

## Lange Wellen im Bildungssystem

Müller-Benedict, Volker

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

**Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:**

GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Müller-Benedict, V. (1991). Lange Wellen im Bildungssystem. In H. Thome, & H. Best (Hrsg.), *Neue Methoden der Analyse historischer Daten* (S. 239-268). St. Katharinen: Scripta Mercaturae Verl. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-339169>

### Nutzungsbedingungen:

*Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.*

*Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.*

### Terms of use:

*This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.*

*By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.*

# Lange Wellen im Bildungssystem

von Volker Müller-Benedict

## 1. Einleitung

In der Geschichte der akademischen Karrieren gab es immer wieder generelle und fachspezifische "Überfüllungskrisen", in denen wesentlich mehr examinierte Studenten die Hochschulen verließen, als aktuell vom Beschäftigungssystem aufgenommen wurden. Zur systematischen Untersuchung dieses und damit zusammenhängender Phänomene wurden von der Göttinger Gruppe des DFG-Projekts "Qualifikationskrisen" die in historischen Quellen vorhandenen Daten über die in den letzten 170 Jahren (bis 1945) an deutschen Universitäten Studierenden aufgenommen und für die Datenverarbeitung verfügbar gemacht <sup>1</sup>.

Die in fast allen der erhobenen Zeitreihen deutlich sichtbaren Schwingungen ließen die alte Frage nach der Existenz von "langen Wellen", die früher in der Ökonomie diskutiert wurde <sup>2</sup>, für einen anderen Teilbereich der Gesellschaft, das Bildungssystem, neu entstehen. Eine mögliche Antwort auf diese Frage soll in diesem Beitrag gegeben werden.

Außer dieser Frage fiel im Rahmen sozialhistorischer Untersuchungen <sup>3</sup> die Unabhängigkeit der Variablen des universitären Bildungssystems von wichtigen gesellschaftlichen Einflußgrößen wie z.B. demographischer Entwicklung, Wirtschaftskonjunktur, dirigistischen Eingriffen auf. Dafür nur kurz zwei Beispiele: 1. Die Mangelphase in Preußen (1860 - 1875), in der ein allgemeines Defizit an Hochschulabsolventen spürbar wird, fällt in eine Zeit vollkommen linearer demografischer Entwicklung und allgemein guter Wirtschaftsaussichten. 2. Die sofort nach der Machtergreifung von den Nationalsozialisten erlassenen NC-Quoten für ein Hochschulstudium zur Eindämmung der Überfüllung, die an allen Universitäten des Deutschen Reiches seit 1930 bestand, wurden vom eigendynamischen Rückgang der Studentenzahlen so weit unterschritten, daß sie gegenstandslos waren und nach einem Jahr wieder abgeschafft wurden <sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Wichtige Teile dieser Daten wurden bisher im "Datenhandbuch zur deutschen Bildungsgeschichte. Teil 1" (TITZE 1987) veröffentlicht.

<sup>2</sup> S. z.B. SPREE 1978.

<sup>3</sup> S. TITZE/NATH/MÜLLER-BENEDICT 1985.

<sup>4</sup> S. NATH 1988.

Dadurch wird die zweite Frage aufgeworfen, wieviel Eigendynamik das universitäre Bildungssystem besitzt, ein wie großer Teil des Auf und Ab der Zeitreihen, d.h. von Überfüllung und Mangel an den Hochschulen, sich auf lange Wellen zurückführen läßt.

Weil lange Wellen nur mit Hilfe von Indikatoren analysiert werden können, die aus den historischen Quellen über lange Zeit als relativ unveränderte Kategorie erfaßt werden können, wurden für die Analyse die folgenden fünf Zeitreihen von Studierenden mit historisch seltener Länge ausgewählt:

- \* Für die Universität Tübingen gibt es die Zahl der Studierenden der evangelischen Theologie von WS 1760 bis Wintertrimester 1941,
- \* für die Universität Göttingen die Studierenden der evangelischen Theologie, von Jura und Allgemeiner Medizin und die Zahl der Studierenden insgesamt von SS 1767 bis Wintertrimester 1941 jeweils in ununterbrochener Reihenfolge<sup>5</sup>.

Die Ergebnisse für diese speziellen Zeitreihen lassen sich jedoch auf die große Mehrheit der Studentenströme an allen Universitäten generalisieren. Das zeigt einerseits direkte Berechnung, andererseits wird es durch die Tatsache erklärt, daß für ein Studium an einer deutschen Hochschule im Großen und Ganzen überall ähnliche Bedingungen bestanden, was Immatrikulationsvoraussetzungen, Studiendauer, Studienfachwahlmöglichkeiten etc. anbelangt.

Wegen der Länge der Zeitreihen - über 174 Jahre deutscher Bildungsgeschichte - stellt sich als dritte Frage die Frage nach strukturellen Veränderungen, die in dieser Zeit stattgefunden haben und die Geschichte des Universitätsbesuchs in so unterschiedliche Abschnitte unterteilen, daß man von Strukturbrüchen sprechen kann.

Diesen drei Fragen ist schon in der Geschichte und auch heute in sozial-historischen Forschungen nachgegangen worden. Zyklische Entwicklungen, die sich quasi naturwüchsig "wie Ebbe und Flut" durchsetzen, wurden be-

<sup>5</sup> Um die kurzfristigen Schwankungen von Sommer- auf Wintersemester auszugleichen, die u.a. von unterschiedlichen Abiturterminen herrühren, wurden aus Sommer- und Wintersemester (bzw. aus den 3 Trimestern der Jahre 1919, 1939 und 1940) ein Jahresdurchschnittswert errechnet. Innerhalb des langen Zeitraums liegen einige singuläre historische Ereignisse, wie z.B. die Freiheitskriege, die Revolution 1848, der 1. Weltkrieg. Es wurde darauf verzichtet, die Zeitreihen zu diesen Zeitpunkten irgendwie zu bereinigen, da sie erstens keine offensichtlichen Ausreißerwerte produzieren und zweitens durch bestimmte Zählmethoden, z.B. die Einbeziehung der Beurlaubten im 1. Weltkrieg, eine gewisse statistische Kontinuität gewährt bleibt.

schrieben. Die Eigendynamik der realen Entwicklung machte schon Anfang dieses Jahrhunderts den Versuch des Göttinger Volkswirtschaftlers LEXIS, bestimmte normale, gesellschaftlich wünschbare Studentenzahlen für einzelne Studienfächer zu ermitteln, letztlich zunichte <sup>6</sup>.

Hier sollen die Zeitreihen mit Methoden untersucht werden, die dem naturwissenschaftlichen und ökonomischen Repertoire entstammen, Methoden der statistischen Zeitreihenanalyse. Dazu sehen wir zunächst von der Tatsache ab, daß diese Zeitreihen durch die Entscheidungen vieler historischer Subjekte zustandegekommen sind und daß wir selbst Subjekte in dem noch andauernden gesellschaftlichen Zusammenhang sind, dem die Zeitreihen entstammen, verlegen also die Zeitreihen quasi in einen naturwissenschaftlichen Objektbereich. Dort haben wir die Möglichkeit, sie mit Hilfe der statistischen Methoden dem harten Test zu unterwerfen, was sie ohne Rücksicht auf die historischen Zusammenhänge aus sich heraus aussagen und welche Gesetzmäßigkeiten in ihnen unabhängig von sozialwissenschaftlichen Betrachtungsweisen stecken.

Was könnte der Gewinn einer solchen Untersuchung sein? Die Methoden könnte man als eine über das Heuristische hinausgehende, den optischen Eindruck quasi mikroskopisch erweiternde Beschreibung der äußeren Gestalt der Zeitreihe ansehen. Ihre Ergebnisse haben deshalb in dem Sinn Objektivität, als sie in jeder sozialhistorischen Analyse in irgendeiner Weise berücksichtigt werden müssen, weil jede Analyse letztlich auch die Gestalt der Zeitreihen erklären muß.

Die Ergebnisse selbst sind an sich nur - wenn auch raffinierte - Beschreibung, Abbild der Geschichte. Würde man sie als Erklärung nehmen, triebe man Ideologie. Sie wirken erst aufklärerisch dadurch, daß sie auf ihren Sinn in sozialhistorischen Analysen geprüft werden können. Es muß nachweisbar sein, daß die statistischen Einzelergebnisse tatsächlich als Resultierende historischer Abläufe und Handlungsstränge wahrscheinlich sind. Dann jedoch erhält die sozialhistorische Analyse durch die statistischen Ergebnisse eine über die Ansichten der analysierenden Forscher hinausgehende Bedeutung, weil sie Strukturen erklärt, die genau zu den Parametern führen, die objektiv, d. h. vom forschenden Subjekt unabhängig, in den Zeitreihen festgestellt werden können.

