

Rainer Metz

# **Auf der Suche nach den Langen Wellen der Konjunktur**

Geschichte

**Franz Steiner Verlag**

## Zum Geleit

Winfried Stier

Dass eine Analyse von Zeitreihen mit inadäquaten statistischen Methoden zu solch dramatischen Konsequenzen führt wie im Fall von N. D. Kondratieff, der in einem Stalinschen Gulag endete, dürfte wohl einmalig sein. Seine „Entdeckung“ und Interpretation langer Konjunkturwellen stand im scharfen Kontrast zur herrschenden Sowjet-Ideologie. Inadäquat war die Vorgehensweise von Kondratieff insofern, als er seine Reihen auf eine sehr einfache Weise trendbereinigte mittels Polynomen der Zeit, wobei er ohne nähere Begründung Polynome vom Grad 1 bis zum Grad 3 verwendete. Einer der ersten Kritiker dieser simplen Trendbestimmung war Oskar Anderson, der zeigte, dass man je nach gewähltem Polynomgrad zu anderen Resultaten kam als Kondratieff. „Mit Rücksicht auf das traurige Schicksal, das Kondratieff nach Beendigung der NEP-Periode in Sowjet-Rußland widerfuhr, habe ich die Ergebnisse meiner Berechnungen seinerzeit nicht veröffentlicht. Ich möchte übrigens bemerken, daß ich nicht die Existenz von langen Wellen der Konjunktur überhaupt beanstande, sondern mich nur gegen jene Methode wende, mit Hilfe welcher Kondratieff deren Existenz nachzuweisen glaubte“ (O. Anderson: Probleme der statistischen Methodenlehre, Physika - Verlag, Würzburg 1957, S. 176).

Trotz dieser berechtigten Methodenkritik hat die Idee langer Konjunkturwellen bis heute nichts von ihrer Faszination eingebüßt, obgleich es während der nach dem Ende des 2. Weltkrieges einsetzenden langen Wachstumsperiode relativ still um die „Langen Wellen“ wurde. Nicht Konjunktur- sondern Wachstumstheorien standen im Zentrum des wissenschaftlichen Interesses. Das änderte sich aber etwa ab Mitte der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts, nachdem vermehrt rezessive Entwicklungen vor allem in den westlichen Volkswirtschaften zu beobachten waren. Handelte es sich dabei vielleicht um die Abschwungphase eines Kondratieff-Zyklus? Diese Frage hat damals Ökonomen und Wirtschaftshistoriker in gleichem Maße beschäftigt. Man sah sich – einmal abgesehen von der theoretischen Erklärung des Phänomens – nicht nur mit genuin wirtschaftshistorischen Problemen konfrontiert, sondern auch mit der Unzulänglichkeit der damals zur Verfügung stehenden Werkzeuge der Zeitreihenanalyse. Unter den Wirtschaftshistorikern hat sich Rainer Metz um eine Synthese von Wirtschaftstheorie, Statistik und Geschichte in besonderer Weise verdient gemacht. Insbesondere hat er konsequent und gründlich die beiden

alternativen Forschungsansätze „Filter-Design“ und „Model-based approach“ auf ihre Tauglichkeit für empirische Überprüfungen von „Langer-Wellen-Hypothesen“ untersucht.

Wer sich generell mit diesem Themenkreis beschäftigt, findet in den von Rainer Metz (teilweise mit Koautoren) verfassten Schriften, die in dem vorliegenden Sammelband erstmalig geschlossen publiziert werden, nicht nur den „state of the art“ in einer auch für Nicht-Statistiker verständlichen Weise dargestellt, sondern auch die Forschungskontroversen der vergangenen 25 Jahre. Methodisch-statistische, ökonomisch-theoretische und wirtschaftshistorische Forschungen standen dabei in einem sich wechselseitig bedingenden, teilweise kontroversen aber insgesamt fruchtbaren Verhältnis, ohne das wissenschaftlicher Fortschritt nicht möglich gewesen wäre. Dieser spiegelt sich in den hier versammelten Schriften exemplarisch wider, weshalb sie auch einen wichtigen Beitrag zur Geschichte der Forschung auf diesem Gebiet darstellen.

Das „letzte Wort“ im Hinblick auf die Existenz „Langer Wellen“ scheint noch nicht gesprochen zu sein. Noch stehen sich insbesondere „Filter-approach“ und „Model-based approach“ mit teilweise kontroversen Resultaten gegenüber. Es bleibt also spannend! Dem Sammelband ist alleine schon deshalb eine weite Verbreitung und Beachtung zu wünschen.

Winfried Stier

St. Gallen, im April 2008

## Vorwort

Dieser Band vereinigt 12 Beiträge zum Thema „Lange Wellen der Konjunktur“. Ihr generelles Anliegen ist es, Aussagen über die Existenz langfristiger Konjunkturzyklen in ausgewählten ökonomischen Reihen mit Hilfe zeitreihenanalytischer Verfahren abzuleiten. Sie sind meist aus Vorträgen nationaler und internationaler Tagungen entstanden und deshalb weit verstreut publiziert und nicht immer leicht zugänglich.

Die Aufsätze sind im Verlauf von 25 Jahren entstanden und besonders in ihren Anfängen eng mit den Arbeiten von Winfried Stier verknüpft. Er war es, der bereits Ende der 1970er Jahre die Konstruktion und Verwendung idealer Filter forderte, allerdings nicht primär für die Untersuchung Langer Wellen, sondern für die Saisonbereinigung. Die von ihm und seinen Schülern entwickelten Filter können im Rückblick als bedeutende Pionierleistung auf diesem Gebiet angesehen werden. Es war nahe liegend, diese idealen Filter auch für die Identifikation langfristiger Konjunkturzyklen einzusetzen, zumal die traditionellen Verfahren dafür völlig ungeeignet waren. So beschäftigen sich die Aufsätze des ersten Teils in diesem Band mit dem Einsatz idealer Filter zur Analyse Langer Wellen.

Eine völlige Neuorientierung in der Zeitreihenanalyse setzte Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre mit der Diskussion um die sog. Unit Root Prozesse ein. Nicht mehr ideale Filter galten als adäquates Mittel bei der Analyse Langer Wellen, sondern stochastische Modelle, die maßgeschneidert für jede Zeitreihe deren Eigenschaften in stochastischen Trend- und Zykluskomponenten erfassen sollten. Diese Neuorientierung war grundstürzend, und Gegenstand der Habilitationsschrift des Verfassers an der Universität St. Gallen. Generelles Ergebnis dieser Forschungen war, dass die bislang mit idealen Filtern nachgewiesenen Langer Wellen unter Umständen auf eine falsche Trendbereinigung stochastischer Prozesse zurückgeführt werden müssen und damit statistische Artefakte darstellen würden. Die Aufsätze des zweiten Teils in diesem Band beschäftigen sich mit diesem Problem. Eine abermalige Neuorientierung hat nun vor einigen Jahren eingesetzt, bei der es erneut um die Konstruktion idealer Filter geht, wobei nun Filter entwickelt werden, die explizit auch für stochastische Trendprozesse als geeignet angesehen werden. Eine Verwendung dieser Filter für die Analyse Langer Wellen hat bislang nicht stattgefunden.

So ist diese neuerliche Auseinandersetzung mit idealen Filtern der Anlass gewesen, ausgewählte Arbeiten zu diesem Thema in einem eigenen Band zu veröffentlichen. Den Beiträgen ist ein Rückblick und Ausblick vorangestellt, der die Bemühungen um ein ideales Verfahren zur Analyse Langer Wellen vor dem Hintergrund der bisherigen Forschungen Revue passieren lässt und gleichzeitig den Brückenschlag zu den neueren Filter-Design-Ansätzen versucht.

Danken möchte ich dem Steiner Verlag in Stuttgart, insbesondere Herrn Dr. Thomas Schaber, für die verlegerische Betreuung und Herausgabe des Bandes. Herrn Gräff-Mazalla (Hundt Druck GmbH, Köln) danke ich für die Aufbereitung der Druckvorlage. Mein besonderer Dank gilt schließlich Herrn Dr. cand. Thomas Schlösser (Köln), der mich bei der Vorbereitung und Drucklegung des Bandes in vielfältiger Weise überaus tatkräftig unterstützt hat.

Köln, im April 2008

## Inhaltsverzeichnis

Zum Geleit (Winfried Stier) .....	V
Vorwort .....	VII
Inhaltsverzeichnis .....	IX
Nachweis der ersten Druckorte .....	XI
<b>I. Zum empirischen Nachweis Langer Wellen: Rückblick und Ausblick.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Lange Wellen als Filter-Design Problem</b>	
(1) „Long Waves“ in English and German Economic Series from the Middle of the Sixteenth to the Twentieth Century .....	21
(2) Filter Design in the Frequency Domain .....	67
(3) The Statistical Evidence of „Long Waves“ in Pre- Industrial and Industrial Times .....	103
(4) Zur empirischen Evidenz „langer Wellen“ .....	133
(5) Re-Examination of Long Waves in Aggregate Production Series .....	159
(6) Probleme der statistischen Analyse langer historischer Zeitreihen .....	199

- (7) Der Einsatz der Hodrick-Prescott Filters zur Trendbestimmung in ökonomischen Zeitreihen .....229

### III. Lange Wellen und stochastische Trends

- (8) Über die stochastische Struktur langfristiger Wachstumsschwankungen .....263
- (9) Schätzung stochastischer Trends in ARIMA (p,l,q) Prozessen .....291
- (10) Trend, Lange Wellen, Strukturbrüche oder nur Zufall: Was bestimmt die langfristige Entwicklung des deutschen Bruttoinlandsprodukts?.....319
- (11) Stochastic Trends in German Gross Domestic Product (GDP) 1850-1990 .....367
- (12) Empirical Evidence and Causation of Kondratieff Cycles .....395

