Putty und clay Funktionen in Produktion und Finanzen

Eine Einführung in die Makro-Ökonophysik

Jürgen Mimkes, Fachbereich Physik, Universität Paderborn

Ökonophysik ist (seit etwa 1990) ein interdisziplinäres Gebiet, in dem ökonomische, finanzielle und soziale Systeme mit physikalischen Methoden untersucht werden [1]. Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit den Grundlagen der Makro-Ökonomie [2,3].

Einführung

Physik war schon immer ein Vorbild für die Ökonomie. Jeder Investor würde gern den Kurs einer Aktie so vorherberechnen können wie die Flugbahn eines Balles. Aber während sich der Flug eines Balles „ex ante" berechnen lässt, bevor der Ball sein Ziel erreicht, kann man Kurse, Preise, Gewinne oder Steuererklärungen immer nur nachher, „ex post", angeben, wenn man das Geld verdient hat. In der Ökonomie bezeichnet man diese Funktionen als putty oder clay.

Putty bedeutet Kitt, der erst weich ist und dann fest wird. Eine putty Funktion ist zuerst „weich" oder unberechenbar und wird dann später „fest" oder berechenbar. Ein typisches Beispiel ist das Einkommen (Y). Vor Jahresende (ex ante) erscheint es noch unberechenbar, nach Jahresende (ex post) ist es fixiert.

Clay bedeutet Ton. Eine (gebrannte) Tonschale ist anfangs fest und auch später noch fest. Eine clay-Function ist zu Anfang fixiert und bleibt es auch später. Ein Beispiel ist die Produktionsfunktion F(K,N). Investoren wollen vor der Produktion (ex ante) wissen, wie viel Kapital (K) und wie viel Arbeiter (N) für eine Investition benötigt werden, und welche Mengen (F) produziert werden können. Dieser Wert (F) muss dann nachher (ex post) in der realen Produktion unverändert gelten.

Im folgenden soll nun geklärt werden, wie putty und clay ökonomisch und mathematisch definiert werden können. Dabei tritt ein weiteres Problem auf: In der neoklassischen Ökonomie ergibt sich nach dem Solow Modell [4] das Einkommen aus der Produktionsmenge: Y = F. Diese grundlegende Gleichung des Solow Modells kann aber nicht ganz richtig sein. Das Einkommen ist putty, die Produktionsfunktion ist clay. Putty kann aber nicht gleichzeitig clay sein!

Differenzialrechnung

Die Lösung dieser Probleme ergibt sich aus der Differenzialrechnung: In einer Dimension erhält man die Funktion F(x) und das Riemann Integral. In zwei Dimensionen folgt die Funktion F(x, y), das Riemann und das Stokes Integral. In drei Dimensionen ergibt sich die Funktion F(x, y, z), das Riemann und die Integrale von Stokes und Gauß. Mathematisch sind dies die Wirbel und Quellen des Raumes, in der Physik bestimmen die Integrale die Gesetze der Hydromechanik, Elektrodynamik und Thermodynamik.

Die Makro-Ökonomie hängt von zwei Produktionsfaktoren ab, Kapital (K) und Arbeit (N). Daher sollten die ökonomischen Gesetze durch zwei Integrale bestimmt sein, das Riemann und das Stokes Integral. Diese Integrale entsprechen den Eigenschaften putty und clay (siehe Kasten). Leider verwendet die neoklassische ökonomische Theorie nur die eindimensionale Differenzialrechnung, so dass zwar das Riemann Integral bekannt ist, nicht aber das Stokes Integral. Daher sind die Begriffe putty und clay in der Ökonomie bisher mathematisch nicht verankert.

Differenzialrechnung in zwei Dimensionen [5,6]

Im zweidimensionalen Raum existieren zwei verschiedene Differenzialformen, exakte oder vollständige und nicht exakte oder unvollständige Differenziale.

Clay: Das exakte Differenzial und das Riemann Integral

1. Das exakte Differenzial einer Funktion f(x, y) wird mit “d” markiert,

$$d\,f(x, y) = (\partial f / \partial x)\, d x + (\partial f / \partial y)\, d y \qquad (1)$$

$$\text{mit} \qquad \partial^2 f / \partial y\, \partial x = \partial^2 f / \partial x\, \partial y \qquad (2).$$

2. Das Integral einer exakten Differenzialformen heißt Riemann Integral, es ist fixiert durch die Integral Grenzen A and B, ist also eine „clay“ Funktion,

$$f(x, y) = \int df(x, y) = \int \{(\partial f / \partial x)dx + (\partial f / \partial y)dy\} \qquad (3).$$

3. Das geschlossene Riemann Integral (in der Ebene) ist immer gleich Null,

$$\oint df(x, y) = 0 \qquad (4).$$

Putty: Das nicht exakte Differenzial und das Stokes Integral

1. Das nicht exakte Differenzial wird mit “δ” markiert,

$$\delta\, g(x, y) = a(x, y)\, d x + b(x, y)\, d y \qquad (5)$$

$$\text{mit} \qquad \partial b / \partial x \neq \partial a / \partial y. \qquad (6).$$

2. Das Integral einer nicht exakten Differenzialform heißt Stokes Integral, es hängt von den Grenzen A and B und vom Integrationsweg (u) ab, ist also flexibel und eine putty Funktion,

$$g_u(x, y) = \int_u \delta g(x, y) = \int_u \{a(x, y)dx + b(x, y)dy\} \qquad (7).$$

3. Das geschlossene Stokes Integral (in der Ebene) ist niemals gleich Null,

$$\oint \delta g(x, y) \neq 0 \qquad (8).$$

1.3 Der integrierende Faktor

Ein nicht exakte Differenzial δg kann durch einen integrierenden Faktor 1/ λ in ein exaktes Integral überführt werden,

$$d\,f(x, y) = (1 / \lambda)\, \delta\, g \qquad (9)$$

In zwei Dimensionen existiert immer ein integrierender Faktor (λ).