<sup>6</sup> LEXIS fertigte 1889 und 1891 für den preußischen Kultusminister zwei Denkschriften über die Normalzahl der Studierenden an. 1905 bemerkte er in einer neuerlichen Analyse über "Bedarf und Angebot in den gelehrten Berufszweigen", nachdem er wichtige "Normalzahlen" der Ärzteentwicklung korrigieren mußte: "Eine eigentliche Normalzahl der Studierenden läßt sich für diesen frei zugänglichen Beruf nicht feststellen".

Um diese Methoden anwenden zu können, müssen wesentliche Voraussetzungen über die Zeitreihen gemacht werden. Sie werden in Kap. 2 erläutert. In Kap. 3 werden die Frage des Strukturbruchs behandelt und weitere technische Voraussetzungen erörtert. Kap. 4 analysiert das Vorhandensein und die Länge von Zyklen, Kap. 5 die Frage des Anteils an Eigendynamik, der durch diese Zyklen erklärt werden kann. In Kap. 6 werden dann die vorangehenden Ergebnisse auf ihren Sinn in einer sozialhistorischen Analyse untersucht und ihre historische Erklärung versucht.

Die Methoden selbst sind zu elaboriert, um sie hier ausführlich darstellen zu können<sup>7</sup>. Andererseits können aber die Ergebnisse, die auf ihnen beruhen, ohne ihre Kenntnis nicht zuverlässig eingeschätzt werden. Deshalb mußte versucht werden, die grundsätzlichen Voraussetzungen, Ansätze und Probleme der Methoden deutlich werden zu lassen.

## 2. Die methodischen Voraussetzungen

Die bisher aus den sozialhistorischen Analysen gewonnenen Erkenntnisse über diese Fragen lassen sich in der Annahme zusammenfassen, daß im universitären Bildungssystem eigendynamische Prozesse wirkten und lange Wellen erzeugten, die sich trotz der dauernden Veränderung der aktuellen historischen Situation immer wieder durchsetzten und bestimmend für die Höhe seiner Variablen waren. Diese Annahme benötigen wir, um als wichtigste Voraussetzung für die statistischen Methoden davon ausgehen zu können, daß wir es hier mit einem sog. "stochastischen Prozeß" zu tun haben. Für die hier betrachteten Zeitreihen bedeutet das, daß ihre Zukunft mit berechenbarer Wahrscheinlichkeit von ihrer Vergangenheit abhängt.

Es scheint zunächst selbstverständlich, daß z.B. die Studentenzahl eines folgenden Jahres, wenn sie in den letzten fünf Jahren 800, 850, 900, 940, 1000 betrug, mit großer Wahrscheinlichkeit um die 1050 herum liegen wird und mit sehr viel geringerer Wahrscheinlichkeit etwa 200 oder 2000 betragen wird. Die Forderung der Berechenbarkeit dieser "Übergangswahrscheinlichkeiten" und ihrer Konstanz über abgrenzbare Zeiträume hinweg zwingt die Zeitreihe jedoch in einen festgelegten Rahmen (der mathematisch stochastischer Prozeß heißt), der, statistisch gesehen, d.h. mit mehr oder weniger großen, im Mittel feststehenden Abweichungen, ihr eine immer gleiche Gestalt verleiht. Diese statistische Definition von "gleichem" Aussehen der ersten und letzten Teile der Zeitreihe ist jedoch so weit, daß das naive menschliche Auge diese Art von Ähnlichkeit im Aussehen einer Zeitreihe nicht entdecken kann. Ein

<sup>7</sup> S. KOOPMANS 1979, BOX/JENKINS 1976.

Versuch, diesen Rahmen, der die Gestalt der Zeitreihe bestimmt, real-historisch zu erfassen, wäre etwa, ihn als alle strukturellen Gegebenheiten anzusehen, die am Zustandekommen von Studentenzahlen beteiligt sind, also z.B. die Laufbahnstrukturen (nicht die aktuelle Lage auf dem Arbeitsmarkt), die Immatrikulationsvoraussetzungen, die Bildungsinstitutionen etc.

Für die Annahme, diese Zeitreihen als stochastische Prozesse aufzufassen und in so starkem Maße von ihrer Vergangenheit abhängig zu machen, spricht eine wichtige historische Einsicht: Daß es einen Zusammenhang von vorangehender Mangel- und darauffolgender Überfüllungsphase an den Universitäten gibt und umgekehrt, daß hier über Jahrzehnte hinweg ein historischer Prozeß sich vollzieht, der in der aktuellen Wahrnehmung der meisten Zeitgenossen als ein- und erstmaliger Mangel oder Überfüllung erscheint, aber tatsächlich einer historischen Entwicklung entstammt, die über Generationen währt.

Das ist keineswegs selbstverständlich und kann von Historikern genauso gut bezweifelt werden. In diesem Fall hätte jede der aufgetretenen Überfüllungskrisen ihre eigene, nur aus der jeweiligen historischen Konstellation stammende, von der vorhergehenden Welle unabhängige Genese. So könnte z.B. der Hauptgrund für die Überfüllungskrise im Vormärz (Ende der 1820er bis Mitte der 1840er Jahre) der Nachholbedarf an Bildung wegen der vorhergehenden Befreiungskriege sein (in denen u.a. zeitweise alle Universitäten geschlossen waren) oder die große akademische "Berufsnot" Anfang der 1930er Jahre auch als eine Folge des durch den 1. Weltkrieg verlorengegangenen "deutschen Lebensraums" angesehen werden, wie es tatsächlich behauptet wurde <sup>8</sup>.

Die Methoden der Zeitreihenanalyse wurden zunächst für die Analyse physikalischer Schwingungsphänomene entwickelt. Sie werden z.B. in der medizinischen Diagnostik von Sprachstörungen (Prediktorenanalyse), in der Akustik, bei der Sternsystemberechnung, U-Boot-Sonarortung und seit längerem auch in der Ökonometrie angewandt. Daß die Voraussetzung der Methoden für physikalische oder biologische zeitabhängige Schwingungsprozesse erfüllt ist, liegt in ihrer Natur. Bei unseren historischen Zeitreihen ist das Vorhandensein von Schwingungen offensichtlich, aber ihre Herkunft aus einem stochastischen Prozeß kann nur - und das sei nochmals betont - vorausgesetzt, nicht bewiesen werden.

Welchen praktischen Nutzen bringen diese ausgefeilten Methoden für die Beschreibung historischer Zeitreihen, wenn man dafür diese einschränkenden

<sup>8</sup> S. z.B.: SCHAIRER, R.: Die akademische Berufsnot. Jena, 1932.

Voraussetzungen machen muß? Sie erlauben es zunächst, innerhalb ihres statistischen Untersuchungsrahmens Begriffe wie Zyklus, Zykluslänge, Strukturbruch, Eigendynamik usw. als berechenbare Größen zu definieren und als Quantitäten in den Daten nachzuweisen. Damit ist ein Instrument vorhanden, die Fülle der optisch-subjektiven Eindrücke von "Zyklen" in den Zeitreihen und der durch Analyse der historischen Quellen gewonnenen Einsichten über wiederkehrende, eigendynamische Entwicklungen zusammenzufassen und zu objektivieren, allerdings unter einem rein quantitativen, ohne Interpretation inhaltsleeren Gesichtspunkt.

Wichtiger noch ist ihre Fähigkeit, Strukturen in den Zeitreihen zu entdecken, die einer einfachen Betrachtung entgehen. So können sie z.B. eine mit höchst unterschiedlicher Zyklusdauer schwingende Zeitreihe als ein Gemisch von nur zwei Zyklen mit jeweils fest definierter Länge erkennen oder für zwei Zeitreihen mit ähnlicher Gestalt ganz unterschiedliche Bildungsgesetze nachweisen.