## Nachweis der ersten Druckorte

- (1) METZ, R. (1983): „Long Waves in English and German Economic Series from the Middle of the Sixteenth to the Twentieth Century.“ In: Fremdling, R.; O'Brien, P. (Hrsg.): Productivity in the Economies of Europe. (=HSF Historisch Sozialwissenschaftliche Forschungen, 15). Stuttgart, S. 175 -219.
- (2) METZ, R.; STIER, W. (1992): „Filter Design in the Frequency Domain.“ In: Kleinknecht, A.; Mandel, E.; Wallerstein, I. (Hrsg.): New Findings in Long Wave Research. London, S. 45-79.
- (3) METZ, R.; IRSIGLER, F. (1984): „The Statistical Evidence of ‚Long Waves‘ in Pre-Industrial and Industrial Times“. In: Social Science Information, Bd. 23, Nr. 2, S. 381-410.
- (4) METZ, R. (1984): „Zur empirischen Evidenz langer Wellen.“ In: Kyklos, Bd. 37, Nr. 2, S. 266-290.
- (5) METZ, R. (1992): „Re-Examination of Long Waves in Aggregate Production Series.“ In: Kleinknecht, A.; Mandel, E.; Wallerstein, I. (Hrsg.): New Findings in Long Wave Research. London, S. 80-119.
- (6) METZ, R. (1993): „Probleme der statistischen Analyse langer historischer Zeitreihen.“ In: Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Band 80, Heft 4, S. 457-486.
- (7) METZ, R. (1996): „Der Einsatz der Hodrick-Prescott Filters zur Trendbestimmung in ökonomischen Zeitreihen.“ In: Historical Social Research / Historische Sozialforschung, Vol. 21, Heft 2, S. 48-80.
- (8) METZ, R. (1992): „Über die stochastische Struktur langfristiger Wachstumsschwankungen.“ In: IFO-Studien, Zeitschrift für empirische Wirtschaftsforschung, Bd. 38, Heft 2, S. 171-197.

- 
- (9) METZ, R. (2005): „Schätzung stochastischer Trends in ARIMA (p,l,q) Prozessen.“ In: Greulich, G.; Lösch, M.; Müller, Ch.; Stier, W. (Hrsg.): Empirische Konjunktur- und Wachstumsforschung. Festschrift für Bernd Schips zum 65. Geburtstag. Zürich, S. 153-180.
- (10) METZ, R. (1998): „Trend, Lange Wellen, Strukturbrüche oder nur Zufall: Was bestimmt die langfristige Entwicklung des deutschen Bruttoinlandsprodukts?“ In: Schremmer, E. (Hrsg.): Wirtschafts- und Sozialgeschichte. Gegenstand und Methode. 17. Arbeitstagung der Gesellschaft für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte in Jena 1997 (VSWG-Beiheft 145). Stuttgart, S. 117-164.
- (11) METZ, R. (2004): „Stochastic Trends in German Gross Domestic Product (GDP) 1850-1990.“ In: Metz, R.; Edel, K.; Lösch, M. (Hrsg.): Zeitreihenanalyse in der empirischen Wirtschaftsforschung. Festschrift für Winfried Stier zum 65. Geburtstag. Stuttgart, S. 147-174.
- (12) METZ, R. (2005): „Empirical Evidence and Causation of Kondratieff Cycles.“ In: Devezas, T.C. (Hrsg.): Kondratieff Waves, Warfare and World Security. Proceedings of a NATO Advanced Research Workshop, Lissabon.

## **Zum empirischen Nachweis Langer Wellen: Rückblick und Ausblick**

### **Einleitung**

Ausgangspunkt der hier zusammen gestellten Beiträge ist die Theorie der „Lange Wellen“ der Konjunktur, die auf Arbeiten von Kondratieff (1926) und Schumpeter (1939) zurückgeht. Neben den durch Schumpeter geprägten innovationstheoretischen Ansätzen gibt es gegenwärtig eine Vielzahl unterschiedlicher Theorien Langer Wellen.<sup>1</sup> Allen gemeinsam ist die These, dass sich langfristiges wirtschaftliches Wachstum nicht stetig-linear vollzieht, sondern endogen determinierten Auf- und Abschwungsphasen mit einer Dauer von 20 bis 30 Jahren folgt.

Trotz der an sich unbestrittenen Tatsache langfristiger Veränderungen im Tempo gesamtwirtschaftlichen Wachstums und trotz der zahlreichen Versuche, Lange Wellen empirisch nachzuweisen, ist die Frage, ob es sich dabei um regelmäßige Zyklen handelt, bis heute umstritten. Dies hat vor allem zwei Gründe: Erstens impliziert der Begriff des Zyklus eine sich in regelmäßigen Abständen wiederholende gleichbleibende oder zumindest ähnliche Ursache-Wirkungskonstellation, was angesichts der fundamentalen wirtschaftlichen, sozialen und institutionellen Strukturwandlungen in den letzten 200 Jahren ein bemerkenswertes und theoretisch nicht einfach zu erklärendes Faktum darstellt. Und zweitens benötigt man für den empirischen Nachweis Langer Wellen nicht nur entsprechend lange konsistente Zeitreihen, sondern auch statistische Verfahren, die es erlauben, langfristige Zyklen sowohl vom Trend als auch von kürzerfristigen Schwankungen zu trennen. Dabei stellt die statistische Trennung von Trend und Langer Wellen das eigentliche und zentrale Problem dar. Dementsprechend sind die zeitreihenanalytischen Verfahren der Trendbestimmung bzw. Trendbereinigung die entscheidende Grundlage für die statistische Identifikation und Modellierung langfristiger Konjunkturzyklen.

Im Folgenden wollen wir zunächst die Entwicklung dieser Verfahren vor dem Hintergrund der in diesem Band zusammen gestellten Aufsätze Revue passieren lassen. Dabei werden wir zunächst auf die Situation Anfang der 1970er Jahre eingehen, die aus der Kritik an den traditionellen Verfahren der Zeitreihenanalyse zur Entstehung des Filter-Design Ansatzes geführt hat. Daran anschließend werden wir das Aufkommen der modellbasierten Ansätze Ende

---

<sup>1</sup> Einen Überblick geben Janssen (1997); Kriedel (2005); Mittermaier (2004).

der 1980er, Anfang der 1990er Jahre und deren Einsatz bei der Analyse Langer Wellen skizzieren und zeigen, dass mit diesen Ansätzen die Existenz Langer Wellen radikal in Frage gestellt wurde. Abschließend werden wir nach den Konsequenzen der neuesten Filter-Design Ansätze für die Analyse Langer Wellen fragen und einige Perspektiven für die weitere Forschung aufzeigen.

### **Die Kritik an den traditionellen Verfahren und der Filter-Design Ansatz**

Für die Trendbestimmung bzw. Trendbereinigung ökonomischer Zeitreihen standen bis Anfang der 1970er Jahre, als das Interesse an den Langen Wellen auf Grund des weltweiten Wachstumseinbruchs erneut einsetzte, im Wesentlichen drei Verfahren zur Verfügung. Zur Bestimmung des Trends wurden entweder gleitende Mittelwerte unterschiedlicher Länge oder deterministische Funktionen der Zeit verwendet. Die trendfreie Komponente ergibt sich bei diesem Vorgehen aus der Subtraktion des Trends von der Originalreihe und die Lange Welle aus der Glättung der trendfreien Reihe. Da bei der Verwendung gleitender Mittelwerte für die Untersuchung langfristiger Zyklen zu viele Werte am Anfang und am Ende der Reihe verloren gehen, standen für die Trendbestimmung eigentlich nur deterministische Funktionen der Zeit zur Verfügung. Für die Trendbereinigung wurde häufig auf die Differenzenbildung zurückgegriffen. Ein für historische Analysen wesentlicher Nachteil der Differenzenbildung ist die Tatsache, dass der Trend damit nur eliminiert, aber nicht dargestellt werden kann, da die Subtraktion der trendbereinigten Reihe von der Originalreihe nicht den Trend ergibt.

Die Anwendung dieser traditionellen Verfahren der Zeitreihenanalyse ergab nun einen Widerspruch bezüglich der Existenz Langer Wellen. Während diese in differenzierten Reihen in der Regel nicht mehr nachweisbar waren, ergab die Anwendung deterministischer Funktionen meist die Existenz eines langfristigen Zyklus. Ganz offensichtlich ist der Nachweis Langer Wellen vom gewählten Verfahren der Trendbestimmung bzw. der Trendbereinigung abhängig. Ein gravierendes Problem war, dass es keine eindeutigen Kriterien für die Auswahl des „richtigen“ Verfahrens zu geben schien. Ob der Trend also z.B. durch ein Polynom 3. oder 6. Grades oder eventuell durch einen gleitenden Mittelwert mit entsprechendem Stützbereich dargestellt werden sollte, schien der subjektiven Einschätzung des Forschers überlassen zu sein, was natürlich für wissenschaftliche Analysen äußerst unbefriedigend ist.

Da unterschiedliche Verfahren offensichtlich unterschiedliche Trendvorstellungen implizieren, wurde die Forderung erhoben, zunächst den Trend zu definieren und dann Verfahren zu verwenden, die dieser Definition entsprechen. Für die Analyse Langer Wellen schien es naheliegend, den Trend als jene Schwingungen einer Zeitreihe zu definieren, deren Periodendauer länger ist als die der

gesuchten Langfristzyklen, also länger als etwa 60 Jahre. Damit sind für die Analyse Langer Wellen Verfahren erforderlich, die es erlauben, Schwingungen mit einer Periodendauer von 60 Jahren und mehr dem Trend und Schwingungen mit weniger als 60 Jahren der trendfreien Reihe zuzuweisen. Die Diskussion hat gezeigt, dass alle traditionellen Verfahren diese Eigenschaften nicht besitzen, weshalb man völlig neue Wege beschreiten musste. Die Lösung des Problems sah man in Filtern, die Schwingungen einer Zeitreihe nach vorgegebenen Definitionen exakt übertragen bzw. eliminieren. Gesucht wurde also ein idealer Filter!

