

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