuenen's Theory of Intensity. *Journal of Farm Economics* 10, 1928, 461 - 482.
- Kuenne, R. E.* (1963), *The Theory of General Economic Equilibrium*. Princeton.
- Lefebvre, L.* (1966), *Location and Regional Planning*. Athens.
- Lösch, A.* (1962), *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft*, 3. Aufl. Stuttgart.
- Lüpkens, G.* (1956), Zur Theorie und Politik der Einkommensverteilung. *Schmollers Jahrbuch für Gesetzgebung, Verwaltung und Volkswirtschaft* 76, 31 - 64.
- Macmillan, W. D.* (1979), Some Comments on the Stevens Linear and Quadratic Programming Versions of von Thünen's Theory of Agricultural Land Usage. *Environment and Planning A* 11, 943 - 962.
- Mantel, K.* (1961), Der Standort der Forstwirtschaft in der Thünenschen Theorie. *Schmollers Jahrbuch für Gesetzgebung, Verwaltung und Volkswirtschaft* 81, 43 - 60.
- Melamid, A.* (1955), Some Applications of Thünen's Model in Regional Analysis of Economic Growth. *Papers of the Regional Science Association* 1, 133 - 138.

- Mills, E. S. (1967), An Aggregative Model of Resource Allocation in a Metropolitan Area. *The American Economic Review* 57, 197 - 210.
- (1969), The Value of Urban Land, in: H. S. Perloff (ed.), *The Quality of the Urban Environment, Essays on "New Resources" in an Urban Age*. Baltimore.
- (1972 a), *Studies in the Structure of the Urban Economy*. Baltimore.
- (1972 b), *Urban Economics*, Glenview.
- and J. MacKinnon (1973), Notes on the New Urban Economics. *The Bell Journal of Economics and Management Science* 4, 593 - 601.
- Murata, K. (1959), Areal Study and Location Theory — Some Methodological Examination of Economic Geography. The Science Council of Japan, Division of Economics, Commerce and Business Administration, Economic Series No. 23. Tokyo.
- Muth, R. F. (1961 a), Economic Change and Rural-Urban Land Conversions. *Econometrica* 29, 1 - 23.
- (1961 b), The Spatial Structure of the Housing Market. *Papers of the Regional Science Association* 7, 207 - 220.
- (1969), *Cities and Housing, The Spatial Pattern of Urban Residential Land Use*. Chicago.
- Needham, B. (1981), A Neo-Classical Supply-Based Approach to Land Prices. *Urban Studies* 18, 91 - 104.
- Norton, W. (1979), The Relevance of von Thünen Theory to Historical and Evolutionary Analysis of Agricultural Land Use. *Journal of Agricultural Economics* 30, 39 - 47.
- Orr, E. W. (1957), A Synthesis of Theories of Location, of Transport Rates, and of Spatial Price Equilibrium. *Papers of the Regional Science Association* 3, 61 - 73.
- Peet, J. R. (1969), The Spatial Expansion of Commercial Agriculture in the Nineteenth Century: A von Thünen Interpretation. *Economic Geography* 45, 283 - 301.
- Predöhl, A. (1961), Art. Weltwirtschaft, in: E. von Beckerath et al. (Hrsg.), *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften* 11, Stuttgart.
- Regnault, H. and A. Salles (1979), An Economic Model of Rent Price Building in Agricultural and Urban Areas. *Papers of the Regional Science Association* 42, 3 - 15.
- Richardson, H. W. (1977 a), *The New Urban Economics: And Alternatives*. London.
- (1977 b), On the Possibility of Positive Rent Gradients. *Journal of Urban Economics* 4, 60 - 68.
- Salin, E. (1958), Johann Heinrich von Thünen in seiner Zeit. *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie* 6, 243 - 255.
- und A. Petersen (1959), Art. von Thünen, Johann Heinrich, in: E. von Beckerath et al. (Hrsg.), *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften* 10. Stuttgart.
- Samuelson, P. A. (1952), Spatial Price Equilibrium and Linear Programming. *The American Economic Review* 42, 283 - 303.
- (1959), A Modern Treatment of the Ricardian Economy: I. The Pricing of Goods and of Labor and Land Services. *The Quarterly Journal of Economics* 73, 1 - 35.