Wenn wir also im folgenden die Zeitreihen für unsere Analyse als Pfade stochastischer Prozesse annehmen müssen, richten wir analytisch unser Augenmerk ausschließlich auf den langfristigen Zusammenhang der historischen Entwicklung und blenden die Möglichkeit, daß viele unabhängige kurzfristige Ereignisse die Gestalt der Zeitreihe entscheidend beeinflusst haben, aus. Sie können unter dieser Annahme nicht mehr auftreten, oder höchstens indem sie als Bedingungen der langfristigen Struktur angesehen werden, so z.B. so wichtige wie die Einführung des Abiturs als Immatrikulationsvoraussetzung 1788, die Revolution 1848 oder die Inflation 1924. Gleichzeitig jedoch müssen wir wegen der Unsicherheit bei der Grundvoraussetzung nachweisen, daß die statistisch festgestellten Zyklen und alle anderen auf diese Weise statistisch festgestellten Fakten überhaupt historisch einen Sinn haben. Denn sollte das nicht der Fall sein, müßten wir eher zum Schluß kommen, daß die Grundvoraussetzung eines stochastischen Prozesses falsch ist, als daß wir historisch bisher unbekannte Zyklen konstatieren, für deren Erklärung dann ganz neue historische Gründe gefunden werden müßten<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Hier möchte ich weiter gehen als SPREE, S.39: "Die Erklärung der die Modelle und ihre Ergebnisse modifizierenden sozioökonomischen Strukturveränderungen, formal ausgedrückt: der Variationen der das Modell kennzeichnenden Parameterkonstellationen, die angesichts der Langfristigkeit der Prozesse mit Notwendigkeit stattfinden, kann nur im Sinne historisch-spezifischer Analysen erfolgen". Nicht nur die Variation der Parameter, sondern auch die Größe der Parameter muß durch historisch-spezifische Analysen erklärbar sein.

### 3. Stationarität und Strukturbruch

Die Methoden benötigen zweitens eine technische Voraussetzung, die Stationarität der Zeitreihen. Sie dürfen in Mittelwert und Varianz nicht wachsen (kein Trend), und die Art der Abhängigkeit der zukünftigen von den vorangehenden Werten muß über die Zeit gleich bleiben. Diese Abhängigkeit wird statistisch u.a. durch die "Autokorrelationsfunktion" beschrieben<sup>10</sup>. Die ersten beiden Forderungen lassen sich durch geeignete Transformationen der Zeitreihen, eine spezifische Art der Trendbereinigung, erfüllen. Die Analyse der Autokorrelationsfunktion läßt als erstes Ergebnis eine Aussage über Strukturveränderungen zu

Bei den hier vorliegenden Zeitreihen treten alle diese Arten von Nichtstationarität auf. Die Studierenden der evangelischen Theologie in Göttingen bilden die einzige Zeitreihe, die im betrachteten Zeitraum nicht wächst. Ihre Daten werden deshalb in den folgenden Berechnungen immer absolut verwendet<sup>11</sup>.

Alle anderen Zeitreihen wachsen. Zugleich mit der Erhöhung des Niveaus wachsen die Schwankungen um das Niveau, die Ausschläge der langen Wellen. Um diese Form der Nichtstationarität zu eliminieren, werden zunächst alle Reihen logarithmiert. Dieses Vorgehen entspricht dem natürlichen Verständnis, daß eine Zunahme absoluter Zahlen von 40 auf 60 eine etwa gleiche Bedeutung hat wie eine Zunahme von 4000 auf 6000, nämlich jeweils um 50%, und ganz verschieden ist von einer Zunahme von 4000 auf 4020. Dieses natürliche Verständnis kann man z.B. in unserem Fall mit der Tatsache erklären, daß die Inanspruchnahme der personellen und räumlichen Kapazitäten der Universitäten immer im Verhältnis zur vorherigen Situation als Über- bzw. Unterbelastung empfunden wird, nicht in der absoluten Differenz.

Die wachsenden Zeitreihen müssen vom Trend bereinigt werden. Trend und lange Wellen sind jedoch in der Praxis nur schwer voneinander abzugrenzen, da sie sich nur quantitativ voneinander unterscheiden: Trends können als Zyklen mit einer Länge, die größer als die Zeitreihe selbst ist, aufgefaßt werden; lange Wellen sind Zyklen, deren Länge in der Größenordnung

<sup>10</sup> Die Autokorrelationsfunktion gibt die Korrelation der Zeitreihenwerte mit sich selbst an, und zwar für alle Abstände von 1,2,3,...usw. Jahren. Sie ist also eine Funktion der zeitlichen Abstände, deren Wert zwischen 1 und -1 schwankt und - wie bei dem bekannten Korrelationskoeffizient - je nach Nähe an  $+/-1$  oder 0 einen starken oder schwachen Zusammenhang der Zeitreihenwerte mit diesem zeitlichen Abstand anzeigt.

<sup>11</sup> Sie können damit auch als Vergleichsgrundlage für etwaige Nebenwirkungen der Transformationen dienen. S. die Tabellen.

der Zeitreihenlänge nahe kommt<sup>12</sup>. Da wir aber für unsere Analyse notwendigerweise an der vollständigen Beibehaltung der langen Wellen interessiert sind, bedienen wir uns zur Trendbereinigung einer Methode, die genau auf die Zyklenlänge abgestimmt werden kann: des sog. Kerbenfilters<sup>13</sup>.

Eine Trendbereinigung mit einer deterministischen Trendfigur - gebräuchlich sind Polynome oder gleitende Durchschnitte - schlägt sich in unbekanntem oder verzerrenden Veränderungen der Autokorrelationsfunktion der Zeitreihe nieder. Filtert man die Zeitreihen mit dem Kerbenfilter, so enthalten sie keine zyklischen Komponenten von Länge größer als die Zeitreihenlänge mehr, alle kürzeren Zyklen sind jedoch unverfälscht erhalten<sup>14</sup>. Da Trends immer als Zyklen, die länger als die Zeitreihe selbst sind, aufgefaßt werden können, werden sie durch den Kerbenfilter eliminiert.

Diese beiden Operationen zur Trendbereinigung, die Logarithmierung und die Kerbenfilterung, sind insofern rein technischer Natur, als sie in bezug auf die zu untersuchenden Fragestellungen keine Bedeutung für die sozialhistorische Interpretation haben; das Wachstum dieser Zeitreihen soll hier nicht untersucht werden. Sie sind ebenfalls so gewählt, daß sie für die weitere statistische Analyse nicht besonders berücksichtigt werden müssen. Daß die beiden Transformationen der Logarithmierung und Kerbenfilterung auch vom optischen Eindruck her in etwa das aus der Gestalt der Zeitreihe herausnehmen, was man als Einfluß eines langfristigen Trends empfinden kann, zeigt Bild 1 am Beispiel aller Studierenden in Göttingen.

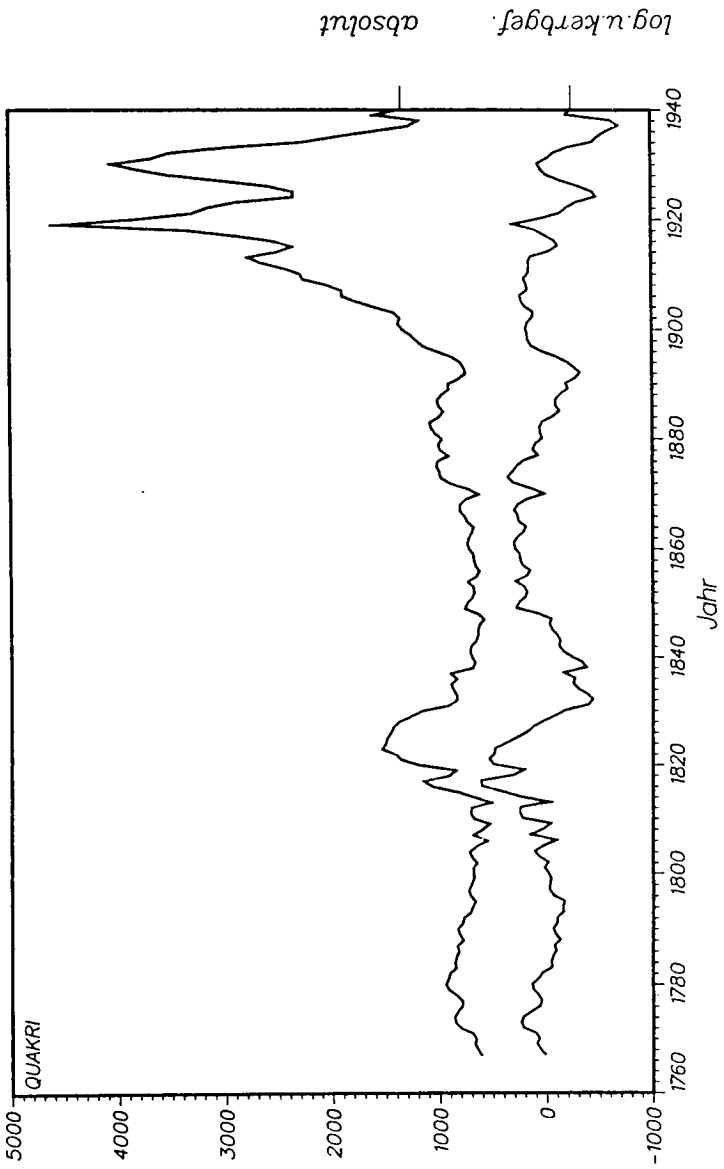
Die letzte Art von Nichtstationarität ist die Veränderung der Autokorrelationsstruktur. Sie rührt von denjenigen historischen Entwicklungen her, die die Struktur des Hochschulbildungssystems grundlegend verändern. Diese Entwicklungen müssen nämlich letztlich auch auf die Art der Abhängigkeit der zukünftigen von den vergangenen Zeitreihenwerten durchschlagen, also statistisch als anderer stochastischer Prozeß mit anderer Autokorrelationsfunktion identifizierbar sein. Wenn wir berücksichtigen, daß der Zugang zur Universität seit der Einführung des Abiturs in Preußen 1788 bis heute zumindest offiziell durch denselben Mechanismus allgemeingültiger gleicher Leistungskriterien bestimmt wird, und daß die Universitäten als Orte mit relativ starker Autonomie in der Verwaltung beharrlicher als vielfach anderswo ihre

