

Lineare Optimierung in der Haushaltsökonomik

- Für Georg Karg und Barbara Seel zum 80. Geburtstag -

Rainer Hufnagel und Mirjam Jaquemoth

Kurzfassung

Der Beitrag gibt eine Übersicht über die Nutzung der Linearen Optimierung in der Haushaltsökonomik. Der Schwerpunkt liegt auf den Feldern der Ernährungsökonomik und der Haushaltsproduktion. Die Aktualität der Methode und der Anwendungen für die intrafamiliäre Arbeitsteilung und die Nachhaltigkeit der Ernährung und des Verkehrs wird entwickelt. Der Aufsatz ist zugleich eine Würdigung der Beiträge von Barbara Seel und Georg Karg für die Haushaltsökonomik in Deutschland.

Schlagworte: Lineare Optimierung, Ernährungsökonomik, Arbeitsangebot, Umweltökonomik, Wissenschaftsgeschichte

Linear Optimization in Household Economics

Abstract

The paper presents a survey on the use of Linear Optimization in Household Economics. Its focus is on Food Economics and Household Production Theory. The timelessness of method and applications are set out, especially concerning intra-family division of labour and sustainability of nutrition. This overview represents also an appreciation of Barbara Seel's and Georg Karg's contributions to Household Economics in Germany.

Keywords: Linear Optimization, Food Economics, Labour Supply, Environmental Economics, Science History

Lineare Optimierung in der Haushaltsökonomik

- Für Georg Karg und Barbara Seel zum 80. Geburtstag -

Rainer Hufnagel und Mirjam Jaquemoth

Einleitung

Hilfreich für die Praxis zu sein, haben Haushaltsökonomik und Haushaltswissenschaft immer als eine ihrer Stärken herausgestellt. Der praxistaugliche Wissensvorrat einer Erfahrungswissenschaft besteht aus reflektierten Erfahrungen in Form von Beschreibungen, Erklärungen und Prognosen. Um den Vorrat an Wissen zu vergrößern, kommen Werkzeuge zum Einsatz, die ein systematisches Gewinnen von Erkenntnissen fördern. Dazu gehören mathematische Methoden wie die der Linearen Optimierung.

Im Frühjahr dieses Jahres vollenden Prof. Dr. Georg Karg und Prof. Dr. Barbara Seel ihr 80. Lebensjahr. Wir nehmen das Zusammentreffen beider Geburtstage zum Anlass, zwei wichtige Anwendungen der Linearen Optimierung in der Haushaltsökonomik, die Gebiete „Ernährungsökonomik“ und „Haushaltsproduktion und Arbeitsangebot“, zusammen vorzustellen. Im Rückblick zeichnet sich eine nachhaltige Gültigkeit für die haushaltsökonomische Theorie und Praxis der von den Jubilaren auf diesen Feldern erarbeiteten Ergebnisse ab.

Lineare Optimierung ist ein Instrument mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten. Es kann in der Betriebswirtschaftslehre genutzt werden, um das Unternehmen so profitabel wie möglich zu machen. Die Ökotrophologie fand auch weitere mannigfache Anknüpfungspunkte, die zu einem gewissen Teil die Wirtschafts- und Sozial-Geschichte der Bonner Republik (etwa Kleinert 2019) abbilden.

Eines der wichtigsten Anwendungsfelder der Linearen Optimierung in der Ökotrophologie ist die Ernährungsökonomik. Die Gründe sind vielfältig und werden hier nur beispielhaft benannt: In der Nachkriegszeit interessierte besonders, wie eine ausreichende Ernährung mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen bestmöglich darzustellen sei. Die zunehmende Erwerbstätigkeit der Frauen seit den 1960er Jahren machte die Gestaltung von Speiseplänen in der Gemeinschaftsverpflegung und die Minimierung des Zeitaufwands im eigenen Haushalt zu lohnenswerten Forschungsthemen. Die Diskussion über soziale Transferleistungen, mit denen sich der Existenzbedarf für Ernährung sicherstellen lässt, ist seit den 1990ern immer wieder Thema politischer Auseinandersetzungen.

Die Ökotrophologie hat mit ihrer Neugründung in den 1960er Jahren und ihrer „Hinwendung zum Alltagsleben der Menschen“ dem Haushalt und der Familie sowie dem Konsum in der Wissenschaftslandschaft der BR Deutschland eine neue Bedeutung gegeben.

Ihre Gründung fiel und fällt bis heute „auf fruchtbaren gesellschaftlichen Boden“ (Seel 1991: 20); behandelt sie doch Fragen zum Themenkomplex „Haushaltsproduktion und Arbeitsangebot“, wie geschlechtsspezifische Arbeitsteilung, angemessene Konsumgüterversorgung, Wohlfahrtsproduktion, Umweltbelastung und nachhaltigen Konsum und andere mehr.

Eine gute Praxis fußt auf einer guten Theorie. Nachfolgend stellen wir deshalb zuerst einmal die Grundlagen der Mathematik der Linearen Optimierung dar, auf welchen die Anwendungen der Haushaltsökonomik beruhen.

Was ist Lineare Optimierung?

Lineare Probleme

Maximieren und Minimieren unter gegebenen Beschränkungen beschäftigt die Menschheit seit Jahrtausenden und war schon immer ein wesentlicher Gegenstand der Mathematik. Er gilt auch als Grundprinzip effizienten Wirtschaftens. Mitte der 1940er Jahre wurde George Dantzig (1914-2005) bewusst, dass sich viele praktische Planungsaufgaben, die durch ökonomische Beschränkungen gekennzeichnet sind, mit Hilfe von linearen Ungleichungen formalisieren lassen. Zusammen mit Leonid Kantorovich (1912-1986) und Tjalling Koopmans (1910-1985) gilt Dantzig deshalb als „Gründervater“ der Linearen Optimierung. Als Kantorovich und Koopmans 1975 den „Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften“ erhielten, ging Dantzig freilich leer aus, was allgemein als großes Unrecht beklagt wird (zu alldem Gass & Assad 2005).

Die Formalisierung des Entscheidungs- bzw. Planungsproblems erfolgt heute noch auf die gleiche Weise, wie von Dantzig (1963) vorgeschlagen:

Gegeben sei ein Entscheidungsproblem, bei dem der Entscheidungsträger die Wahl zwischen mehreren Alternativen hat. Die Alternativen sollen so kombiniert werden, dass Beschränkungen („Nebenbedingungen“) eingehalten werden und eine Zielfunktion („Hauptbedingung“) optimiert wird. Die Alternativen werden als n „Entscheidungs“-Variablen x_1, \dots, x_n formalisiert, von denen gewöhnlich gefordert wird, dass sie nichtnegativ seien. Im Kontext der Haushalts- und Ernährungsökonomik sind diese Variablen oft Verzehrsmengen verschiedener Lebensmittel, wie Bananen, Äpfel etc., oder der zeitliche Umfang verschiedener Aktivitäten, etwa Waschen, Bügeln, Spülen etc. Dabei steht x für das Quantum (z. B. 3 Stunden) und $i=1, \dots, n$ für die Art der Alternative (z. B. Spülen).

Ökonomische und andere Beschränkungen werden in Form von m Ungleichungen erfasst.

$$\begin{aligned} (1) \quad & a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1n} \cdot x_n \leq b_1 \\ & a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2n} \cdot x_n \leq b_2 \\ & \dots \\ & a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \dots + a_{mn} \cdot x_n \leq b_m \end{aligned}$$

Die Zahlen b_1, \dots, b_m werden gewöhnlich RHS genannt („Right Hand Side“, Rechte Seiten). Links von ihnen kann im Ungleichungssatz, Zeile für Zeile nach Belieben, ein \geq oder ein \leq stehen. Weiter finden sich im Ungleichheitssatz $m \times n$ Zahlen a_{ji} ($j=1, \dots, m$; $i=1, \dots, n$), wobei j für die Nummer der Nebenbedingung steht und i für die Nummer der Alternative.

Wenn die Entscheidungsvariablen Lebensmittel wären, dann könnten die Koeffizienten a_{ji} etwa angeben, wieviel Fett, Zucker, Eiweiß, Vitamin C im i -ten Lebensmittel enthalten ist und b_j , wie hoch der Tagesbedarf dieser Inhaltsstoffe ist.

Ein Satz von Variablenwerten x_1, \dots, x_n , die das Ungleichungssystem (1) erfüllen, heißt „zulässige Lösung“. Es kann sein, dass ein Problem gar keine zulässige Lösung hat. Dann ist das Entscheidungsproblem unlösbar, z. B. den Tagesbedarf an allen lebensnotwendigen Nahrungsinhaltsstoffen allein mit dem Verzehr von Äpfeln decken zu wollen. Es kann aber auch viele zulässige Lösungen geben. In diesem letzteren Fall ist man daran interessiert, eine Lösung von (1) zu finden, die eine lineare Zielfunktion (2) maximiert oder minimiert:

$$(2) \quad Z = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + \dots + c_n \cdot x_n \quad \rightarrow \text{max oder } \rightarrow \text{min}$$

Oft sind die Koeffizienten c_i in (2) Preise, dann geht es um Kostenminimierung. Wenn die Koeffizienten c_i Deckungsbeiträge von hergestellten Produktmengen x_i sind, dann geht es in (2) um Gewinnmaximierung. Wenn die Koeffizienten c_i Teilnutzen eines Gesamtnutzenwertes sind, dann geht es in (2) um Nutzenmaximierung.