Der natürliche Wirtschaftskreislauf nach Quesnay

Die Ökonomie behandelt die Verteilung von Gütern und Dienstleistungen in einer Gesellschaft. Als Vorbild diente den ersten Ökonomen die Versorgung der Zellen eines lebenden Körpers mit Nahrung. Das Modell des natürlichen Wirtschaftskreislaufs geht zurück auf den französischen Arzt und Ökonomen Françoise Quesnay (1694-1774) und knüpft an den geschlossenen Blutkreislauf des Menschen an, (Abbildung 1).

Im biologischen Modell des „natürlichen“ Produktionskreislaufes gehen die Bewohner eines Dorfes morgens aufs Feld, um zu arbeiten und bringen abends als Lohn die Feldfrüchte mit nach Hause. Arbeit und Konsumgüter sind direkt korreliert. Wer viel arbeitet, erntet viele Früchte. Wer wenig arbeitet, bringt auch nur wenige Früchte mit nach Hause. Arbeit und Feldfrüchte lassen sich in den gleichen Energieeinheiten messen, in Joule, Kilowattstunden oder Kalorien.

Eine wesentliche Leistung Quesnay´s besteht in der Transformation des linearen Produktionsverlaufs in einen Kreislauf, der sich täglich, monatlich oder jährlich wiederholen kann. Dies führt in der Ökonomie von der linearen Buchhaltung zu neuen mathematischen Methoden und wichtigen ökonomischen Erkenntnissen. Mathematisch ist dies ein erstes Beispiel für ein geschlossenes Stokes Integral.

Der moderne Wirtschaftskreislauf nach Fisher

Der moderne Wirtschaftskreislauf wird nach Irving Fisher (1867-1947) in Abbildung 2 dargestellt:

Arbeiter gehen aus den Haushalten z. B. in die Fabrik, und aus der Fabrik werden Konsumgüter wie Autos in die Haushalte geliefert. Diese sind aber nicht mehr der Lohn der Arbeit.

In einem zweiten, entgegengesetzten Kapitalkreislauf wird Lohn von der Industrie an die Haushalte gezahlt, und von den Haushalten werden Konsumkosten zurück an die Industrie überwiesen. Nach Fisher [7] misst der Kapitalkreislauf (δY) den Kreislauf der Produktion (δP). Dies lässt sich durch zwei putty Stokes Integrale darstellen:

$$\oint \delta Y = -\oint \delta P \qquad (10).$$

Arbeit wird mit Lohn, Konsumgüter mit Konsumkosten bezahlt.

Der erste Hauptsatz der Ökonomie

Die Äquivalenz von Geldkreislauf und Kreislauf der Produktion in Gl.(10) lässt sich interpretieren als erster Hauptsatz der Ökonomie:

$$\delta\, Y = d\, K - \delta\, P \qquad (11).$$

Die Differenzialformen des Einkommens (δ Y) und der Produktion (− δ P) in Gl. (11) sind gleich bis auf ein exaktes Differenzial (d K), dessen geschlossenes Integral nach Gl.(4) ja gleich Null ist. K stellt das Kapital des ökonomischen Systems dar. Die resultierende Gl.(11) lässt sich vergleichen mit dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik, $\delta Q = d E - \delta W$, dem Energiesatz von Wärme (δQ), Arbeit (δW) und innerer Energie ($d E$).

Gl.(11) bestätigt, was wir schon eigentlich wissen: Einkommen (δY) hängt von Kapital ($d K$) und Arbeit (δP) ab. Allerdings wird dies jetzt nicht mehr durch Worte, sondern wie in den Naturwissenschaften durch eine Differenzialgleichung ausgedrückt. Dabei ergibt sich, dass die Arbeit nicht wie im Solow Modell von der Zahl der Arbeiter (N), sondern von ihrer Produktion (δP) abhängt. Gleichzeitig definiert der erste Hauptsatz, welche ökonomischen Funktionen putty (δY und δP), und welche clay ($d K$) sind.

Der zweite Hauptsatz der Ökonomie

Ein nicht exaktes Differenzial (δY) lässt sich nach Gl.(9) durch einen integrierenden Faktor ($1/\lambda$) in ein exaktes Differenzial ($d F$) umwandeln,

$$d F = \delta Y / \lambda \qquad (12).$$

Jedes ökonomische System besitzt also eine Produktionsfunktion ($d F$). Sie ist, wie erwartet, eine clay Funktion. Die Bedeutung des integrierenden Faktors λ hängt vom ökonomischen System ab: Auf Märkten ist λ das mittlere Preisniveau, in Gesellschaften ist λ der Lebensstandard, in einer Volkswirtschaft das Pro Kopf Brutto Inland Produkt: λ = BIP / capita.

Der zweite Hauptsatz der Ökonomie entspricht dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, $d S = \delta Q / T$. Der Faktor T ist der integrierende Faktor des ersten Hauptsatzes und führt auf die Entropie S. Der Faktor T bedeutet Temperatur oder mittlere kinetische Energie der Teilchen.

Vom Solow Modell zur Ökonophysik

Gleichung (12) lässt sich umstellen nach δY

$$\delta Y = \lambda \; d F \qquad (13).$$

Wir erhalten jetzt die Antwort auf die beiden Fragen aus der Einleitung:

1. Wie werden clay und putty ökonomisch und mathematisch definiert?

Clay und putty werden durch die exakten und nicht exakten Differenziale des 1. und 2. Hauptsatzes definiert.