<sup>12</sup> Zur Diskussion über die Abgrenzung von Trends und Konjunkturzyklen s.a. SCHULTE 1981, S.108ff.

<sup>13</sup> S. SCHULTE 1981.

<sup>14</sup> Zum Konzept der Zerlegung der Zeitreihe in zyklische Komponenten s. Kapitel 4. Die Durchlaßfunktion des Filters, die anzeigt, welche Frequenzen mit welchem Faktor zwischen 0 und 1 "durchgelassen" werden, zeigt Bild 4.

**Bild 1:** Die Studierenden an der Universität Göttingen von 1767- 1940. Die Zeitreihe in absoluten Zahlen und als transformierte Version.



überkommene Struktur beibehalten konnten, soll hier zunächst trotz des langen Zeitraums eine gleichbleibende Struktur der Prozesse angenommen werden.

Zur Prüfung dieser Annahme gleichbleibender Struktur müssen die Zeitreihen gesplittet und die Struktur der Teile miteinander verglichen werden. Wenn Strukturveränderungen stattgefunden haben, so sicher nicht plötzlich durch punktuelle Ereignisse wie Reichsgründung, Regierungswechsel o.ä. Denn das Bildungsverhalten der Bevölkerung kann sich als kürzeste Möglichkeit im Generationenabstand ändern, sich also immer nur ein allmählicher Strukturwandel ergeben. Deshalb kann eine Aufteilung der Zeitreihen nicht von vornherein nach bestimmten historischen Ereignissen gewählt werden. Die Zeitreihen wurden deshalb nach pragmatischen Gesichtspunkten<sup>15</sup> halbiert (um 1850 geteilt) und gedrittelt, und als Prüfgrößen die jeweiligen Varianzen, Autokorrelationsfunktionen (ACF) und Spektren<sup>16</sup> berechnet.

Zunächst ergab sich, daß bei Halbierung der Zeitreihen die Unterschiede in den Prüfgrößen der Teile größer waren als bei Vergleichen der Drittel. Deshalb wurde die Hypothese der Strukturkonstanz nur für die halbierten Zeitreihen weiter geprüft. Ein F-Test für die jeweiligen Varianzverhältnisse der beiden Teile ergibt signifikante Unterschiede für die Evang. Theologie Tübingen sowie Jura und Medizin Göttingen<sup>17</sup>.

Die zweite und dritte Prüfgröße sind die ACFs und Spektren der beiden Teile der Zeitreihen. Als Beispiel für das unterschiedliche Aussehen der ACF in beiden Teilen diene hier die Zeitreihe der Jurastudenten in Göttingen (Bild 2). In Bild 2 ist zu sehen, daß für die Zeit vor 1850 hauptsächlich Zyklen länger als 32 Jahre vermutet werden können: Das Minimum der ACF (stärkster negativer Zusammenhang der Zeitreihenwerte) liegt bei 16 Jahren, d.h. die Kombination Minimum und darauffolgendes Maximum tritt in der

<sup>15</sup> Das größte praktische Hindernis ist die Kürze der Zeitreihen. Zur Entdeckung von Zyklen sollten Zeitreihen mindestens eine Länge vom Mehrfachen des längsten auftretenden Zyklus haben. In diesem Fall von 174 Jahresdaten ist deshalb Drittelung die unterste Grenze.

<sup>16</sup> Zur Erklärung des Spektrums s. nächstes Kapitel.

<sup>17</sup> F-Wert 1,47; 1,75 und 2,39; bei kritischer Schranke von 1,45 auf dem 5%-Niveau (F-Wert Evang. Theologie und alle Studierenden Göttingen: 1,16 und 1,13). Obwohl die Voraussetzung der Normalverteilung für den F-Test bei autokorrelierten Zeitreihen nicht gegeben ist, kann der Test erste Anhaltspunkte geben, da die beiden zu prüfenden Varianzen durch die in beiden Fällen vorhandene positive Autokorrelation in der gleichen Richtung unterschätzt werden. Zur Durchführung des F-Tests muß die Zeitreihe so betrachtet werden, als ob alle vorkommenden Werte in dem gleichen Jahr erhoben worden wären.

