

Carl Christian von Weizsäcker

Böhm-Bawerks temporale Kapitaltheorie: ihre Modernisierung und ihre heutige
Aktualität

-Vortrag beim Dogmenhistorischen Ausschuss des VfS, Wien 16. Mai 2014-

Fassung vom 24. April 2014

Zusammenfassung. Der grundsätzliche Ansatz von Böhm-Bawerks temporaler Kapitaltheorie wird mittels moderner modelltheoretischer Methoden gerechtfertigt. In einem Allgemeinen Gleichgewicht ist der durchschnittliche zeitliche Vorlauf der Arbeitsleistungen vor den Konsumgüteroutputs auf der Produktionsseite gleich dem durchschnittlichen zeitlichen Vorlauf des Arbeitsangebots der Haushalte vor ihrem Konsum. Je nach den Parameterwerten ist im Gleichgewicht der Realzins positiv oder auch negativ.

A

Autobiographische Vorbemerkung

Böhm-Bawerks Zinstheorie war meine Initiationsprüfung in das Gebiet der theoretischen Nationalökonomie. Das kam so: ich studierte im ersten Universitäts-Semester nach meinem Abitur an der Universität Zürich, immatrikuliert als Student der Rechte. Das war im Sommer 1957. Von zuhause hatte ich den Rat mitbekommen, das erste Semester dafür zu verwenden, mich "umzuhören". So besuchte ich - angesichts des schönen Wetters und des verlockenden Sees nicht regelmäßig – Vorlesungen im Privatrecht, im Völkerrecht (Kägi), in der Soziologie (von Schelting), in der Geschichte (von Muralt), in der Germanistik (Emil Staiger), in der Angewandten Mathematik (Hans Künzi), in der Betriebswirtschaftslehre, sowie in der Volkswirtschaftslehre (Jürg Niehans und Friedrich Lutz). Bei aller Faszination für Geschichte, Germanistik, Soziologie etc begeisterte mich die Vorlesung von Friedrich Lutz über "Preistheorie" am meisten. So beschloss ich, von der Juristerei umzusatteln auf die Nationalökonomie. Ich kaufte mir neben dem Lehrbuch von Erich Schneider auch das gerade frisch herausgekommene Buch von Friedrich Lutz über "Zinstheorie". Nicht nur das Faktum, dass sein Verfasser mein Professor war, sondern auch das Thema, der Zins, verlockten mich zu

diesem Kauf. Das erste Kapitel dieses Buches handelte von Eugen von Böhm-Bawerks temporaler Zinstheorie. Spätere Kapitel gingen dann über Wicksell, Irving Fisher, Gustav Cassel und so weiter, bis schließlich auch die monetären Phänomene und John Mainard Keynes behandelt wurden. Aber, was vor allem von dieser Lektüre hängen blieb, war das erste Kapitel über Böhm-Bawerk; vielleicht auch deshalb, weil ich als Student des ersten Semesters die späteren Kapitel noch nicht wirklich begreifen konnte. Insbesondere die monetären Theorien fand ich unverständlich. (Vielleicht hat sich das auch bis heute nicht geändert).

Was mich insbesondere zu Böhm-Bawerk hinzog, war meine Intuition, dass das zu erklärende Phänomen, der Zins, eine inhärent "zeitbezogene" Größe ist - bekanntlich mit der Dimension "1/Zeiteinheit"- und dass deshalb eine "temporale" Theorie, wie die Böhm-Bawerks der Wahrheit nahe kommen sollte. Der Zins als arbeitsloses Einkommen als Preis für "Zeit"?

Mein Weg als Theoretiker ging dann allerdings bald nicht in die Tiefen der verschiedenen kapitaltheoretischen Kontroversen. Ein Seminar, nunmehr in Hamburg bei Karl Schiller in meinem dritten Semester, über "Kapitaltheorie" zeigten mir zweierlei. Erstens: ich habe inzwischen diesen Stoff besser verstanden als Karl Schiller. Zweitens: vieles von dem, was in der Kapitaltheorie behandelt wird, ist "Scholastik", was für mich damals ein negativ besetzter Begriff war. "Grau, teurer Freund, ist alle Theorie; und grün allein des Lebens goldner Baum" will uns Mephisto, alias Faust lehren. Und in der Kommerzstadt Hamburg war dieses Leben, dieser goldene Baum für einen Volkswirt mit Händen zu greifen: Wachstum, Wachstum und nochmal Wachstum! Mit meinem Kommilitonen Wolfgang Michalski, später wichtiger Ökonom im Stab der OECD in Paris, begeisterte ich mich für das Phänomen des wirtschaftlichen Wachstums; damals in der Bundesrepublik bei 6 Prozent und mehr pro Jahr. Mir fiel dabei auf: die Wachstumsrate des Sozialprodukts hat dieselbe Dimension wie der Zinssatz. Es ist also eine sinnvolle Aussage, wenn man sagt: "der Zinssatz ist höher als die Wachstumsrate" oder: "der Zinssatz ist gleich der Wachstumsrate". Ich geriet zu der Auffassung: das wirtschaftliche Wachstum ist ganz entscheidend für die Erklärung eines positiven Realzinses. Und das hatte mein Held Eugen von Böhm-Bawerk noch nicht gesehen, so schien es mir. Durch Karl Schiller wurde ich immerhin aber auf die Bedeutung von Josef Schumpeter für das Thema Wachstum hingewiesen. Dennoch war ich im Disput

zwischen Schumpeter und Böhm-Bawerk analytisch ganz auf der Seite Böhm-Bawerks.

Hieraus erwuchs meine Beschäftigung mit dem Zustand einer Volkswirtschaft, in dem Zinssatz und Wachstumsrate gleich groß sind. Es entstand die Idee für das, was dann später von Phelps die Golden Rule of Accumulation genannt wurde. Dies war auch die Basis für meine Promotion in Basel zum Dr. phil.; bei Gottfried Bombach und Edgar Salin. Das Faktum, dass ich Robert Solow über den Atlantik hinweg zeigen konnte, dass ich ein unabhängiger Ko-Entdecker der Golden Rule war, brachte mir eine Einladung ans MIT ein, wo ich dann mit der modernen Kapitaltheorie in Berührung kam, wie sie insbesondere von Paul Samuelson und Robert Solow gerade damals entwickelt wurde: Factor-Price Frontier, Turnpike Theorem, etc., sowie Theorie des optimalen Wirtschaftswachstums. Böhm-Bawerk trat zeitweise auch für mich in den Hintergrund. Das änderte sich später wieder, als die Cambridge-Cambridge-Kontroverse ihren Höhepunkt mit der sogenannten Re-Switching-Debatte fand. Durch das Reswitching-Phänomen wurde die Idee des homogenen Kapitalstocks und der monoton vom Zinssatz abhängigen Kapitalintensität diskreditiert. Aber mir fiel auf, dass es ein Substitutionstheorem in der Kapitaltheorie gibt: steigt der Zinssatz, dann geht durch Switching die (geeignet gemessene) durchschnittliche Produktionsperiode zurück. Aus dieser Erkenntnis, die ich dann in meinem Buch "Steady State Capital Theory" 1971 publiziert habe, kam ich zu Böhm-Bawerk zurück.

Das Versagen der vorherrschenden Makroökonomie in der Finanzkrise seit 2007 hat mich bewegt, mich erneut mit der temporalen Kapitaltheorie in der Tradition Böhm-Bawerks zu beschäftigen.

B

Die drei Gründe Böhm-Bawerks für eine Minderschätzung künftiger Güter.

Ich werde mich auch in der Darstellung der Böhm-Bawerkschen Theorie moderner Terminologie bedienen. Böhm-Bawerk kristallisiert drei Gründe heraus, weshalb in einem gesamtwirtschaftlichen Gleichgewicht künftige Güter einen geringeren Wert haben als gegenwärtige Güter. Dieser Minderwert ist dem äquivalent, was wir mit einem positiven Realzins meinen. Es ist damit schon bei Böhm-Bawerk erkannt, dass der Zins nicht nur ein Preis ist, sondern

auch ein Preisverhältnis angibt, nämlich dasjenige zwischen dem Gegenwartspreis eines heute verfügbaren Gutes und dem Gegenwartspreis eines erst künftig verfügbaren Gutes.

Der erste Grund für die Minderschätzung künftiger Güter ist “die Verschiedenheit des Verhältnisses von Bedarf und Deckung in den verschiedenen Zeiträumen“. Dieser Grund führt nach Böhm-Bawerk zu einem Disagio für künftige Güter relativ zu gleichartigen heutigen Gütern, weil es zwar möglich ist, durch Lagerhaltung heutige Güter in künftige zu transformieren, der umgekehrte Vorgang jedoch unmöglich ist. Ein Gut, das 1:1 aus einem anderen hergestellt werden kann, hat in einer arbitragefreien - also gleichgewichtigen - Situation einen Preis, der nicht höher ist als der Preis des Gutes, aus dem es hergestellt werden kann. Wenn zudem die Umkehrung nicht gilt, dann mag der Preis des hergestellten Gutes sogar niedriger sein als der Preis des anderen Gutes.

Der zweite Grund für die Minderschätzung künftiger Güter ist die “Unterschätzung künftiger Bedürfnisse im Verhältnis zu heutigen“, also das, was später von Irving Fisher als “time preference“ bezeichnet worden ist.

