

Das Nelson-Winter-Modell

Idee und Implementation

Literatur

- Nelson, R. R., Winter, S. G.: An Evolutionary Theory of Economic Change, 1982.
 - Seitenzahlen beziehen sich auf dieses Buch
- Ein Nelson-Winter-Modell der deutschen Volkswirtschaft. Working Paper #112 der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig. August 2012. http://www.georg-quaas.de/ul-wifa_ap112_quaas.pdf
- A Nelson-Winter Model of the German Economy. MPRA-Paper #40447. Publiziert am 2. August 2012. <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/40447/>
- Die Nummerierung der Formeln bezieht sich auf diese Veröffentlichung

Idee und Umsetzung

- ‚Nelson-Winter-Modell‘ ist die Bezeichnung einer ganzen Klasse von Modellen
- Nelson & Winter haben nur eine einfache Version davon vorgestellt
- Insofern kann nur ein sehr vorläufiges Urteil über die Leistungsfähigkeit solcher Modelle gefällt werden

Merkmale der Idee

- Wie in ökonomischen Modellen einer Volkswirtschaft werden die Parameter als Maße kausaler Abhängigkeiten interpretiert
- Im Unterschied zu ökonomischen Modellen werden die Parameter nicht statistisch geschätzt, sondern a priori vorgegeben

Merkmale der Idee

- Implementation einer Mikro- und einer Makrostruktur, die durch Aggregation und durch (modellierte) Märkte miteinander verbunden sind, in einem Modell
- Mathematische Formulierung der interessierenden Theorien über die Firma, den Haushalt, die Produktion, die verschiedenen Märkte und über beliebige andere Akteure und Institutionen

Merkmale der Idee

- Partialmodelle (der Firma, Haushalte usw.) werden auf der Mikro-Ebene so oft implementiert, wie der Computer verarbeiten kann
- Einfache Aggregationsprozeduren und Märkte verbinden die implementierten ökonomischen Akteure und schaffen dadurch eine umfassende Struktur, die makroökonomische Variablen enthält

Merkmale der Idee

- Kein einzelner Akteur hat vollständiges Wissen über die zukünftigen Preise; die Wirtschaftssubjekte handeln unter den Bedingungen unvollständiger Information und Unsicherheit; die strukturellen Bedingungen für das Entstehen und „Sterben“ von Firmen werden explizit im Modell verankert.
- Selbstverständlich können alle Merkmale modifiziert werden.

Merkmale der Idee

- Das so spezifizierte Modell wird über eine Zeitperiode laufen gelassen, für die reale Daten zur Verfügung stehen
- Die Interaktionen zwischen den implementierten Akteuren erzeugen Zeitreihen, die mit den beobachteten makro-ökonomischen Daten verglichen werden können

Merkmale der Idee

- Wie im Fall ökonomischer Modelle dient die Passung des Modells (Fehlermaße) zu den beobachteten Daten als Gütekriterium
- Die Modellparameter werden in wiederholten Prozessen so justiert, dass eine möglichst gute Passung erreicht wird

Merkmale der Idee

- Die Passung des Modells zu den Daten dient außerdem als Kriterium für die Richtigkeit und für die Wirkung der implementierten (Partial-) Modelle und der Theorien, die sie verkörpern
- Dadurch sind Experimente möglich (Monte-Carlo-Simulationen)

Anmerkungen des Autors

- Die im folgenden vorgestellte Version wurde im Wintersemester 2006/7 entwickelt
- Die Entwicklung wurde begleitet von den kritischen Kommentaren und konstruktiven Hinweisen der damaligen Mitglieder des Forschungsseminars „Politik und Wirtschaft“

Anmerkungen des Autors

- Es erwies sich als unmöglich, die von N & W gelieferte Beschreibung des Modells 1:1 in ein Computerprogramm umzusetzen
- Es wurde damals entschieden, den Vorstellungen von N & W so nahe wie möglich zu kommen
- Das bedeutete, eigene Ideen der Mitglieder des Forschungsseminars zurückzustellen