Bild 2: Autokorrelationsfunktion der Zeitreihe Jurastudenten in Göttingen

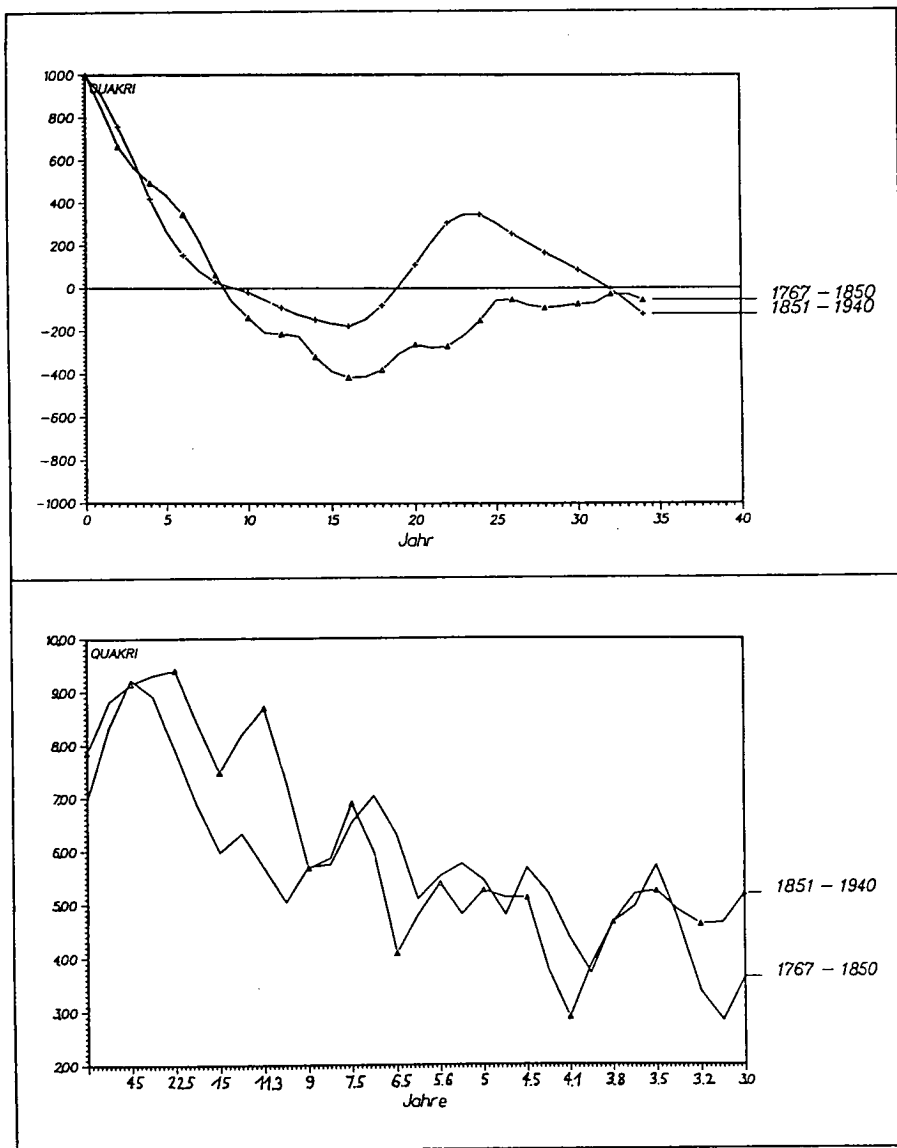


Bild 3: Logarithmiertes Spektrum der Zeitreihe Jurastudenten in Göttingen

Zeitreihe vor 1850 am häufigsten im Abstand von 16 Jahren auf. Nach 1850 gibt es kürzere Zyklen: Das Maximum der ACF (stärkster Zusammenhang der Zeitreihenwerte) liegt bei 21 Jahren, d.h. zwei aufeinanderfolgende Maxima oder zwei aufeinanderfolgende Minima treten in der Zeitreihe nach 1850 am häufigsten im Abstand von 21 Jahren auf. Dieser Abstand von 21 Jahren kann jedoch auch Folge zweier oder mehr Zyklen sein, die gleichzeitig wirken, aber verschiedene Längen haben. Die Unterscheidung dieser Zyklengemische gelingt mit der Spektralanalyse<sup>18</sup>. Für alle anderen Zeitreihen ergeben sich ebenfalls deutliche Unterschiede im Aussehen von ACF und Spektrum der zwei Teile.

Auf weitere Tests wurde angesichts der offensichtlichen Unterschiede (die im nächsten Kapitel statistisch signifikant werden) und der geringen Aussagefähigkeit der Tests<sup>19</sup> verzichtet. Alle drei Prüfgrößen zusammen ergeben, daß die Annahme der Konstanz der Autokorrelationsstruktur aufgegeben werden muß. Die Zeitreihen werden im folgenden immer in beiden Teilen, bis 1850 und nach 1850, untersucht. Als erstes Ergebnis bleibt festzuhalten, daß nach Mitte des letzten Jahrhunderts im tertiären Bildungssystem eine entscheidende Strukturveränderung stattgefunden hat. Ihre Auswirkungen auf die Gestalt der Zeitreihen soll im folgenden untersucht werden.

#### 4. Die zyklische Struktur

Die Frage, ob und welche langen Wellen statistisch in diesen Zeitreihen nachweisbar sind, wurde zunächst anhand der Spektren der Zeitreihen überprüft. Das Wort Spektrum ist bekannt aus der Farbenlehre. Ein Prisma zerlegt das weiße Licht in die Regenbogenfarben, das sogenannte Farbenspektrum. Das weiße Licht ergibt sich als Summe aller Regenbogenfarben, genauer: die Frequenz des weißen Lichts ist die Summe der einzelnen Frequenzen der Regenbogenfarben. Denkt man sich die fließenden Übergänge zwischen den Farben des Regenbogens als scharfe Grenzen, so wäre die Frequenz des weißen Lichts die Summe der sechs Frequenzen der Grundfarben. In genau der gleichen Weise zerlegt die Spektralanalyse eine Zeitreihe (das "weiße Licht") in die in ihr enthaltenen Zyklen (die Regenbogenfarben). Dadurch wird die Zeitreihe als Summe der in ihr enthaltenen zyklischen Komponenten darstellbar, also etwa als Summe von drei Zyklen von 40, 15 und 7 Jahre Länge. Der aktuelle Wert der Zeitreihe zu einem Zeitpunkt  $t$  ergibt

<sup>18</sup> S. nächsten Abschnitt, ebenso die Interpretation von Bild 3.

<sup>19</sup> S. MCCLEARY/HAY 1980, S.121: "Yet none of these tests is as compelling as the visual evidence".

sich dann aus der Summe aller vorkommenden Zykluswerte zu diesem Zeitpunkt. Die sind im einzelnen davon abhängig, in welcher Phase sich der jeweilige Zyklus gerade befindet (Aufschwung, Abschwung) und welches Gewicht er im Verhältnis zu den anderen Zyklen hat.

Der heuristische Wert einer Spektralanalyse im Vergleich zu einer Auszählung der Maxima und Minima oder anderen "analysis by eye"-Methoden liegt eben darin, daß die Schwingungen der Zeitreihe als Gemische von unabhängig voneinander entstandenen, aber in ihr zusammen wirkenden Zyklen erkannt werden, und daß die Länge dieser Zyklen angegeben werden kann. Das ist spätestens bei drei gleichzeitig wirkenden Zyklen durch andere Methoden nicht mehr möglich. Insbesondere kann durch diese Zerlegung festgestellt werden, welche Zyklen hauptsächlich die Gestalt der Zeitreihe bestimmen.

Das Spektrum einer Zeitreihe ist eine Funktion, die zu jeder Frequenz einen Wert angibt, der das Gewicht des Zyklus mit dieser Frequenz<sup>20</sup> darstellt, das dieser im Vergleich zu den anderen Frequenzen für die Zeitreihe hat. Besteht z.B. eine Zeitreihe nur aus zwei Zyklen, einem 20-jährigen und einem 3-jährigen, wobei der 20-jährige doppelt so viel zum Aussehen der Zeitreihe beitragen soll wie der 3-jährige, so hat das Spektrum der Zeitreihe nur zwei Werte, und zwar bei  $1/20$  und bei  $1/3$ , und der Wert bei  $1/20$  ist doppelt so hoch wie der bei  $1/3$ .

Die Übergänge zwischen den Regenbogenfarben sind jedoch fließend, so daß letztlich für das weiße Licht alle Frequenzen notwendig sind. Genauso ist es bei einer Zeitreihe, die Pfad eines stochastischen Prozesses ist. Ihr Spektrum enthält ebenfalls alle Frequenzen, jedoch mehr oder weniger stark. Die "peaks" (Maxima) dieser Spektren zeigen die Zyklen an, die das Hauptgewicht für das Zeitreihenaussehen haben. Es gibt zusätzlich ein statistisch definiertes Kriterium, das anzeigt, wann Peaks signifikant sind.

Als Beispiel sind die logarithmierten Spektren der Reihe Jurastudenten Göttingen in Bild 3 und Medizinstudenten Göttingen in Bild 5 zu sehen. Die Peaks, d.h. die wichtigsten Komponenten, lassen sich deutlich im linken Bereich erkennen. Ebenso deutlich ist das unterschiedliche Aussehen in den zwei verschiedenen Zeiträumen. Ab 1850 tritt ein zweiter Peak von Zyklen um die 11 Jahren Länge auf, der vor 1850 nicht vorhanden ist.

Welche Art von Zyklen zeigt nun die Spektralanalyse für die Zeitreihen auf? Es treten generell längere (um die 30 Jahre), mittlere (10 - 15 Jahre) und

<sup>20</sup> Zyklus und Frequenz hängen wie folgt zusammen: Ein Zyklus von 10 Jahren hat die Frequenz von  $1/10$  (nämlich pro Jahr), ein Zyklus von 20 Jahren die Frequenz  $1/20$  usw.

kürzere (ca. 7 Jahre) Wellen auf. Das statistische Kriterium, ob die festgestellten Wellen signifikant sind, gibt dabei einen Anhaltspunkt, welche Wellen den größten Beitrag zur Ausprägung einer Zeitreihe beisteuern. Als lange Wellen, die hier besonders interessieren, sollen alle Wellen mit einer Länge größer gleich ca. 10 Jahre verstanden werden, in Anlehnung an die ökonomische Betrachtungsweise, bei der darunter die eindeutigen Konjunkturzyklen beginnen. Alle langen Wellen mit den dazugehörigen statistischen Größen sind in Tabelle I im Anhang (Kap. 7) aufgelistet.

Auf der Grenze zu kurzen Wellen stehen die um die 7 Jahre langen Wellen, die bei allen Zeitreihen der Jahre bis 1850 für die Universität Göttingen mehr Gewicht als die mittleren Wellen haben <sup>21</sup>. Sie sollen hier nicht weiter untersucht werden, zumal sie alle nicht signifikant sind. Interessant ist jedoch, daß sie vor 1850 die jeweils zweitwichtigste zyklische Komponente dieser frühen Zeitreihen sind.

Das erste Ergebnis der Spektralanalyse ist, daß während des ganzen Zeitraums lange Wellen von 22,5 bis 45 Jahren Länge signifikant vorhanden sind. Die Längenangaben sind dabei nur sehr vorsichtig zu interpretieren. Zyklen zwischen 45 und 22,5 Jahren Länge sind wegen der - im Vergleich zu diesen Zykluslängen - relativen Kürze der Zeitreihen statistisch nicht separierbar, so daß sie besser unter der Aussage "um 30-Jahre lange" Wellen zusammengefaßt werden.