Wenn im Ungleichungssatz (1) nur \leq -Restriktionen auftreten und wenn die Zielfunktion (2) maximiert werden soll, dann spricht man von einem „kanonischen Maximierungsproblem“. Die Gewinnmaximierung in einem landwirtschaftlichen Betrieb ist ein typisches kanonisches Maximierungsproblem. Wenn im Ungleichungssatz (1) nur \geq -Restriktionen auftreten und wenn die Zielfunktion (2) minimiert werden soll, dann spricht man von einem „kanonischen Minimierungsproblem“. „Stieglers Diät-Problem“ (s.u.) ist ein typisches Beispiel für ein kanonisches Minimierungsproblem.

Lösungen des Linearen Problems und deren Interpretation

Um das Lineare Problem zu lösen, werden die m Ungleichungen in (1) in m Gleichungen verwandelt. Dazu führt man weitere m Variablen y_1, \dots, y_m ein, die sämtlich ≥ 0 sein müssen. Diese Variablen heißen „slack“ bzw. „Schlupfvariable“. Wenn in einer der Ungleichungen in (1) ein \leq steht, so addiert man zur linken Seite eine Schlupfvariable y_j . Wenn in einer der Ungleichungen ein \geq steht, so zieht man von der linken Seite eine Schlupfvariable y_j ab. Anstelle des Ungleichungssystems (1) erhält man dann das gleichwertige Gleichungssystem

$$(3) \quad \begin{aligned} a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1n} \cdot x_n \pm y_1 &= b_1 \\ a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2n} \cdot x_n \pm y_2 &= b_2 \\ &\dots \\ a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \dots + a_{mn} \cdot x_n \pm y_m &= b_m \end{aligned}$$

Es handelt sich um ein System von m linearen Gleichungen in $n+m$ Unbekannten. Da es n Unbekannte mehr als Gleichungen gibt, können zur Lösung n Unbekannte 0 gesetzt werden (sofern es keine Komplikationen mit dem Rang der „Koeffizientenmatrix“ (a_{ij}) gibt. Solche Probleme wollen wir hier aber nicht weiterverfolgen).

Es gibt

$$(4) \quad (n+m)!/(n! \cdot m!)$$

Möglichkeiten, aus $n+m$ Variablen n Variablen herauszusuchen, die 0 gesetzt werden. Vom Grundprinzip her ließe sich also das lineare Problem, gegeben durch die Gleichungen (2) und (3), wie folgt lösen: Man treffe eine Wahl, welche n Variablen aus der Menge $\{x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m\}$ gleich 0 gesetzt werden. Dann bestimme man die nichtnegativen Lösungen der nichtnullgesetzten Variablen, indem man das Gleichungssystem (3) nach diesen auflöst. Sofern eine solche Lösung möglich ist, setze man die Lösungen für die x_i in die Zielfunktion (2) ein. Man merke sich den sich bei dieser Wahl einstellenden Zielfunktionswert Z . Aus der Liste der so erhaltenen Zielfunktionswerte liest man am Ende das Minimum bzw. Maximum ab.

Mit Bleistift, Papier und Taschenrechner kann man auf diese Art und Weise allerhöchstens banale Beispielrechnungen durchführen. Der Lösungsalgorithmus ist in den letzten 80 Jahren ständig verfeinert und beschleunigt worden. Dennoch können auch heute noch Großrechner und erst recht PCs an ihre Grenzen geraten, je mehr Gleichungen und Unbekannte die Modelle umfassen, denn der abzusuchende Lösungsraum wächst gemäß (4) exponentiell in der Anzahl der Gleichungen m und in der Anzahl der Unbekannten n . Modelle der Haushaltsökonomik mit mehreren hundert Gleichungen und Unbekannten können jedoch mittlerweile mit PC und vielen gängigen Softwarepaketen gerechnet werden.

Probleme mit Ganzzahligkeitsanforderungen an die Variablen x_i sind streng genommen nicht mehr linear. Das gilt ebenfalls für Probleme, bei denen die Zielfunktion (2) nichtlinear ist. Da die Lösungskonzepte auch bei nichtlinearer Zielfunktion mit Methoden und Begrifflichkeit der Linearen Optimierung verschränkt sind, werden Lineare Optimierung, ganzzahlige und einfache nichtlineare, etwa quadratische, oft im Kontext behandelt (etwa Varga 1974: 145-164).

Bei der Interpretation der Lösungen eines Entscheidungsproblems mit Hilfe der Linearen Optimierung wird zwischen sogenannten „primalen“ und den zugehörigen „dualen“ Lösungen unterschieden.

Zu den primalen Lösungen der Entscheidungsvariablen x_1, \dots, x_n gehören die dualen Lösungen v_1, \dots, v_n . Wenn $x_i > 0$, dann $v_i = 0$. Wenn $x_i = 0$, dann gibt v_i an:

- Bei Maximierungsaufgaben: Um welchen Betrag sich der Zielwert Z vermindern würde, wenn man x_i um eine Einheit erhöhen würde.

- Bei Minimierungsaufgaben: Um welchen Betrag Z sich erhöhen würde, wenn man x_i um eine Einheit erhöhen würde.

Wenn eine Schlupfvariable $y_j=0$ ist, dann ist die j -te Ungleichung in (1) „scharf“ erfüllt, das heißt, anstelle des Ungleichheitszeichens tritt ein Gleichheitszeichen. Wenn y_j positiv ist, dann heißt das bei einer \leq -Relation, dass es zwischen der Obergrenze b_j und der linken Seite der Ungleichung einen noch nicht ausgenutzten „Schlupf“, oft inhaltlich eine „Kapazitätsreserve“ gibt. Bei einer \geq -Relation heißt es, dass die Mindestanforderung b_j um den Wert y_j durch die Lösung übertroffen wird.

Zu den primalen Lösungen der Schlupfvariablen y_1, \dots, y_m gehören die dualen Lösungen u_1, \dots, u_m . Wenn $y_j > 0$, dann $u_j = 0$. Wenn die Schlupfvariable $y_j = 0$ ist, dann gibt die Duallösung u_j bei einer Minimierungsaufgabe an, um welchen Betrag sich der Minimalwert der Zielfunktion erhöhen würde, wenn man eine Mindestanforderung b_j erhöhen bzw. eine Obergrenze b_j (um eine Einheit) reduzieren würde. Bei einer Maximierungsaufgabe gibt die Duallösung u_j an, um welchen Betrag sich der Maximalwert Z reduzieren würde, wenn man eine Mindestanforderung b_j erhöhen bzw. eine Obergrenze b_j (um eine Einheit) reduzieren würde.

Bei einer kanonischen Minimierungsaufgabe sind die Duallösungen u_j kurz die Grenzkosten der Mindestanforderungen. Bei einer kanonischen Maximierungsaufgabe sind die Duallösungen die Grenzerträge der Kapazitäten. Die Information über die optimalen Alternativen, den sich einstellenden Zielfunktionswert, über Reserven und Redundanzen, über Grenzkosten und Grenzerträge sind auf vielen Anwendungsfeldern von erheblicher Bedeutung.

Technologiecluster Lineare Optimierung

Die Lineare Optimierung, die Entwicklung der Computer und der Informatik, die Anwendungen in der Unternehmensforschung bilden zusammen einen Technologie-Cluster, an dessen Wachstum auch die Haushaltswissenschaften in den letzten Jahrzehnten angedockt hatten. Ohne die Entwicklung der Computer wäre Lineare Optimierung nicht praktikabel gewesen. Anwendungen in der Unternehmensforschung und im Militär waren ein wichtiges Motiv, das Unternehmen und Behörden bewog, Computer anzuschaffen. Diese wurden von Mathematikern und Informatikern programmiert und immer weiter verbessert.

Wichtige Anwendungen der Unternehmensforschung liegen in der Transport-Logistik. Es seien hier nur die Begriffe „Transport-Problem“ und „Travelling-Salesman-Problem“ genannt. In der Produktionslogistik geht es um den optimalen Auftragsfluss, die Auftragsbearbeitung und die Steuerung von Maschinen und Robotern.

Das kanonische Maximierungsproblem taucht auf, wenn ein Unternehmen entscheiden soll, welches Sortiment an Produkten es bei begrenzten Kapazitäten und Aufnahmebereitschaften der Märkte herstellen soll. Auch für den landwirtschaftlichen Betrieb gilt es, ein kanonisches Maximierungsproblem zu lösen.

Die „Aktivitäten“ sind die verschiedenen Produkte, die produziert und verkauft werden könnten: Milch, Eier, Fleisch-, Getreide-, Obst- und Gemüsesorten. Die Produktion kann nicht in beliebigen Mengen erfolgen. Es gibt nur begrenzt Acker- und Stallflächen, Maschinen und Mitarbeiter.

Eine fortgeschrittene Investitions- und Finanzierungslehre ist ohne die Lineare Optimierung nicht denkbar. Die Aktivitäten sind hier Investitionen und deren Finanzierungen. Die damit zusammenhängenden Zahlungsströme unterliegen Jahr für Jahr Einschränkungen. Optimierte Gewinne oder der Cashflow.

An der Wiege der Linearen Optimierung stand ebenfalls Stiglers (1945) Frage nach den minimalen Kosten einer ausreichenden Ernährung. Nährstoffbedarfe der Menschen und Nährstoffgehalte von Lebensmitteln (Mehl, Eier, Milch) seien gegeben. Mit welcher Mischung von Lebensmitteln kann eine ausreichende Ernährung möglichst kostengünstig erfolgen?

Die Landwirtschaft adaptierte die Unternehmensforschung für ihre Zwecke. Die hauswirtschaftlichen Studiengänge wurden in den Landwirtschaftlichen Fakultäten begründet: in Gießen, Bonn, Kiel, Freising und Hohenheim (vgl. Seel 1991: 19). So kann es im Nachhinein wenig überraschen, dass sich auch die Haushaltsökonomik zur Erprobung der Linearen Optimierung ermutigen ließ. Dass die Haushaltswissenschaftler an Stiglers Diät-Problem und die Fortentwicklungen anknüpfen würden, wird dabei wenig überraschen.