Anmerkungen des Autors

- Kritisiert wurden damals:
 - Die Unterstellung von „lazy firms“
 - Die ungenügende Formulierung des Gütermarktes
 - Das Fehlen einer entwickelten Bankenstruktur
- Der Kritik hinzufügen kann man u.a.:
 - Das Fehlen von Haushalten

Anmerkungen des Autors

- Das Modell lag im Februar 2007 lauffähig vor
- Eine Weiterentwicklung erfolgte bislang nicht
- Es wurde bislang als Beispiel für ein nicht-ökonometrisches Modell, d.h. für Demonstrationszwecke, in der Lehre verwendet

Implementierte Strukturen

- Firma
 - Research & Development, Management, Erfolgskontrolle
- Produktionsprozess
 - halbiertes Input-Output-Modell
- Haushalte
 - nur Angebotsfunktion (Durchschnittslohn)
- Gütermarkt
 - einfache Aggregation

Implementierte Strukturen

- Geldmarkt
 - Einfache Verteilung des ungenutzten Kapitals nach zu erwartender Profitabilität
- Arbeitsmarkt
 - nur Angebotsfunktion (Durchschnittslöhne)
- Staat
 - keiner

Die Firma

- Produktionsprozess und Management („decision rules“) in relativer Einheit
- Das Fehlen eines „richtigen“ (aufgrund von Angebot und Nachfrage operierenden) Gütermarktes bedeutet, dass der Output einer Firma Teil des BIP ist.
- Die Aggregation ist eine einfache Summation des Outputs aller Firmen.

Die Firma

- Der Input der Firmen (und der Haushalte) ist ebenfalls ein Teil des BIP. M. a. W.: das BIP fungiert als Produktions- und als Lebensmittel.
- In diesem Sinne ist die Formulierung des Produktionsprozesses mit einer I-O-Matrix nicht vollständig („halbiert“).

Die Firma

- „The model involves a number of firms, all producing the same homogeneous product (GNP), by employing two factors: labor and physical capital. In a particular time period, a firm is characterized by the production technique it is using – described by a pair of input coefficients

$$(a_l, a_k)$$

- and its capital stock K .” (S.209)

Die Firma

Die i -te Firma ist technologisch charakterisiert durch die Input-Matrix (1):

$$A_i = \begin{bmatrix} a_{ci} \\ a_{li} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \textit{Capital} \\ \textit{Labor} \end{bmatrix}$$

Die Koeffizienten sind das Verhältnis der je Outputeinheit erforderlichen Menge des entsprechenden Inputs

Preise

- Zwar haben wir keinen Gütermarkt und keinen entwickelten Arbeitsmarkt, aber einen wichtigen Ansatz dafür: die Preise (von Kapital und Arbeit, Formel 2‘):

$$P = \begin{bmatrix} p_c & 0 \\ 0 & p_l \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} p_c = 1 \\ p_l = W \end{array}$$

Der Output

- The i -th firm's output is defined by Q_i (213).
- It is the value of the part of GNP that is produced by firm i . If we divide Q_i by its price p_c we get the output in real or physical terms, i.e. the number of homogeneous goods that are produced by the i -th firm.

Die Nachfrage

- Die Nachfrage nicht der Haushalte, sondern der i -ten Firma. Die von der Firma ausgehende Nachfrage nach Investitionsgütern und nach Arbeit (3):

$$N_i = \begin{bmatrix} n_{ci} \\ n_{li} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{ci} Q_i / p_c \\ a_{li} Q_i / p_c \end{bmatrix} = A_i Q_i / p_c$$

Die Firma

- Die Nachfrage nach Arbeit (4):

$$L_i = a_{li} Q_i / p_c$$

- je nach technologischem Koeffizient gemessen in Köpfen oder in Stunden

Die Kosten der i -ten Firma

- Sei $E = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}$
- der Spaltensummenvektor, dann ergeben sich die Kosten aus (5):

$$\begin{aligned} C_i &= EPN_i = EPA_i Q_i / p_c \\ &= a_{ci} Q_i + p_l a_{li} Q_i / p_c = a_{ci} Q_i + WL_i \end{aligned}$$