Die Konstruktion solcher Filter hat in den Arbeiten von Winfried Stier seit Mitte der 1970er Jahre bei der Suche nach einem idealen Saisonbereinigungsverfahren eine zentrale Rolle gespielt.<sup>2</sup> Generelles Ziel war es, Filter mit exakter Amplitude, Nullphase und absoluter Randstabilität zu konstruieren. Es hat sich allerdings gezeigt, dass es Filter, die alle diese Eigenschaften gleichzeitig erfüllen, grundsätzlich nicht gibt. Filter mit exakter Amplitude und Nullphase können nicht gleichzeitig randstabil sein. Zwischen den drei Eigenschaften besteht eine Antinomie (Stier 2001). Da für die Untersuchung langfristiger Zyklen das Problem der Randstabilität vernachlässigbar ist, sind für die Analyse Langer Wellen Filter mit Nullphase und exakter Amplitude erforderlich.

Mit dem von Heinrich Schulte (1981) entwickelten Kerbenfilter ist es erstmals gelungen, die Trendbereinigung so durchzuführen, dass eventuell vorhandene Lange Wellen nicht mit dem Trend ausgefiltert werden und damit in der trendbereinigten Reihe noch nachweisbar sein müssten. Auf diesem Filter basiert Aufsatz (1)<sup>3</sup>, in dem insgesamt 10 Zeitreihen untersucht wurden, die den Zeitraum von 1531 bis 1968 umfassen. Langfristzyklen waren in allen Reihen nachweisbar, wobei sich aber der typische Kondratieffzyklus mit einer Länge von 40 bis 60 Jahren nur in Preisreihen nachweisen ließ. Die Produktionsreihen wiesen mit 30 bis 40 Jahren kürzere Zyklen auf. Überraschend und zunächst nicht erklärbar war die Tatsache, dass der ausgefilterte Trend einen wellenförmigen Verlauf aufwies. Die Erklärung für diesen Trendverlauf war die Tatsache, dass der Kerbenfilter von Schulte im Niederfrequenzbereich, der ja für Lange Wellen entscheidend ist, eine erhebliche Phasenverschiebung bewirkt. Damit sind Zyklen in der trendfreien Reihe gegenüber der Originalreihe zeitlich verschoben. Eine Datierung der Wendepunkte der Zyklen in der historischen Zeitdimension war damit nicht möglich.

Erst mit der Arbeit des Stier Schülers Rolf Schmidt (1984) stand der Forschung ein Filter mit exakter Amplitude und Nullphase zur Verfügung. Mit dem von Schmidt entwickelten Verfahren lassen sich Hochpass-, Tiefpass-, Bandpass-, Bandstopp- sowie multiple Bandstopp- und multiple Kerbenfilter exakt realisieren, wobei der Forscher die entsprechenden Frequenzen der Pass- und Stoppbänder in

<sup>2</sup> Vgl. das Schriftenverzeichnis von Stier in Metz et al. (2004).

<sup>3</sup> Im Folgenden wird auf die hier abgedruckten Aufsätze mit der im Inhaltsverzeichnis angegebenen Nummer verwiesen.

beliebiger Genauigkeit vorgeben kann. Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten dieses Filters bei der Analyse Langer Wellen sind in Aufsatz (2) detailliert beschrieben. Auf diesem Filter, der lange Zeit als „state of the art“ (Silverberg/Lehnert 1993) bei der Analyse Langer Wellen galt, basieren die Aufsätze (3) bis (6).

Generelles Ergebnis dieser Arbeiten war die Feststellung, dass die untersuchten Zeitreihen langfristige Zyklen vom Kondratieff-Typ aufweisen. Allerdings hatte sich gezeigt, dass Verlauf, Amplitude und Dauer der gefilterten Zyklen im 20. Jahrhundert stark von den Extremwerten der Kriegs- und Zwischenkriegszeit beeinflusst sind, was in der Regel zu einer Verkürzung der Zyklusdauer führt. Ersetzt man diese Werte z.B. durch lineare Interpolation, ergibt sich eine längere Zyklusdauer. Dieses Phänomen, das auf den Einfluss von Extremwerten auf die gefilterten Komponenten hinweist, wurde jedoch erst später in Zusammenhang mit den modellbasierten Ansätzen eingehender thematisiert (vgl. die Aufsätze (10), (11) und (12)).

### **Lange Wellen und stochastische Trendmodelle**

Die Überzeugung, dass man mit diesem idealen Filter ein für die Analyse Langer Wellen adäquates Instrument zur Verfügung hätte, wurde in Frage gestellt, als sich mit der Arbeit von Nelson/Plosser (1982) in der empirischen Konjunktur- und Wachstumsforschung ein neuer Konsens herauszubilden begann, der besagt, dass ökonomische Zeitreihen mehrheitlich einem stochastischen Trend folgen.

Bei stochastischen Trends handelt es sich um nichtstationäre stochastische Prozesse, die in ihrem autoregressiven Teil mindestens eine Einheitswurzel aufweisen. Solche Prozesse werden auch als Unit Root-Prozesse bezeichnet. Der einfachste Fall ist der sog. Random Walk-Prozess. Bei der Existenz einer Einheitswurzel spricht man von einem integrierten Prozess erster Ordnung (I(1)), bei zwei Einheitswurzeln von einem integrierten Prozess zweiter Ordnung (I(2)). Besitzt der Prozess keine Einheitswurzel, spricht man von einem nicht integrierten oder I(0)-Prozess. Da bei integrierten Prozessen die Nichtstationarität durch die Bildung von Differenzen beseitigt werden kann, spricht man auch von differenzstationären Prozessen.

Weshalb ist die Annahme, ökonomische Zeitreihen würden einem stochastischen Trend folgen, für die Analyse Langer Wellen so bedeutsam? Die Antwort darauf findet sich bereits bei Chan et al. (1977) und Nelson/Kang (1981). Sie haben gezeigt, dass traditionelle Verfahren der Trendbereinigung bei Zeitreihen, die einem stochastischen Trend folgen, zu künstlichen Langfristzyklen führen, deren Periodendauer in etwa der der Langer Wellen entspricht. Wenn nun, wie

behauptet, ökonomische Zeitreihen mehrheitlich einem stochastischen Trend folgen, dann lässt sich der Verdacht nicht von der Hand weisen, dass die in zahlreichen Untersuchungen festgestellten Langfristzyklen ein statistisches Artefakt der „falschen“ Trendbereinigung differenzstationärer Prozesse sind und zwar auch dann, wenn zur Trendbereinigung ein idealer Filter verwendet wurde.

Für eine „richtige“ Trendbereinigung genügt es offensichtlich nicht, wie man das bei der Filter-Design Analyse angenommen hatte, Filter mit exakter Amplitude und Nullphase zu verwenden, es ist auch erforderlich, die Struktur des Trendprozesses vorab zu identifizieren.<sup>4</sup> Entscheidend für die statistische Analyse Langer Wellen ist demnach die Frage, ob die zu untersuchende Zeitreihe einem stochastischen Trend folgt. Zur Beantwortung dieser Frage sind eine Vielzahl von Tests entwickelt worden, unter denen die sog. Unit Root-Tests eine herausragende Bedeutung einnehmen und auf die von uns erstmals in Aufsatz (8) eingegangen wurde. Eine ausführliche Auseinandersetzung mit diesen Problemen hat nun zweierlei gezeigt. Erstens ist es in endlichen Stichproben, und das sind historische Zeitreihen nun einmal, praktisch unmöglich, einigermaßen verlässliche Aussagen über die Art des Trendprozesses abzuleiten.<sup>5</sup> Zweitens hat sich gezeigt, dass sich besonders für lange Zeitreihen zum Sozialprodukt die Nullhypothese einer Einheitswurzel zurückweisen lässt, wenn man als Alternativhypothese ein Trendbruch (TB) Modell mit einem gebrochen linearen Trend annimmt, der zu einem oder mehreren Zeitpunkten einen Bruch im Niveau oder in der Steigung aufweist.<sup>6</sup> Da die mit den TB-Modellen identifizierten Wachstumsperioden, für die ja eine konstante Wachstumsrate angenommen wird, zu kurz sind, um innerhalb der einzelnen Perioden noch Lange Wellen identifizieren zu können, hätte die Akzeptanz des TB-Modells weitreichende Konsequenzen. Die Lange Wellen Hypothese müsste verworfen und statt ihrer die Strukturbruchhypothese akzeptiert werden.

Allerdings ist das TB-Modell nicht die einzige Möglichkeit, lange Zeitreihen zu modellieren. Eine plausible Alternative ist nämlich ein Modell, bei dem für den gesamten Zeitraum ein einheitlicher stochastischer Trendprozess angenommen wird, der durch irregulär auftretende Schocks überlagert bzw. ge-

<sup>4</sup> Harvey/Jäger (1993) z.B. haben gezeigt, dass die Transferfunktion eines Filters vom Integrationsgrad der zu filternden Zeitreihe abhängt. Dies erklärt, weshalb die Differenzenbildung bei einem ARIMA(p,1,q)-Prozess, der langfristige Zyklen aufweist, diese nicht eliminiert, sondern in die trendfreie Reihe überträgt. Die bis dahin in der Literatur dargestellte Transferfunktion des Differenzenfilters, der ja alle niederfrequenten Schwingungen restlos eliminieren müsste, gilt eben nur für  $I(0)$ , nicht aber für integrierte Prozesse.

<sup>5</sup> Ausführlich dazu Metz (2002).

<sup>6</sup> Vgl. z.B. Bai/Lumsdaine/Stock (1998); Ben-David/Papell (1995); Ben-David-Lumsdaine/Papell (2003); Busetti/Harvey (2001); Lumsdaine/Papell (1997); Papell/Prodan (2004).

stört ist.<sup>7</sup> Ein solches Modell erfordert erstens die Identifikation irregulärer Schocks, zweitens die Bereinigung der Zeitreihe um diese Schocks und drittens die Schätzung der stochastischen Komponenten für die um Ausreißer bereinigte Reihe. Diesen Ansatz verfolgen die Aufsätze (10) und (11). Irreguläre Schocks und ihre Auswirkungen auf die Zeitreihe wurden dabei mit Hilfe der Ausreißer-Analyse im Rahmen der ARIMA-Modellierung geschätzt.