Der dritte Grund ist die “Mehrerergiebigkeit längerer Produktionsumwege.“ Diese führt dazu, dass Produktionsfaktoren, die früher verfügbar sind, bei der Herstellung künftiger Güter eine größere Produktivität (“Ergiebigkeit“) aufweisen, weil man bei ihrer Verwendung längere Produktionsumwege einschlagen kann.

Akzeptiert man die drei Gründe Böhm-Bawerks, dann kann man ohne Schwierigkeit ein stationäres Allgemeines Gleichgewicht hinschreiben, das sich durch einen positiven Realzins auszeichnet. Ich werde das hier im Detail nicht tun, weil es sich ohnehin um einen Spezialfall des später zu behandelnden Modells handelt. Unterstellt man unendlich lang lebende Menschen (oder vielleicht unendlich lang lebende Familien, bei denen die Kinder zu bestimmten Zeitpunkten die Rolle der Eltern übernehmen), die im Gleichgewicht jedes Jahr denselben Warenkorb konsumieren und dieselbe Menge an (Lohn-)Arbeit anbieten, dann führt der zweite Grund, die “time preference“ dazu, dass der Realzins positiv sein muss. Er ist dann sogar ein Gradmesser für die Höhe der Fisherschen Zeitpräferenz oder “Ungeduld“. Die Höhe des Vermögens des repräsentativen Haushalts in dieser Volkswirtschaft bemisst sich dann danach,

wie viel Kapital der Produktionssektor nachfragt, wenn der Zins dieser Zeitpräferenzrate entspricht. Diese Kapitalmenge wird bestimmt durch den Punkt, bei dem die marginale "Mehrerergiebigkeit des Produktionsumweges" (der Produktionsumweg in einer bestimmten Weise gemessen) genau diesem Zinssatz entspricht.

Schon Knut Wicksell erkannte, dass der Zinssatz keine "Grenzproduktivität des Kapitals" abbildet, da eine Veränderung der Produktionsverfahren zugleich die relativen Preise der Güter verändert, mit der Folge, dass auch der Wert des Kapitalstocks nicht nur durch dessen physische Veränderung, sondern auch durch Veränderung der relativen Preise tangiert wird. Das ist der in der Kapitaltheorie so genannte „Wicksell-Effekt“. Was allerdings lange nicht erkannt wurde, ist die Tatsache, dass in einem solchen stationären Modell (aber auch generell in Steady State Modellen), der Zinssatz ein Indikator für die marginale Mehrerergiebigkeit eines längeren Produktionsumweg ist, sofern man eine adäquate Methode zur Messung des Produktionsumwegs verwendet und sich auf eine Situation beschränkt, in der der Zinssatz gleich der Wachstumsrate ist. Zum Nachweis im Rahmen eines allgemeineren Modells s. unten.

Interessant ist, dass in *diesem* stationären Modell die Höhe des Zinssatzes *allein* von der Höhe der Fisherschen time preference abhängt. Sie wird somit ausschließlich durch den zweiten Böhm-Bawerkschen Grund bestimmt. Was ist dann mit den beiden anderen Gründen? Der erste Grund wird in diesem Modell neutralisiert durch die Annahme eines zeitinvarianten Konsum- und Freizeitbedürfnisses der Bürger. Daher gibt es keine "Verschiedenheit des Verhältnisses von Bedarf und Deckung in den verschiedenen Zeiträumen". Der dritte Grund, die Mehrerergiebigkeit längerer Produktionsumwege, ist durchaus präsent. Aber er bestimmt hier nur die Höhe der gleichgewichtigen Kapitalausstattung, ist aber ohne Einfluss auf die Höhe des Zinssatzes. Das Angebot an Kapital ist hier quasi unendlich elastisch als Funktion des Zinssatzes – und dies erneut wegen der unendlichen Lebensdauer der Bürger bzw. der Familien, die als Kollektiv sich so verhalten als handelte es sich bei ihnen um je einen einzelnen unendlich lange lebenden Bürger. Wäre der Zinssatz höher als die Fishersche time preference, dann würden diese unendlich lang lebenden Bürger immer mehr Vermögen bilden, sodass dann schließlich so viel Vermögen da ist, dass wegen der begrenzten Nachfrage nach Kapital der Zins

auf das Niveau der time preference fällt. In diesem Steady-State-Sinn ist das Angebot an Kapital unendlich elastisch.

Erweitert man das Modell so, dass verschiedene Bürger unterschiedliche Fishersche Zeitpräferenz aufweisen, dann ist für den im Gleichgewicht vorherrschenden Zinssatz derjenige Bürger maßgebend, bei dem die time preference Rate am niedrigsten ist. Es ist nicht abwegig zu meinen, dass es wenigstens einen Bürger gibt, bei dem die time preference Null ist. Dann ergibt sich aber, sofern überhaupt ein stationäres Gleichgewicht existiert, ein solches mit einem Zinssatz von Null. Es kann aber sein, dass es gar kein stationäres Gleichgewicht gibt, weil es selbst bei beliebig großen Produktionsumwegen immer noch eine positive marginale Mehrerergiebigkeit gibt. In diesem Fall wächst die Volkswirtschaft immer weiter und konvergiert nur für $t \rightarrow \infty$ gegen einen Zinssatz von Null.

Will man alle drei Gründe Böhm-Bawerks ins Spiel bringen, dann muss das Modell es erlauben, dass es bei den Bürgern in der Tat eine "Verschiedenheit des Verhältnisses von Bedarf und Deckung in den verschiedenen Zeiträumen" gibt. Das macht man modern in der Form eines Modells mit überlappenden Generationen. Die Menschen leben nur endlich lang. Die Stationarität des Systems wird dadurch hergestellt, dass junge Menschen die alten, wegsterbenden ersetzen – so wie es ja in der realen Welt auch der Fall ist.

Betrachtet man nun den typischen Bürger, so ist er zuerst jung und wird von seinen Eltern ernährt, während er seine eigene Arbeit nicht auf dem Arbeitsmarkt anbietet. Dann wird er älter und erhält jetzt ein Arbeitseinkommen. Schließlich verlässt er den Arbeitsmarkt wieder und ist Rentner. Zum Schluss stirbt er. Das exakte Modell mit überlappenden Generationen gibt es erst seit dem Jahre 1958¹ (Samuelson 1958). Somit konnte man mit ihm erst arbeiten, als es die neoklassische Wachstumstheorie schon gab. In diesem Abschnitt bleibe ich aber bei einer stationären Volkswirtschaft. Im Fall eines Modells mit überlappenden Generationen kann man nun den ersten Grund Böhm-Bawerks gut modellieren. Das gewünschte zeitliche Konsumpattern sieht ganz anders aus als das gewünschte zeitliche Pattern des Arbeitsangebots. Es gibt dann eine "Verschiedenheit des

¹ Paul Samuelson, An exact consumption-loan model of interest with and without the social contrivance of money, Journal of Political Economy, 1958, 66, 467-82

Verhältnisses von Bedarf und Deckung in den verschiedenen Zeiträumen“. Indessen ist es nicht selbstverständlich, dass dies ein Grund für eine Minderschätzung künftiger Güter sein sollte. Selbst wenn wir einmal von dem Wunsch, Vermögen an die Kinder zu vererben, absehen, gibt es das Thema der Altersvorsorge, d.h. der Vorsorge für die Lebenszeit, in der man nicht mehr für Geld arbeiten kann oder will, in der man aber noch konsumieren will. Die Altersvorsorge ist ein Motiv für die Vermögensbildung. Vergleicht man ein derartiges Modell der überlappenden Generationen mit einem Modell ohne “Verschiedenheit des Verhältnisses von Bedarf und Deckung in den verschiedenen Zeiträumen“, das oben dargestellt wurde, dann ist nicht von vorneherein klar, ob in dem Modell mit Altersvorsorge der Gleichgewichtszins höher oder niedriger ist als in dem oben besprochenen Modell, in dem Böhm-Bawerks erster Grund keine Rolle spielt. Es kommt einmal auf die demographischen Parameter an, in welchem der beiden Modelle der Gleichgewichtszins höher ist. Daneben spielt aber auch eine Rolle, wie die Parameter des Gesetzes der Mehreergiebigkeit längerer Produktionsumwege aussehen. Ist die arbeitsfreie Altersperiode recht kurz und bleibt die Mehreergiebigkeit längerer Produktionsumwege auch bei hoher Produktionsperiode noch stark wirksam, dann wird im Modell mit überlappenden Generationen der Gleichgewichtszins höher liegen als die Fishersche Zeitpräferenzrate, die im anderen Modell alleinbestimmend für den Gleichgewichtszins ist. Ist umgekehrt die Altersperiode der Menschen sehr lang und die Mehreergiebigkeit längerer Produktionsumwege schon bei geringer Produktionsperiode weitgehend erschöpft, dann führt das Modell mit den überlappenden Generationen zu einem Gleichgewichtszinssatz, der unterhalb der Fisherschen Zeitpräferenzrate liegt.