Als zweites ergibt sich, daß in allen Fällen ab 1850 Wellen von 11,3 bis 15 Jahren Länge signifikant auftreten. Diese Wellen sind bis 1850, außer in der evangelischen Theologie an der Universität Tübingen, nicht statistisch signifikant. Das ist der Grund der vorher festgestellten Strukturveränderung in den Zeitreihen: das Auftreten dieser kürzeren Zyklen. Das Verhältnis der Spektralwerte der kürzeren zu den längeren Zyklen ist ein weiterer Beleg für einen Strukturbruch. In allen Fällen erhöht sich das Gewicht <sup>22</sup> der kürzeren Zyklen, von durchschnittlich  $1/25$  auf ca.  $1/2$  der langen Zyklen.

Die Veränderung, die die späteren von den früheren Teilen der Zeitreihen unterscheidet, läßt sich also dadurch charakterisieren, daß in die Bewegung der Zeitreihen ein neues Element kommt: Zyklen mittlerer Länge. War das Aussehen der Zeitreihen im früheren Zeitraum hauptsächlich von einer dominierenden langen Welle um die 30 Jahre Länge geprägt, so sind es im späteren Zeitraum zwei Wellenbewegungen, die die Gestalt wesentlich beeinflus-

<sup>21</sup> Evang. Theologie Wert: 1550; Jura Wert: 695; Medizin Wert: 549; alle Studenten Wert: 44000.

<sup>22</sup> Hier nur definiert als der Wert der Spektraldichtefunktion, nicht als Integral. Für den Vergleich reicht diese Definition.

Bild 4: Die Frequenz-Antwort-Funktion des Kerbenfilters

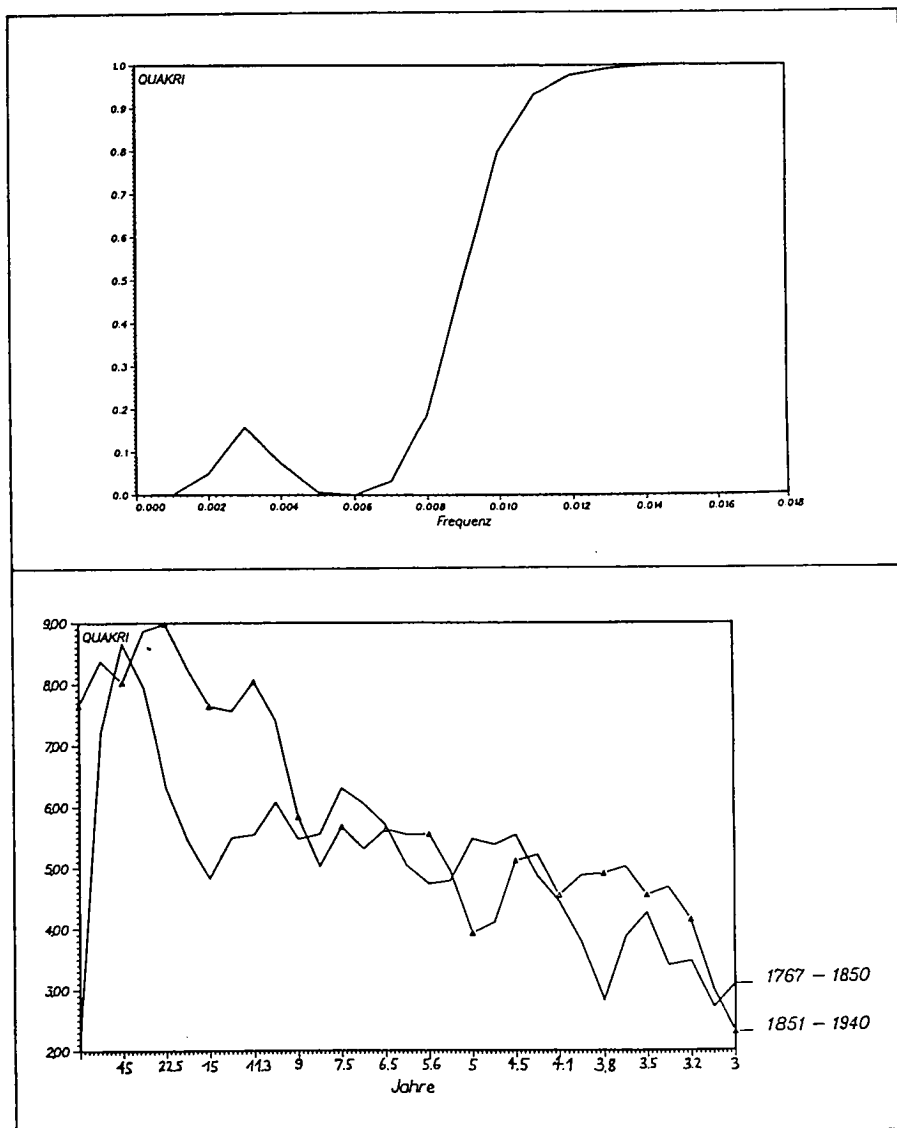


Bild 5: Das Logarithmierte Spektrum der Zeitreihe Medizinstudenten in Göttingen

sen. Die Einsicht, daß sich nach 1850 nicht die Dauer der Wellenbewegungen nach und nach verkürzt, sondern zusätzlich zur vor 1850 vorhandenen Struktur ein neuer Zyklus hinzukommt, ist hierbei wesentliches Ergebnis der Spektralanalysetechnik. Eine kontinuierliche Verkürzung der Zyklendauer hätte nämlich nur eine, entsprechend breite, Spitze im Spektrum zur Folge gehabt.

### 5. Eigendynamik

Die Frage einer Eigendynamik des Bildungssystems und hier speziell der Entwicklung der Zahl der Studierenden hat weitreichende Konsequenzen für die Beurteilung des historischen und zukünftigen Verlaufs. Insbesondere die Möglichkeiten der politischen Steuerung und Einflußnahme und die Prognosen zukünftiger Entwicklungen sind davon betroffen, ebenfalls die Frage der Abhängigkeit der Universitäten etwa von wirtschaftlichen oder anderen Vorgaben außerhalb des Bildungssystems. Besonders schwerwiegend ist in unserem Zusammenhang, daß hier lange Wellen wirksam sind und deshalb eigendynamische Entwicklungen kurzfristige Einflüsse sozusagen überdauern können.

Das Vorhandensein einer Eigendynamik im tertiären Bildungssystem wird in der Geschichte immer dann zum Thema, wenn die politische Steuerung nicht greift, obwohl sie nach eigenem Selbstverständnis mit genügend Machtfülle ausgestattet ist. Das Beispiel des Numerus clausus des nationalsozialistischen Ministers RUST wurde schon angeführt. Aus neuerer Zeit sei die Expansion der Studentenzahlen ab Mitte der 60er Jahre genannt, die weit über die optimistischsten Erwartungen der damaligen Bildungspolitiker hinausging<sup>23</sup>.

Nach der Feststellung von langen Zyklen in den Zeitreihen erhebt sich also die Frage, wieviel der Bewegung der Zeitreihe aus eigendynamischen Entwicklungen von der Länge dieser Zyklen herrührt. Eine Entwicklung soll dabei dann als eigendynamisch verstanden werden, wenn es über ihre ganze zeitliche Ausdehnung ein einheitliches Erzeugungsgesetz gibt, das die jeweils nächsten zukünftigen Werte aus ihrer Vergangenheit erklären kann, ihre Dynamik also auf ihre eigene Gestalt zurückführt.

Für die statistische Analyse ergibt sich damit die Aufgabe, ein Modell,

<sup>23</sup> S. die Prognose des WISSENSCHAFTSRATS von 1964. Meine Untersuchung hier bezieht sich nur auf die Zeit vor dem 2. Weltkrieg. Es ist jedoch zu vermuten, daß in den 60er Jahren ein ähnlicher Strukturbruch stattgefunden hat wie in der Mitte des letzten Jahrhunderts, der u.a. an der sprunghaften Steigerung des Niveaus der - wie auch immer eingeschätzten - Bildungsbeteiligung abzulesen ist.

vereinfacht gesagt eine Gleichung, für jede Zeitreihe zu finden, die a) für jeden beliebigen Zeitpunkt mit möglichst großer Wahrscheinlichkeit den nächsten zukünftigen Wert mit Hilfe einiger zurückliegender Werte berechnen kann und b) selbst keine kurzfristigen Schwankungen aufweist (wie die Zeitreihe selbst), sondern nur an die langen zyklischen Komponenten der Zeitreihe angepaßt ist. Ist ein solches Modell gefunden, so stellt der Anteil der Varianz der Zeitreihe, der sich aus diesem Modell erklären läßt, genau den Beitrag dar, den die langen Wellen zur Bewegung der Zeitreihe liefern.