Doch auch die Forschungspraxis zur Multiproduktfirma erwies sich als inspirierend; hatten doch Becker (1965) und Lancaster (1966) eine „Neue Haushaltsökonomik“ vorgelegt, deren Leitmotiv war, den Haushalt nicht mehr nur als Konsumenten, sondern auch als Produzenten zu betrachten (Seel 1991: 146-273, Hufnagel 2001: 54-120).

Die Rolle des Haushalts als Bausparer oder auch Schuldner von Hypotheken- und Konsumentenkrediten war spätestens seit Wiederaufbau und Wirtschaftswunder wichtiger Gegenstand der Haushaltsökonomik. Wenn nun auch die Rolle des Haushalts als Produzent ins Blickfeld rückte, so war dieser eben auch als Investor zu betrachten, insbesondere für Wohnraum (Karg & Lehmann 1983).

Haushalte spielen heute auch bei Themen der Nachhaltigkeit und Umweltbelastung eine wichtige Rolle. Denn nicht nur Bergbau, Landwirtschaft und Industrie belasten die Umwelt, sondern zu einem nicht unerheblichen Teil auch die Haushalte: durch ihren Stromverbrauch für die Haushaltsgeräte und Beleuchtung, die Heizenergie und den Berufs- und Freizeitverkehr (Hufnagel 2009, Schlich 2019). Neben klassische Zielfunktionen wie Kosten- und Zeitminimierung, Deckungsbeitragsmaximierung tritt nun auch die Minimierung oder wenigstens Beschränkung der Umweltbelastung (Herzog et al. 2001, Römmelt & Karg 2002, Seel & Pech 1993, Seel & Hufnagel 1994, Seel 1995a, Seel 1995b, Zängler & Karg 2002).

Ernährungsökonomik

Die Ernährungsökonomik befasst sich mit der Ernährung aus ökonomischer Sicht. Zu Beginn dieses Abschnitts wird auf die Fachterminologie eingegangen, denn viele der verwendeten Fachbegriffe haben in der Alltagssprache unschärfere, sich teilweise überlappende Sinngehalte. Wir folgen dabei der Deutschen Gesellschaft für Hauswirtschaft (1992), Steinel (1992: 3) bzw. Lancaster (1992: 340):

Unter „Lebensmitteln“ („food“) verstehen wir alle Stoffe, die vom Menschen zu Ernährungs- oder Genusszwecken verzehrt werden. Lebensmittel sind etwa Äpfel, Eier, Mehl.

Eine „Speise“ („menu item“, „food mixture“) ist ein verzehrfertiges Lebensmittel, etwa eine erwärmte Suppe oder ein aufgeschnittener Apfel.

Ein „Gericht“ („course“) ist eine Zusammenstellung verschiedenartiger, sich ergänzender Speisen, etwa Brathähnchen mit Pommes frites und Kopfsalat.

Eine „Mahlzeit“ („meal“, „menu“) ist eine Zusammenstellung von Speisen, die zu verschiedenen Tageszeiten verzehrt werden, z. B. Frühstück, Mittagsessen etc.

Ein Speiseplan („menu cycle“) ist eine Folge von Mahlzeiten für den Tagesverlauf, die Woche, den Monat oder das Quartal.

Die Lebensmittel enthalten „Nährstoffe“ („nutrients“) wie Eiweiße, Fette, Vitamine und Kohlenhydrate. Die lineare Beziehung zwischen Lebensmittelmenge und geliefertem Nährstoff wird durch Nährstoffkoeffizienten erfasst. 100 g Reis liefern ca. 1.480 kJ (= 354 kcal) Energie und 64 g Eiweiß. Die Nährstoffkoeffizienten entnimmt man „Nährwerttabellen“, z.B. dem Bundeslebensmittelschlüssel des Max Rubner-Instituts u. a. (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2021). Für Speisen lassen sich die Nährstoffgehalte über deren Rezepturen errechnen. Eventuell müssen Zubereitungsverluste berücksichtigt werden. Analog wird mit Gerichten und Mahlzeiten verfahren. Insgesamt können auf diese Weise die Koeffizienten a_{ji} in (1) direkt oder indirekt ermittelt werden.

Um die Lineare Optimierung in der Ernährungsökonomik anzuwenden, wird man entsprechend zunächst ein System von Ungleichungen wie (1) formulieren. Neben den Nährstoffgehalten der Lebensmittel, Speisen, Gerichte oder Mahlzeiten müssen die Nährstoffbedarfe von Personen(-typen) erfasst werden, z. B. „Erwachsener Mann“, „Kind 3-6 Jahre“, „Stillende“. Dies geschieht durch die Wahl der b_j auf der rechten Seite von \geq -Ungleichungen. Die Nährstoffbedarfe für die Personentypen entstammen in der Regel den „D-A-CH Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr“ (Deutsche Gesellschaft für Ernährung et al. 2020). Für einen körperlich tätigen Mann wird man ca. 14.000 kJ (= 3.350 kcal), 160 g Eiweiß, 50 mg Vitamin C etc. pro Tag ansetzen. Steinel (1992: 51, 171) etwa arbeitet mit 21 solcher Bedarfsrestriktionen.

\leq -Ungleichungen wird man in (1) einfügen, um Überversorgungen auszuschließen, insbesondere hinsichtlich des Energie-, Fett- und Zuckergehalts oder hinsichtlich mancher Salze, gesättigter Fettsäuren oder tierischen Proteins.

Maximalbegrenzungen können auch unter ökologischem Aspekt eingeführt werden, etwa den Treibhausgaseffekt, den Wasser- und Flächenverbrauch oder die Transportwege betreffend.

Als zu optimierende Entscheidungsvariablen x_i in (1) kann man u. a. wählen:

I. Lebensmittelmengen

II. Speisemengen

III. Gerichte-Mengen

IV. Mahlzeiten-Mengen.

Wenn Speisepläne zu erstellen sind, wird man mit dem linearen Ungleichungssatz (1) nicht auskommen. Es sind logische Restriktionen hinzuzufügen, beispielsweise, dass es jeden Tag ein Frühstück, ein Mittagessen und ein Abendessen geben muss oder dass freitags ein fleischloses Gericht angeboten werden soll. Generell wird man fordern, dass der Speiseplan nicht zu eintönig sei. Oft werden in der Gemeinschaftsverpflegung Sechswochenpläne aufgestellt, in denen Speisewiederholungen so gut wie ausgeschlossen sind. Die erwähnten logischen Restriktionen lassen sich erfassen, wenn man Binärvariablen in die Ungleichungssätze einführt (Balintfy 1964, Armstrong & Shina 1974). Genaueres ist in Steinel (1992: 35-42) erläutert.

Bei der Wahl der Zielfunktion kommen vor allem in Frage:

A: Kostenminimierung

B: Minimierung des Arbeitsaufwandes

C: Minimierung der vollen Kosten

D: Minimierung von Footprints

E: Nutzenmaximierung.

Im Falle A, einer Kostenminimierung, setzt man für die Koeffizienten c_i in (2) die Preise der Lebensmittel bzw. Speisen oder Mahlzeiten ein. Diese sind durch eigene Markterhebungen, die Preisstatistiken des Statistischen Bundesamtes bzw. der Lebensmittelsubstichprobe der EVS, bei Speisen und Mahlzeiten unter Berücksichtigung der Rezepte, zu ermitteln (vgl. hierzu Wagner et al. 2008). Die Kostenminimierung ist dann eine sinnvolle Zielsetzung, wenn es etwa um die Zusammenstellung von Notrationen in der Katastrophenhilfe geht. Je weniger eine Ration kostet, desto mehr Notleidende können bei gegebenem Spendenaufkommen versorgt werden.

Ferner ist die Kostenminimierung ein Ansatz zur Berechnung von Transferleistungen, die im Sinne des Steuerzahlers eine bedarfsgerechte, möglichst kostengünstige Ernährung bei Sozialhilfe- oder ALG II-Bezug ermöglichen sollen. Ernährungs- und Haushaltsökonomik konnten zu dieser Problematik immer wieder belastbare Berechnungen beitragen (Karg et al. 1984, Karg 1985, Seel & Hartmeier 1990, Seel 2002, Jaquemoth 2007, Hufnagel 2010). Auch die Lebensmittelkosten verschiedener Ernährungsformen – beispielsweise biologische versus konventionelle Gerichte – lassen sich so ermitteln (Faaß 2012). Solche Berechnungen können eine Hilfe sein bei öffentlichen Ausschreibungen zur Vergabe von Aufträgen in der Schulverpflegung, um abschätzen zu können, mit welchem Kostenzuschlag bei Bio-Verpflegungsleistungen zu kalkulieren ist.

Fall B: Haushaltsarbeit, u. a. zur Nahrungszubereitung, steht in Konkurrenz zu anderen Zeitverwendungen, wie Erwerbstätigkeit, Familienarbeit, Bildung und Freizeit. Aus dieser Sicht ist es eine sinnvolle Zielsetzung, den Zeitaufwand für die Zubereitung der Mahlzeiten zu minimieren. Arbeitszeitbedarfe im Zusammenhang mit der Ernährung sind in KTBL (1985: 47-76) katalogisiert (dazu auch Karg & Lehmann 1991).

C: Eine Abwägung von Haushaltsarbeit gegen Erwerbsarbeit, gegen die Möglichkeit des Außerhausverzehrs oder gegen die Nutzung eines Lieferdienstes geschieht, wenn man die „vollen Kosten“ der Ernährung minimiert. Dabei werden die Arbeitszeiten mit einem kalkulatorischen Lohn bewertet und zu den Lebensmittelkosten hinzugezählt.