Das Kapital der i -ten Firma

- Definitionen

Kapital: Abschreibung: Bruttoinvestition:

K_i

D_i

IB_i

- Entwicklung des Kapitalstocks in der Zeit t
(Formel 6):

$$K_i(t+1) = K_i(t) - D_i(t) + IB_i(t)$$

Abschreibung

- Auslegungsfähige Formulierung: “...each unit of capital is, independently, subject to a failure probability of ... 0.04 each period.” (213)
- I interpret the effects of the decay-process pure deterministic, namely as follows (7):

$$D_i = 0.04 \cdot K_i$$

- Diese (und andere) Vereinfachung(en) können im Zuge der Weiterentwicklung korrigiert werden.

Zusammenhang Output und Kapital

- Aus

$$a_{ci} Q_i / p_c = n_{ci}$$

- folgt

$$a_{ci} Q_i = p_c n_{ci} = D_i = 0.04 \cdot K_i$$

- Und schließlich (8'):

$$Q_i = a_{ci}^{-1} \cdot 0.04 \cdot K_i$$

Entwicklung des Kapitalstocks

- So lange wie das Kapital effektiv ist, also etwas produziert, gilt die deterministische Beziehung (6′):

$$K_i(t + 1) = (1 - 0.04) K(t) + IB_i(t)$$

Löhne

- Aus der Formel für den Output und der für die Nachfrage nach Arbeit folgt (9):

$$W_i L_i = p_l a_{li} Q_i / p_c = \frac{p_l}{p_c} a_{li} a_{ci}^{-1} \cdot 0.04 \cdot K_i$$

Bruttoinvestition

“Gross investment is determined by gross profit, where gross profit is revenue Q minus wage bill WL minus required dividends RK .” (213) (Formel 10:)

$$IB_i = Q_i - p_l a_{li} \frac{Q_i}{p_c} - RK_i = \left[\left(1 - \frac{p_l}{p_c} a_{li} \right) 0.04 \cdot a_{ci}^{-1} - R \right] K_i$$

Profit und Investition

- Der Profit wird komplett in die Investition gesteckt (11 und 12):

$$\pi \cdot K_i = IB_i$$

$$\pi = \left(1 - \frac{p_l}{p_c} a_{li} \right) 0.04 \cdot a_{ci}^{-1} - R$$

Forschung und Entwicklung

- Research and development “activities of our firms will be modeled in terms of a probability distribution for coming up with different new techniques.” (210)

$$a(t = 1) = a(t = 0) + s_i \cdot frnd$$

- wobei *frnd* ein Zufallsgenerator ist, der mit der Standardabweichung der techn. Koeffizienten multipliziert wird

Input-Output-Matrix

- Konsequenz (15):

$$\begin{bmatrix} a_{ci}(t+1) \\ a_{li}(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{ci}(t) \\ a_{li}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} s_{ci} \cdot frnd_c \\ s_{li} \cdot frnd_l \end{bmatrix}$$

- Die beiden Generatoren sind unabhängig voneinander

Innovation und Imitation

- Zwei Arten der technologischen Fortschritts:
- *Imitation* beschränkt die Entwicklung auf die bereits vorhandenen technologischen Koeffizienten
- Nur die *Innovation* kann Grenzen überschreiten

Conservative (lazy) firms

- Die Unternehmen starten F&E erst, wenn sie 16% unterschreiten (17):

$$\left(1 - \frac{W}{p_c} a_{li}\right) a_{ci}^{-1} \cdot 0.04 - R < 0.16$$

- Das ist eine „decision rule“, die verändert werden kann.