Für die Schätzung der stochastischen Komponenten wurden die sog. unobserved components (UC)-Modelle verwendet. Wie die traditionellen Komponentenmodelle gehen auch sie davon aus, dass sich eine Zeitreihe aus dem Zusammenwirken von mehreren unbeobachtbaren Komponenten, wie z.B. Trend und Zyklus ergibt. Mit diesen Modellen wird die Forderung verbunden, die Komponenten entsprechend den stochastischen Eigenschaften der zu untersuchenden Reihe zu modellieren, was im Gegensatz zum Filter-Design Ansatz steht, der die Komponenten ausschließlich über ihren Frequenzgehalt definiert, ohne die stochastischen Eigenschaften der zu untersuchenden Reihe explizit zu berücksichtigen. Genau dies wird ja von den Vertretern der UC-Modelle am Filter-Design Ansatz kritisiert.<sup>8</sup> Filtert man nämlich z.B. einen Random Walk, oder einen White Noise Prozess mit einem idealen Bandpassfilter, erhält man eine zyklische Komponente, obwohl diese für den Verlauf der Reihe völlig irrelevant ist. Sie ist ein Artefakt.

Im Rahmen der UC-Modelle gibt es mehrere Möglichkeiten, die Komponenten zu schätzen, wobei dem von Beveridge-Nelson (BN) (1981) vorgeschlagenen Verfahren und dem strukturellen Ansatz nach Harvey (1985, 1989, 1993) die wohl größte Bedeutung zukommen.<sup>9</sup> Die von BN vorgeschlagene Zerlegung einer Zeitreihe impliziert einen kausalen Filter, dessen Filtergewichte in Abhängigkeit von der ARIMA Repräsentation der Zeitreihe geschätzt werden. Wie in Aufsatz (9) gezeigt, ist diese Zerlegung für die Analyse und Modellierung langfristiger Zyklen ungeeignet, da sie unter Umständen eine erhebliche Phasenverschiebung bewirkt. Die für die BN-Zerlegung von Poiretti/Harvey (2000) und Morley (2002) vorgeschlagenen Glättungsverfahren versuchen, diesen Nachteil zu vermeiden. Sie sind aber für die Analyse Langer Wellen bislang nicht verwendet worden. Wesentlich besser geeignet zur Schätzung stochastischer Trends scheinen strukturelle Zeitreihenmodelle, die in den Aufsätzen (10), (11) und (12) zur Analyse Langer Wellen verwendet wurden.<sup>10</sup>

<sup>7</sup> Vgl. auch Darné/Diebolt (2004).

<sup>8</sup> Vgl. z.B. Harvey/Jäger (1993), Cogley/Nason (1995), Canova (1998), Benati (2001), Gomez (2001), Murray (2003), Goldrian (2005), Lyubomir (2005), Cogley (2006), Doorn (2006).

<sup>9</sup> Zum Vergleich der beiden Verfahren vgl. Morley/Nelson/Zivot (2003).

<sup>10</sup> Zur Schätzung von strukturellen Modellen werden diese in Zustandsraumform transformiert. Die Parameter erhält man via Kalman Filter und speziellen Glättungsverfahren (Harvey 1985, Harvey/Koopman 2000).

Die Anwendung struktureller Zeitreihenmodelle ergab für verschiedene, um Ausreißer bereinigte Reihen des Bruttoinlandsprodukts (BIP) Zyklen mit einer Länge zwischen 22 und 12 Jahren, die damit wesentlich kürzer sind als die Kondratieffzyklen. Danach hätten Lange Wellen mit einer Dauer von 30 bis 60 Jahren zumindest für diese Reihen keine Bedeutung. Dagegen zeigt die Wachstumsrate der geschätzten stochastischen Trends deutliche Schwankungen, die nicht auf irreguläre Zufallseinflüsse, sondern auf systematische Faktoren im Wachstumsprozess zurückgeführt werden können. Generelles Fazit der Anwendung struktureller Zeitreihenmodelle war die Feststellung, dass die bislang in der Literatur mit Hilfe idealer Filter abgeleiteten Langfristzyklen das Ergebnis entweder nicht berücksichtigter Extremwerte und/oder der „falschen“ Trendbereinigung von stochastischen Prozessen sind.

### **Die Wiederkehr des Filter-Design Ansatzes**

Lange Zeit galt als unbestritten, dass allein der modellbasierte Ansatz eine adäquate Modellierungsstrategie für die Bestimmung von Trend und Zyklus darstellen würde, wollte man nicht Gefahr laufen, mit Filtern künstliche Langfristzyklen zu erzeugen. Interessanter weise wird nun in neuerer Zeit dem modellbasierten Ansatz erneut der Filter-Design Ansatz gegenübergestellt. Seine Vertreter argumentieren, dass es letztendlich zwei unterschiedliche Definitionen von Zyklus gegen würde, zwischen denen nicht a priori auf Grund substantieller Überlegungen diskriminiert werden könne (Cogley 2001).

Nach ihrer Auffassung ist die zyklische Komponente definiert als der Frequenzgehalt einer Zeitreihe, der durch einen idealen Bandpassfilter reproduziert wird (Pederson 2001). Danach wären Lange Wellen definiert als jene Schwingungskomponenten einer Reihe, die durch einen idealen Bandpassfilter mit geeignet ausgewählten Passbändern dargestellt werden. Diese Überlegungen knüpfen nahtlos an die Arbeiten von Stier aus den 1980er Jahren an, ohne dies zu thematisieren, was wohl primär daran liegt, dass Stiers Arbeiten im angelsächsischen Sprachraum nahezu unbekannt geblieben sind.

Ausgangspunkt der neuerlichen Diskussion ist der in der empirischen Forschung sehr populäre Hodrick-Prescott (HP) Filter (1980, 1997), der in Aufsatz (7) vorgestellt und mit dem Stier-Filter verglichen wurde. Gegen diesen Filter sind eine Reihe von Einwänden vorgebracht worden. Vor allem von den Vertretern des modellbasierten Ansatzes wird argumentiert, dass der Filter künstliche Zyklen erzeugen würde, wenn die gefilterten Reihen einem Random Walk folgen.<sup>11</sup> In diesem Zusammenhang haben Baxter/King (BK) (1999) und Christiano/Fitzgerald (CF) (2003) Verfahren entwickelt, mit denen versucht wird,

<sup>11</sup> Vgl. die in Fußnote 7 angegebene Literatur.

ideale Bandpassfilter im Zeitbereich zu approximieren.<sup>12</sup> In unserem Zusammenhang ist besonders der CF-Filter interessant, da er explizit auch einen Random Walk mit Drift als Trendprozess berücksichtigt. Da dieser Filter für die Analyse Langer Wellen bislang nicht verwendet wurde, wollen wir im Folgenden seine Wirkungsweise illustrieren, wozu wir die logarithmierte Reihe des deutschen Bruttoinlandsprodukts pro Kopf der Bevölkerung (BIP pK) von 1850 bis 2001 verwenden, die auch in Aufsatz (12) analysiert wurde.

Zunächst bestimmen wir Trend und trendfreie Reihe, wozu wir, wie bei jedem Filter, Pass- und Stoppband vorgeben müssen. Dabei legen wir für den Hoch- und Tiefpassfilter Beginn und Ende des Passbandes mit 60 Jahren fest. Als Trendprozess unterstellen wir einen Random Walk mit Drift. In Abb. 1 sind Trend (Tiefpass  $[\infty, 60]$ , Abb. 1a) und trendfreie Reihe (Hochpass  $[2, 60]$ , Abb. 1b) des asymmetrischen CF-Filters dargestellt.<sup>13</sup> Der Trend verläuft, wie zu erwarten, sehr glatt. Das Periodogramm der trendfreien Reihe (Hochpass) in Abb. 1c weist einen Peak bei 30 Jahren aus, was primär auf die starken Fluktuationen zwischen 1914 und 1946 zurück geführt werden kann.

Will man nun eventuell vorhandene Lange Wellen identifizieren, muss man nicht nur den Trend, sondern auch kürzerfristige Zyklen eliminieren, wozu man einen Bandpass Filter benötigt. Den Beginn des Passbandes legen wir wieder mit 60 Jahren und das Ende des Passbandes mit 25 Jahren fest. Damit sollen alle Schwingungen zwischen 60 und 25 Jahren in den Filteroutput übertragen werden. Der resultierende Langfristzyklus (Bandpass  $[25,60]$ ) ist zusammen mit der trendfreien Reihe in Abb. 1b dargestellt. Wie man sieht, erhalten wir eine Wellenbewegung mit zwei deutlich ausgeprägten Zyklen von 1890 bis 1919 und von 1919 bis 1951. 1983 kann als Endpunkt des dritten Zyklus interpretiert werden. Wie man am Verlauf der Bandpasskomponente leicht erkennen kann, ist der Verlauf ebenfalls stark durch die erratischen Werte der Kriegs- und Zwischenkriegszeit beeinflusst. Das Periodogramm der bandpassgefilterten Reihe in Abb. 1c (Bandpass) weist einen Peak bei 30 Jahren auf, der den entsprechenden Peak der hochpassgefilterten Reihe ziemlich exakt reproduziert.

<sup>12</sup> Vgl. auch Iacobucci/Noullez (2005).

<sup>13</sup> Da der Bandpass über einen FIR (Finite Impulse Response) Filter realisiert wird, approximiert er die ideale Transferfunktion umso besser, je länger der Stützbereich des Filters ist. Da der Stützbereich an den Rändern asymmetrisch ist, wird der vorgegebene Bandpass durch den CF-Filter nicht über die gesamte Länge in gleicher Weise ideal approximiert.