D: Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ökologische Belastungen zu minimieren, wie etwa den CO₂-Footprint.

E: Bei der Nutzwertmaximierung wird Handlungsalternativen linear ein Nutzenkoeffizient zugeordnet. Dies kann man auch für Lebensmittel, Speisen, Gerichte oder Mahlzeiten machen. Wegen der linearen Definition von Nutzen kann die Lineare Optimierung in diesem Falle problemlos angewandt werden. Eine lineare Nutzenfunktion liefert lineare Indifferenzkurven. Die Nutzentheorie erachtet aber eher konvexe Indifferenzkurven als realitätsgerecht, weil die Konvexität etwa im Fall von Lebensmitteln einseitige Ernährung vermeidet. Die mathematisch einfachste Möglichkeit, um zu konvexen Indifferenzkurven zu gelangen, wäre, eine quadratische Nutzenfunktion anzusetzen, wie dies auch Gossen (1854) tat. Damit lässt sich – ebenfalls wie schon bei Gossen – zusätzlich erfassen, dass der fortwährende Genuss eines Lebensmittels zur Sättigung und zum Überdruß führen wird. Auch andere nichtlineare Spezifizierungen der Nutzenfunktion können sich in diesem Kontext als geeignet erweisen (Hufnagel 1994 und 2001: 188-221).

Kombiniert man die vier Möglichkeiten I-IV zur Wahl der Entscheidungsvariablen mit den fünf Möglichkeiten A-E zur Wahl der Zielfunktion, so erhält man eine 5×4-Matrix von Standardmodellen in der Ernährungsökonomik, wie in Tab. 1 gezeigt.

Tab. 1: Matrix der Linearen Optimierungs-Modelle in der Ernährungsökonomik (weitere Erläuterungen im Text)

		Entscheidungsvariablen			
		I Lebensmittel	II Speisen	III Gerichte	IV Mahlzeiten
Zielfunktion	A Kosten	①	②	③	
	B Arbeit		④	④	
	C Volle Kosten		④	④	
	D Footprint				
	E Nutzen				

Wir wollen einige ernährungsökonomische Untersuchungen mit Hilfe der Linearen Optimierung vorstellen. Dabei bedienen wir uns der in Tab. 1 aufgespannten Systematik.

Bei ① handelt es sich um „Stigler's Diet Problem“. Stigler (1945) formulierte das Problem, wie ein Mensch zu minimalen Kosten ernährt werden könnte bei ausreichender Versorgung mit neun wichtigen Nährstoffen. Lösungen waren erst mit Dantzig's Simplex-Algorithmus (Koopmans 1951) und elektronischen Rechnern möglich. Die Lösungen erwiesen sich als „unessbar“ („inedible“ bei Lancaster 1992: 339). So berechneten etwa Joksch et al. (1961) „Die kostengünstigste Ernährung in der Bundesrepublik 1958“ mithilfe einer IBM 650 (Arbeitsspeicher ca. 300 Byte). Sie stellten elf reine Nährstoffanforderungen (u. a. Energie, Eiweiß, Fett, Calcium, Phosphor, Eisen, Vitamine A, B1, B2, C und Niacin). Dazu kamen noch sechs Mindestanforderungen hinsichtlich tierischem Eiweiß und Fett und den Verzehr von Obst, Gemüse, Brot und Kartoffeln betreffend. Zur Auswahl boten sie ihrem Linearen Programm 73 Nahrungsmittel als Entscheidungsvariablen. Im Ergebnis kostete die optimale Tagesration für einen Erwachsenen (75 kg, 175 cm) 1,44 DM und umfasste [g pro Tag]: Fettes Schweinefleisch 90, Leber 8, Margarine 53, Buttermilch 486, Quark 96, Zucker 187, getrocknete Erbsen 10, Bananen 50, Wirsing 150, Mischbrot 300 und Kartoffeln 300.

Unter Berücksichtigung der Inflation und der Währungsumstellung entsprechen 1,44 DM ca. 2,6 € im Jahre 2020. Die ALGII-Regelsätze sehen im Jahr 2020 immerhin 5 € am Tag für den Bereich Ernährung vor. Freilich müsste aus der Zutatenliste von Joksch et al. erst einmal ein Tagesspeiseplan gestaltet werden. Für jeden Koch fürwahr eine Herausforderung! Weitere solcher „Lösungen“ von Stiglers Diätproblem legten in Deutschland Wirths et al. (1964) vor.

② Wegen der Schwierigkeit, aus optimalen Lebensmittelmengen essbare Kost zu gestalten, rückten bald Menge und Art der Speisen in den Fokus der Analyse. Die einschlägigen Untersuchungen sind in Karg (1982: 35-46) und Lancaster (1992: 340-341) beschrieben. In Steinel (1992) schließlich werden Speisen und Gerichte betrachtet.

③ Die Komposition von Mahlzeiten und Speiseplänen aus Gerichten muss indes immer noch durch „manuelle Verfügung“ (Steinel 1992: 26) erfolgen. Ein „klassisches“ Thema, das jedoch nichts an Aktualität eingebüßt hat, ist diesbezüglich auch die Gestaltung von kostengünstigen, bedarfsgerechten Speiseplänen in der Gemeinschaftsverpflegung (etwa Karg 1977, Baur & Karg 1982, Karg & Keck 1982, Lehmann & Karg 1985, Karg & Mück 1988, Karg & Lehmann 1991, Schaeffler & Karg 1995, Hufnagel & Jaquemoth 2017).

④ Die Berücksichtigung von Arbeit und vollen Kosten findet sich ebenfalls bei Steinel (1992: 102). 60 Minuten Zeitersparnis bei der Mahlzeitenzubereitung pro Woche erhöhen die minimalen Lebensmittelkosten um 9,38 DM, in heutigem realem Geldwert ca. 8 €. Auch für die Lohnverhältnisse des Jahres 1992 ist dies ein eher niedriger virtueller „Stundenlohn“ für die Haushaltsarbeit.

Zeile D in Tab. 1 betrifft ein aktuelles Forschungsfeld, etwa Yang et al. (2019), Doren et al. (2015). Eng verknüpft mit der Forderung nach Reduktion des Carbon-Footprint in der menschlichen Ernährung ist die Propagierung von Kostformen, die auf Produkte von Wiederkäuern verzichten bis hin zu einer veganen Diät. Zum Vergleich verschiedener Kostformen – „herkömmlich“, „vegetarisch“, „vegan“, „alternativ“, „vollwertig“ - gibt es eine lange Tradition in der Ernährungsökonomik, vgl. etwa Karg et al. (1984, 1990).

Hinsichtlich der Zeile E in Tab. 1 sei auf Modelle mit quadratischen Nutzenfunktionen verwiesen wie Bognàr & Balintfy (1982) und Karg & Keck (1982).

Lineare Optimierungs-Modelle zur Ernährung sind zunächst einmal normative Ratschläge. Man kann die aus ihnen abgeleiteten Handlungsempfehlungen und resultierende Kosten mit dem vergleichen, was die Hauswirtschafter und Hausmänner, Hauswirtschafterinnen und Hausfrauen tatsächlich tun und welche Kosten hierbei anfallen. Solche Untersuchungen finden sich etwa in Jaquemoth et al. (2015), Hufnagel & Jaquemoth (2017) und Hufnagel (2020) beschrieben. Obwohl die Linearen Optimierungs-Modelle ja nicht konzipiert sind, die Realität abzubilden, liegen sie doch gar nicht so sehr daneben, wenn man sie mit empirischen Erhebungsergebnissen vergleicht. Hier ist freilich noch reichlich Potenzial für weitere Forschungsarbeiten.

Haushaltsproduktion und Arbeitsangebot

Wir kommen damit zur Frage des Verhältnisses von Theorienbildung und Empirie. In der ökonomischen Theorienbildung wurde und wird teilweise immer noch strikt zwischen der Ressourcennachfrage und dem Ressourcenangebot privater Haushalte getrennt. Empirisch findet dies keine Belege, da für Haushalte zwischen beiden Aktivitäten zahlreiche Substitutivitäts- und Komplementaritätsbeziehungen bestehen. Diese Kluft zwischen Theorie und Empirie kann als Folge eines „betriebs- und marktwirtschaftlich verkürzten Wirtschaftsbegriffs“ interpretiert werden, in dem Sinne, wie dies von Barbara Seel (1975: 6 und 151f.) in ihrer Habilitationsschrift zur Begründung der Haushaltsökonomik ausgeführt worden ist.

Ihre Gedankenführung gründet demgegenüber auf „allgemeine(n) und abstrakte(n) Grundkategorien wirtschaftlichen Handelns“. Die Konzeption einer „Theorie der hauswirtschaftlichen Entscheidungsvorbereitung“ sollte „der Emanzipation des Subjektes von undurchschaute(n) gesellschaftlichen und ökonomischen Zwängen zugute komm(en)“. Sie sollte „sowohl das Erbe der konservativen als auch der formalen Tradition der Wirtschaftslehre des Haushalts verarbeiten“, indem sie sowohl „konkret und praxisbezogen“ (alteuropäische Ökonomik) zu sein hat als auch unter Berücksichtigung der „Dimension der Zwecksetzungsfreiheit des Subjektes“ (orthodoxe Ökonomik) ausgestaltet. Die „beispielhafte Durchrechnung anwendbarer Entscheidungsmodelle“ auf Basis der Linearen Optimierung – seinerzeit mit einem IBM 370-165 der „Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung“ (GMD) - sollte in dieser neuen Konzeption der Haushaltsökonomik schließlich die Verbindung von Theorie und Praxis gewährleisten.