Implementation einer neuen Technologie

- Betriebswirtschaftliches Auswahlkriterium
(16):

$$C_i(t+1) - C_i(t) = EP[A_i(t+1) - A_i(t)]Q_i/p_c < 0$$

Arbeitsmarkt

- Vorschlag von N&W:

$$w = a + b \left(\frac{L_t}{(1+g)^t} \right)^c$$

- Umsetzung

– statisch (18):

$$W(t) = a + b \cdot L(t)$$

– dynamisch (18′):

$$W(t+1) = W(t) + b [L(t+1) - L(t)]$$

Ansatz für die Löhne

- Kommentar: jede Abweichung der Arbeitsnachfrage von den beobachteten Werten wird mit gleichgerichteten Lohnveränderungen „bestraft“

Die Modellvariablen

- Endogene Variable:
 - Kapitalstock, Bruttoinlandsprodukt, Beschäftigung (in Arbeitszeiteinheiten oder in Beschäftigtenzahlen) und Löhne
 - technologische Parameter
- Exogene Variable:
 - Rendite, Abschreibung, Trend der Kapitalstückkosten, Streuung der technologischen Parameter, Anzahl der Firmen

„Tod“ und „Geburt“ von Firmen

- (i) Welches Kriterium ist entscheidend dafür, dass eine Firma Pleite macht?
 - ein Profit von Null oder im negativen Bereich führt zur Eliminierung der Firma im nächsten, übernächsten oder im dritten Jahr (einstellbar).
- (ii) Wie erkennt man, dass eine Firma nicht mehr existiert?
 - wenn der Output = Null ist.
- (iii) Was geschieht mit dem Kapital der Firma?
 - Das Kapital existiert weiter, nimmt aber ab, weil Rendite bezahlt werden muss.
- (iv) Wo kommt das Kapital der neuen Firmen her?
 - Von den Firmen, die vorher Pleite gegangen sind.

Ablauf

- Die relevanten volkswirtschaftlichen Größen werden im Jahr 1970 nach einem Zufallsprozess über die Firmen verteilt (Startbedingung)
- Die Firmen konkurrieren untereinander, wachsen oder schrumpfen dabei, gehen evt. pleite; neue Firmen entstehen
- 1992 kommen die ostdeutschen Firmen dazu

Erzeugung eines Ergebnisses

- Da die technologische Entwicklung zufallsgetrieben ist, sind die Ergebnisse auch zufälliger Art
- Um die Ergebnisse statistisch auswerten zu können, werden die Durchläufe (Versuche, trial) mindestens 30 mal wiederholt; das ergibt eine Versuchsreihe, die einen Test vorgegebener a priori-Parameterwerte darstellt

Erzeugung eines Ergebnisses

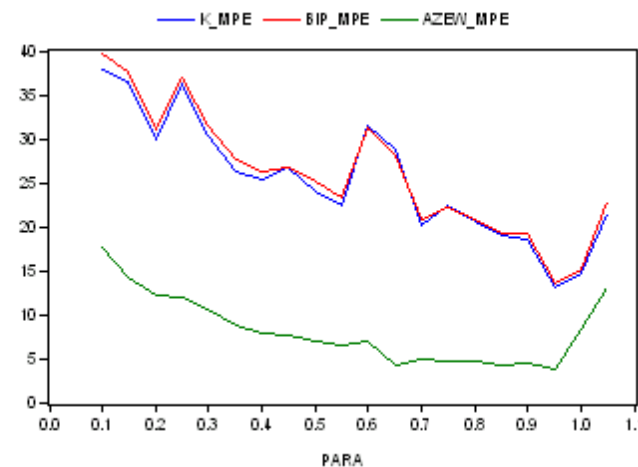
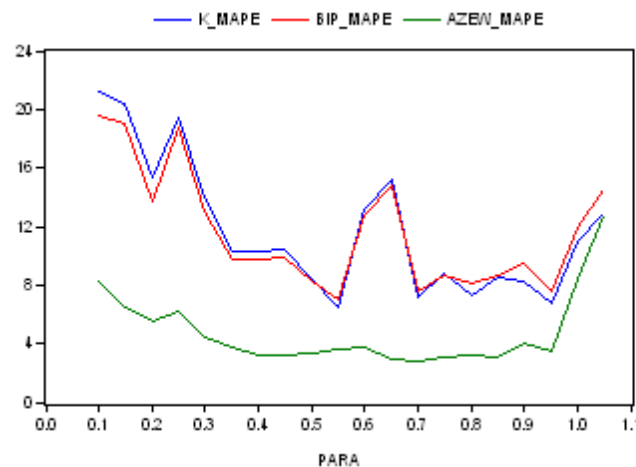
- Eine Experiment misst die Modellreaktion bei systematisch variierten Parameterwerten
 - Zu jedem Parameterwert wird eine Versuchreihe (ein Test) durchgeführt
 - die Werte des untersuchten Parameters werden systematisch variiert und erneut getestet