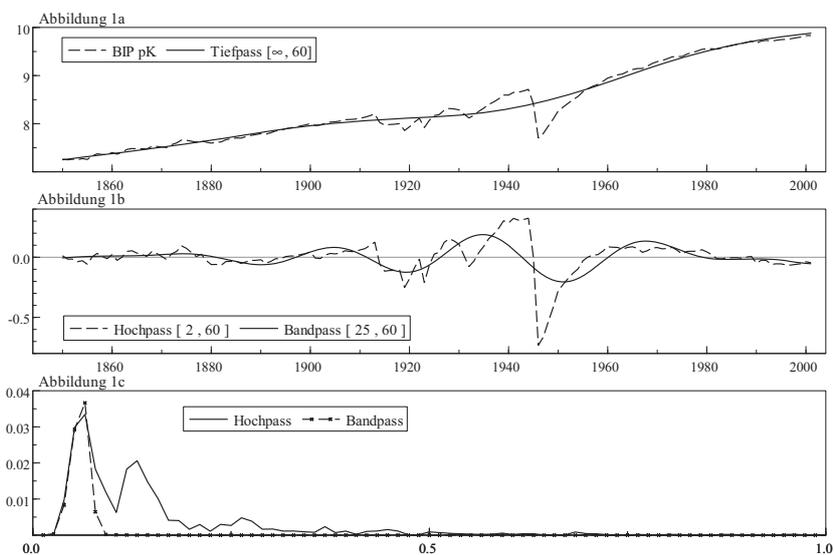


Abbildung 1: CF gefilterte Komponenten

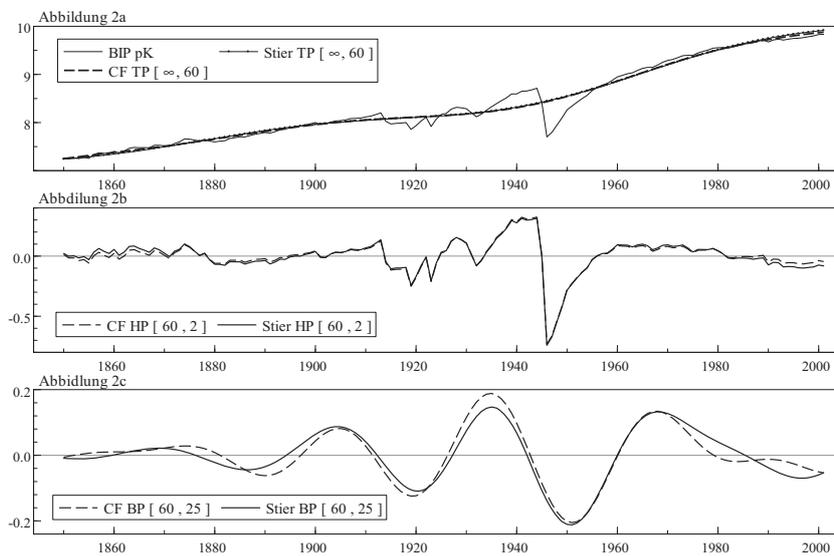


Abbildung 2: Komponenten des CF- und des Stier-Filters

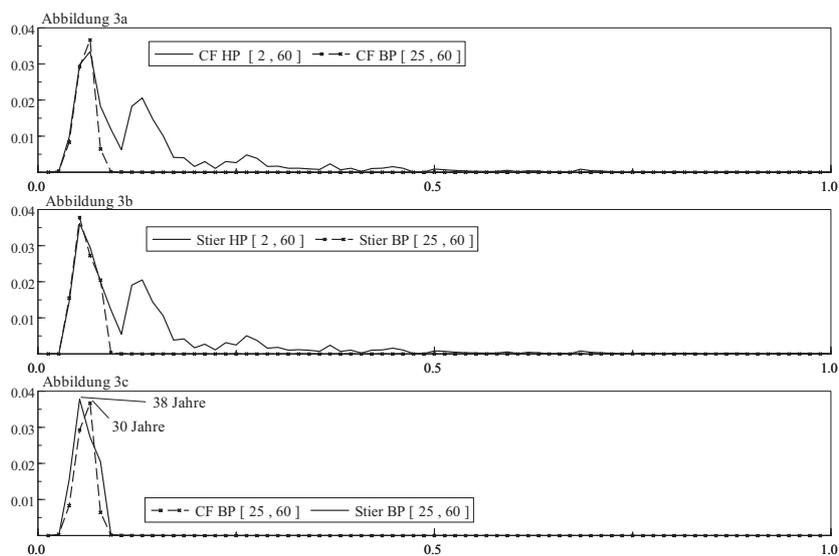


Abbildung 3: Periodogramm der Komponenten des CF- und des Stier-Filters

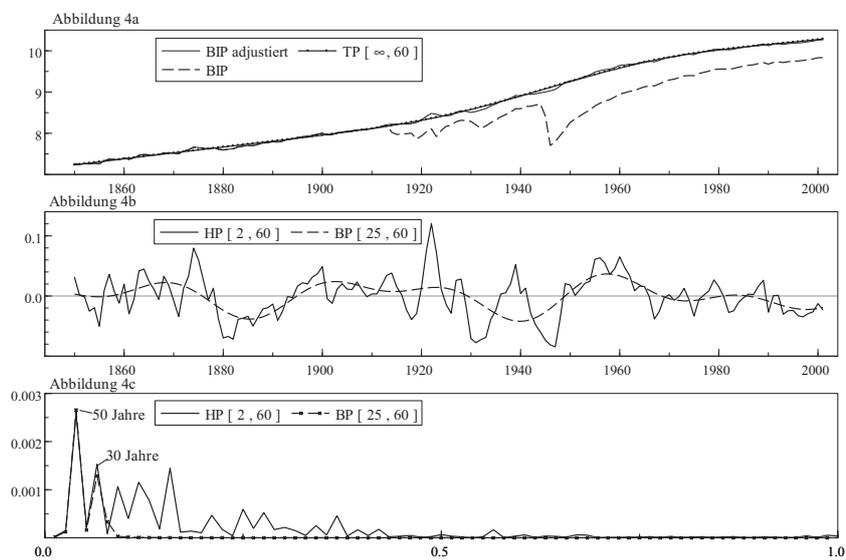


Abbildung 4: Komponenten des CF-Filters und deren Periodogramme

Wie genau nun der CF-Filter die Ergebnisse des Stier-Filters reproduziert, wollen wir nachfolgend untersuchen. Dazu legen wir Tief-, Hoch- und Bandpass des Stier-Filters in derselben Weise fest wie für den CF-Filter. Abb. 2a bis 2c zeigen den mit dem Stier-Filter ermittelten Trend (Stier TP  $[\infty,60]$ ), die trendfreie Reihe (Stier HP  $[60,2]$ ) sowie den Langfristzyklus (Stier BP  $[60,25]$ ) zusammen mit den entsprechenden Komponenten des CF-Filters.<sup>14</sup> Sieht man einmal von geringfügigen Unterschieden am linken und rechten Rand der Reihe ab, reproduzieren beide Filter nahezu identische Trend- und trendfreie Komponenten. Der mit den beiden Verfahren gefilterte Langfristzyklus zeigt etwas größere Unterschiede, besonders am linken und rechten Rand der Reihe. Beide Filter reproduzieren jedoch fast exakt die in der jeweiligen trendfreien Reihe enthaltene Langfristkomponente, wie man am Vergleich der Periodogramme der trendfreien Reihe und der bandpassgefilterten Reihe in Abb. 3a und 3b erkennt. Ein Vergleich der Periodogramme der mit den beiden Filtern bestimmten Langfristzyklen in Abb. 3c weist für die mit dem Stier-Filter ermittelte Langfristkomponente einen Peak bei 38 Jahren und für den mit dem CF-Filter bestimmten Langfristzyklus einen Peak bei 30 Jahren auf. Damit werden die Ergebnisse, die wir in früheren Untersuchungen mit dem Stier-Filter für diese Reihe abgeleitet haben, durch den CF-Filter prinzipiell bestätigt. Die Reihe des deutschen BIP pK weist einen Langfristzyklus mit einer durchschnittlichen Länge von 30 bzw. 38 Jahren auf, sofern für die Filterung die Originalreihe verwendet wird.

Bereits in Aufsatz (5) und dann vor allem in (10) und (11) hatten wir jedoch gezeigt, dass dieses Ergebnis durch die extremen Werte der Kriegs- und Zwischenkriegszeit bedingt ist und damit die Forderung verbunden, die zu filternde Reihe vorab um Ausreißer zu bereinigen. Um den Einfluss von Ausreißern auf die mit dem CF-Filter gefilterten Komponenten zu demonstrieren, verwenden wir im Folgenden die ausreißerbereinigte logarithmierte Reihe des BIP pK, die wir auch in Aufsatz (12) analysiert hatten. Für den CF-Filter legen wir Pass- und Stopfbänder in derselben Weise fest wie bei der Filterung der Originalreihe. Die adjustierte Reihe ist zusammen mit dem Trend (TP $[\infty,60]$ ), der trendfreien Reihe (HP $[2,60]$ ) und der bandpassgefilterten Komponente (BP  $[25,60]$ ) in Abb. 4a und 4b dargestellt. Zum Vergleich ist auch die Originalreihe des BIP pK in Abbildung 4a aufgenommen worden. Das Periodogramm der bandpassgefilterten Komponente (BP $[25,60]$ ) in Abb. 4c zeigt nun zwei Peaks bei 50 und 30 Jahren, die die entsprechenden Peaks der trendfreien Reihe (HP  $[2,60]$ ) exakt reproduzieren. Ganz offensichtlich weisen trendfreie Reihe und bandpassgefilterte Komponente eine lange Schwingung auf. Werden also die Kriegs- und Zwischenkriegswerte vor der Filterung adjustiert, resultiert aus der Anwendung des CF-Filters ein Langfristzyklus vom Kondratieff-Typ. Durch die Ausreißerbereinigung wird zwar die Amplitude des Langfristzyklus stark re-

<sup>14</sup> Trend = CF TP  $[\infty,60]$ ; trendfreie Reihe = CF HP  $[60,2]$ , Langfristkomponente = CF BP  $[60,25]$ .

duziert, gleichzeitig aber die Periodendauer verlängert. Auch dies ist ein Ergebnis, das wir bereits in früheren Arbeiten mit dem Stier-Filter festgestellt hatten. Grundsätzlich werden damit also die mit dem Stier-Filter abgeleiteten Ergebnisse bezüglich der Existenz Langer Wellen durch den asymmetrischen CF-Filter bestätigt.