Die abstrakte Grundkategorie wirtschaftlichen Handelns ist Knappheit, beschrieben als Diskrepanz zwischen Zwecken und Mitteln und unterschiedlichen Substitutivitäts- und Komplementaritätsbeziehungen untereinander (Seel 1984c: 242). Die Existenz von Knappheit wird vielfach missverständlich und verkürzt dargelegt (Seel 1975: 6; Seel 1991: 45 ff). So finden wir in einem der grundständigen Schulbücher für das Lernfeld Hauswirtschaft die Aussage, dass „die Bedürfnisse von Menschen grundsätzlich unbegrenzt (sind)“ und man wirtschaftlich handeln müsse „um möglichst viele (...) Bedürfnisse (...) erfüllen zu können“ (Schlieper 2003: 40). Die These von den unstillbaren Bedürfnissen und der Allgegenwart knapper Mittel verkennt, dass eine jede Knappheitssituation das Ergebnis des Zusammenspiels von natürlichen und technologischen Beschränkungen und der Vielfalt von individuellen und kulturellen Zwecksetzungen ist, die Menschen mit dem Leben verbinden (Seel 1991: 45 ff.). Mittel sind zunächst einmal lediglich begrenzt. Knapp werden diese erst, wenn das, was man sich aufgrund seiner Bedürfnisse wünscht, die Bedarfe, mit der begrenzten Menge der Mittel nicht vollständig erreichbar ist. Dieses Zusammenspiel zwischen Zwecken, Bedarfen und Mitteln gestaltet sich im privaten Haushalt aufgrund der Zwecksetzungsfreiheit des Subjekts deutlich „komplexer“ bzw. „ambivalenter“ als im Unternehmen, das sich an den Bewertungsmaßstäben des Marktes orientieren kann und auch muss, um seinen Erfolg nicht zu gefährden.

So sind die sich ergebenden Entscheidungsalternativen im Haushalt nicht allein durch Markt- oder Gelddaten abbildbar. Entscheidend ist der Abwägungsprozess, das „Relativieren und Abwägen“ zwischen Zweckerfüllung und Verzicht (Seel 1991: 46). Dieser Abwägungsprozess führt letztlich dazu, dass die Ressourcennachfrage, der Konsum, und das Ressourcenangebot, das Angebot von Kapital und Arbeit, eng und komplex miteinander verzahnt sind. Die Verzahnung erfolgt über die Haushaltsproduktion.

Die Problematik Haushaltsproduktion und Arbeitsangebot lässt sich somit am besten über die Prozesse der Konsumtion und Produktion bestimmen. Güter sind konsumreif, wenn sie zur direkten Bedarfsdeckung genutzt werden können. Die Mittel des Konsumenten erfüllen diese Voraussetzung zunächst nicht, sie müssen erst über einen vorgelagerten Produktionsprozess zur Konsumreife gebracht werden. Die ökonomische Relevanz und zeitliche Verschränkung beider Prozesse – heute als „Prosuming“ bezeichnet – ergibt sich aus der Knappheit von Mitteln zu konsumreifen Gütern (Produktion) und der Knappheit dieser zu Bedarfen (Konsumtion).

Der Umstand, dass Haushalte auch produzieren, wird gerne übersehen. Wie aber gehen die mikroökonomischen Modellansätze mit dieser Problematik um, wie erklären sie Konsum und Arbeitsangebot? Hier sind drei Modellkategorien zu unterscheiden (Jaquemoth 2003): die Modelle der Grenznutzentheorie, begründet durch Ansätze von Gossen (1854), das neoklassische Modell von Robbins (1930) und die Modelle der Produktionstheorie (auch „Neue“ Haushalts- oder Mikroökonomik genannt), vertreten durch Becker (1965) und Lancaster (1966). Nach der Einteilung von Krelle (1987) enthält das Werk Gossens vier Modellvarianten:

In Modell 1 betrachtet Gossen (1854) den Konsum unter der Berücksichtigung knapper Zeit. In Modell 2 erweitert Gossen seine Überlegungen um Betrachtungen zum Produktionsfaktor Arbeit. In Modell 3 führt er als weiteren Produktionsfaktor Sachvermögen (Boden) ein und in Modell 4 widmet er sich dem Sparen.

Gossen (1854) erklärt wirtschaftliche Zusammenhänge ausgehend vom Konsum unter Berücksichtigung der Produktion und beschränkt sich dabei nicht auf materielle Güter und nicht auf den Markt-Bereich. Noch heute ist diese Sichtweise modern, weil sie streng genommen die Kernaussagen der Neuen Haushaltsökonomik vorwegnimmt. Dies gilt insbesondere auch für die aktivitätsanalytische Betrachtung von Haushaltsproduktion und Arbeitsangebot.

Die Modelle von Gossen (1854) bieten einen formalanalytischen Rahmen zur Beschreibung der elementaren „Entscheidung zwischen Zeitgenuss und Arbeit“ (Seel 1991: 49) in Matrixform (siehe Tab. 2), die sich dann als Ausgangstableau einer Linearen-Optimierungsaufgabe interpretieren lässt (Seel 1991: 56).

Tab. 2: Entscheidungsmatrix zum Problem der Wahlentscheidung zwischen Zeitgenuss und Arbeit (Seel 1991: 59)

Kategorien von Zwecken und Mitteln	Alternative Zweck-/Mittel-Beziehungen	Zeitgenuss	Arbeit
	Restriktionen		
Zeit in Stunden	+5	-1	-1
Nutzeneinheiten	max	+ 0,4	+ 0,6

Der Haushalt kann sich zwischen alternativen Zweck-/Mittel-Beziehungen entscheiden, gegeben durch die Entscheidungsalternativen „Zeitgenuss“ und „Arbeit“, die Zeit beanspruchen (Mittlebene) und Nutzeneinheiten erbringen (Zwecksetzungen). Hierfür stehen im vorliegenden Beispiel maximal fünf Stunden zur Verfügung (Restriktion), für eine Alternative allein oder entsprechende Kombinationen hieraus. Der Zeitverbrauch der Alternativen wird mit minus gekennzeichnet, ihr Nutzenbeitrag pro Zeiteinheit mit plus. Die Zielfunktion lautet: maximiere den Nutzenbeitrag aus einer oder aus einer Kombination der Alternativen.

Eingesetzt in das Gleichungssystem (3) für die Restriktionen und (2) für die Zielfunktion folgt hieraus:

$$(3') \quad 1 \text{ Stunde „Zeitgenuss“} + 1 \text{ Stunde „Arbeit“} - y_1 = 5 \text{ Stunden}$$

$$(2') \quad 0,4 \text{ Nutzeneinheiten pro Stunde „Zeitgenuss“} + 0,6 \text{ Nutzeneinheiten pro Stunde Arbeit} = Z \text{ Nutzeneinheiten (max!)}$$

In der Habilitationsschrift von Seel (1975) wird dieses Grundproblem der haushaltsökonomischen Entscheidung und Linearen Optimierung zu zwei Entscheidungsproblemen ausdifferenziert, und zwar der „Berufstätigkeit der Frau“ und „Ausbildungsentscheidungen“. Die Zwecksetzungen werden dabei über alternative Berufstätigkeiten und Ausbildungen, über technische und personale Organisationsalternativen sowie verschiedene Alternativen der Kinderbetreuung dargestellt. Die Restriktionen und Zielfunktionen gehen ein über Versorgungsansprüche, Möglichkeiten der Zeitallokation sowie die Anforderungen an die monetäre Lebenshaltung (Seel 1975: 154 ff). Später mündeten diese Überlegungen in die Entwicklung des Bonner Modells/Standardmodells zur allgemeinen Analyse ökonomischer Problemlagen privater Haushalte (Seel 1992 et al.).

Das Modell besteht (Seel 1984a: 7):

- a) aus einer Datenbasis, in welcher die technologisch bedingten Zweck-Mittel-Verknüpfungen und die geld- und arbeitszeitlichen Konsequenzen einer Vielzahl möglicher Haushaltsaktivitäten in Form von Gleichungssystemen in der Art von (2) und (3) bzw. (2') und (3') gespeichert sind,
- b) aus einem Auswahlmechanismus, über den eine bestimmte Haushaltsstruktur mittels abgefragter Merkmale aus der Datenbasis abgebildet wird
- c) sowie aus Algorithmen zur linearen Optimierung des abgebildeten Entscheidungsproblems.

Was ist nun der Vorteil dieses methodischen Vorgehens? Wir kommen hierfür nochmals auf Gossen (1854) zurück. Sein Modell 1 beschreibt eine Situation, in der die Zeit für die Nutzung von Konsumgütern begrenzt ist, die Konsumgüter selbst aber in beliebigem Umfang vorhanden sind.

Hieraus resultiert Zeitknappheit, falls der Haushalt mehr konsumieren möchte als seine Zeit zulässt. Gossen (1854) formuliert nun zwei Gesetzmäßigkeiten, mit denen er erklärt, wie der Haushalt seine knappe Zeit bestmöglich genießt. Das erste Gossensche Gesetz besagt, dass der zusätzliche Nutzen aus einer weiteren Zeiteinheit mit steigendem Zeiteinsatz abnimmt. Man spricht hier auch von dem abnehmenden Grenznutzen der Zeit. Das Gesetz wird dargestellt durch eine Nutzenkurve, deren Steigung mit steigendem Zeiteinsatz abnimmt. Wäre die Zeit ein freies Gut, dann würde der Konsument ausschließlich diesem Gesetz folgen und seine Zeit bis zum Sättigungspunkt einsetzen; das ist der Maximalpunkt der Nutzenkurve, an dem der Grenznutzen der Zeit gleich Null ist.