2. Wie löst sich der Widerspruch im Solow Modell: putty Y = clay F(K, N)?

Nach dem 2. Hauptsatz sind δY und $d F$ nicht gleich, sondern proportional. Die Eigenschaft putty steckt dann im Proportionalfaktor (λ).

Die Gleichungen des 1. und 2. Hauptsatzes der Ökonomie ersetzten die Gleichungen des Solow Modells in der neoklassischen Theorie. Sie entsprechen den Gleichungen der Thermodynamik (siehe Tabelle II) und rechtfertigen die Bezeichnung Makro-Ökonophysik. Die beiden Hauptsätze lassen sich auf alle ökonomischen Probleme anwenden. Im folgenden werden Produktion, Handel, Wirtschaftskreislauf, Geldkreislauf, Wachstum, Umwelt, Finanzmärkte, Finanzkrisen genauer untersucht.

Grundlage der Ökonophysik:

	Ökonomie			**Physik**
Y	Einkommen	↔	Q	Wärme
K	Kapital	↔	E	Energie
P	Produktion	↔	W	Arbeit
F	Produktionsfunktion	↔	S	Entropie
λ	Lebensstandard	↔	T	Temperatur
π	Zustandsgleichung	↔	p	Druck
N	Zahl der Arbeiter	↔	N	Partikel Zahl
F	Produktionsfunktion	↔	S	log (Wahrscheinlichkeit)
L	Lagrange Funktion	↔	F	Freie Energie

Äquivalenz von Ökonomie und Thermodynamik

Produktion und Entropie nach Georgescu-Roegen

Aus der Kombination der beiden Hauptsätze Gl.(11) und (12) folgt

$$\delta P = d K - \lambda d F \qquad (14).$$

1. Produktion (δ P) erzeugt Kapital (d K). Arbeit und Produktion sind die Grundlage der Kapitalerwerbs.
2. Nach Georgescu-Roegen [8] ist die Produktionsfunktion (F) verknüpft mit der Entropie, (δ P) bedeutet Verminderung der Entropie (- d F), dem Maß für Unordnung eines Systems. Arbeiten heißt Ordnung machen. Das weiß nicht nur jede Hausfrau, das gilt auch für Industriearbeit.

Abbildung 3 zeigt die Produktion eines Autos aus vielen Teilen, die alle richtig miteinander verbunden werden müssen. Die Produktion verringert ständig die Zahl der Möglichkeiten (Entropie), alles falsch zu machen, bis das Produkt fertig gestellt ist. Technischer Fortschritt ist Vereinfachung, die Reduktion eines Produktionsprozesses auf das Wesentliche. Das gilt für die Produktion von Autos, Computern, Maschinen, usw. Das selbe gilt auch für geistige Arbeit, jede Produktion bedeutet ordnen und Reduktion der Entropie: Architektur ist Ordnen von Bauelementen durch Baupläne, Firmen planen Projekte, Mediziner bringen einen kranken Körper wieder in Ordnung, Lehrer ordnen die Gedanken ihrer Schüler, Wissenschaftler versuchen, die Phänomene der Natur einzuordnen.

Der Wirtschaftskreislauf nach Carnot und Marx

Der moderne Kreislauf der Wirtschaft nach Fisher in Abbildung 2 lässt sich am Beispiel europäischer Kohleimporte aus Südafrika erklären. Der Kreislauf entspricht ökonomisch den Vorstellungen von Karl Marx [9] im

„Kapital“ und physikalisch dem Carnot Prozess eines Motors oder einer Wärmepumpe, Abbildung 4 und 5.

1. Der Produktionskreislauf (δP).

λ_1 : Preisniveau der Steinkohle in Südafrika

λ_2 : Preisniveau der Steinkohle in Europa

$\Delta F > 0$: Positive Änderung der Entropie = Verteilung (von Steinkohle)

$\Delta F < 0$: Negative Änderung der Entropie = Sammeln (von Steinkohle)

Der Produktionskreislauf verläuft von $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4$

$4 \rightarrow 3$: Steinkohle wird von den Gruben in Kapstadt gesammelt, $\Delta F < 0$.

$3 \rightarrow 2$: Steinkohle wird von S.A. nach Europa gebracht, $\Delta\lambda > 0$, $\Delta F = 0$.

$2 \rightarrow 1$: Steinkohle wird an die Verbraucher ausgeliefert, $\Delta F > 0$.

$1 \rightarrow 4$: Europa liefert Autos nach Südafrika, $\Delta F = 0$.

2. Der Geldkreislauf

Auch der Geldkreislauf (δ Y) der Abbildung 2 lässt sich am Beispiel europäischer Kohleimporte aus Südafrika in Abbildung 4 erklären:

λ_1 : Preisniveau (in Rand) in Südafrika

λ_2 : Preisniveau (in Euro) in Europa

$\Delta F > 0$: Positive Änderung der Entropie = Verteilung (von Geld)

$\Delta F < 0$: Negative Änderung der Entropie = Sammeln (von Geld)

Der Geldkreislauf verläuft von $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$

$1 \rightarrow 2$: Geld (€) wird von den Verbrauchern der EU. gesammelt, $\Delta F < 0$.

$2 \rightarrow 3$: Geld wird von der EU nach S. A. transferiert, $\Delta\lambda > 0$, $\Delta F = 0$.

$3 \rightarrow 4$: Geld (Rand) wird an die Arbeiter in S.A. ausbezahlt, $\Delta F > 0$.