Nach wie vor stehen damit jedoch die mit idealen Filtern abgeleiteten Ergebnisse in Widerspruch zu den mit strukturellen Modellen geschätzten Resultaten. Wie ist es möglich, dass ideale Filter und strukturelle Zeitreihenmodelle auch dann zu so unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich der Existenz Langer Wellen führen, wenn die Zeitreihe keine Ausreißer aufweist und der ideale Filter als Trendprozess einen Random Walk mit Drift berücksichtigt? Es ist hier nicht der Ort, diesen Fragen im Detail nachzugehen, das soll an anderer Stelle nachgeholt werden.<sup>15</sup> Lediglich an einem Beispiel sollen die Unterschiede quantifiziert und hinsichtlich ihrer inhaltlichen Bedeutung diskutiert werden. Dazu schätzen wir mit einem strukturellen Zeitreihenmodell für die adjustierte Reihe des BIP pK Trend und Zyklus.<sup>16</sup> Die beiden Komponenten sind in Abb. 5a und 5b dargestellt.<sup>17</sup> Für die zyklische Komponente wird eine durchschnittliche Periodendauer von 12.5 Jahren ausgewiesen. Zusätzlich sind in die Abbildung 5a und 5b auch die mit dem CF-Filter für diese Reihe ermittelten und bereits in Abb. 4a und 4b dargestellten Komponenten, nämlich Trend (CF TP[ $\infty$ ,60]), trendfreie Komponente (CF HP[2,60]) und Lange Welle (CF BP[25,60]) eingezeichnet. Offensichtlich lässt sich die mit dem Bandpass gefilterte Komponente mit dem strukturellen Modell nicht reproduzieren. Allerdings entspricht, wie man in Abb. 5b sieht, der mit dem strukturellen Modell geschätzte Zyklus in etwa der hochpassgefilterten Reihe, wobei sich allerdings von etwa 1880 bis 1965 Unterschiede im Niveau der Reihen, also in der Amplitude der Komponenten, zeigen. Trotz dieses insgesamt sehr ähnlichen Verlaufs von geschätztem Zyklus und hochpassgefilterter Reihe ergibt deren Analyse im Frequenzbereich gravierende Unterschiede. Während das Periodogramm der hochpassgefilterten Reihe in Abb. 5c Peaks bei 50 und 30 Jahren aufweist, zeigt der mit dem strukturellen Modell geschätzte Zyklus einen deutlichen Peak erst bei 12.5 Jahren.

Da offensichtlich relativ geringfügige Unterschiede in der Amplitude der Komponenten über die Existenz oder Nichtexistenz von Langer Wellen entscheiden, stellt sich die Frage, welche Bedeutung die hier mit dem Bandpass Filter dargestellten Langer Wellen für das Wachstum der deutschen Volkswirtschaft haben. Dieser Frage wollen wir abschließend nachgehen. In Abb. 6a ist das adjustierte BIP pK zusammen mit dem BIP eingezeichnet, aus dem die Langer Wellen herausgefiltert wurden.

<sup>15</sup> Dabei wird auch auf die neuerdings vorgebrachte Kritik an den modellbasierten Verfahren einzugehen sein, vgl. Wildi (2007).

<sup>16</sup> Die Schätzungen wurden mit dem Programm STAMP 7 durchgeführt. Vgl. Koopman et al. (2006).

<sup>17</sup> Als „Trend“ und „Zyklus“ bezeichnet.

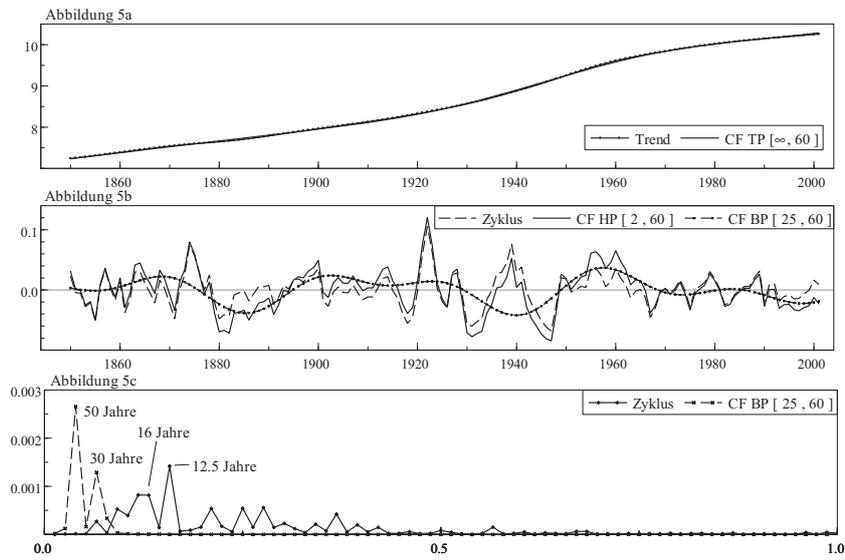


Abbildung 5: Komponenten des CF-Filters und des strukturellen Modells sowie ihre Periodogramme

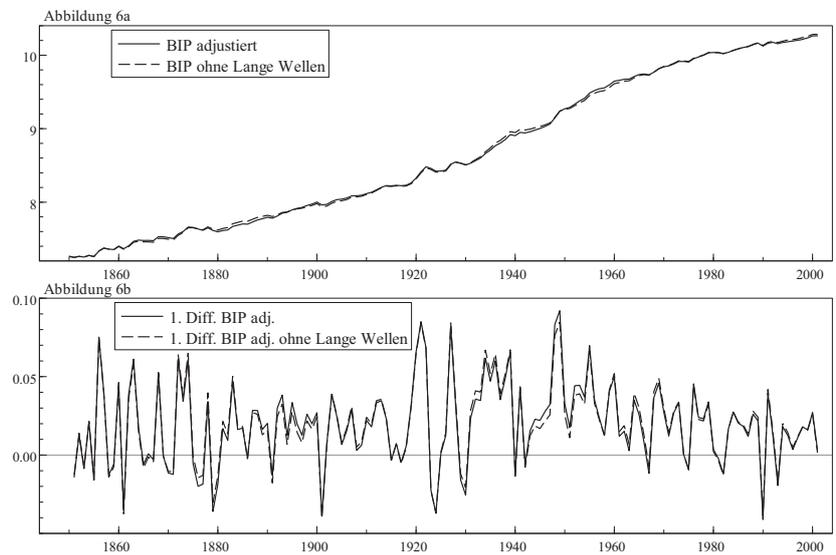


Abbildung 6: Niveau und Wachstumsraten des BIP pK mit und ohne Lange Wellen

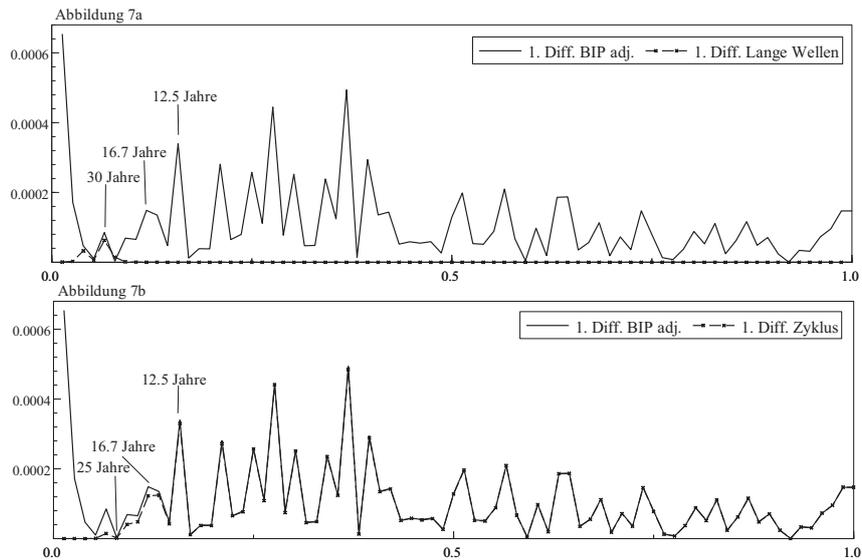


Abbildung 7: Periodogramm der 1. Diff. des BIP pK, des CF-gefilterten Langfristzyklus und des mit dem strukturellen Modell geschätzten Zyklus

In Abb. 6b sind die 1. Differenzen (als Approximation der Wachstumsraten) der beiden Reihen eingezeichnet. Die gestrichelten Linien in Abb. 6a und 6b zeigen, wie sich das Niveau bzw. die Wachstumsrate des adjustierten BIP ohne Lange Wellen entwickelt hätte. Wie man sieht, wären sowohl Niveau als auch Wachstumsraten des BIP ohne Lange Wellen nicht wesentlich anders verlaufen als mit Langen Wellen. Wachstum ohne Lange Wellen und Wachstum mit Langen Wellen sind demnach weitgehend identisch: eine Vorstellung die sicherlich nicht im Sinne Schumpeters wäre.

Damit stellt sich die Frage, die bereits in den Aufsätzen (5) und (6) ausführlich diskutiert wurde, wie man Pass- und Stopfbänder von Filtern so festlegen kann, dass man damit die für den Verlauf der Reihe wichtigen bzw. bedeutsamen Komponenten erhält? Eine Lösung des Problems bieten u.U. die Wachstumsraten der Komponenten bzw. deren Darstellung im Frequenzbereich mittels des Periodogramms, da dieses die Bedeutung einzelner Schwingungskomponenten für die Gesamtvarianz einer

Zeitreihe anzeigt. Geht man von einem Komponentenmodell mit den zwei Komponenten Trend und Konjunktur aus, dann gilt:

$$\Delta Y_t = \Delta T_t + \Delta C_t$$

Danach ergeben sich die 1. Differenzen der logarithmierten Reihe  $\{\Delta Y_t\}$  (als Approximation der Wachstumsraten) aus der Addition der Trendrate  $\{\Delta T_t\}$  und der Konjunkturrate  $\{\Delta C_t\}$ . Entsprechend zeigt ein Vergleich der Periodogramme der 1. Differenzen der Komponenten mit dem Periodogramm der 1. Differenzen der Reihe die Bedeutung der einzelnen Komponenten für die Gesamtvarianz von  $\Delta Y_t$ . Dieser Zusammenhang soll im Folgenden an zwei Beispielen veranschaulicht werden.