Ist die Zeit indes knapp, existiert für diese ein Preis. Da die Zeit in Modell 1 nicht über den Markt gehandelt wird, ist dieser Preis ausschließlich in den Verzichtskosten einer alternativen Nutzung begründet. Das kommt durch das zweite Gossensche Gesetz zum Ausdruck. Es besagt, dass der Haushalt seine knappe Zeit so auf die verschiedenen Konsumgüternutzungen verteilen wird, dass – gemäß der beschriebenen Gesetze – der Grenznutzen der Zeit in allen Verwendungen gleich ist. Es gilt dann für alle Verwendungsalternativen ein einheitlicher Grenznutzen. In Modell 2 hebt Gossen seine Annahme auf, dass die Konsumgüter dem Haushalt unbeschränkt zur Verfügung stehen. Die Konsumgüter müssen vom Haushalt jetzt unter dem Einsatz von Arbeitszeit selbst produziert werden.

Entstanden ist ein Modell zu Konsum und Eigenarbeit. Die Produktionsanstrengungen der Arbeit werden über Produktionsfunktionen abgebildet, die das Verhältnis zwischen Konsumgut und der zu seiner Produktion erforderlichen Arbeitszeit über eine Konstante für die Arbeitsproduktivität festlegen. Der optimale Arbeitseinsatz ergibt sich auch hier aus dem ersten und zweiten Gossenschen Gesetz. Die Unterschiede zu Modell 1 werden im zweiten Gesetz deutlich, das die Bedingung für das Haushaltsoptimum über das Gleichgewicht von Grenznutzen und Preis beschreibt. Danach bemisst sich der Preis der Zeit nicht aus den Verzichtskosten einer alternativen Nutzung – wie in Modell 1, sondern aus der Arbeitsproduktivität.

In den Modellen der Neoklassik resultiert das Arbeitsangebot aus der Nachfrage nach Freizeit und Konsumgütern. Die Konsumgüter werden über das Einkommen finanziert, das durch das Arbeitsangebot erwirtschaftet wird. Was zeitlich übrig bleibt, ist Freizeit. Die optimale Kombination aus Freizeit und Konsumgütern wird auch in diesem Modell nach dem ersten und zweiten Gesetz von Gossen abgeleitet. Die Produktionsanstrengungen werden jetzt aber über das Verhältnis von Marktlöhnen zu Marktpreisen beschrieben (Jaquemoth 2003: 127 ff.).

Das neoklassische Modell gerät dort an seine Grenzen, wo Zeit nur eingeschränkt durch Marktangebote ersetzt werden kann – sei es, weil der Konsum einen Mindesteinsatz an Arbeitszeit im Haushalt erfordert, oder der Markt die erforderlichen Substitute erst gar nicht anbietet.

Dies führt uns zu den Maßgaben der Haushaltsproduktion, die Gegenstand der Produktionstheorie des Haushalts sind.

Die Produktionstheorie trennt zwischen technologisch und ökonomisch effizienten Produktionsplänen sowie zwischen Effizienz und Erfolg. Dieser Grundgedanke wurde von einigen Autoren in den 1960er Jahren auf die Haushaltsproduktion übertragen. So unterstellt Becker (1965) in seinem Modell, dass die konsumreifen Güter nicht über den Markt bereitgestellt werden, sondern vom Haushalt über den Einsatz von Nichterwerbszeit und Marktgütern selbst produziert werden müssen. Die optimale Produktions- und Konsumplanung erfolgt analog der Produktions- und Absatzplanung in der Unternehmenstheorie. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Erfolg des Haushalts nicht am Gewinn von abgesetzten Produkten bemessen wird, sondern am Nutzen von konsumierten Produkten.

Setzt man diese Überlegungen nun in den Linearen Optimierungs-Ansatz um, so wie dies im Standardmodell geschieht, lässt sich die gesamte „Komplexität und wechselseitige Interdependenz“ anschaulich machen und es lassen sich die Engpässe ermitteln, die Knappheit bewirken (Seel 1975: 159). Und mehr noch: Es zeigt sich, dass die Engpässe, die innerhalb des Haushalts durch individuelle Zweck-/Mittelsetzungen entstehen, einen haushaltsinternen Preis haben, der neben den Marktpreis tritt, und für den Haushalt genauso bedeutend ist wie dieser. In der Sprache der Linearen Optimierung nennen wir diesen produktionsinternen Preis, den die Beachtung einer Restriktion zur Folge hat: „Schattenpreis“.

Und hier schließt sich der Kreis zwischen Praxis und Theorie. Erklärungsmodelle, welche mit dem Linearen Optimierungsansatz-Ansatz arbeiten, zeigen als „abstrahierende Abbilder des Wirtschaftens von Haushalten (...) die Wirkungen des wirtschaftlichen Handelns auf die Ressourcen in Haushalten (...) Der Wert der gebundenen und genutzten Ressourcen kann physisch (...) oder monetär (...) angegeben werden“ (Karg et al. 1992: 5).

Nach dem ersten und zweiten Gossenschen Gesetz ist der Haushalt im Gleichgewicht, der optimalen Lösung, dort wo der Grenznutzen gleich dem Preis ist. In der Neoklassik ist der Preis lediglich durch den Marktpreis beschrieben, in der Neuen Haushaltsökonomie hingegen durch die Stückkosten für die konsumreifen Güter. Die Stückkosten werden auch als „volle Kosten“ des konsumreifen Gutes bezeichnet, weil sie sich aus den Kosten für Nichterwerbsarbeitszeit (Opportunitätslohnsatz mal Zeiteinsatz) und den Kosten für den Marktgütereinsatz (Konsumgüterpreise mal Konsumgütermenge) zusammensetzen.

Der Lineare Optimierungsansatz-Ansatz ermöglicht auf sehr anschauliche Weise die Berechnung produktionsinterner Preise und eignet sich deshalb ganz besonders dafür, die komplementäre Beziehung zwischen Haushaltszeit (inkl. Freizeit und Muße) und dem Marktgütereinsatz im Sinne produktionsökonomischer Ansätze zu formalisieren und zu analysieren. Damit werden die Gedanken von Gossen, der Neoklassik und der Neuen Haushaltsökonomik modelltheoretisch umgesetzt und auf heutige Fragestellungen anwendbar. Es lässt sich hiermit Vieles erklären, was zunächst einmal überraschend erscheint:

- Die Berechnungen von Seel (1975: 161) haben gezeigt, dass „das Aufgeben der geschlechtsspezifischen Arbeitsteilung als eine subjektiv rational und ökonomisch sinnvolle Konsequenz ihrer persönlichen Zwecksetzungen“ (Anm. d. Verf.: die der Eheleute) erscheinen kann, womit der homo oeconomicus bzw. die mulier oeconomica auch partnerschaftliche Arbeitsteilung begründen können, wenn die Werte und Normen der Eheleute angemessen berücksichtigt werden. Andererseits werden die Opportunitätskosten der im Haushalt aufgewandten Zeit auch durch Faktoren beeinflusst, die außerhalb des Haushalts ihre Ursache haben, z. B. durch unzureichende Alternativen der Kinderbetreuung oder Benachteiligungen am Arbeitsmarkt. Die Opportunitätskosten der Kinderbetreuung sind insofern ein Resultat von individuellen Wertvorstellungen, der Haushalts- und Konsumtechnologie, den Betreuungsalternativen und der Erwerbsbiographie (Quasi-Technologie) (Seel 1984c: 246 und 1992: 163 f.).
- Konsumgüter, die mit großer Arbeitsproduktivität erstellt werden, werden tendenziell von den Haushalten stärker nachgefragt als jene Konsumgüter, deren Bereitstellung mit geringer Arbeitsproduktivität erfolgt. In hoch entwickelten Volkswirtschaften konsumiert der Haushalt produktiver und umfangreicher als früher, was allerdings auch zur Konsum- und Marktsättigung führt (Jaquemoth 2003).
- Pauschalisierte Transferleistungen, für deren Erhalt es klare Einkommensregeln gibt, können in der Praxis zu unerwünschten Benachteiligungen führen, wenn diese unberücksichtigt lassen, dass interne Preise der Haushaltsproduktion dieselben monetären Zuwendungen ab- oder aufwerten können (Jaquemoth 2007).
- Studierende sind immer wieder erstaunt und erkennen zumindest im Grundsatz die weitreichenden Möglichkeiten der Methode, wenn sie den internen Preis einer Vitamin C-Zufuhr im privaten Haushalt errechnen und preislich mit Nahrungsergänzungsmitteln vergleichen (siehe hierzu auch Karg o.J.: 33 ff.). Hier zeigt sich, dass der produktionsinterne Preis für Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente nur ein Bruchteil des Marktpreises ausmacht oder bisweilen sogar gleich null ist, wenn der Mikronährstoffbedarf in der optimalen Lösung kaum oder gar nicht der limitierende Faktor ist, sondern der Energiebedarf oder der Genusswert.
- Die Grenzwertbetrachtung im Linearen Optimierungs-Ansatz ermöglicht das Berechnen der Opportunitätskosten bzw. des produktionsinternen Preises von Muße-Zeit (Seel 1975: 162). Durch die Vielfalt von Zeitverwendungsmöglichkeiten und der zeitlichen Beanspruchung der Haushalte durch Arbeit und Konsum ist Muße-Zeit nur dann sinnvoll für den Einzelnen, wenn er dieser Zeit einen besonderen Wert zumisst. Andernfalls ist Muße schlichtweg „zu teuer“ (Weiler 1989). Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass wir uns ständig gehetzt fühlen und so viel Zeit für Mediennutzung und Shopping-Aktivitäten aufwenden: dieses Verhalten ist, abhängig vom Wertesystem, bisweilen preisgünstiger als Kontemplation.