C Die Produktionsperiode

In diesem Abschnitt zeige ich, welchen Sinn die temporale Kapitaltheorie in der Tradition Böhm-Bawerks auf der Seite der Nachfrage nach Kapital macht. Es hat viele Jahrzehnte gedauert, ehe ein befriedigendes Verständnis dieses Ansatzes entstand. Meine Modernisierung dieser hergebrachten Theorie wurde insbesondere stimuliert durch Begriffe, die Paul Samuelson im Bereich der Kapitaltheorie entwickelt hat. Zentral ist die Lohn-Zins-Kurve, die er selbst “Factor Price Frontier“ nannte. In einer Arbeit aus dem Jahre 2011 habe ich

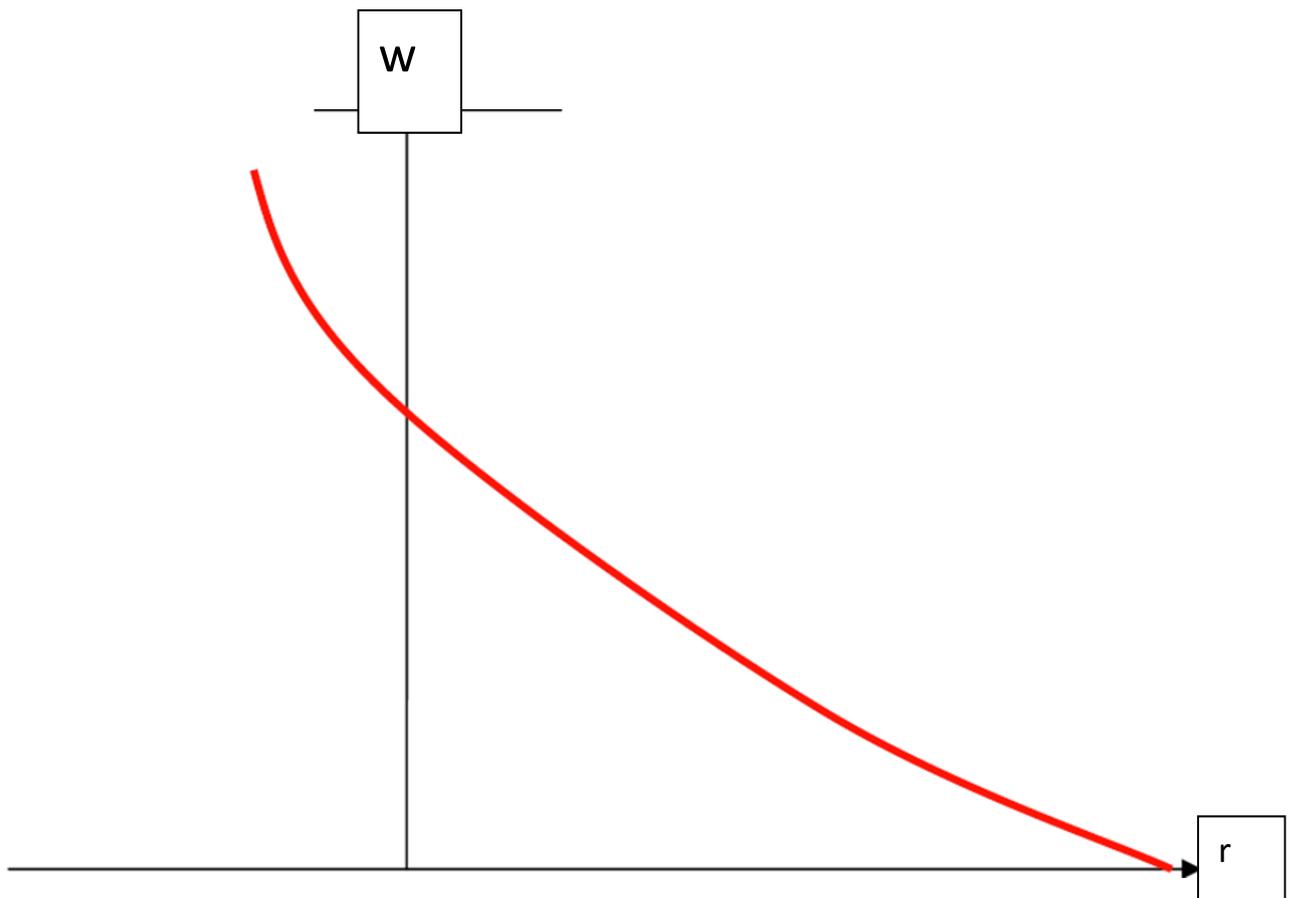
meine formale Theorie dargestellt². Für ein volles Verständnis dieses Ansatzes verweise ich den Leser auf diese Arbeit.

Die in der Abbildung dargestellte Lohn-Zins-Kurve besagt ökonomisch folgendes. In einem Mehrgütermodell wird der Reallohn w anhand eines realistisch gewählten Warenkorbs gemessen. Für eine vorgegebene hypothetische Ausstattung der Volkswirtschaft mit einer Ansammlung von vorgegebenen Produktionstechniken (je Branche eine Produktionstechnik) betrachten wir die Verteilung des produzierten Realeinkommens auf Arbeiter und Kapitalbesitzer. Der Zinssatz r bezeichnet die Rendite des eingesetzten Kapitals. Je höher diese Rendite ist, desto größer ist der Anteil der Kapitalisten am Einkommen, desto kleiner ist der Reallohn. Man kann diese Lohn-Zins-Kurve aus einer mathematischen Beschreibung der verwendeten Produktionstechniken ableiten. In dem erwähnten Artikel habe ich das getan. Dort habe ich ein Input-Output-System in der Tradition Leontieffs zugrunde gelegt, wobei mein Modell auch fixes Kapital mit einbezieht. Die Lohn-Zins-Kurve sieht dann so aus

$$w = \frac{\tilde{w}}{p\hat{q}} = \frac{\tilde{w}C}{\tilde{w}b(I - A - S - rH)^{-1}c} = \frac{1}{b(I - A - S - rH)^{-1}\hat{q}}$$

Hier ist A die Leontieff-Matrix von Input-Output-Koeffizienten der n Güter der Volkswirtschaft. Die Matrix H zeigt den Bestand an Gut i bei der Produktion einer Einheit des Gutes j an. Hiermit sind insbesondere Anlagegüter (Maschinen, Immobilien) gemeint, daneben die erforderlichen Vorräte von Inputs und Outputs. Über die Verzinsung des damit gebundenen Kapitals gehen diese Bestände auch in die Kostenpreise der jeweiligen Outputs ein. Die Matrix S gibt den Verschleiß der Bestandsgüter pro Zeiteinheit an. Der Vektor b ist der Vektor der direkten Arbeitsinputs für die Herstellung der verschiedenen Güter. Der Vektor \hat{q} ist der Warenkorb, mit dessen Hilfe der Reallohn definiert wird. Details in von Weizsäcker 2011. Da H eine nichtnegative Matrix ist, und da b und \hat{q} nichtnegative Vektoren sind, ist klar, dass w sinkt, wenn r steigt.

² Carl Christian von Weizsäcker, Public Debt Requirements in A Regime of Price Stability, Reprints of the Max Planck Institute for Research on Collective Goods, 2011/20 – abrufbar von meiner Homepage, dort insbesondere der zweite – formale- Teil.



Wir interessieren uns nun für die erste Ableitung dieser Lohn-Zins-Kurve, also $\frac{dw}{dr}$. Was ist die Dimension dieser Ableitung? dw hat dieselbe Dimension wie w . Somit ist $\frac{dw}{w}$ eine dimensionslose Größe. Der Zinssatz r hat die Dimension "1/Jahr", wenn wir den Zinssatz als Zins pro Jahr verstehen. Damit hat $\frac{1}{dr}$ die Dimension "Jahre" oder eben generell "Zeit". Wir können somit schreiben

$$\frac{1}{w} \frac{dw}{dr} = -T(r)$$

wobei T eine positive Zeitmenge ist. Was ist die ökonomische Interpretation dieser Größe T ? Das Gedankenexperiment schon von Karl Marx, dann aber auch von Böhm-Bawerk ist dieses: für ein Konsumgut verfolgt man zeitlich rückwärts schreitend, die Arbeitszeit jeder Periode, die erforderlich war, um letztlich dieses Konsumgut zu produzieren. Man kann diese Überlegung mathematisch sauber auch dann durchführen, wenn es fixes Kapital gibt und daher nicht einfach eine einzelne Einheit des Konsumgutes produziert wird,

sondern eine Zeitreihe dieses Konsumgutes. Letztlich entsteht dann für jedes Konsumgut eine doppelte Zeitreihe der Outputs einerseits und der direkt und indirekt erforderlichen Arbeitsinputs andererseits. Die modernisierte Idee des Marx-Böhm-Bawerk'schen Ansatzes der Zurechnung von erforderlichen Arbeitsinputs zu produzierten Konsumgütern ist die der überlappenden "virtuellen Fabriken", die ein im Steady State wachsendes Produktionssystem bevölkern. Eine Zeitreihe von Konsumgütern (dem Warenkorb \hat{q} entsprechend) wird gedanklich so aus der Gesamtwirtschaft "herausgeschnitten", dass der kumulierte Gegenwartswert dieser Zeitreihe endlich ist, wenn wir den Zinssatz nehmen, bei dem wir die Lohn-Zinskurve betrachten wollen. Dann werden dieser virtuellen Fabrik gedanklich all die Produktionsvorgänge hinzugefügt, die in den verschiedenen Branchen erforderlich sind, um die vorgegebene Zeitreihe von Konsumwarenkörben herzustellen. Diese virtuelle Fabrik kauft somit keine produzierten Güter von außen, sondern stellt sie alle selbst her. Sie kauft nur Arbeit von außen dazu. Der Reallohn ergibt sich nun daraus, dass der Gegenwartswert der gezahlten Löhne gleich dem Gegenwartswert der produzierten und an den Haushaltssektor gelieferten Konsumgüter sein muss. Dieser so errechnete Reallohn muss natürlich derselbe wie der sein, den wir mithilfe unserer verallgemeinerten Leontieff-Gleichung (siehe oben) berechnet haben. Das Gesamtsystem kann nun gedanklich verstanden werden als ein System sich überlappenden virtueller Fabriken dieser Art - ganz analog der Idee der überlappenden Generationen auf der Haushaltsseite.