$4 \rightarrow 1$: Geld (Rand) wird für Waren der EU (Autos) transferiert, $\Delta F = 0$.

Nach Gl.(1) verlaufen Produktions- und Geldkreislauf entgegengesetzt. Der Produktionskreislauf verläuft von $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4$, der Geldkreislauf von $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$.

Der Wirtschaftskreislauf nach Carnot in Abb. 4 und 5 ist Grundlage für alle ökonomischen Unternehmungen, für Haushalte, Produktion, Binnen- und Außenhandel, Banken, sowie alle Aktivitäten einer Volkswirtschaft.

Eine anschauliche Animation findet zu Abbildung 5 sich unter:
http://fb6www.uni-paderborn.de/ag/ag-mim/animationen.htm.

Handel auf den Robinson Inseln

Handel ist nach Gleichung (14) Kapital Erwerb durch billigen Einkauf (Sammeln mit $d F < 0$) und möglichst teuren Verkauf (Verteilen, $d F > 0$) von Waren. Der Geldkreislauf verläuft umgekehrt. Gutes (viel) Geld wird eingesammelt, ($d F < 0$), billiges (geringes) Geld wird verteilt, ($d F > 0$).

Bei Handel ohne Geld ist der Handel mit unterschiedlichen Waren wichtig. „Man kann sich nicht gegenseitig die Haare schneiden und damit Geld verdienen wollen“[10]. Zwei Marktfrauen, die beide Spargel verkaufen, können kein Tauschgeschäft miteinander machen, Die Entropieänderung ist dann gleich Null, (d F = 0). Entsprechend können zwei Länder nur dann miteinander Handel treiben, wenn sie unterschiedliche Produkte produzieren.

Die Animation Handel.lnk zeigt den in der Ökonomie beliebten Handel auf Robinsoninseln. Die Passagiere eines untergehenden Schiffes retten sich auf drei Inseln, zwei schwimmen auf eine Bananeninsel, zwei auf eine Kokosnuss Insel und einer rudert mit dem Rettungsboot auf einen Felsen. Während die Inselbewohner ohne zu arbeiten von ihrem neuen Kapital leben können (d Y = d K), muss der Felsenbewohner arbeiten und mit seinem Boot Handel treiben (d Y = - d P). Er tauscht eine Muschel gegen eine Kokosnuss, isst diese aber nicht auf, sondern rudert auf die Bananeninsel und tauscht sie dort gegen drei Bananen. Diese tauscht er wieder gegen 9 Kokosnüsse. Der Wert der Ware sinkt, je mehr davon auf den Inseln vorhanden ist. Aber erst, wenn alle Waren gleichmäßig verteilt sind, wenn die Mischentropie ihr Maximum erreicht (d F = 0), hört der Handel auf und beginnt erst wieder am nächsten Tag, wenn die Waren verzehrt sind.

Ökonomisches Wachstum

Der Carnot Prozess eines Motors benötigt innen und außen zwei unterschiedliche Temperaturen. Die bei jedem Umlauf erzeugte Wärme fließt nach innen und nach außen. Man kühlt den Motor außen, um zwei möglichst unterschiedliche Temperaturen und einen hohen Wirkungsgrad zu erhalten. Wenn es bei Ausfall der Kühlung der Motor außen zu warm wird, sinkt die Motorleistung, der Motor läuft heiß..

Entsprechend benötigt und erzeugt der Carnot Prozess der Wirtschaft in Farmen, Firmen, Fabriken, Volkswirtschaften und Gesellschaften immer zwei unterschiedliche Einkommensniveaus, die sog. „Schere“ zwischen arm und reich, zwischen Chef und Angestellten, Kapital und Arbeit, erster und dritter Welt. Aber beide Gruppen zusammen bilden das ökonomische System. Daher müssen sich beide Seiten einigen, wie der ökonomische Gewinn nach jedem Kreislauf verteilt werden soll, damit beide Seiten wachsen, die Schere aber nicht zu groß wird. Dies geschieht in der Produktion periodisch zwischen Gewerkschaften und Arbeitgebern und im Handel international bei Welthandelskonferenzen. In der Ökonomie wird dies mit der Spieltheorie untersucht.

Im Carnot Prozess erhält die untere/ärmere/kältere Seite $Y_1 = C$ den Anteil p des Gewinns und die obere/reichere/wärmere Seite $Y_2 = Y$ den Anteil (1 – p).

$$C = Y_1(t) \quad \text{und} \quad Y = Y_2(t): \tag{15}$$

$$d\,Y_1(t) = \quad p\ (Y_2 - Y_1)\,d\,t \tag{16}$$

$$d\,Y_2(t) = (1-p)\,(Y_2 - Y_1)\,d\,t \tag{17}$$

$$Y_1(t) = Y_{10} + p\,[Y_{20} - Y_{10}]\ [\exp((1-2p)t) - 1]\ /(1-2p) \tag{18}$$

$$Y_2(t) = Y_{20} + (1-p)\,[Y_{20} - Y_{10}]\ [\exp(1-2p)\,t) - 1]\ /(1-2p) \tag{19}$$

Wenn beide Seiten ihren Anteil jeder für sich wieder investieren, werden beide Seiten mit jedem Zyklus wachsen. Wir erhalten dann ein gekoppeltes Gleichungssystem. Je nach Verteilung des Gewinnanteils (p) kann es zu gemeinsamem Wachstum oder zu einer Schere zwischen arm und reich kommen.