- Inverse Arbeitsangebotsreaktionen werden in der ökonomischen Literatur gerne mit Änderungen in den Präferenzen der Haushalte erklärt; sie finden in Berechnungen auf der Basis der Neuen Haushaltsökonomik und mit Methoden der Linearen Optimierung ihre Erklärung indes auch über die zahlreichen Substitutivitäts- und Komplementaritätsbeziehungen zwischen Arbeitsangebot/Einkommen und der Zeit für Haushalt und Konsum (Seel 1988: 111; Weiler 1989: 157).

Der Lineare Optimierungs-Ansatz ermöglicht ein vertieftes Nachdenken über „Selbstverständliches“ und ist damit ein gutes Instrument für Betrachtungen zum Gegenstand der Haushaltsführung (in diesem Sinne Seel 1984b: 52). Der Prozess des Abwägens angesichts von Knappheit verlangt zwar ein differenziertes Instrumentarium, das vorliegend in Form des Linearen Optimierungs-Ansatzes richtig angewendet, durchaus anstrengend sein kann. Allein über Musterbudgets oder das Führen eines Haushaltsbuches lässt sich die Komplexität und Tiefgründigkeit der Problematik oft nicht ausreichend abbilden (Seel 1982: 54). Dies zeigen zumindest Erfahrungen aus der Budgetberatung. Ergänzend erweisen Projekte, die sich in der Praxis bewährt haben, dass selbst Grundschulkindern differenzierte Reflexionsprozesse nachvollziehen können, wenn man ihnen die hierzu notwendigen Instrumente bereitstellt, beispielsweise über das Märchen „Hans im Glück“. Dieses schildert bekanntlich eine Kette von Tauschgeschäften, bei denen individuelle Mittel-/Zwecksetzungen und das Abwägen preislicher Vorteile handlungsbestimmend sind (Jaquemoth 1999).

Weitere Arbeiten mit dem Linearen Optimierungs-Ansatz und auf der Grundlage haushaltsökonomischer Überlegungen in der Tradition von Gossen können aktuelle, gesellschaftliche Fragestellungen auch zukünftig wissenschaftlich bereichern. Spätestens im Zuge der Corona-Pandemie zeigt sich beispielsweise, wie dringend die Problematik der Versorgungsmobilität mit Bezug auf die Umweltbelastung wissenschaftlich stärker durchdrungen werden sollte. Hier ist unbedingt auch ein Beitrag der Haushaltsökonomik gefragt. Schon die Arbeiten von Hensel et al. (2003) haben gezeigt, dass sich durch die haushälterische Organisation der Versorgungsmobilität, z. B. durch entsprechende Rundfahrten, erhebliche Einsparungen realisieren lassen. Transportlogistik ist ein Klassiker der Linearen Optimierung, mit der sich auch Fragen des CO₂-Fußabdrucks und des Preises der Mobilität für Umwelt, Gesellschaft und Haushalt gut erörtern ließen.

In den Linearen Optimierungs-Ansätzen der Neuen Haushaltsökonomik spielt die Frage der Zeitallokation eine zentrale Rolle. Strenggenommen gibt es die Ressource Zeit indes als reine Ressource nicht. Zumindest, sofern man bedenkt, dass keiner von uns genau weiß, wie viel Lebenszeit ihm zur Verfügung steht. Zeit ist eher eine Sache der Bemessung des Planungszeitraums der Nutzung von Ressourcen und der Festlegung von Entscheidungspunkten über deren Verwendung (Karg o.J.: 4).

Danach wäre die Frage der Haushaltsproduktion und des Arbeitsangebots eine Frage des Einsatzes von Ressourcen (menschliche, sachliche und monetäre) im zeitlichen Verlauf. Ressourcen können ihre Qualität und Quantität durch die zahlreichen substitutiven und komplementären Input-/Output-Produktions- und Konsumtionsbeziehungen während des Planungszeitraums verändern. Eine Chance für die Zukunft wäre es, wenn es gelänge, diese Sichtweise noch etwas stärker in die Theorienbildung und praktische Anwendung des Linearen Optimierungs-Ansatzes zu integrieren.

Grundsteine

Die bisherigen Ausführungen sind kaum geeignet, zwei Leben in Lehre, Nachwuchsförderung und Wissenschaft adäquat zu würdigen. Die Jubilarin und der Jubilar begingen dieses Jahr ihr 80tes Wiegenfest. Ihr vielfältiger Beitrag wirkt bis heute. Viele der von ihnen aufgeworfenen Fragen stellen sich immer wieder neu, ihre Methoden zur Problemlösung sind schlicht modern und Alle, die sich heute und in Zukunft mit einschlägigen ernährungs- und haushaltsökonomischen Entscheidungsprozessen beschäftigen, sollten wissen, wer an diesem Fundament maßgeblich mitgebaut hat, auf dem sie sich bewegen. Karg und Seel würden wohl Benjamin Franklin (1758: 27) zustimmen, der behauptete: „An investment in knowledge always pays the best interest“.

Wir bedanken uns von ganzem Herzen für den Ertrag, auch mit Blick auf unsere eigene Freude am Schaffensprozess für die „community“.

Literatur

- Armstrong R & Sinha P (1974): Application of Quasi-Integer Programming to the Solution of Menu Planning Problems with Variable Portion Size. In: Management Science (21) 4: 474-482.
- Baur E & Karg G (1982): Optimale Menüs für ausgewählte Systeme der Schulverpflegung und Schülergruppen. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft (30) 3: 118-127.
- Balintfy J (1964): Menu Planning by Computer. In: Communications of the Association for the Computing Machinery 7 (4): 255-259.
- Becker GS (1965): A Theory of the Allocation of Time. In: The Economic Journal 75(299): 493-517.
- Bognàr A & Balintfy J (1982): Anwendung einer quadratischen Programmierungsmethode für die Optimierung der Speiseplanung. In: Ernährungs-Umschau (29) 5: 154-158.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): Bundeslebensmittelschlüssel 3.02. <https://www.blsdb.de> (zuletzt abgerufen 20.4.2021).
- Dantzig G (1963): Linear Programming and Extensions. Princeton.
- Deutsche Gesellschaft für Hauswirtschaft (1992, Hrsg.): Lebensmittelverarbeitung im Haushalt, 5. überarbeitete Auflage. Stuttgart.
- Doren C, Tyszler M, Kramer G & Aiking H (2015): Combining Low Price, Low Climate Impact and High Nutritional Value in One Shopping Basket through Diet Optimization by Linear Programming. In: Sustainability 7: 12837-12855.

- Faaß MT (2012): Vergleich der Lebensmittelkosten eines privaten Haushalts bei verschiedenen Ernährungsformen. Bachelorarbeit Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (Berichterstatteerin: Prof. Dr. Mirjam Jaquemoth).
- Franklin B (1986): The way to Wealth, Massachusetts (Original 1758).
- Gass S & Assad A (2005): An annotated time-line of operations research: an informal history. International Series of OR&Management Sciences 75.
- Gossen H (1854): Entwicklung der Gesetze menschlichen Verkehrs und der daraus fließenden Regeln für menschliches Handeln. Braunschweig.
- Hensel A, Schulze A & Karg G (2003): Der Weg zum Einkauf – Bestandsaufnahme der Versorgungsmobilität in Ballungsräumen. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft (51)1: 6-10.
- Herzog N, Zängler T, Kustermann W & Karg G (2001): Analyse der mobilitätsbedingten Kohlendioxid-Emissionen privater Haushalte. Weihenstephaner Beiträge aus den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften 12.
- Hufnagel R (1994): Wieviele Parameter braucht eine Engelkurve? Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 213: 561-571.
- Hufnagel R (2001): Neue Mikroökonomik und Nachfrageanalyse – Das Stone-Geary-Gossen-Lancaster-Modell. Frankfurt.
- Hufnagel R (2009): Haushalten mit dem Klimawandel. In: Ernährung im Fokus 4: 130-137.
- Hufnagel R (2010): Die Berechnung von Mindestbedarfen. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft (68) 4: 187-191.
- Hufnagel R & Jaquemoth M (2017): Mittagessen in der Kita. Qualität und Kosten. In: Ernährung im Fokus 5-6: 144-149.
- Hufnagel R (2020): Pflanzenbetonte Ernährung. Finanzielle Belastung oder Einsparpotenzial. In: Ernährung im Fokus 4/2020: 240-245.
- Jaquemoth M (1999): Geld – eine Handreichung für Grundschullehrerinnen und -lehrer, Verbraucherzentrale NRW e.V. (Hrsg.) Düsseldorf.
- Jaquemoth M (2003): Theorienvergleichende Rekonstruktion mikroökonomischer Modelle zum Arbeitsangebot privater Haushalte. Frankfurt a.M.
- Jaquemoth M (2007): „Iudex non calculat“. Hartz IV auf dem Prüfstand der Haushaltsökonomik, In: Höflacher S, Hufnagel R, Jaquemoth M & Piorkowsy MB: Oikos 2010 – Haushalte und Familien im Modernisierungsprozess. Festschrift für Prof. Dr. Barbara Seel zum 65. Geburtstag. Bonn: 63-100.
- Jaquemoth M, Greiner M, Hufnagel R et al. (2015): GV-Daten Bayern Arbeitspapier Nr. 11: Produktionskennziffern für die Gemeinschaftsverpflegung in Bayern. Triesdorf.
- Jochsch H, Stimmel M & Stummel J (1961): Die kostengünstigste Ernährung in der Bundesrepublik 1958. Eine Lösung des „Diätproblems“. In: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft (117) 1: 139-153.
- Karg G (o.J.): Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung – Lineare Optimierung, unveröff. Vorlesungsmanuskript.
- Karg G (1977): Möglichkeiten des Computereinsatzes bei der Menüplanung. In: Rationelle Hauswirtschaft (14) 2: 19-22.
- Karg G (1982): Modelle zur Bestimmung einer optimalen menschlichen Ernährung. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft (30) 1: 34-47.