Nun kann man diese den Reallohn bestimmende Budgetgleichung der virtuellen Fabrik nach dem Zinssatz ableiten. Es ergibt sich dann folgende Gleichung

$$\frac{dw}{dr} \frac{1}{w} = T_L - T_C$$

Hier ist T_L der in Gegenwartswerten berechnete zeitliche Schwerpunkt der Arbeitsinputs der virtuellen Fabrik; und T_C ist der in Gegenwartswerten berechnete zeitliche Schwerpunkt der Konsumgüteroutputs der virtuellen Fabrik. Damit haben wir ein ökonomisches Verständnis der Größe T . Sie ist eben gegeben durch die Gleichung

$$T = T_C - T_L$$

Dies ist das modernisierte Maß der Böhm-Bawerkschen Produktionsumwege. Wir nennen sie auch die durchschnittliche Produktionsperiode (oder einfach: Produktionsperiode): der gemittelte zeitliche Vorsprung der Arbeitsinputs vor den Konsumgüteroutputs. Details der Ableitung dieses Ergebnisses in von Weizsäcker 2011.

Die Schwierigkeiten, in die Böhm-Bawerk mit seiner Theorie der Produktionsumwege geriet, hingen vor allem damit zusammen, dass die Volkswirtschaftstheorie seiner Zeit sich mit mathematischen Begriffen noch recht schwer tat. Von Wicksell - schon sehr bald nach Erscheinen der "Positiven Theorie des Kapitals" - bis zu Oskar Morgenstern in den dreißiger Jahren war einer Hauptkritikpunkte, dass der Zeitstrom der erforderlichen Arbeitsleistungen bei genauem Hinsehen bis nach Minus Unendlich zurückverfolgt werden konnte, was es aus Sicht der damaligen Theoretiker unmöglich machte, überhaupt einen sinnvollen Begriff des durchschnittlichen zeitlichen Vorlaufs der Arbeitsleistungen zu errechnen. Aber man kann mit dieser Schwierigkeit fertig werden, wenn man versteht, dass auch unendlich ausgedehnte Verteilungen (wie zum Beispiel die Normalverteilung) einen wohldefinierten Mittelwert haben können. Um der genannten scheinbaren Schwierigkeit aus dem Wege zu gehen, haben Hayek und andere Ökonomen kapitaltheoretische Modelle entwickelt, in denen es keine "Rückversetzung" gab, in denen somit jedes Gut seinen Platz in einer linearen Reihenfolge im Sinne der Mengerschen Theorie der Güter höherer und niedrigerer Ordnung hat. Das schließt zum Beispiel die Behandlung von fixem Kapital aus und führt daher zu extrem unrealistischen Annahmen. Die "Neo-Österreicher", die Hayek hier gefolgt sind, haben sich kapitaltheoretisch damit in eine Sackgasse manövriert.

Der zweite Grund für die Schwierigkeiten, in die die Böhm-Bawerksche Messung der Produktionsumwege geriet, war das Faktum, dass er die durchschnittliche zeitliche Distanz von Arbeit und Konsumgütern in physischen Einheiten und nicht in Gegenwartswerten maß. Erst Hicks hat in "Value and Capital"³ in den dreißiger Jahren den Weg zu einer zinsabhängigen Messung der durchschnittlichen Produktionsperiode gewiesen. Diesem Vorgehen Böhm-Bawerks entsprach es auch, dass er mit einfachem Zins statt mit Zinseszins

³ John Hicks, Value and Capital, London 1939

arbeitete – auch dies natürlich entgegen den Realitäten der kapitalistischen Welt. Es ist verständlich, dass Böhm-Bawerk in seiner Zinserklärung nicht von vorneherein mit Erklärungsgrößen arbeiten wollte, die erst mithilfe des zu erklärenden Phänomens “Zins“ gemessen werden konnten. Der mathematische Ansatz des Allgemeinen Gleichgewichts stand ihm eben noch nicht zur Verfügung. Heute nun verstehen wir auch für eine gegebene physische Kapitalausstattung die Produktionsperiode als vom Zinssatz abhängig, somit $T = T(r)$.

Unsere betriebswirtschaftliche Intuition sagt uns, dass der Lohnsatz, den ein Betrieb bezahlen kann, umso stärker vom Zinssatz abhängt, je kapitalintensiver der Betrieb arbeitet. Das überträgt sich auf unsere virtuelle Fabrik, die ein repräsentativer Ausschnitt aus der Gesamtwirtschaft ist. Hier nun tritt an die Stelle des “Kapitals“ der mittlere zeitliche Vorlauf der Arbeitsinputs vor den Konsumgüteroutputs. Was ist nun der Zusammenhang zwischen der Produktionsperiode und dem Kapitalbedarf des Produktionssystems? Diesen Zusammenhang hatte Böhm-Bawerk vor Augen.

Für ein im Steady State wachsendes volkswirtschaftliches System können wir aus den Gleichungen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung den Zusammenhang zwischen der Produktionsperiode und dem Kapitalbedarf errechnen. Wir nehmen vorerst an, dass die Produktionstechnik in allen Sektoren (Branchen) vorgegeben ist. Es gilt die doppelte Definition des Volkseinkommens von ihrer Entstehungsseite (= Lohneinkommen + Kapitaleinkommen) und von ihrer Verwendungsseite (= Konsum + Nettoinvestition). Es sei v der Wert des eingesetzten Kapitals pro Arbeiter. Diese Größe ist keine physische Größe sondern eine Wertgröße (ausgedrückt in Warenkorb-Einheiten); sie kann sich damit auch bei gegebenem physischen Kapitalapparat mit dem Zinssatz verändern. Es sei γ der volkswirtschaftliche Konsum pro Arbeiter. Dies ist eine physische Größe, ein Vielfaches des Standardwarenkorb. Es sei g die Wachstumsrate der sich im Steady State befindenden Volkswirtschaft. Der Wert der Nettoinvestitionen pro Arbeiter ist damit gv . Das Volkseinkommen pro Kopf y ist damit gegeben durch die beiden Gleichungen

$$y = w + rv = \gamma + gv$$

Hieraus leitet man eine Gleichung für v ab, wenn $r \neq g$ gilt

$$v = \frac{\gamma - w}{r - g}$$

Um den Wert von v für den Fall $r = g$ zu bestimmen, verwenden wir die Regel von L'Hopital. Hierbei setzen wir g als Konstante und betrachten die Konvergenz von r gegen g . So erhalten wir v als Funktion von r , also $v(r)$. Wir können die Regel von L'Hopital anwenden, da $v(r)$ eine stetig differenzierbare Funktion ist. Somit

$$v(g) = \lim_{r \rightarrow g} v(r) = \frac{-w'(g)}{1} = w(g)T(g) = \gamma T(g)$$

Somit stellen wir fest: die Böhm-Bawerksche Intuition ist voll gerechtfertigt, wenn man für die Berechnung der Produktionsperiode ein intertemporales Gewichtungssystem ansetzt, das den Gegenwartswerten in der virtuellen Fabrik bei einem Zinssatz gleich der Wachstumsrate entspricht. Dann ist der Wert des im Produktionsprozess gebundenen Kapitals gleich dem volkswirtschaftlichen Konsum multipliziert mit der durchschnittlichen Produktionsperiode - oder gleich der volkswirtschaftlichen Lohnsumme multipliziert mit der durchschnittlichen Produktionsperiode. Denn Lohnsumme und volkswirtschaftlicher Konsum sind dann gleich groß.

Die beiden Einkommensgleichungen führen uns aber auch zu dem, was ich die fundamentale kapitaltheoretische Dualität nenne: neben der Zinsabhängigkeit des Reallohns gibt es auch eine Wachstumsabhängigkeit des Konsums pro Arbeiter. Wir können für eine vorgegebene Produktionstechnik den Konsum, den sich die Volkswirtschaft leisten kann, auch als Funktion der Wachstumsrate des Systems auffassen, also $\gamma = \gamma(g)$. Wir können schreiben $\gamma(g) = (r - g)v(r, g) + w(r)$. Setzen wir nun $r = g$, so erhalten wir $\gamma(g) = w(g)$. Damit hat die Lohn-Zins-Kurve eine zweite Interpretation: sie ist zugleich die Konsum-Wachstum-Kurve. Die Lohn-Zins-Kurve gibt für die vorgegebene Technologie zugleich den Trade-Off zwischen Konsum pro Arbeiter und Wachstum des Systems an. Dieses Ergebnis nenne ich die fundamentale kapitaltheoretische Dualität. Sie deutet auch darauf hin, dass der Trade-Off zwischen Konsum und Wachstum durch die Produktionsperiode bestimmt ist. Denn wir können jetzt natürlich auch schreiben