Die Lösungen (siehe Kasten) können für alle Systeme angewendet werden, für Arbeitnehmer und Arbeitgeber, für Gewerkschaft und Industrie, für Handel treibende Staaten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6 dargestellt. Für $p \neq 0{,}50$ ist das ökonomische Wachstum beider Seiten exponentiell. Es ergeben sich drei Fälle:

1. Das Wirtschaftwunder

In Abb. 6 gibt es zwei überraschende Ergebnisse:

1. Ein Anteil von p = 10% ist für Arbeitnehmer auf lange Sicht vorteilhafter als ein Anteil von p = 25%. Bei einem Arbeitnehmer Anteil von p = 0,10 wächst die Industrie viel schneller als bei einem Anteil von p = 0,25. Durch die gekoppelten Differenzialgleichungen haben auch die Arbeitnehmer einen Anteil am Aufschwung und wachsen dann nach einiger Zeit schneller, als wenn sie gleich mit 25 % bei jedem Zyklus am Gewinn beteiligt sind! Dies konnte in Japan und Deutschland nach dem Krieg als Wirtschaftwunder beobachtet werden. Geringe Löhne bei guter Konjunktur brachten nach einer Wartezeit ein plötzliches Ansteigen des Lebensstandards in den ´60 Jahren. Eine ähnliches Ergebnis ist in China zu erwarten.

Abbildung 7 zeigt das ökonomische Wachstum von China und USA zwischen 1990 und 2005. Die Differenz des pro Kopf BIP in China und USA sehr hoch, der ökonomische Motor läuft sehr gut, alle beteiligten Länder ziehen einen großen Profit aus dem Handel mit China, das BIP pro Kopf wächst in beiden Ländern exponentiell.

2. „Fair Deal“

Die zweite Überraschung ergibt sich für p = 0,50. Man könnte erwarten, dass die Gleichverteilung des Gewinns auf beide Beteiligte, der „fair deal“, die optimale Verteilung sein sollte. Aber das Gegenteil ist der Fall. Der „fair deal“ führt zu linearem Wachstum und damit zu einer unbefriedigenden

Lösung für beide Seiten, wie dies in Abbildung 6 deutlich wird. Zunächst ist bei p = 0,50 der Gewinn für die ärmere Seite deutlich größer als bei p = 0,25, aber schon nach kurzer Zeit ist das lineare Wachstum deutlich geringer als das exponentielle Wachstum für p = 0,10 oder p = 0,25.

3. Wachstumsgrenzen

Für jeden Wert von p oberhalb p = 0,50 nimmt das Wirtschaftswachstum ab. Bei p = 0,75 in Abbildung 8 erreichen Y_2 und Y_1 Wachstumsgrenzen. Nachdem Japan und Deutschland einen großen Anteil an eigenen Produktionsstätten und am Gewinn im Amerika Handel haben, ist der Faktor auf über p = 0,50 gewachsen. Der Lebensstandard, das BIP pro Kopf ist in USA und Japan gleich, der ökonomische Motor in Abbildung 9 läuft heiß.

Finanzmärkte und Krisen

Auch die Gewinne der Finanzmärkte werden durch den 1. Hauptsatz bestimmt, $\delta Y = dK - \delta P$. Finanzielle Gewinne (δY) sind putty, sie ergeben sich aus Investitionen in Kapital (clay) und Produktion (putty). Aber das Stokes Integral

$$\oint dK = 0 \tag{20}$$

führt auf Null Wachstum im Kapitalmarkt. Kapital alleine kann kein Kapital erzeugen, sondern nur umverteilen. Für Investitionen in den Kapitalmarkt gelten die Regeln des Roulettspiels. Durch spezielle Strategien (wie Verdoppelung des Einsatzes bei Verlust) kann man beim Roulett eine Weile lang gewinnen. Die Wahrscheinlichkeit für eine n-malige Verlustserie ist $w(n) = 2^{-n}$, aber irgendwann tritt diese Serie ein und fordert einen Einsatz, der das Kapital des Spielers übersteigt und zur Krise führt. Auf dem internationalen Finanzmarkt hat dies 80 Jahre gedauert, von 1929 bis 2009.

Nur Investitionen in die Produktion führen zu gesamtwirtschaftlichem Gewinn. Diese Ergebnisse lassen sich am US Börsenindex Dow Jones ablesen. Langfristige Investitionen in den US Index zielen auf Produktion (δP). Sie sind putty und erwirtschafteten dem geduldigen Anleger zwischen 1940 und 2000 einen mittleren jährlichen Gewinn von 7 %, Abbildung 10.

Kurzfristige Investitionen zielen auf Kapitalgewinne (dK). Diese sind als Abweichungen vom mittleren Gewinn in Abbildung 10 immer größer als Gewinne aus der Produktion. Aber sie sind clay, sie zeigen eine symmetrische Verteilung von Gewinn und Verlust und führen nur zu einer Umverteilung des Kapitals, Abbildung 11.

Aber obgleich Investitionen in Kapital nicht zum allgemeinem Wachstum beiträgt, ist die private Gewinnsucht, Risikofreude und Ungeduld reicher Anleger so groß, dass sie die Finanzmärkte beherrschen und immer wieder Krisen verursachen werden! Hier muss der Staat - ähnlich wie der

Mechaniker beim defekten Motor – eingreifen und durch bessere Bank- und Finanzgesetze sowie Transfersteuern die Spielsucht der „Big Player“ in Grenzen halten.

Zusammenfassung

In der Ökonomie lassen sich viele Funktionen wie Gewinn oder Einkommen nicht von vornherein berechnen, diese Funktionen heißen putty und lassen sich durch Stokes Integrale darstellen. Die Anwendung von Stokes Integralen auf den modernen Wirtschaftskreislauf nach Fisher führt auf zwei Hauptsätze der Ökonomie, die denen in der Thermodynamik entsprechen. Mit diesen Gleichungen lassen sich die Mechanismen von Produktion, Handel, Wirtschaftskreislauf, Geldkreislauf, Wachstum, Finanzmärkte und Finanzkrisen modellieren.