In Abb. 7a ist das Periodogramm der 1. Differenzen des adjustierten BIP eingezeichnet. Wir haben offensichtlich eine sehr lange Schwingungsdauer, die auf die variable Trendrate zurückzuführen ist. Wir haben überdies einen hohen Varianzanteil von Schwingungen mit einer Periodendauer von etwa 12.5 Jahren und kürzer. Die Bedeutung von langfristigen Zyklen ist dagegen gering, was man an dem relativ kleinen Peak bei 30 Jahren erkennt. Das Periodogramm der 1. Differenzen des mit dem Bandpass gefilterten Langfristzyklus ist ebenfalls in Abb. 7a eingezeichnet. Wie man sieht, reproduziert dieser nur den kleinen Peak des Periodogramms der 1. Differenzen bei 30 Jahren. Damit zeigt sich, dass die Bedeutung des gefilterten Langfristzyklus für die gesamte Wachstumsdynamik der Reihe nur minimal ist.

Ein völlig anderes Bild ergibt sich für den mit dem strukturellen Modell geschätzten Zyklus. Das Periodogramm seiner 1. Differenzen ist in Abb. 7b zusammen mit dem Periodogramm der 1. Differenzen des adjustierten BIP eingezeichnet. Für Schwingungen mit einer Periodendauer von etwa 25 Jahren und kürzer stimmen Periodogramm der 1. Differenzen des Zyklus und der 1. Differenzen der Reihe überein. Der geschätzte Zyklus „erklärt“ offensichtlich einen Großteil der Wachstumsdynamik der Reihe. Da die Schwingungen mit sehr langer Periodendauer durch die Trendrate „erklärt“ werden, bleibt als nicht „erklärter“ Rest nur der kleine Peak bei 30 Jahren übrig. Ihm entspricht im Zeitbereich der bandpassgefilterte Langfristzyklus.<sup>18</sup>

Aus diesen wenigen und in jeder Hinsicht vorläufigen Überlegungen lässt sich die Forderung ableiten, Pass- und Stoppbänder von Filtern so festzulegen, dass sie den „signifikanten“ Schwingungen der Reihe entsprechen, da ansonsten die Gefahr besteht, mit Filtern nur unbedeutende Schwingungskomponenten ei-

<sup>18</sup> Die Bedeutung der einzelnen Komponenten für die Gesamtvarianz der Reihe zeigt sich natürlich auch im Varianzverhältnis der Reihen. So beträgt die Varianz der 1. Differenzen der bandpassgefilterten Langen Wellen  $1.0241e-05$ , die Varianz der 1. Differenzen des geschätzten Zyklus beträgt  $5.82652e-04$ . Setzt man diese Varianzen ins Verhältnis zur Varianz der 1. Differenzen der Reihe, die  $6.75746e-04$  beträgt, so ergibt sich ein Varianzanteil von 86% für den geschätzten Zyklus und ein Varianzanteil von 1.5% für die Lange Wellen Komponente.

ner Zeitreihe zu isolieren. Eine wichtige Aufgabe zukünftiger Forschung wird es sein, statistische Kriterien für diese „Signifikanz“ zu entwickeln.<sup>19</sup> Gelingt es, Pass- und Stoppbänder von Filtern entsprechend solcher Signifikanzkriterien festzulegen, dann ist zu erwarten, dass sich die Ergebnisse des Filter-Design Ansatzes und des modellbasierten Ansatzes nicht mehr all zu sehr unterscheiden.

### Zusammenfassung

Ausgangspunkt unserer Überlegungen war die Kritik an den traditionellen Verfahren der Zeitreihenanalyse, die sich für die Untersuchung Langer Wellen als völlig ungeeignet erwiesen haben. Eine Lösung des Problems versprach der Filter-Design Ansatz und mit ihm die Konstruktion idealer Filter, die es ermöglichen, bestimmte Schwingungen exakt zu übertragen bzw. zu eliminieren. Winfried Stier und seinem Schüler Rolf Schmidt ist die Konstruktion eines solchen idealen Filters bereits 1984 gelungen. Die Analyse Langer Wellen mit Hilfe idealer Filter wurde jedoch Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre zunehmend kritisiert, als sich stochastische Trends zum stilisierten Faktum in der empirischen Konjunktur- und Wachstumsforschung entwickelt haben, da bei der Existenz stochastischer Trends alle traditionellen Verfahren der Trendbereinigung, inklusive idealer Filter, zu künstlichen Langfristzyklen führen.

Erforderlich waren nun Verfahren, die es erlauben, die Komponenten entsprechend den stochastischen Eigenschaften der Zeitreihe zu schätzen, wobei für jede Zeitreihe ein adäquates Modell gefunden werden muss. Akzeptiert man die stochastische Trendhypothese, dann besteht die Gefahr, dass die mit Filtern dargestellten Langfristzyklen ein statistisches Artefakt der falschen Trendbereinigung und damit für den Verlauf der Reihe irrelevant sind. Damit standen sich Filter-Design- und modellbasierte Analysen in ihren Aussagen bezüglich der Existenz Langer Wellen nahezu unversöhnlich gegenüber. Während Bandpassfilter zum Nachweis Langer Wellen führten, ergaben strukturelle Zeitreihenmodelle wesentlich kürzere Zyklen.

Lange Zeit bestand Einigkeit darüber, der Gefahr der Erzeugung künstlicher Langfristzyklen nur dadurch entgegen zu können, indem man die Komponenten einer Zeitreihe als stochastische Prozesse modelliert. Dagegen betont die neuere Forschung, dass auch der Filter-Design Ansatz legitim sei, aber eben von einer anderen Definition von Zyklus ausgehe, die aber dem modellbasierten Ansatz a priori als gleichwertig gegenüber gestellt werden könne. Sie knüpft damit nahtlos an jene Forschungen an, die die Analyse Langer Wellen als Filter-Design Problem begriffen haben.

<sup>19</sup> Ansätze dazu finden sich in Arbeiten zu modellbasierten Filtern, vgl. z.B. Harvey/Trimbur (2003).

Der hier am Beispiel des deutschen BIP pK durchgeführte Vergleich des CF-Filters mit dem Stier-Filter hat zahlreiche neue Erkenntnisse gebracht. Beide Filter führen, sieht man einmal vom „Randproblem“ ab, zu praktisch identischen Tief-, Hoch- und Bandpasskomponenten, so dass sich die mit dem Stier-Filter für zahlreiche Zeitreihen abgeleiteten Langfristzyklen auch durch den CF-Filter bestätigen lassen würden. Besonders interessant ist dies vor allem deshalb, weil der CF-Filter auch für Reihen, deren Trendprozess einem Random Walk mit Drift folgt, als geeignet angesehen wird. Ganz offensichtlich stand damit der Forschung mit dem Stier-Filter bereits 1984 ein idealer Filter zur Verfügung, was in Anbetracht der intensiven Bemühungen um einen idealen Filter in jüngster Vergangenheit als wissenschaftliche Pionierleistung gewertet werden muss.

Nach wie vor führen jedoch Filter-Design Ansätze und strukturelle Zeitreihenmodelle bezüglich der Existenz Langer Wellen zu völlig unterschiedlichen Ergebnissen. Ein Problem in diesem Zusammenhang ist die Festlegung der Pass- und Stoppbänder von Filtern. Am Beispiel des deutschen BIP pK hatten wir gezeigt, wie sich die substantielle Bedeutung gefilterter Komponenten anhand der Periodogramme der 1. Differenzen der gefilterten Komponenten beurteilen lässt. Ob sich das Periodogramm zur Festlegung der Pass- und Stoppbänder von Filtern eignet, wird die zukünftige Forschung zeigen müssen.

Unabhängig davon haben wir betont, dass Extremwerte sowohl bei Filtern wie auch bei modellbasierten Verfahren zu einer Verzerrung der Komponenten führen, bei der die zyklische Komponente über- und die Trendkomponente unterschätzt wird. Damit erfordert sowohl die Anwendung von Filtern als auch die stochastische Modellierung der Zeitreihen eine vorherige Ausreißerbereinigung der Reihe. Ein Problem, das in der neuerlichen Diskussion um Konstruktion und Anwendung idealer Filter bislang noch nicht thematisiert wurde.

So stehen die Beiträge in diesem Band exemplarisch für die Probleme der empirischen Überprüfung von Theorien mit Hilfe statistischer Verfahren. Sie zeigen die Fortschritte in Statistik und Ökonometrie und ihre Bedeutung für die quantitativ historische Forschung. Aus der letztendlich immer verbleibenden Unbestimmtheit und Mehrdeutigkeit quantitativer Ergebnisse darf jedoch nicht gefolgert werden, man könne auf die Anwendung quantitativ statistischer Verfahren verzichten. Wissenschaftlicher Fortschritt vollzieht sich im Wechselspiel von Theorie, Empirie und Statistik. Eine wichtige Aufgabe des quantitativ arbeitenden Historikers besteht in diesem Zusammenhang auch darin, die methodologische Bedingtheit der Ergebnisse und die Aussagefähigkeit der statistischen Verfahren klar zu benennen.