- Karg G & Keck J (1982): Optimale Ernährung in der Gemeinschaftsverpflegung mit Hilfe der linearen und quadratischen Optimierung. In: Ernährungs-Umschau (29) 8: 260-268.
- Karg G, Keck J & Lehmann M (1984): Vergleich von Qualität und Kosten verschiedener Ernährungsformen. In: Ernährungsumschau (31) 11: 363-372.
- Karg G & Lehmann M (1983): Optimale Finanzierung von selbstgenutztem Wohneigentum. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft (32) 1-3: 52-56.
- Karg G, Piekarski J, Kellmayer M (1984): Kosten einer bedarfsgerechten Ernährung in Sozialhilfempfänger-Haushalten. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft 32 (4): 195-204.
- Karg G (1985): Ist der Regelsatz ausreichend für eine Bedarfsgerechte Ernährung. In: Schriftenreihe AID-Verbraucherdienst: 19-29.
- Karg G & Mück H (1988): Menüplanung in der Gemeinschaftsverpflegung. In: Hauswirtschaftliche Bildung I: 9-16.
- Karg G, Rauch U & Steinel M (1990): Kosten alternativer Ernährung. In: Ernährungs-Umschau (37) 4: 154.
- Karg G & Lehmann M (1991): Haushaltsmodell der KTBL-Datensammlung „Haushalt“. In: Nutzungsmöglichkeiten der KTBL-Datensammlung Haushalt, KTBL-Schrift 384, Münster-Hiltrup: 11-39.
- Karg G, Steinel M & Wild I (1992): Zusammenfassung, in: Karg G: Haushaltswissenschaftliche Erklärungsmodelle für die Verfügbarkeit und Verwendung von Ressourcen in Haushalten mit Kindern, Frankfurt a. M.: 5-15.
- Kleinert H (2019): Das geteilte Deutschland. Die Geschichte 1945 - 1990. Wiesbaden.
- Koopmans T (1951, Hrsg.): Activity Analysis of Production and Allocation. New York.
- Krelle W & Recktenwald HC (1987): Gossen und seine „Gesetze“ in unserer Zeit, Düsseldorf.
- KTBL (1985): Datensammlung für die Kalkulation der Kosten und des Arbeitszeitbedarfs im Haushalt. Münster-Hiltrup.
- Lancaster K (1966): A New Approach to Consumer Theory. In: Journal of Political Economy 74(2): 132-157.
- Lancaster L (1992): The history of application of mathematical programming to menu planning. In: European Journal of Operational Research (57): 339-347.
- Lehmann M, Karg G (1985): Ein Programmsystem zur Optimierung des Ablaufs der Menüproduktion in der Gemeinschaftsverpflegung. Teil I: Erläuterung des Programmsystems. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft (33) 2: 90-98.
- Robbins L (1930): On the Elasticity of Demand for Income in Terms of Effort, in: *Economica* 10 (1930) 29: 123-129.
- Römmelt S, Karg G (2002): Analyse der Einkaufsmobilität privater Haushalte zur Potenzialabschätzung der Shopping Box. In: Gedrich K, Oltersdorf U (Hrsg.): Ernährung und Raum. Regionale und Ethnische Ernährungsweisen in Deutschland. Karlsruhe: 251-266.
- Schaeffler V & Karg G (1995): Ein Ansatz zur Planung einer Krankenhausverpflegung mit Hilfe eines wissensbasierten Systems. In: Zeitschrift für Ernährungswissenschaft (34) 3: 236-239.
- Schlich E (2019): Zur Bedeutung der Privathaushalte für die CO₂-Emission Deutschlands. Teil 1: Makroökonomische Analyse unter anteiliger Einbeziehung der Sektoren Energiewirtschaft und Verkehr. *Hauswirtschaft und Wissenschaft* 67 (2019), ISSN online 2626-0913. doi: [10.238782/HUW_08_2019](https://doi.org/10.238782/HUW_08_2019) (zuletzt abgerufen am 3.05.2021).
- Schlieper CA (2003): Lernfeld Hauswirtschaft, Kiel.

- Seel B (1975): Grundlagen haushaltsökonomischer Entscheidungen. Berlin.
- Seel B (1984a): Prämissen, Inhalt und Anwendungsperspektiven von Konzepten einer umfassenden EDV-gestützten ökonomischen Beratung von Haushalten, Fachtagung Verbraucherzentrale NRW, unveröffentlichtes Handout. Essen.
- Seel B (1984b): Haushaltsführung und Haushaltsentscheidungen, in: Fingerle et al.: Beiträge zur Didaktik der Haushaltsentscheidungen. Stuttgart: 52-65.
- Seel B (1984c): Haushaltsentscheidungen als Entscheidungen über Arbeit, in: Hauswirtschaft und Wissenschaft 32(5): 242-250.
- Seel B (1988): Hausarbeit und Wertschöpfung, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 205 (2): 97-115.
- Seel B & Hartmeier E (1990): Wohlfahrtsgerechte Einkommen und Minimumstandards - der Beitrag des Standardmodells. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft (38) 5: 237-247.
- Seel B (1991): Ökonomik des privaten Haushalts. Stuttgart.
- Seel B & Schenk BM (1992): Ein produktionstheoretisches Modell zur Erklärung der ökonomischen Bedeutung von Kindern im Vorschulalter, in: Karg G (Hrsg.): Haushaltswissenschaftliche Erklärungsmodelle für die Verfügbarkeit und Verwendung von Ressourcen in Haushalten mit Kindern, Frankfurt a. M.: 5-15.
- Seel B, Hartmeier E, Hufnagel R, Jung R, Schenk M, Strassburg I, Vockel H (1992): Standardmodell zur Analyse und Planung ökonomischer Problemlagen privater Haushalte, Frankfurt a.M. et al.
- Seel B & Pech M (1993): Das Umweltverhalten privater Haushalte aus haushaltsökonomischer Sicht - Ergebnisse einer Pilotstudie. In: Hauswirtschaft und Wissenschaft (41) 1: 36-41.
- Seel B & Hufnagel R (1994), Umwelthandeln und Konsumtechnologie. In: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 213: 680-698.
- Seel B (1995a): Der Umweltkonsum privater Haushalte - Ein produktionstheoretischer Erklärungsansatz. In: Diekmann A & Franzen A (Hrsg.): Kooperatives Umwelthandeln - Modelle, Erfahrungen, Maßnahmen. Chur/Zürich: 21-38.
- Seel B (1995b): Ökobilanzierungsansätze aus der Sicht der ökonomischen Theorie des privaten Haushalts. In: Seel B & Stahmer C. (Hrsg.): Haushaltsproduktion und Umweltbelastung. Ansätze einer Ökobilanzierung für den privaten Haushalt. Reihe "Stiftung Der Private Haushalt" Bd. 24. Frankfurt/New York: 16-36.
- Seel B (2002): Armut und Umverteilung im Haushalt durch Haushaltsproduktion, Arbeitsbericht Nr. 3/2002 des Instituts für Haushalts- und Konsumökonomik der Universität Hohenheim.
- Steinel M (1992): Normativer Kosten-Nutzen-Vergleich verschiedener Ernährungsformen im privaten Haushalt. Studien zur Haushaltsökonomie 8. Frankfurt a. M.
- Stigler G (1945): The Cost of Subsistence. Journal of Farm Economy 27: 303-314.
- Varga J (1974): Praktische Optimierung. Verfahren und Anwendungen der linearen und nichtlinearen Optimierung. München et al.
- Wagner K, Gedrich K & Karg G (2008): Lebensmittelkosten im Rahmen einer vollwertigen Ernährung. In: Ernährungs Umschau (55)4: 216-227.
- Weiler M (1989): Freizeit aus der Sicht der Neuen Mikroökonomischen Theorie des Haushalts, Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt für die Sekundarstufe II (Berichterstatterin: Prof. Dr. Barbara Seel). Bonn.

Wirths W, Becher A & Prinz W (1964): Versuche zur Berechnung von Minimalkosten der menschlichen Ernährung mit Hilfe der Linearen Optimierung. In: Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 5: 39-57.

Yang X, Zhang Z, Chen H und Q, Zhao R, Xu Z & Xie A (2019): Assessing the Carbon Emission Driven by the Consumption of Carbo-Hydrate Rich Foods: The Case of China. In: Sustainability 11: 1875-1890.

Zängler T & Karg G (2002): Interdependenz von Ernährung und Mobilität. In: Gedrich K & Oltersdorf U (Hrsg.): Ernährung und Raum. Regionale und Ethnische Ernährungsweisen in Deutschland. Karlsruhe: 221-232.

Autor/in

Dr. Rainer Hufnagel und Prof. Dr. Mirjam Jaquemoth, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Landwirtschaft, Lebensmittel und Ernährung, Markgrafensstraße 16, 91746 Weidenbach, Tel. 09826 - 654 258

Kontakt: rainer.hufnagel@hswt.de

mirjam.jaquemoth@hswt.de



© R. Hufnagel © M. Jaquemoth

Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Zitation

Hufnagel R & Jaquemoth M (2021): Lineare Optimierung in der Haushaltsökonomik - Für Georg Karg und Barbara Seel zum 80. Geburtstag. Hauswirtschaft und Wissenschaft 69 (2021), ISSN 2626-0913. <https://haushalt-wissenschaft.de> doi: 10.23782/HUW_12_2021