Literaturzitate

[1] R. N. Mantegna, and H. E. Stanley, *Introduction to Econophysics. Correlations and Complexity in Finance*. Cambridge University Press (2000)

[2] J. Mimkes, *Stokes integral of economic growth. Calculus and the Solow model*. Physica A 389 (2010) 1665_1676

[3] J. Mimkes, in *Econophysics & Sociophysics: Trends & Perspectives* Bikas K. Chakrabarti, Anirban Chakraborti, Arnab Chatterjee (Eds.) WILEY-VCH Verlag, Weinheim, Germany (2006)

[4] Solow, A R. M., Contribution to the Theory of Economic Growth, The Quarterly Journal of Economics, 70 (Feb. 1956) 65-94

[5] H. Cartan., *Differential Forms,* Dover Publications; (2006)

[6] Flanders, H., *Differential Forms with Applications to the Physical Sciences*, Dover Publications Inc. (1990)

[7] I. Fisher, Elementary Principles of Economics, McMillan (1912) N.Y, S. 18.

[8] N. Georgescu-Roegen, *The entropy law and the economic process,* Cambridge, Mass. Harvard Univ. Press, (1974)

[9] K. Marx, Das Kapital, Kröner, (1957)

[10] H.-O. Henkel, BDI-Präsident, Iserlohner Zeitung am 30. 11.1995.

Abbildungsunterschriften

Abb. 1. Das Modell des „natürlichen“ Kreislaufs der Wirtschaft ohne Handel: Die Arbeit der Bewohnern geht vom Dorf in die Felder. Als Lohn kommen Früchte vom Feld in das Dorf. Dieser Vorgang wiederholt sich zyklisch.

Abb. 2. Moderner Kreislauf der Wirtschaft nach I. Fisher: Im Produktionskreislauf gehen Arbeiter von zu Hause in die Fabrik. Von der Fabrik werden Autos als Konsumgüter in die Haushalte geliefert. Aber die Konsumgüter sind nicht mehr der Lohn der Arbeit. In einem zweiten entgegengesetzten Geldkreislauf wird Lohn von der Fabrik an die Haushalte gezahlt. Von den Haushalten werden Konsumkosten an die Fabrik überwiesen. Dieser Vorgang wiederholt sich wieder zyklisch.

Abb. 3. Produktion (δ P) bedeutet Reduktion von Unordnung (Entropie d F) der Bauelemente an Hand eines Bauplans (d E).

Abb. 4 zeigt den Geld- und Produktionskreislauf in der $\lambda - F$ Ebene. Das Einkommen entspricht $Y = \lambda_2 \Delta F$, die Kosten $C = \lambda_1 \Delta F$. Der Gewinn als Differenz ergibt das zentrale Rechteck $S = \Delta\lambda \, \Delta F$. Abbildung 4 lässt sich auf den Produktionskreislauf und auf den Geldkreislauf anwenden.

Abb. 5 zeigt den Geld- und Produktionskreislauf in der $\lambda - F$ Ebene. Das λ_1 Niveau entspricht dem Lebensstandard in Südafrika (3000 US $/C), das λ_2 Niveau dem Lebensstandard in Europa (12000 US $/C).

Abb. 6. Ökonomisches Wachstum eines Wirtschaftsystems mit zwei Partnern (Kapital und Arbeit). Der ärmere Partner (Y_1) erhält den Gewinnanteil p, der reichere Partner (Y_2) den Anteil (1-p).

Abb. 7. Ökonomisches Wachstum zweier ungleicher Partner (China und USA). Der ökonomische Motor zwischen China und USA bzw. Den westlichen Staaten ist sehr effizient, die Differenz des pro Kopf BIP in China und USA sehr hoch [World Factbook, USA, 2006].

Abb. 8. Die Einkommensentwicklung eines ökonomischen Systems aus zwei Partnern bei p = 0,75 erreicht eine Wachstumsgrenze.

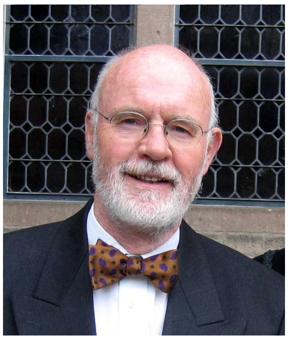
Abb. 9. Die Entwicklung des Lebensstandards (BIP / Person) in USA und Japan zwischen 1980 und 2000. [World Factbook, USA, 2004].

Abb. 10.: Eine langfristige Investition in den (US) Börsen Markt ist putty und entspricht der Investition in die Produktion (δ P) mit einer positiven Bilanz von jährlich 7 % Gewinn. (www.analyzeIndices.com)

Abb. 11. Eine kurzfristige Investition in den (US) Börsen Markt ist clay und entspricht der Investition in den Kapitalmarkt (d K). Die Verteilung von Gewinn und Verlust ist symmetrisch. (www.analyzeIndices.com)

Der Autor

Jürgen Mimkes, geb. 1939 in Berlin, Physikstudium in Göttingen, Promotion 1967 TU Berlin. Seit 1977 Prof. für Experimentalphysik, 1991 bis 1993 Dekan. des Fachbereichs Physik, Universität Paderborn. Mitbegründer des Fachverbandes „Physik sozio-ökonomischer Systeme" der DPG. Seit 2004 im Ruhezustand.