$$\frac{d\gamma}{dg} = -\gamma T(g)$$

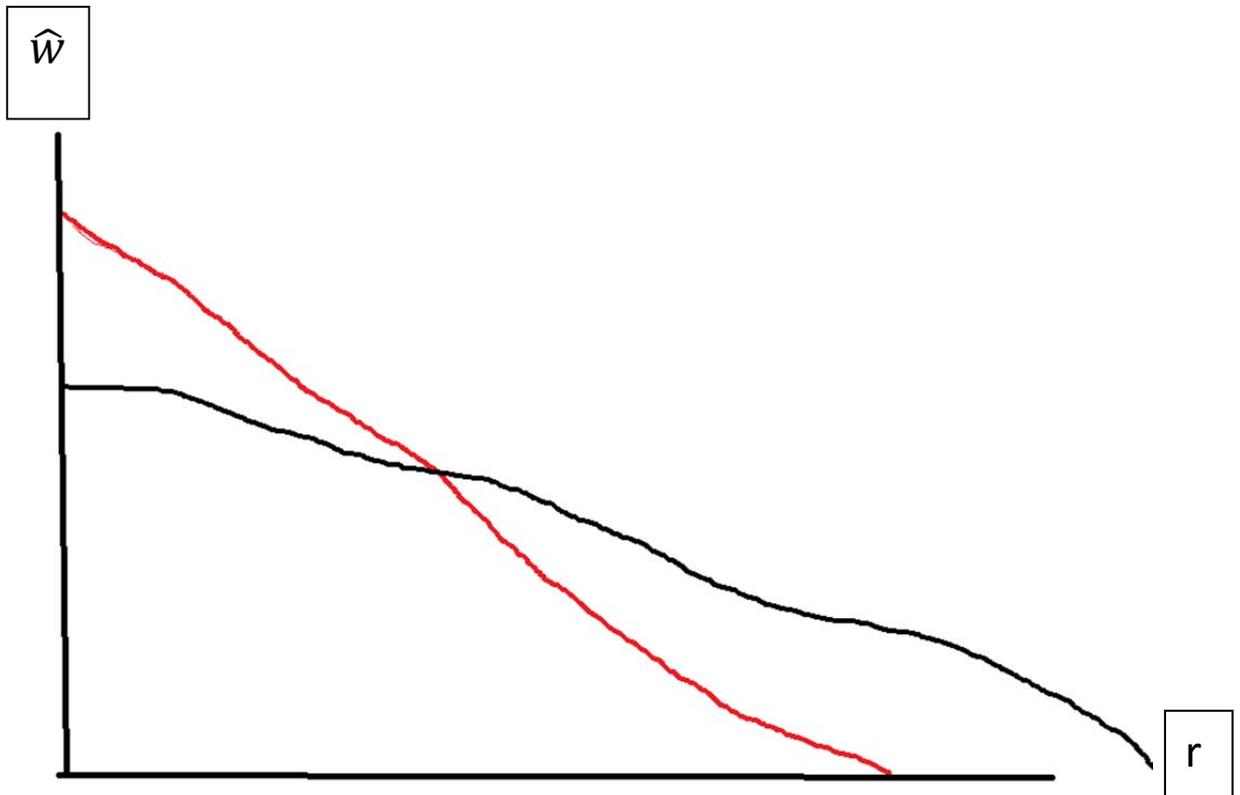
Das ist intuitiv einleuchtend. Je größer der Vorlauf der Arbeitsinputs vor den Konsumgüteroutputs ist, desto stärker wirkt sich eine Anhebung der Wachstumsrate auf den Investitionsbedarf aus, desto stärker muss damit der Konsum reduziert werden.

Diese Dualität macht auch klar, weshalb eine Messung der Produktionsperiode mit einem Zinssatz von Null, so wie bei Böhm-Bawerk, keine Auszeichnung vor einer Messung mit jedem anderen Zinssatz verdient. Wenn überhaupt ein Zinssatz ausgezeichnet sein sollte, dann der, der der natürlichen Wachstumsrate des Systems gleich ist.

Ich verwende die fundamentale kapitaltheoretische Dualität unten, um die Rolle der Produktionsperiode bei der Frage nach dem kapitaltheoretischen Gleichgewicht zu beantworten.

D Ein Substitutionstheorem der temporalen Kapitaltheorie.

Wenn die Volkswirtschaft die Wahl zwischen verschiedenen Produktionstechniken hat, dann bestimmt in einem Marktsystem der Zinssatz und der ihm entsprechende Reallohnsatz, welche Technik zum Einsatz kommt. Im Marktprozess setzt sich diejenige Technik durch, die für den gegebenen Zinssatz den höchsten Lohnsatz generieren kann. In der folgenden Graphik geht es um die Wahl zwischen zwei Produktionstechniken. Beim Zinssatz r^* schneiden sich die beiden Lohn-Zins-Kurven. Ist $r < r^*$, dann wird die der roten Lohn-Zins-Kurve entsprechende Technik verwendet. Ist $r > r^*$, verwendet die Volkswirtschaft die der schwarzen Lohn-Zins-Kurve entsprechende Technik. Am Switch-Punkt r^* ist der Absolutbetrag der Steigung der schwarzen Kurve kleiner



als der roten. Erhöht sich der Zinssatz von einem Wert unter r^* auf einen Wert höher als r^* , so findet eine Techniksubstitution derart statt, dass die Produktionsperiode abnimmt. Dies jedenfalls, wenn man ein intertemporales Gewichtungssystem der Produktionsperiode verwendet, das Gegenwartswerte mit dem Zinssatz r^* berechnet.

Dies ist, wie in Weizsäcker 2011 nachgewiesen, eine ganz allgemeine Eigenschaft der hier behandelten Produktionssysteme. Ich nenne dies das Substitutionstheorem der temporalen Kapitaltheorie: je teurer Kapital ist, desto geringer sind die gewählten Produktionsumwege. Der Zins ist hier das Preissignal, das die Länge der Produktionsumwege bestimmt. Genau das ist der Kernbestand der Botschaft, die Böhm-Bawerk überbracht hat.

Generell kann man sagen: die Volkswirtschaft hat Produktionstechniken zur Auswahl. Jeder dieser Techniken verpassen wir einen Index θ . Die Menge aller verfügbaren Produktionstechniken bzw. die Menge der Indizes aller verfügbaren Produktionstechniken sei mit Θ bezeichnet. Herrscht nun ein bestimmter Zinssatz r vor, dann wählt über den Marktprozess die Volkswirtschaft eine bestimmte Technik $\theta(r)$ aus. Diese maximiert für diesen Zinssatz den bezahlbaren Lohn w . Wir haben somit die Ungleichung

$$w(\theta(r); r) \geq w(\theta, r) \text{ für alle } \theta \in \Theta$$

Hieraus ergibt sich für jedes diesen Regeln entsprechende System die Goldene Regel der Akkumulation: für eine gegebene Wachstumsrate des Systems wird der Konsum pro Arbeiter dann maximiert, wenn der Zinssatz gleich dieser Wachstumsrate ist. Wir können schreiben

$$\gamma(\theta(g); g) = w(\theta(g); g) \geq w(\theta; g) = \gamma(\theta; g) \text{ für alle } \theta \in \text{Theta}$$

Das ist die Goldene Regel der Akkumulation, die somit sehr viel allgemeiner gilt als nur im Solow-Wachstumsmodell. Diese Goldene Regel hat auch eine gewisse Bedeutung für das Böhm-Bawerksche Erbe. Denn sie impliziert, dass quasi die "prozentuale Grenzproduktivität der Produktionsperiode" an der Stelle, die bei der Goldenen Regel implementiert wird, gerade gleich g ist. Weshalb? An dieser Stelle führt eine Erhöhung der Produktionsperiode um eine kleine Zeit-Einheit zu einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität von $100x\%$. Da aber die einzusetzenden Arbeiter nun im Durchschnitt um eine Zeiteinheit früher anfangen müssen, arbeiten bei einer mit g wachsenden Arbeitsbevölkerung um $100g\%$ weniger Arbeiter für den heutigen Konsum. Da im Saldo der Konsum heute sich durch diese kleine Änderung der Produktionsperiode nicht verändert (weil wir im Konsummaximum sind), folgt daraus, dass $x = g$ ist. Damit aber ist auch $x = r$, da hier ja $r = g$ gilt. Insofern signalisiert an dieser Stelle der Zinssatz die marginale Mehrenergieleistung längerer Produktionsumwege.

Das Substitutionstheorem der temporalen Kapitaltheorie legt es nahe, einen Koeffizienten der intertemporalen Substitution zu definieren. Zuerst halten wir fest: die Produktionsperiode T ist sowohl eine Funktion des gewählten intertemporalen Gewichtungssystems – mithin eine Funktion des gewählten Zinssatzes – als auch eine Funktion der gewählten Produktionstechnik. In diesem Sinne fassen wir die Funktion $T(\theta, r)$ auf.

Nun bestimmt der Zinssatz r auch die Produktionstechnik $\theta(r)$. Wir können nun ohne Verlust an Allgemeinheit die Indexierung der Produktionstechniken so wählen, dass herauskommt $\theta(r) = r$. Damit ist klar, was gemeint ist, wenn wir die partielle Ableitung $\frac{\partial T}{\partial \theta}$ bilden. Sie sagt uns, wie stark eine kleine Veränderung des Zinssatzes und die damit induzierte kleine Veränderung der Produktionstechnik auf die Produktionsperiode wirkt, wenn man das intertemporale Gewichtungssystem konstant hält. Die partielle Ableitung $\frac{\partial T}{\partial \theta}$

repräsentiert damit einen rein physischen Substitutionsvorgang unter Beibehaltung des preislichen intertemporalen Gewichtungssystems. Damit ist dieser Ausdruck dazu geeignet, die Substitutionsstärke im Rahmen der vorhandenen Produktionstechniken auszudrücken.