### Literaturverzeichnis

- BAI, J.; LUMSDAINE, R.L., STOCK, J.H. (1998): „Testing for and Dating Common Breaks in Multivariate Time Series“, *Review of Economic Studies* 65, 395-422.
- BAXTER, M.; KING, R.G. (1999): „Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters for Economic Time Series“, *The Review of Economics and Statistics* 81, 575-593.
- BENATI, L. (2001): „Band-Pass Filtering, Co integration and Business-Cycle Analysis“. *Working Paper, Bank of England*.
- BEN-DAVID, D.; PAPELL D.H. (1995): „The Great Wars, the Great Crash and the Unit Root Hypothesis“, *Journal of Monetary Economics* 36, 453-475.
- BEN-DAVID, D.; LUMSDAINE, R.; PAPELL, D.H. (2003): „Unit Roots, Postwar Slowdowns and Long-Run Growth: Evidence from Two Structural Breaks“, *Empirical Economics* 28, 303-319.
- BEVERIDGE, S.; NELSON, C.R. (1981): „A New Approach to Decomposition of Economic Time Series into Permanent and Transitory Components with Particular Attention to Measurement of the ‚Business Cycle‘“, *Journal of Monetary Economics* 7, 151-174.
- BUSETTI, F.; HARVEY, A. (2001): „Testing for the Presence of a Random Walk in Series with Structural Breaks“, *Journal of Time Series Analysis* 22, 127-150.
- CANOVA, F. (1998): „Detrending and Business Cycle Facts“, *Journal of Monetary Economics* 41, 475-512.
- CHAN, H.K.; HAYYA, J.C.; ORD, K.L. (1977): „A Note on Trend Removal Methods: The Case of Polynomial Regression versus Variate Differencing“, *Econometrica* 45, 737-744.
- CHRISTIANO, L.; FITZGERALD, T. (2003): „The Band Pass Filter“, *International Economic Review* 44/2, 435-465.
- COGLEY, T. (2001): „Alternative Definitions of the Business Cycle and their Implications for the Business Cycle Models: A Reply to Torben Mark Pederson“, *Journal of Economic Dynamics and Control* 25, 1103-1107.
- COGLEY, T. (2006): „Data Filters“, *Working Paper, University of California, Davis*.
- COGLEY, T.; NASON, J.M. (1995): „Effects of the Hodrick-Prescott Filter on Trend and Difference Stationary Time Series. Implications for Business Cycle Research“, *Journal of Economic Dynamics and Control* 19, 253-278.
- DARNÉ, O.; DIEBOLT, C. (2004): „Unit Roots and Infrequent Large Shocks: New International Evidence on Output“, *Journal of Monetary Economics* 51, 1449-1465.
- DOORN, D. (2006): „Consequences of Hodrick-Prescott Filtering for Parameter Estimation in a Structural Model of Inventory Behaviour“, *Applied Economics* 38, 1863-1875.

- GOLDRIAN, G. (2005): „Weaknesses of the Baxter-King Filter: Is a Pattern-Based Filter an Alternative?“, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 225/4, 386-393.
- GOMEZ, V. (2001): „The Use of Butterworth Filters for Trend and Cycle Estimation in Economic Time Series“, *Journal of Business and Economic Statistics* 19(3), 365-373.
- HARVEY, A. (1985): „Trends and Cycles in Macroeconomic Time Series“, *Journal of Business and Economic Statistics* 3, 216-227
- HARVEY, A.C. (1989): „Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter“. *Cambridge*.
- HARVEY, A.C. (1993): „Time Series Models“. 2. Auflage, *London*.
- HARVEY, A.C.; JAEGER, A. (1993): „Detrending, Stylized Facts and the Business Cycle“, *Journal of Applied Econometrics* 8, 231-247.
- HARVEY, A.; KOOPMAN, S.J. (2000): „Signal Extraction and the Formulation of Unobserved Components Models“, *Econometrics Journal* 3, 84-107.
- HARVEY, A.; TRIMBUR, TH. (2003): „General Model-based Filters for Extracting Cycles and Trends in Economic Time Series“, *The Review of Economics and Statistics* 85(2), 244-255.
- HODRICK, R.J.; PRESCOTT, E.C. (1980): „Post-War U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation“, *Carnegie-Mellon University, Discussion Paper No. 451, Pittsburgh*.
- HODRICK, R.J.; PRESCOTT, E.C. (1997): „Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation“, *Journal of Money, Credit and Banking* 29, 1-16.
- IACOBUCCI, A.; NOULLEZ, A. (2005): „A Frequency Selective Filter for Short Length Time Series“, *Computational Economics* 25, 75-102.
- JANSSEN, CH. (1997): „Lange Wellen – Empirie und Theorie: Eine kritische Untersuchung“. *Berlin*.
- KONDRATIEFF, N.D. (1926): „Die langen Wellen der Konjunktur“, *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik* 56, 573-609.
- KOOPMAN, S.J.; HARVEY, A.C.; DOORNIK, J.A.; SHEPARD, N. (2006): „Structural Time Series Analyser and Modeller and Predictor. STAMP<sup>TM</sup>7“, *London*.
- KRIEDEL, N. (2005): „Lange Wellen der wirtschaftlichen Entwicklung“. *Münster*.
- LUMSDAINE, R.L.; PAPELL, D.H. (1997): „Multiple Trend Breaks and the Unit Root Hypothesis“, *The Review of Economics and Statistics* 79, 212-218.
- LYUBOMIR, I. (2005): „Is ‚The Ideal Filter‘ Really Ideal? The Usage of Frequency Filtering and Spurious Cycles“, *South Eastern Europe Journal of Economics* 1, 79-96.
- METZ, R. (2002): „Trend, Zyklus und Zufall. Bestimmungsgründe und Verlaufsformen langfristiger Wachstumsschwankungen“. *Stuttgart*.

- METZ, R.; LÖSCH, M.; EDEL, K. (Hg.) (2004): „Zeitreihenanalyse in der Empirischen Wirtschaftsforschung“. *Festschrift für Winfried Stier zum 65. Geburtstag. Stuttgart.*
- MITTERMAIER, CH. (2004): „Lange Wellen der Konjunktur: Standortbestimmung und betriebswirtschaftliche Auswirkung“. *Frankfurt.*
- MORLEY, J.C. (2002): „A State-Space Approach to Calculating the Beveridge-Nelson Decomposition“, *Economics Letters* 75, 123-127
- MORLEY, J.C.; NELSON, C.R.; ZIVOT, E. (2003): „Why are the Beveridge-Nelson and Unobserved-Components Decompositions of GDP so Different?“, *The Review of Economics and Statistics* 85, 235-243.
- MURRAY, C.J. (2003): „Cyclical Properties of Baxter-King Filtered Time Series“, *The Review of Economics and Statistics* 85, 472-476.
- NELSON, C.R.; KANG, H. (1981): „Spurious Periodicity in Inappropriately Detrended Time Series“, *Econometrica* 49, 741-751.
- NELSON, C.R.; PLOSSER, C. I. (1982): „Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series“, *Journal of Monetary Economics* 10, 139-162.
- PAPELL, D.H.; PRODAN, R. (2004): „The Uncertain Unit Root in U.S. Real GDP: Evidence with Restricted and Unrestricted Structural Change“, *Journal of Money, Credit, and Banking* 36/3, 423-427.
- PEDERSON, T.M. (2001): „The Hodrick-Prescott Filter, the Slutsky Effect, and the Distortionary Effects of Filters“, *Journal of Monetary Economics* 25, 1081-1101.
- PROIETTI, T.; HARVEY A. (2000): „A Beveridge-Nelson Smoother“, *Economics Letters* 67, 139-146.
- SCHMIDT, R. (1984): „Konstruktion von Digitalfiltern und ihre Verwendung bei der Analyse ökonomischer Zeitreihen“. *Bochum.*
- SCHULTE, H. (1981): „Statistisch-methodische Untersuchungen zum Problem langer Wellen“. (*Schriften zur wirtschaftswissenschaftlichen Forschung* 135). *Königstein/Ts.*
- SCHUMPETER, J. A. (1939): „Business Cycles. A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process“. *New York, London.*
- SILVERBERG, G.; LEHNERT, D. (1993): „Long Waves and 'Evolutionary Chaos' in a simple Schumpeterian Model of embodied Technical Change“, *Structural Change and Economic Dynamics* 4/1, 9-37.
- STIER, W. (2001): „Methoden der Zeitreihenanalyse“. *Berlin u.a.*
- WILDI, M. (2007): „Real-Time Signal Extraction. Beyond Maximum Likelihood Principles“. *Berlin u.a.*

# „Long Waves“ in English and German Economic Series from the Middle of the Sixteenth to the Twentieth Century\*

## *I. State of research and scientific interest*

Upswings and downswings taking irregular courses, exhibiting both different rates of variation and changing directions, and which moreover manifest themselves in economic time-series, and thus indicate phases of prosperity and depression of capitalist economies, at least for the last 150–200 years, constitute the empirical background on which the current discussion about the phenomenon of “long waves” is taking place.<sup>1</sup> It is chiefly in recent discussions that the attempt has been made to integrate these long wave cyclical fluctuations into an approach which starts from the study of all relevant economic and social factors. This approach tries to find out, to what extent economic, political, and social events are dependent on such fluctuations.<sup>2</sup>

Although such an approach implies the conviction that it is worth while dealing with “long waves”, it should not be overlooked, however, that this conception has departed a long way from a view which regards ups and downs as the regular course of all economic and historical events.<sup>3</sup> The hypothesis of a fundamentally cyclical course inherent in the system, which is basic to the classic theory,<sup>4</sup> seems to be of mi-

---

\* I owe much gratitude to my esteemed teacher Prof. Dr. Franz Irsigler for his engaged help and useful contributions to the discussion while I was composing this paper.

1. For the current discussion see *Petzina, D.; van Roon, G.: Konjunktur, Krise, Gesellschaft. Wirtschaftliche Wechsellagen und soziale Entwicklung im 19. und 20. Jahrhundert. (Geschichte und Gesellschaft. Bochumer Historische Studien, Bd. 25) Stuttgart 1981*; and *Schröder, W. H.; Spree, R.: Historische Konjunkturforschung. Stuttgart 1980*.
2. See Petzina's comments on this approach: “Lange Wellen” und “Wechsellagen”: Die derzeitige Diskussion. In: *Petzina/Roon: Konjunktur, Krise, Gesellschaft* (supra, n. 1), p. 17; as to the problems attached to such a view see *Schröder/Spree: Historische Konjunkturforschung* (supra, n. 1). Important impulses were given by *Hans Rosenberg's* book: *Große Depression und Bismarckzeit. Berlin 1967*, who attributed a twofold function to the long oscillations of the economic development. One of these functions was to be “reales Erkenntnisobjekt, ..., ebenso Ergebnis wie Anlaß von spezifischen Wirkungszusammenhängen; loc. cit., p. 19.
3. The evident trend phases constitute the actual object of investigation; the question whether they necessarily recur as cyclical fluctuations, or not, is of secondary importance.
4. This paper cannot claim to analyze the history of scientific dogmas; it must be pointed out, however, that *Kondratieff, van Gelderen* and others were of the opinion that the reasons for