Anschrift:
Prof. Dr. Jürgen Mimkes,
Physik Department der Universität, 33096 Paderborn,
Juergen.Mimkes@uni-paderborn.de
http://fb6www.uni-paderborn.de/ag/ag-mim/ag-mim.htm

Abbildungen

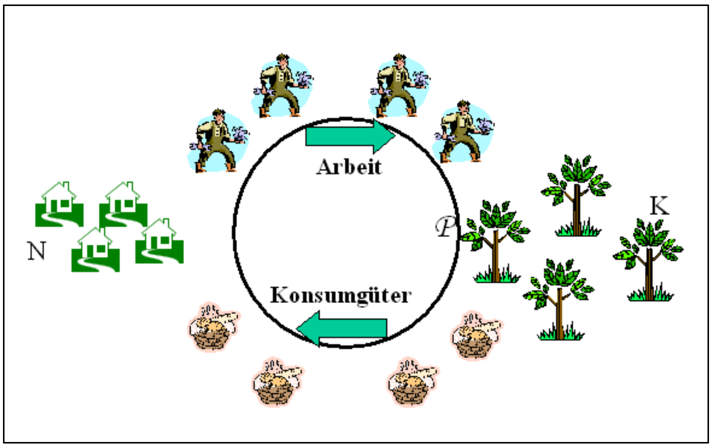


Abb. 1.

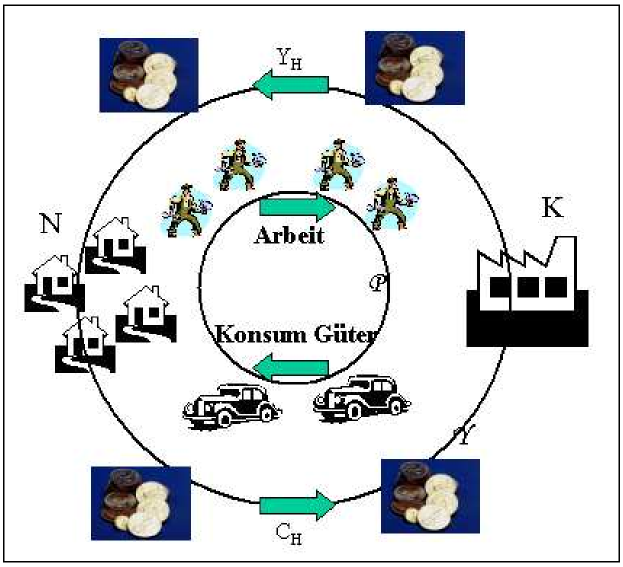


Abb. 2.

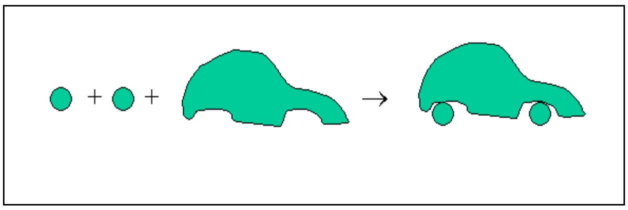
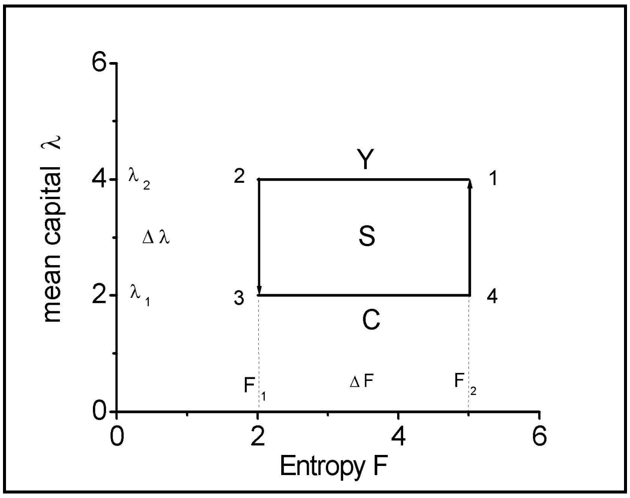
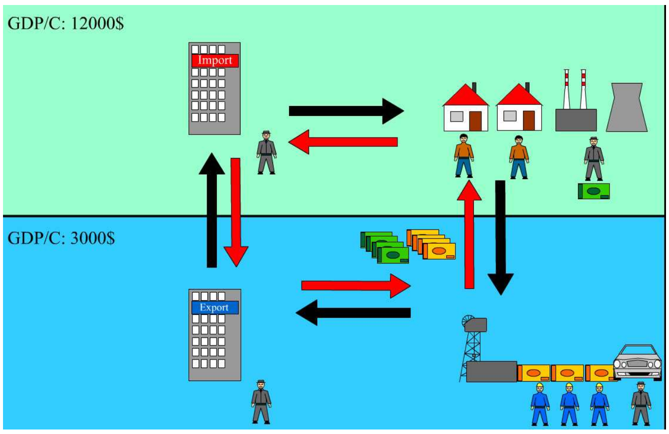


Abb. 3.