Interpretation des Ergebnisses

- Der Parameterwert mit der besten Passung des Modells wird fixiert
- Mit den anderen Parametern werden weitere Experimente durchgeführt
- Nachdem auf diese Weise die beste Passung eingestellt wurde, wird die Kombination der Parameterwerte als (lokales) Optimum angesehen

Beispiel: Lohnsetzung

- Parameter b wird auf 0.05 gesetzt und getestet. In weiteren 19 Schritten wird der Wert um jeweils 0.05 heraufgesetzt. Jeder Test umfasst 60 Durchläufe.



Beispiel eines justierten Modells: siehe folgende Abbildung

- $b=0.55$; $!trendc = 1.012$
- Typisch für das Funktionieren des einzigen implementierten Marktes (Lohnsetzung) ist das Fluktuieren um die beobachteten Daten
- Von den technologischen Koeffizienten passen sich die Kapitalinputs am schlechtesten an: hier macht sich das Fehlen eines Gütermarktes bemerkbar

Abb.1: Kapital

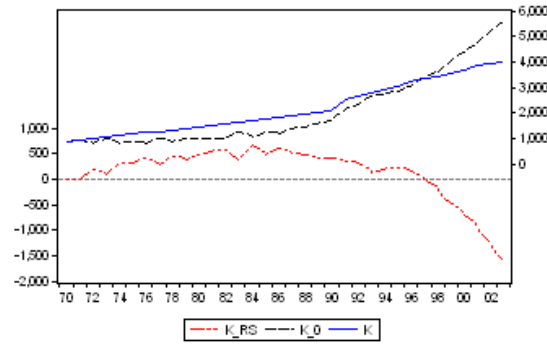


Abb.2: BIP

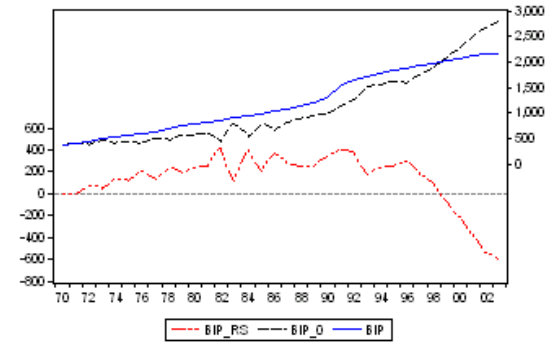


Abb.3: Arbeitszeit

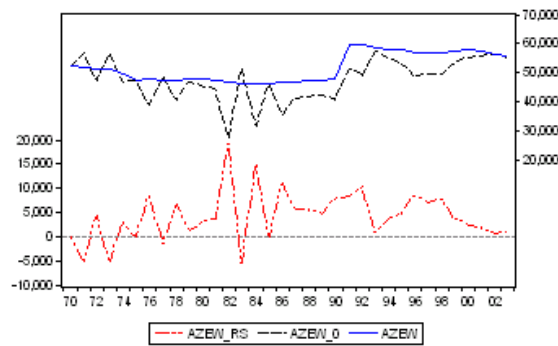


Abb.4: Durchschnittslohn

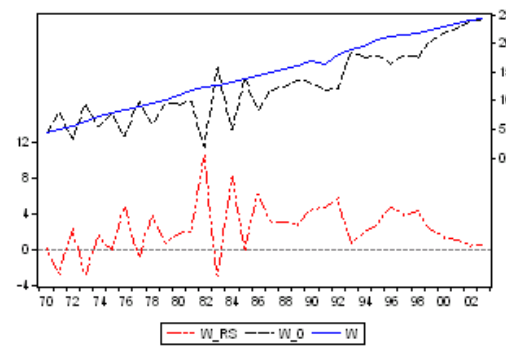


Abb.5: Arbeitskoeffizient

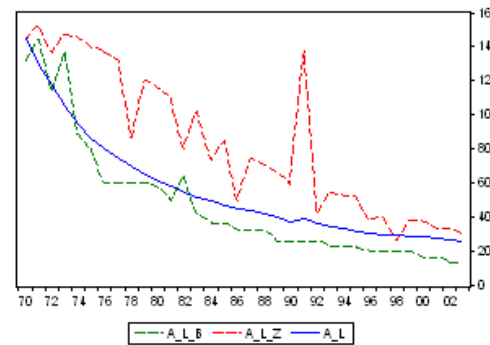
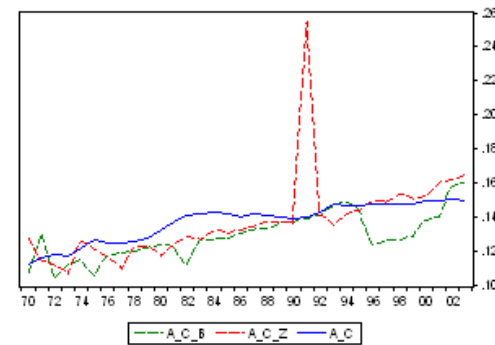


Abb.6: Kapitalstückkosten



Erklärungsskizze des tendenziellen Verhaltens

- Überwiegend zu geringe Kapitalkosten!
 - Nach Formel (8') ist der Output tendenziell größer als beobachtet
 - Nach (4) erzeugt das eine höhere Nachfrage nach Arbeit