Unter der Voraussetzung eines stochastischen Prozesses ist das ein sog. Box-Jenkins-Modell<sup>24</sup>. Ziel der folgenden Analyse ist es deshalb, aus den vorliegenden Zeitreihen Box-Jenkins-Modelle zu schätzen, die die im vorigen Abschnitt gefundenen Zyklen erzeugen. Es handelt sich hier also nicht um eine Box-Jenkins-Analyse mit dem üblichen Ziel, das bestangepaßte Modell herauszufinden, sondern um eine Anpassung von Modellen, die bestimmten Voraussetzungen genügen sollen, zum Zweck deskriptiver Analyse.

Dabei erfolgt die Suche nach einem Modell in zwei Schritten. Zunächst werden die Zeitreihen mit einem Glättungsverfahren von kurzfristigen Schwankungen befreit und der Anteil der nach der Glättung verbliebenen Varianz berechnet. Dann werden Modelle für die geglätteten Zeitreihen geschätzt und der Anteil der Varianz, den sie an den geglätteten Zeitreihen erklären, bestimmt. Aus beiden Anteilen zusammen ergibt sich dann, ein wie hoher Prozentsatz der Varianz der Originalzeitreihe durch die Eigendynamik der langen Wellen erklärt werden kann.

Auf Grund spezifischer Berechnungsschwierigkeiten erfordert die Darstellung langer Wellen in Box-Jenkins-Modellen nämlich eine Transformation der Zeitreihen. Sie müssen vorher von den Einflüssen kürzerer Zyklen bereinigt werden. Zu diesem Zweck werden nacheinander gleitende Durchschnitte der Ordnung 5 und der Ordnung 3 angewandt. Diese Art von Mittelung von jeweils 5 bzw. 3 aufeinanderfolgenden Zeitreihenwerten schaltet offensichtlich kurzfristige Schwankungen aus<sup>25</sup>.

Der Anteil der Varianz, der den Zeitreihen durch die Glättung entzogen wird, läßt sich an der verminderten Varianz in Tabelle 2, Spalte 2 ablesen. Die Auswirkung dieser Glättung der Zeitreihen (mit einem Fachwort Tiefpaßfilterung) zeigt am Beispiel der Evangelischen Theologiestudenten in

<sup>24</sup> S. BOX/JENKINS 1976.

<sup>25</sup> Der doppelte gleitende Durchschnitt bildet einen symmetrischen Tiefpaßfilter mit ausreichender Hochfrequenzunterdrückung. S. KOOPMANS, 1979, Kap. 6.

Göttingen Bild 6. Man sieht anschaulich, daß die gefilterte Zeitreihe keine kurzfristigen Schwankungen mehr aufweist.

Im zweiten Schritt wurden für alle Zeitreihen jeweils drei verschiedene Modelle geschätzt, die sich dadurch unterscheiden, daß sie die Zeitreihe als Summe von höchstens ein, zwei oder drei Zyklen darstellen können. Diese Unterscheidung war nötig, weil die Schätzmethode für die optimale Anpassung von Modellen nicht automatisch zu Modellen mit zwei langen Wellen führt; je nach Vorgaben für die Modelle, die sich auf die Art und Anzahl der Koeffizienten beziehen, können sie zu einer bestimmten Zahl zyklischer Komponenten führen, die mehr oder weniger ausgeprägt sind. Für unsere Analyse kommt es jedoch darauf an, Modelle zu finden, die lange Wellen darstellen, d.h., daß sie statistisch signifikante Koeffizienten besitzen, die Zyklen von langer Dauer erzeugen. Durch die Entscheidung für diese drei Modelltypen wurde so auch ein Vergleich mit den im vorigen Kapitel festgestellten zyklischen Anteilen der Zeitreihen angestrebt: Führt die optimale Anpassung zu Modellen, deren zyklische Komponenten denen der Spektralanalyse entsprechen und die signifikant sind, ist dies eine weitere Bestätigung dafür, daß die Zeitreihen sich gerade aus diesen Zyklen erklären lassen.

Die berechneten <sup>26</sup> Box-Jenkins-Modelle sind autoregressiv (AR-Modelle), d.h. sie erklären innerhalb gewisser wahrscheinlicher Grenzen den zukünftigen Wert der Zeitreihen ausschließlich als Summe gewichteter vergangener Werte, und zwar hier durch die bis zu 2, 4 oder 6 Jahre vorhergehenden Werte (AR(2)-, AR(4)-, AR(6) Modelle). Dabei kann das AR(2)-Modell höchstens einen, AR(4) zwei und AR(6) drei Zyklen erzeugen <sup>27</sup>. Die Modelle und weitere Parameter sind in Tabelle 3 im Anhang aufgeführt.

Einer allzu ausgeweiteten "Modellphilosophie", die die Beschäftigung mit den möglichen Modellen einer Untersuchung der historischen Verhältnisse vorzieht, soll mit dieser Art der Verwendung dieser Modelle vorgebeugt werden. Sie werden hier ausschließlich zur quantifizierenden Deskription der empirischen Zeitreihen benutzt. Die Bauart der Modelle, die bei der Erklä-

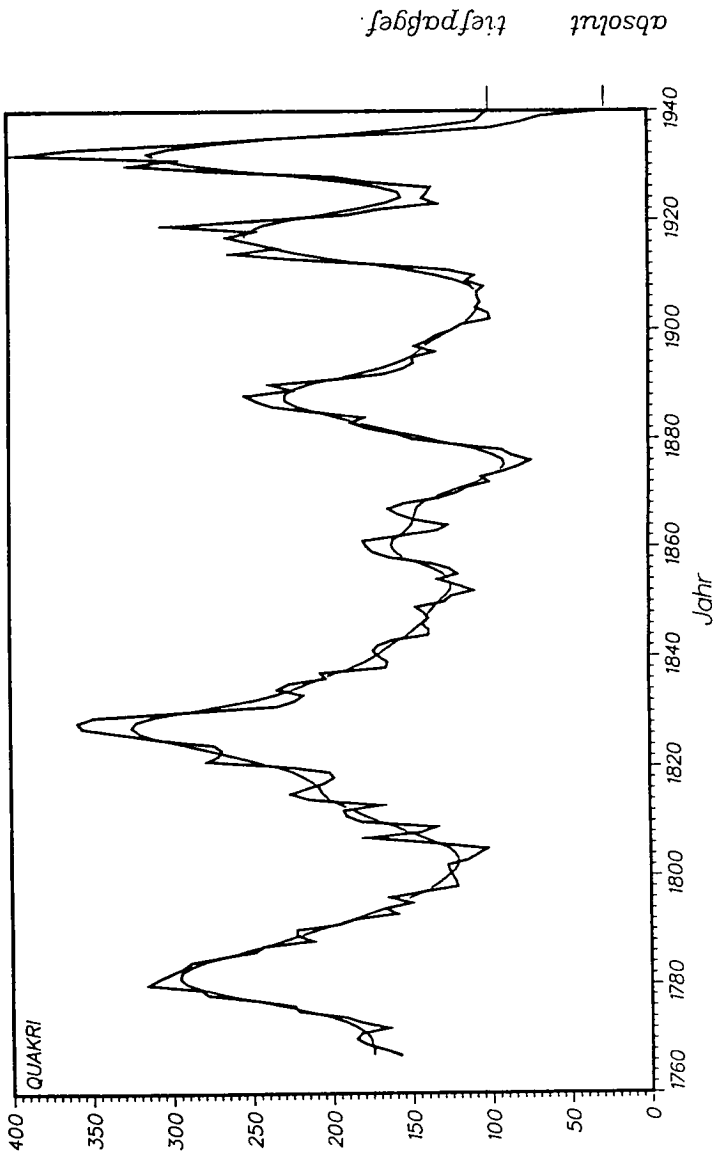
<sup>26</sup> Geschätzt wurde mit dem Programm P2T des Pakets BMDP.