mean capital λ
Entropy F
Y
S
C
1
2
3
4
λ 2
Δ λ
λ 1
F 1
Δ F
F 2
0
2
4
6
0
2
4
6

Abb. 4



GDP/C: 12000$
GDP/C: 3000$
Import
Export

Abb. 5

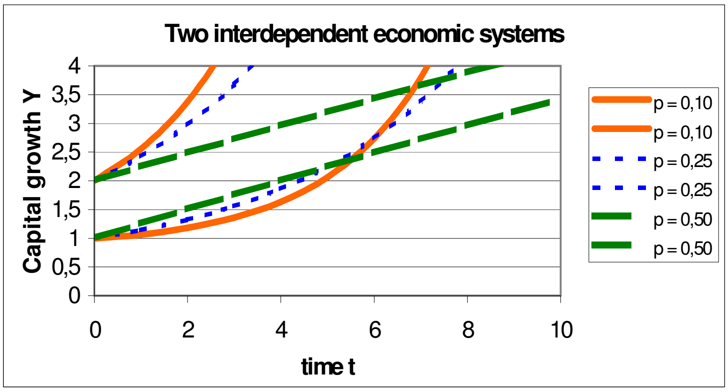

Two interdependent economic systems
Capital growth Y
time t
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
2
4
6
8
10
p = 0,10
p = 0,10
p = 0,25
p = 0,25
p = 0,50
p = 0,50

Abb. 6.

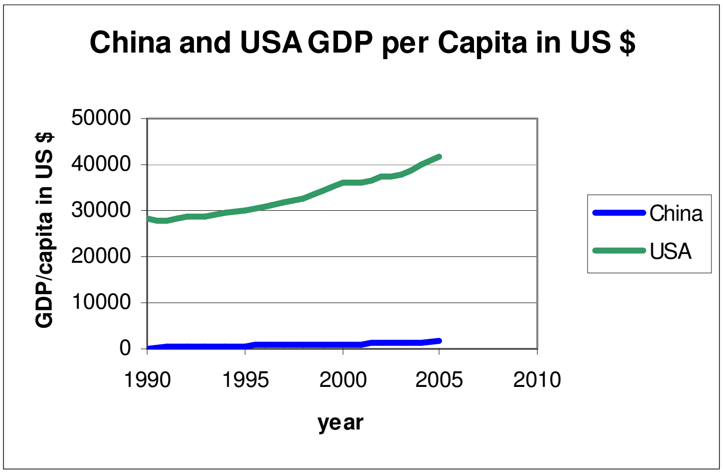

China and USA GDP per Capita in US $
GDP/capita in US $
year
50000
40000
30000
20000
10000
0
1990
1995
2000
2005
2010
China
USA

Abb. 7.

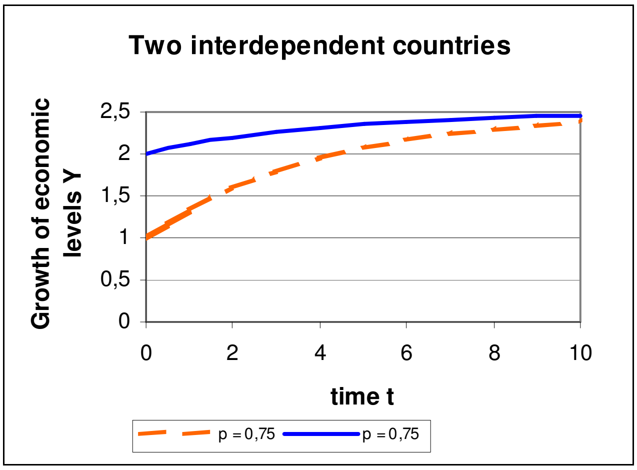

Two interdependent countries
Growth of economic levels Y
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
2
4
6
8
10
time t
p = 0,75
p = 0,75

Abb. 8.

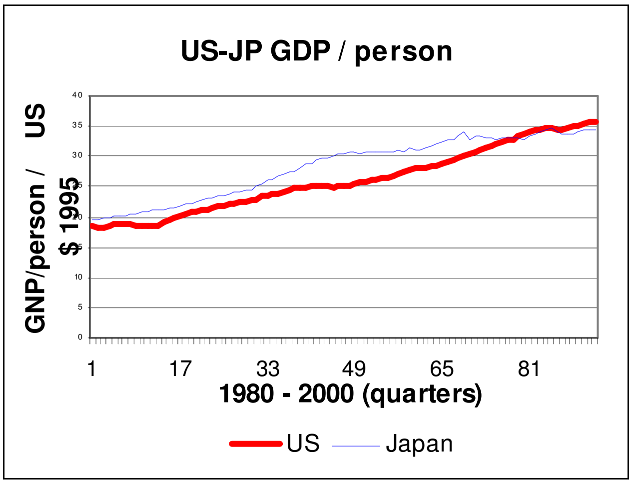

US-JP GDP / person
GNP/person / US $ 1995
40
35
30
10
5
0
1
17
33
49
65
81
1980 - 2000 (quarters)
US
Japan

Abb. 9.


AnalyzeIndices.com
10000
1000
100
1900
1920
1940
1960
1980
2000

Abb. 10.:

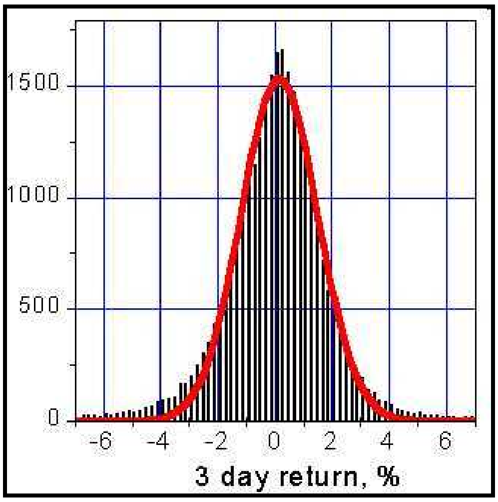

1500
1000
500
0
-6
-4
-2
0
2
4
6
3 day return, %

Abb. 11.