 - Dadurch steigen die Löhne tendenziell (18')
 - Die Profite sinken (12) und damit die Investitionen (11)
 - Der Kapitalstock nimmt unterdurchschnittlich zu, dadurch sinkt der Output
 - Die Lohnfunktion „kämpft“ ständig gegen die zu hohe Kapitalproduktivität im Durchlauf an: das Gleichgewicht ist nur bei zu geringen Löhnen zu halten
 - Sobald die Kapitalstückkosten in den beobachteten Bereich kommen, explodiert der Output: die Lohnerhöhungen reichen nicht aus, um am Ende des Durchlaufs gegen die Zunahme anzusteuern

Perspektive

- Die vorliegende Modellversion ist weit entfernt von einer ernst zu nehmenden ex post-Prognosegenauigkeit
- Die Perspektive kann nur in der Weiterentwicklung des Modells bestehen
 - Dringend erforderlich sind der Übergang zu vierteljährlichen Daten sowie
 - die Einführung eines Gütermarktes.

Evolutionäre Eigenschaften

- Analogien
 - Gene: technologische Matrix
 - Variation: Suchprozess der Abteilung R & D
 - Selektion
 - Durch das Management aufgrund vorliegender Informationen über die Preise
 - Durch den Markt aufgrund der tatsächlichen Preise
 - Bewahrung
 - Im Falle ausreichender Profite

Evolutionäre Eigenschaften

- Neuheit
 - Beginnt bei einer unvorhersehbaren Kombination von Arbeit und Kapital in einer neuen Technologie
 - Verkörpert sich in einem Unternehmen und einem Produkt
 - Verbreitet sich, wenn erfolgreich
- Pfadabhängigkeit
 - Jeder Durchlauf erzeugt eine andere Lösungskurve