- Schmenner*, R. W. (1981), The Rent Gradient for Manufacturing. *Journal of Urban Economics* 9, 90 - 96.
- Schneider*, E. (1934), Johann Heinrich von Thünen. *Econometrica* 2, 1 - 12.
- (1959), Johann Heinrich von Thünen und die Wirtschaftstheorie der Gegenwart, in: W. G. Hoffmann (Hrsg.), Probleme des räumlichen Gleichgewichts in der Wirtschaftswissenschaft, Schriften des Vereins für Socialpolitik, N. F., Bd. 14. Berlin.
- Schumpeter*, J. A. (1954), *History of Economic Analysis*. London.
- Scott*, A. J. (1976), Land Use and Commodity Production. *Regional Science and Urban Economics* 6, 147 - 160.
- Serck-Hanssen*, J. (1970), *Optimal Patterns of Location*. Amsterdam.
- Smith*, V. L. (1963), Minimization of Economic Rent in Spatial Price Equilibrium. *Review of Economic Studies* 30, 24 - 31.
- Spulber*, N. and I. *Horowitz* (1976), *Quantitative Economic Policy and Planning, Theory and Models of Economic Control*. New York.
- von Stackelberg*, H. (1951), *Grundlagen der theoretischen Volkswirtschaftslehre*, 2. Aufl. Tübingen.
- Stevens*, B. H. (1968), Location Theory and Programming Models: The von Thünen Case. *Papers of the Regional Science Association* 21, 19 - 34.
- Stull*, W. J. (1973), A Note on Residential Bid Price Curves. *Journal of Regional Science* 13, 107 - 113.
- Takayama*, T. and G. G. *Judge* (1964), Equilibrium among Spatially Separated Markets: A Reformulation. *Econometrica* 32, 510 - 524.
- / — (1971), *Spatial and Temporal Price and Allocation Models*. Amsterdam.
- and A. D. *Woodland* (1970), Equivalence of Price and Quantity Formulations of Spatial Equilibrium: Purified Duality in Quadratic and Concave Programming. *Econometrica* 38, 889 - 906.
- Thrall*, G. I. (1982): Public Goods, Externalities and the Consumption Theory of Land Rent. *Papers of the Regional Science Association* 50, 131 - 149.
- von Thünen*, J. H. (1826), *Der isolirte Staat in Beziehung auf Landwirthschaft und Nationalökonomie*. Hamburg.
- (1875), *Der isolirte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, 3. Aufl., hrsg. von H. Schumacher-Zarchlin. Berlin.
- (1910), *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, Neudruck nach der Ausgabe letzter Hand (2. bzw. 1. Auflage, 1842 bzw. 1850), eingeleitet von Professor Dr. Heinrich Waentig in Halle a. S. Jena.
- (1951), *Ausgewählte Texte*, ausgewählt und kommentiert von Professor Dr. Walter Braeuer. Meisenheim/Glan.
- (1966 a), *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, neu hrsg. von W. Braeuer und E. E. A. Gerhardt. Darmstadt.
- (1966 b), *The Isolated State*, translation by C. M. Wartenberg, edited by P. Hall. Oxford.
- Walker*, R. A. (1974), Urban Ground Rent: Building a New Conceptual Framework. *Antipode* 6, 51 - 58.
- Walter*, G. R. (1971), Towards an Operational Theory of the Urban Resident. *The Annals of Regional Science* 5, 93 - 110.

- Webber, M. J.* (1973), Equilibrium of Location in an Isolated State. *Environment and Planning* 5, 751 - 759.
- Weber, A.* (1909), Über den Standort der Industrien, 1. Teil: Reine Theorie des Standorts. Tübingen.
- Weigmann, H.* (1933), Betrachtungen zur Entwicklung der Standorttheorie in Deutschland seit Joh. Heinr. von Thünen, in: W. Seedorf, H.-J. Seraphim (Hrsg.), Joh. Heinr. von Thünen zum 150. Geburtstag, Versuch der Würdigung einer Forscherpersönlichkeit. Rostock.
- Weinschenck, G.* (1967), Über einige dynamische Ansätze zur Ermittlung des räumlichen Gleichgewichts der landwirtschaftlichen Produktion, in: R. Henn (Hrsg.), Operations Research-Verfahren III, Meisenheim am Glan.
- und *W. Henrichsmeyer* (1966), Zur Theorie und Ermittlung des räumlichen Gleichgewichts der landwirtschaftlichen Produktion. *Berichte über Landwirtschaft, N. F.*, 44, 201 - 242.
- Wingo, L.* (1961), *Transportation and Urban Land*, Baltimore.
- Woermann, E.* (1958), Thünens Bedeutung für die Agrarökonomie. *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie* 6, 255 - 269.
- Yeates, M. H.* (1965), Some Factors Affecting the Spatial Distribution of Chicago Land Values 1910 - 1960. *Economic Geography* 41, 57 - 70.
- o. Hrsg. (1933), Festschrift zum 150. Geburtstag von J. H. von Thünen. *Mecklenburgische Landwirtschaftliche Mitteilungen* 10.