Ich bezeichne den "Koeffizienten der intertemporalen Substitution" mit ψ und definiere ihn wie folgt

$$\psi = \frac{\partial \frac{1}{T(\theta; r)}}{\partial \theta}; \text{ bei } \theta = \theta(r) = r$$

Genau wie die gebräuchliche Substitutionselastizität für Produktionsfunktionen mit zwei Inputs ist auch dieser Koeffizient der intertemporalen Substitution dimensionsfrei: denn θ hat nach unserer Indexierungskonvention für Produktionstechniken die Dimension "1/Zeit", da ja gilt $\theta(r) = r$. Somit haben Zähler und Nenner in dem Ausdruck für ψ dieselbe Dimension.

Wegen des Substitutionstheorems der temporalen Kapitaltheorie wissen wir, dass die partielle Ableitung von T nach θ an der Stelle $\theta = r$ negativ ist. Daher ist ψ positiv, im Grenzfall Null. Ich verzichte hier auf Anwendungen dieses Koeffizienten der intertemporalen Substitution. Wichtig ist mir nur die Feststellung, dass es uns dieser kapitaltheoretische Ansatz in der Tradition Böhm-Bawerks erlaubt, solche Fragen wie die nach der intertemporalen Substitution in einem großen Universum von Modellen des Produktionssystems zu beantworten.

E Das Kapitalangebot: Die "Sparperiode"

Was bei Böhm-Bawerk fehlt, ist ein Analogon zum Produktionsumweg bei dem Kapitalangebot. Dieses kann aber entwickelt werden. Damit ist es dann (s. unten) möglich, auch das Kapitalmarktgleichgewicht durch die Gleichheit von zwei Perioden zu charakterisieren, von denen die Produktionsperiode die Kapitalnachfrage und die "Sparperiode" das Kapitalangebot charakterisiert.

Zur vereinfachten Darstellung beschränke ich mich auf ein Modell, in dem es zwar überlappende Generationen gibt, die sich aber, abgesehen vom Alter, nicht unterscheiden. Ich arbeite also mit der Figur des "repräsentativen" Haushalts. Ferner ignoriere ich auch die Vererbung von Vermögen.

Ganz analog zu dem, was ich mit der virtuellen Fabrik auf der Kapitalnachfrageseite gemacht habe, betrachte ich für den repräsentativen Haushalt einen Zeitstrom des Arbeitsangebots und einen Zeitstrom der Konsumgüternachfrage, wobei ich zur Vereinfachung ebenfalls unterstelle, dass dieser Haushalt den Standardwarenkorb konsumiert. Für diese beiden Zeitströme kann man wieder eine Budgetgleichung aufstellen: für einen vorgegebenen Zinssatz muss der gezahlte Reallohn \hat{w} ausreichen, um mithilfe der Zeitreihe des Arbeitsangebots die Zeitreihe der Konsumgüternachfrage zu finanzieren. Seien diese beiden Zeitreihen symbolisch mit η bezeichnet, dann können wir den erforderlichen Reallohn auffassen als Funktion von η und von r ; also

$$\hat{w} = \hat{w}(\eta; r)$$

Auch hier gibt es somit eine Lohn-Zins-Kurve. Auch deren partielle Ableitung nach r können wir untersuchen. Wir erhalten (Details in Weizsäcker 2011)

$$\frac{\partial \hat{w}(\eta; r)}{\partial r} \frac{1}{\hat{w}} = -Z(\eta; r)$$

Dabei ist Z das, was ich die "Sparperiode" nenne. Sie ist wie folgt definiert. Wir betrachten den zeitlichen Schwerpunkt des Gegenwartswerts des Konsumstroms des Haushalts und den zeitlichen Schwerpunkt des Gegenwartswerts des Arbeitsangebots des Haushalts. Die Differenz zwischen diesen beiden zeitlichen Schwerpunkten nenne ich die Sparperiode. Beispiel für den Fall eines Zinses von Null: Der Mensch arbeitet vom Alter 20 bis zum Alter 60 – und zwar immer die gleiche Menge. Er konsumiert, nachdem er im Alter von 20 seinen elterlichen Haushalt verlassen hat, vom Alter 20 bis zum Alter 80. In jedem Jahr konsumiert er gleich viel. Dann stirbt er. Dann ist der zeitliche Schwerpunkt seines Arbeitsangebots das Alter 40 und der zeitliche Schwerpunkt seines Konsums (nach Verlassen der Eltern) ist das Alter 50. Dann ist die Sparperiode gleich 10 Jahren. Mikroökonomisch kann man sich leicht klar machen, dass sein Durchschnittsvermögen im Verlauf seines Lebens zwischen dem Alter 20 und dem Alter 80 gerade gleich der Sparperiode mal sein Jahreskonsum ist. Offenkundig hat auch generell die Sparperiode etwas zu tun mit dem Kapital, das der Haushalt im Durchschnitt der Jahre anbietet.

Wir stellen somit fest: der für die Finanzierung eines vorgegebenen Zeitstroms η von Arbeitsangebot und Konsumgüternachfrage erforderliche Reallohn ist umso sensitiver gegenüber Änderungen des Zinssatzes, je größer die Sparperiode ist. Ist diese positiv, dann muss der Reallohn umso höher sein, je niedriger Zinssatz ist.

Bisher sehen wir die enge Analogie zwischen der virtuellen Fabrik, die Arbeit nachfragt und Konsumgüter produziert, und dem Haushalt, der Arbeit anbietet und Konsumgüter nachfragt. Aber diese Analogie können wir noch weiter treiben, wenn wir uns nun nach dem nutzenmaximierenden Verhalten des Haushalts umschaun. Dann stellen wir fest, dass zwischen den Arbeit-Konsum-Patterns η und den verfügbaren Produktionstechniken θ ebenfalls eine enge Spiegelsymmetrie besteht.

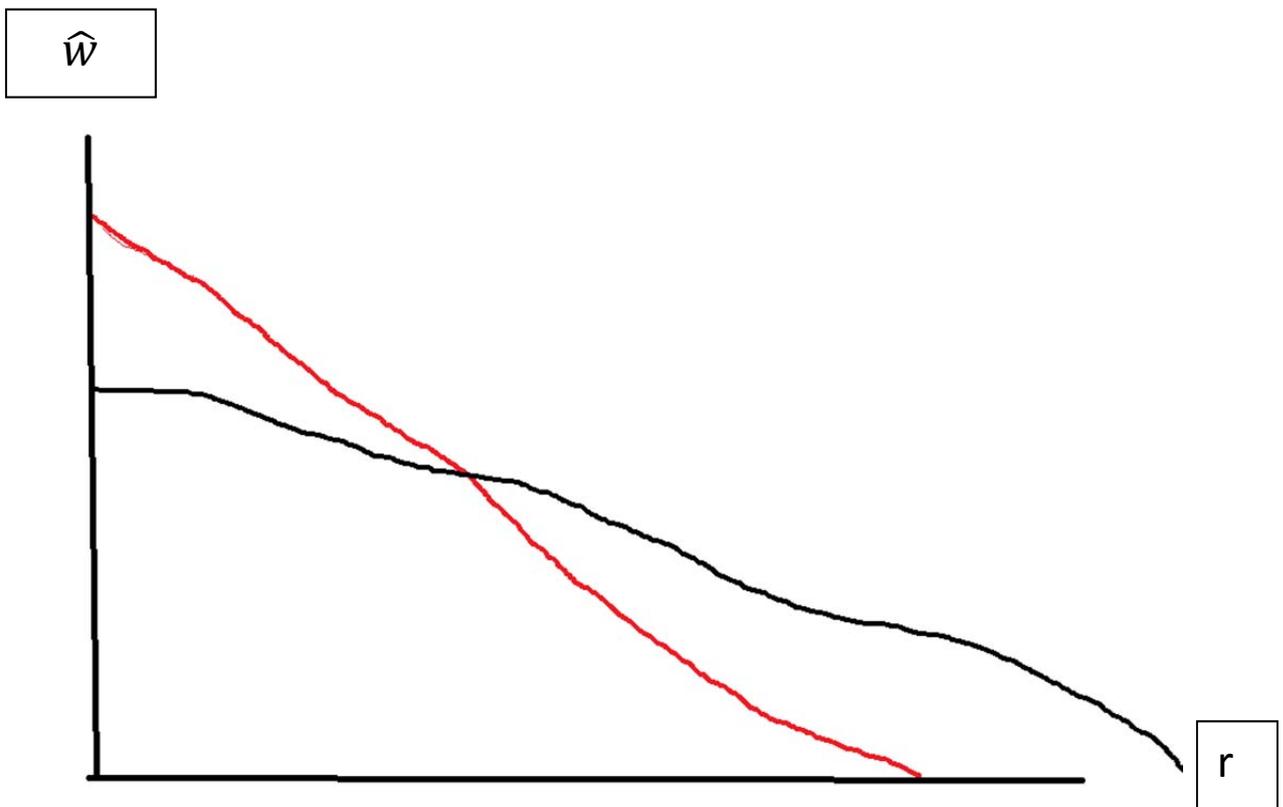
Der Haushalt versucht seinen Nutzen U zu maximieren, der von dem Arbeit-Konsum-Pattern abhängt, also $U = U(\eta)$. Steht ihm bei gegebenem Zinssatz ein bestimmter Lohn zur Verfügung, dann wählt er ein η dergestalt, dass dieses einen höheren Nutzen stiftet als andere erreichbare Patterns. Hieraus folgt, dass für alle Patterns η , die den gleichen Nutzen stiften, wie das bei diesem Lohn und diesem Zins gewählte Pattern, bei gleichem Zins der erforderliche Lohn zu deren Finanzierung mindestens so groß ist wie der tatsächliche Lohn. Wir können eine Menge $Eta(U)$ bilden, die alle Patterns η enthält, die diesen Nutzen U stiften. Dann gilt für die Lohn-Zinskurven der η in dieser Menge folgendes. Für vorgegebenes Nutzenniveau U und vorgegebenen Zinssatz r sei $\eta(U; r)$ das ausgewählte Arbeit-Konsum-Pattern. Es ist eindeutig bestimmt, da der notwendige Lohn \hat{w} festliegt, den man braucht um das vorgegebene Nutzenniveau bei diesem Zinssatz zu erreichen. Wir können dann schreiben

$$\hat{w}(\eta(U; r); r) \leq \hat{w}(\eta; r) \text{ für alle } \eta \in Eta(U)$$

Der für das vorgegebene Nutzenniveau und den vorgegebenen Zinssatz erforderliche Lohn ist beim optimalen Pattern kleiner oder gleich dem erforderlichen Lohn für jedes andere Pattern, das dieses Nutzenniveau auch erreicht.

Mithilfe dieser Minimierungsbedingung können wir nun auch auf der Kapitalangebotsseite ein intertemporales Substitutionstheorem beweisen. Anhand eines Beispiels mit zwei Patterns kann man das unmittelbar plausibel

machen. Die rote und die schwarze Lohn-Zins-Kurve entsprechen zwei möglichen Patterns, die denselben Nutzen stiften. Solange der Zinssatz kleiner ist als der Switch-Punkt verwirklicht der Haushalt das Pattern mit der schwarzen Lohn-Zins-Kurve. Jenseits des Switch-Punktes geht er zum Pattern über, dem die rote Lohn-Zins-Kurve entspricht. Da die rote Kurve am Switch-Punkt steiler verläuft als die schwarze, bedeutet dies, dass der gestiegene Zins ihn veranlasst, seine Sparperiode zu erhöhen. Das Substitutionstheorem ist aber ganz generell. Erhöht sich der Zins marginal und verändert sich der Lohn derart, dass das Nutzenniveau dasselbe bleibt, dann verwirklicht der Haushalt eine höhere Sparperiode, wenn diese mit dem aktuellen Zinssatz als intertemporalem Gewichtungsfaktor berechnet wird.



Analog gibt es auch eine Zweite Goldene Regel der Akkumulation. In einem Steady State System gilt auch auf der Haushaltsseite die Gleichung $\hat{w}(U, g) = \gamma(U, g)$. Es folgt aus der obigen Ungleichung für gegebenes Nutzenniveau U , dass

$$\gamma(U; g) = \hat{w}(\eta(U; g)) \leq \hat{w}(\eta; g) = \gamma(\eta; g) \text{ für alle } \eta \in \text{Eta}(U)$$

In Worten: für ein gegebenes Nutzenniveau ist der Konsum pro Kopf dann minimal, wenn das Pattern verwirklicht wird, das bei einem Zins gleich der Wachstumsrate gilt.

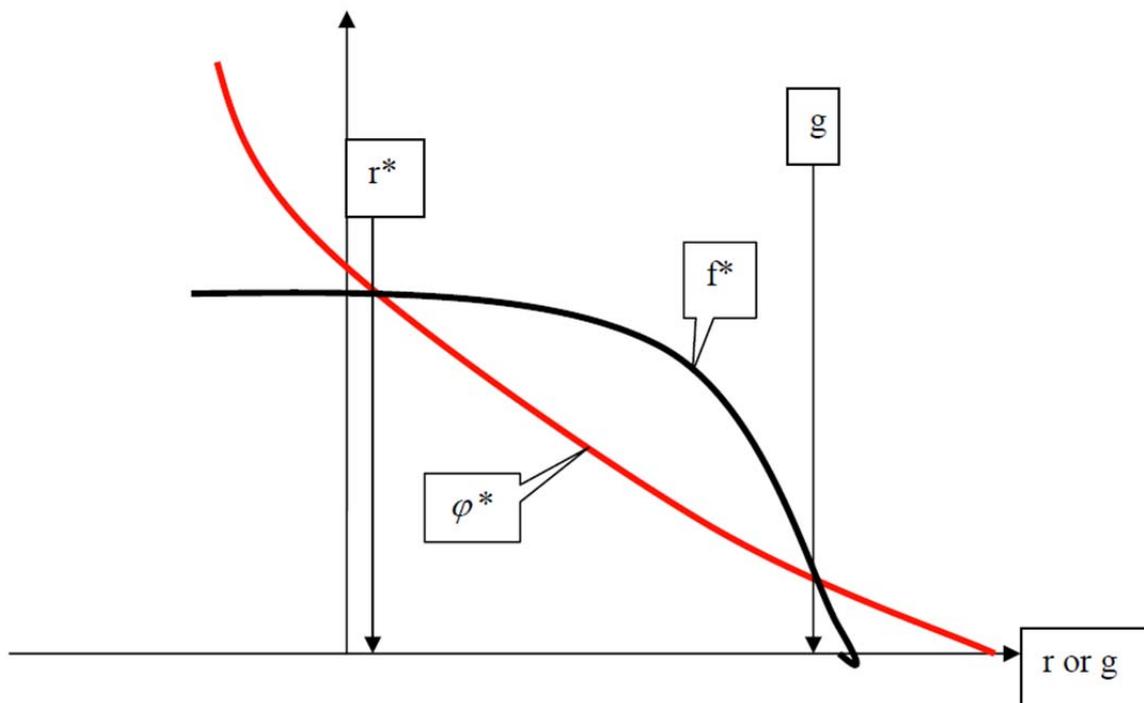
Wir können die beiden Goldenen Regeln auch so zusammenfassen: Der Nutzen der Haushalte wird in einem Steady State System dann maximiert, wenn der Zinssatz gleich der Wachstumsrate des Systems ist.

Im Geiste von Böhm-Bawerk können wir die beiden intertemporalen Substitutionstheoreme so zu sammenfassen. Je höher der Zinssatz ist, desto kleiner sind die Produktionsumwege und desto größer sind die Sparperioden, solange wir die Gewichtungssysteme konstant lassen.

F Die Gleichheit von Produktionsperiode und Sparperiode im gesamtwirtschaftlichen Gleichgewicht.

Ich betrachte nun ein Allgemeines Gleichgewicht einer im Steady State wachsenden Volkswirtschaft. Die Wachstumsrate des Systems sei exogen vorgegeben. Es herrscht ein Gleichgewichtszins r^* und ein Gleichgewichtslohn w^* . Es wird eine bestimmte Technik $\theta^* = \theta(r^*)$ verwirklicht, sowie ein Arbeit-Konsum-Pattern $\eta^* = \eta(U^*; r^*)$, wobei U^* das Nutzenniveau ist, das im Gleichgewicht verwirklicht wird.

Der gleichgewichtigen Technik θ^* und dem gleichgewichtigen Arbeit-Konsum-Pattern des repräsentativen Haushalts η^* entspricht je eine Lohn-Zins-Kurve, die zugleich auch als Konsum-Wachstum-Kurve interpretiert werden kann. Nun muss im Gleichgewicht natürlich der gezahlte Lohnsatz $w(\theta^*; r^*)$ gleich dem empfangenen Lohnsatz $\hat{w}(\eta^*; r^*)$ sein. Ferner müssen die pro Arbeiter produzierten Konsumsgüter $\gamma(\theta^*; g)$ gleich den pro Arbeiter konsumierten Konsumgütern $\hat{\gamma}(\eta^*; g)$ sein. Die beiden Lohn-Zins-Kurven müssen sich somit an der Stelle r^* und nochmal an der Stelle g schneiden. Es entsteht damit folgendes Bild.



Die schwarze Kurve f^* ist die Lohn-Zins-Kurve des Produktionssystems. Die rote Kurve φ^* ist die Lohn-Zins-Kurve des repräsentativen Haushalts. Sie divergieren in der Regel bei den meisten r -Werten; aber aus den genannten Gründen haben sie gleiche Werte an den Stellen g und r^* . Daraus aber leiten wir folgendes Theorem des Kapitalmarkt-Gleichgewichts ab:

Es gibt einen hypothetischen Zinssatz ρ zwischen g und dem Gleichgewichtszinssatz r^* derart, dass mit einem von ρ induzierten intertemporalen Gewichtungssystem der Gegenwartswerte die Produktionsperiode gleich der Sparperiode ist, also $T(\theta^*; \rho) = Z(\eta^*; \rho)$.

Der Beweis beruht auf dem Zwischenwertsatz der Analysis: Hat eine stetig differenzierbare Funktion einer Variablen auf einem Intervall an zwei Stellen denselben Wert, dann gibt es dazwischen eine Stelle, bei der die erste Ableitung der Funktion gleich Null ist. Dieser Satz angewandt auf die Differenz der Logarithmen der w -Werte der beiden Funktionen f^* und φ^* ergibt das Ergebnis, wenn wir uns daran erinnern, dass die logarithmische Ableitung der einen Funktion $-T(\theta^*; r)$ und die der anderen $-Z(\eta^*; r)$ ist.

Das Gewichtungssystem für die Gegenwartswerte, das durch ρ induziert wird, ist ein "vernünftiges", weil es zwischen den beiden ausgezeichneten Werten g und r^* liegt. Bei dem Gewichtungssystem g ist in unserem Beispiel die

Produktionsperiode größer als die Sparperiode. Bei einem Gewichtungssystem r^* ist die Sparperiode größer als die Produktionsperiode. Im Gleichgewicht ist es nie der Fall, dass zu jedem Gewichtungssystem ρ zwischen g und r^* die Produktionsperiode größer als die Sparperiode wäre oder umgekehrt die Sparperiode größer als die Produktionsperiode wäre. In diesem Sinne kann man sagen, dass die Gleichheit von Produktionsperiode und Sparperiode eine Voraussetzung für das Gleichgewicht ist.

G Kapitaltheoretisches Fazit

Wir haben damit, so meine ich, das kapitaltheoretische Programm von Böhm-Bawerk vollendet. Sein Ansatz der temporalen Kapitaltheorie bewährt sich selbst für sehr komplexe Produktionssysteme. Er musste modifiziert werden, um gewisser Komplikationen Herr zu werden. Und er musste ergänzt werden um eine dazu spiegelsymmetrische Analyse des Sparverhaltens der Haushalte. Dann aber zeigt sich, dass die von Böhm-Bawerk angestrebte Gleichgewichtstheorie gerade mithilfe der Begriffe "Produktionsperiode" und "Sparperiode" entwickelt werden konnte. Es stellt sich heraus, dass diese beiden Zentralbegriffe für die Kapitalnachfrage und das Kapitalangebot unserer Intuition zur Substitution zwischen verschiedenen Produktionsverfahren und zwischen verschiedenen Konsumplänen entsprechen. Auch die Vorstellung von der Mehrergiebigkeit längerer Produktionsumwege und von der Signalisierung dieser Mehrergiebigkeit durch den Zinssatz ist insofern gerechtfertigt, als sie exakt immer dann gilt, wenn der Zinssatz gleich der Wachstumsrate des Systems ist.

Zentral ist die Erkenntnis, dass es schließlich doch gelingt, das Aggregationsproblem zu lösen. Gewiss kann man nicht einfach das Kapital als makroökonomischen Produktionsfaktor in einer Solow-Produktionsfunktion rechtfertigen. Aber für eine Steady State Analyse ist es offenbar sinnvoll, die Zeitstruktur der Produktionsprozesse in den verschiedenen Sektoren in einen gesamtwirtschaftlichen Begriff des Produktionsumweges zu integrieren, der anhand der anschaulichen durchschnittlichen Produktionsperiode quantifiziert wird. Entsprechendes gilt für die durchschnittliche volkswirtschaftliche Sparperiode.

Natürlich kann man fragen: wie bedeutsam ist eine solche Steady State Analyse, wenn doch die reale Volkswirtschaft sich nicht in einem solchen Ruhezustand befindet? An dieser Frage muss weiter gearbeitet werden. Indessen ist aus meiner Sicht aus Gleichgewichtsbedingungen auch viel über Ungleichgewichtszustände zu lernen. Vorbilder hierzu gibt es natürlich zahlreiche aus den Naturwissenschaften. Als Beispiel wähle ich die Meteorologie. Sie ist uns gerade auch bekannt als bedeutsame Teilnehmerin an der Klimadebatte. Auch wenn Wind-Turbulenzen von der Meteorologie nicht im einzelnen gut vorausgesagt werden können, erlauben es thermodynamische Grunderkenntnisse wie der Treibhauseffekt der Spurengase, Richtungsaussagen über die Klima-Entwicklung zu machen. Die Abschätzung des Treibhauseffekts ist jedoch ganz eindeutig etwas, das sich im Rahmen einer Gleichgewichtsanalyse vollzieht. Die Energie-Einstrahlung auf die Erde muss im Gleichgewicht gleich der Energieabstrahlung von der Erde sein. Mit dieser Gleichgewichtsbedingung schätzt man die Klimaveränderung aufgrund veränderter Treibhausgasemissionen ab.

H Zur Aktualität der temporalen Kapitaltheorie

Es ist aus Zeitgründen nicht möglich, hier eine breite makroökonomische Diskussion zu entfalten. Ich will nur einen Aspekt der Krise der letzten Jahre hervorheben, der mich an die temporale Kapitaltheorie erinnert hat. Es geht um das Thema der Staatsschulden. Viele Kommentatoren haben eine wesentliche Ursache der Krise gerade auch in der Staatsverschuldung gesehen. Ohne Zweifel gibt es in Europa Staaten, die durch übermäßige Staatsverschuldung und/oder private Verschuldung (Immobilienblasen) in große Schwierigkeiten gekommen sind. Insgesamt ist heute eine Stimmung vorherrschend, die sich gegen Staatsverschuldung stemmt. Länder wie die Schweiz oder Deutschland haben Staatsschuldenbremsen in ihre Verfassung aufgenommen.

Meine Intuition war eine andere. Die Vorstellung, dass die Politik des leichten Geldes unter Greenspan wesentlich schuld an der Krise gewesen sei, leuchtete mir nicht ein, zumal die geringe Inflationsrate zu dieser Vorstellung nicht passte. Wohl aber fand ich es bemerkenswert, dass China als Schwellenland einer der größten Kapitalexporthure wurde. Mir schien, dass es Argumente

keynesianischer Art dafür gab, die Krise auch durch zusätzliche Staatsverschuldung einzudämmen.

In diesem Zusammenhang kam mir die Idee, dass die Schwere der Krise, wenn man sie mit früheren Rezessionen vergleicht, auch damit zusammenhänge, dass der Wicksellsche "natürliche Zins" ins Negative gewandert sei. Damit meine ich den gesamtwirtschaftlichen Gleichgewichtszins in der hypothetischen Situation ohne Staatsschulden. Um diese Frage analytisch genauer beantworten zu können, griff ich zurück auf mein oben dargestelltes Theorem, dass im Gleichgewicht ohne Staatsschulden die Sparperiode gleich der Produktionsperiode sein muss. Was sich gegenüber früher geändert haben mochte, war eine höhere Sparperiode aufgrund der Tatsache, dass die Lebenserwartung der Menschen dem Zeitpunkt des Eintritts in das Rentenalter immer weiter vorseilte – und das in allen reichen Ländern, ja sogar in China. Sofern das Hauptmotiv des Sparens die Vorsorge für das Alter ist, besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Länge der Altersperiode nach dem Ausscheiden aus dem Beruf und der Länge der Sparperiode. Wie oben schon angedeutet, ist bei einem Zins von Null und bei stationärem Lohneinkommen und stationärem Konsum die Sparperiode für die Altersvorsorge genau 50 % der Altersperiode. Wenn diese aber inzwischen in der Nähe von 20 Jahren liegt, dann ist die Sparperiode 10 Jahre, ehe noch an die Vererbung von Vermögen an die Kinder gedacht wurde. Kommt das Vererbungsmotiv dazu, dann steigt die Sparperiode noch ein ganzes Stück über 10 Jahre hinaus.

Die Produktionsperiode ist, wie auch oben gezeigt, im Steady State Modell gleich dem Kapitalkoeffizienten (in diesem Fall: Kapitalstock bezogen auf den jährlichen Konsum), sofern der Zinssatz gleich der Wachstumsrate ist. Da letzteres in der Realität approximativ der Fall ist, kann man die Produktionsperiode mit diesem Kapitalkoeffizienten zumindest approximativ identifizieren. Nun ist bekannt, dass der empirische Kapitalkoeffizient seit einem Jahrhundert keinen Trend nach oben aufweist – und dies, obwohl sich in dieser Zeit die Finanzierungsbedingungen von Investitionen massiv verbessert haben. Der Kapitalkoeffizient ist nun allenfalls halb so groß wie die von mir für die reichen Länder und China abgeschätzte Sparperiode von etwa 12 Jahren.

Es war somit die Erinnerung an das früher einmal abgeleitete Theorem von der Gleichheit von Produktionsperiode und Sparperiode, die mich veranlasste, für die heutige Zeit die These aufzustellen, dass der natürliche Zins negativ ist – und dass wir daher ein gerüttelt Maß an Staatsschulden benötigen, wenn wir Preisstabilität und Vollbeschäftigung zusammen aufrecht erhalten wollen.

Paradoxerweise habe ich mich an die Böhm-Bawerksche temporale Kapitaltheorie wieder erinnert, weil ich das Gegenteil von dem nachweisen wollte, was Böhm-Bawerk beweisen wollte. Er wollte ja seine drei Gründe anführen, um zu zeigen, dass der natürliche Zins positiv ist. Ich verwende meine eigene Fortentwicklung der temporalen Kapitaltheorie, um Gründe darzulegen, weshalb ich glaube, dass der natürliche Zins in der heutigen Zeit negativ ist.

Ich habe in mehreren Publikationen, die von meiner Homepage abgerufen werden können, Gründe dafür angegeben, dass die Sparperiode der Produktionsperiode davon eilt und dass wir daher auf Staatsschulden angewiesen sind, wenn wir im Interesse einer privaten Vorsorge auf Preisstabilität und damit auf einen nicht-negativen Realzins setzen.