<sup>27</sup> Die Berechnung der Autokorrelations- (ACF) und der partiellen Autokorrelationsfunktion (PACF) der Zeitreihen zeigt, daß für alle Zeitreihen ein rein autoregressives Modell in Frage kommt. Ein solches Modell weist sogenannte Pseudo- oder stochastische Zyklen auf, wenn Wurzeln seines charakteristischen Polynoms komplex sind.

---

Bild 6 (rechts): Die Studierenden der Evangelischen Theologie an der Universität Göttingen von 1767-1940: Die Zeitreihe in absoluten Zahlen und nach Bildung der gleitenden Durchschnitte von 5 und 3 Jahren.

*Evang. Theologie Göttingen*



rung der Zeitreihenwerte durch einen notwendigen Anteil an Zufall gekennzeichnet sind und deren Prozedur zum Herausfinden der Koeffizienten sich lediglich an statistischer Optimalität orientiert, läßt es nicht zu, sie als Verhaltensgleichungen für Aggregationen von Subjekten aufzufassen, wie dies beispielsweise bei den grundlegenden Modellen in der Makroökonomie oft praktiziert wird.

Die meisten der schon im Spektrum sichtbaren Zyklen kann man in den Modellen wiederfinden. Grundsätzlich wird in allen Modellen mit bis zu einem Zyklus der um die 30 Jahre lange Zyklus erkannt. Falls die 7-jährigen Zyklen, die vor 1850 die zweitwichtigste Komponente darstellen, in den Modellen mit 2 und 3 möglichen Zyklen vor 1850 auftreten, bestätigen die Modelle durch die Anzahl signifikanter Koeffizienten den Eindruck, den das Spektrum vom Verhältnis der um die 30- und 7-jährigen Zyklen vor 1850 vermittelte: für Jura und Medizin Göttingen waren sie schwächer, für Evang. Theologie und alle Studierenden Göttingen stärker vertreten. Für die Evang. Theologie Tübingen ist der 15-jährige Zyklus vor 1850 mit 5 signifikanten Koeffizienten im Modell mit bis zu 3 Zyklen gut repräsentiert.

Nach 1850 ergibt das größte Modell für die Evang. Theologie, Jura und Medizin Göttingen sowohl die langen als auch die neuen Zyklen von 11-15 Jahren Dauer mit signif. Koeffizienten. Sowohl bei der Evang. Theologie Tübingen als auch bei allen Studierenden Göttingen ergeben die Modelle mit 2 und 3 möglichen Zyklen immerhin den mittleren Zyklus. Die Modelle für die Zeit ab 1850 bestätigen somit das Auftreten von Zyklen mittlerer Länge. Insgesamt gesehen erzeugen diese Modelle fast alle stochastischen Zyklen, die schon in der Spektralanalyse als für diese Zeitreihen charakteristische Zyklen gefunden wurden.

Der sehr hohe Prozentsatz aufgeklärter Varianz (Tabelle 3, Spalten 3 und 4) zeigt die Güte der Modelle, sie lassen unter 1% ungeklärt. Bis auf diesen Rest stammt der nicht aufgeklärte Teil der Varianz der Originalreihen nur noch aus den kürzeren Schwingungen, die durch die Glättung im Schritt 1 herausgefiltert wurden, und bei den wachsenden Zeitreihen aus dem Trend, also Aufschwüngen von größerer Länge als die Zeitreihen selbst.

Die Gestalt der Zeitreihen - abgesehen vom Trend - läßt sich nach dieser Analyse zwischen knapp 57% (bei Evang. Theologie Tübingen 1851-1940) bis zu 87% (bei Evang. Theologie Göttingen 1767-1850) aus Eigendynamik erklären, die vor 1850 aus einem und nach 1850 aus 2 langen Zyklen stammt. Innerhalb dieses Modellrahmens können also die Zeitreihen zu einem beachtlichen Teil - im Durchschnitt etwa  $2/3$  - aus einer ihnen selbst innewohnenden Struktur erklärt werden, ohne externe Einflüsse. Dabei hängt diese Struktur

zentral mit 2 Zyklen zusammen, von denen der zweite erst nach 1850 auftritt. Welche Bedeutung diese Zyklen haben könnten, soll im folgenden geklärt werden.

## 6. Die historisch-soziologische Bedeutung der statistischen Analyse

Von der Annahme ausgehend, daß Zeitreihen stochastische Prozesse repräsentieren, hatte die statistische Untersuchung zunächst das Ergebnis einer sich in der Zeit verändernden Struktur des Prozesses. Die Untersuchung legt nahe, daß ein entscheidender Strukturbruch nach der Mitte des letzten Jahrhunderts stattfand (Auftreten von kürzeren Zyklen). Gibt uns eine Analyse des Bildungsverhaltens, spez. des Universitätsbesuchs, Anhaltspunkte für eine Bestätigung eines solchen Bruches?

Wie eine neuere Untersuchung zeigt, war die Zeit von ca. 1860-1875 eine besondere Phase in der Universitäts- und Bildungsgeschichte<sup>28</sup>. In dieser Zeit wurde das höhere Bildungssystem gleichsam auf ein höheres Entwicklungsniveau gehoben. Als beispielhafte Indikatoren weisen sowohl der Anteil der Lehrerstudenten an der Gesamtstudentenzahl als auch der Anteil der in der Philosophischen Fakultät tätigen Professoren (und damit der hauptsächlich Oberlehrer ausbildenden Professoren) die höchsten Wachstumsraten im gesamten betrachteten Zeitraum auf. Ein großer Teil der "Produktion" der Universitäten wurde also sofort wieder im Bildungssystem beschäftigt, es fand in dieser Zeit ein gewaltiger Eigenausbau statt. Vorausgegangen war in einer Phase der politischen Restauration eine ein Vierteljahrhundert währende Periode der Stagnation und Schrumpfung der Bildungsbeteiligung, sowohl an den Universitäten als auch an den Gymnasien. Das führte ab den 60er Jahren zu einem allgemeinen, d.h. alle Karrieren betreffenden, Nachwuchsdefizit, das auch so von den Zeitgenossen wahrgenommen wurde<sup>29</sup>. In der anschließenden Phase des Eigenausbaus wurde die Fähigkeit des Bildungssystems insgesamt, höher qualifiziert Gebildete zu produzieren, gleichsam in einem Entwicklungssprung vergrößert. Danach setzte in fast allen Fakultäten ein Wachstum der Studentenzahlen ein (s. z.B. Bild 1 alle Studierenden, ebenso Jura, Medizin; Evang. Theologie ist aus spez. Gründen die Ausnahme). Ein Strukturbruch nach der Mitte des letzten Jahrhunderts ist demnach auch in der sozialhistorischen Analyse festzustellen.

Das zweite Ergebnis der statistischen Analyse ist die zyklische Struktur der

<sup>28</sup> S. TITZE et al., Kap. 2.

<sup>29</sup> S. z.B. HUCKERT 1895, S.621ff.

Zeitreihen. Sowohl als Ergebnis der Spektralanalyse, aber auch in den Modellen wiederzufinden, konnten die bedeutendsten zyklischen Anteile der Zeitreihen als lange Wellen von um die 30 Jahre und 11-15 Jahre Länge festgestellt werden, wobei die kürzeren Frequenzen jeweils erst ab Mitte des letzten Jahrhunderts auftraten. Alle noch kürzeren Frequenzen insgesamt haben durchschnittlich nur noch einen Anteil von einem Drittel an der Ausprägung der Zeitreihe.

Eine mögliche Hypothese zur Zyklizität dieser Zeitreihen, daß sie etwas mit den Konjunkturzyklen der Wirtschaft zu tun hätten, muß aufgrund dieser Ergebnisse sehr in Frage gestellt werden. Bei den für das 19. Jahrhundert von SPREE untersuchten ökonomischen Zeitreihen traten Konjunkturzyklen (5-10 Jahre) bei allen Reihen auf, die "Kuznetszyklen" (20-25 Jahre) nur bei der Hälfte aller Reihen, und die noch längeren "Kondratieffzyklen" (40-60 Jahre), die singulären Ereignissen wie Innovationsschüben zugeschrieben werden, gar nicht<sup>30</sup>. Wegen der unterschiedlichen Länge der Zyklen sind die Möglichkeiten einer Wechselwirkung gering. Eine Verbindung ergibt sich jedoch dadurch, daß der Zeitraum von 1850-1873 auch ökonomisch als eine Zeit überwiegend günstiger Wachstumsbedingungen zu charakterisieren ist ("Takeoff"-Phase).

Die beiden Frequenzen sind jedoch als strukturbestimmende Parameter des höheren Bildungssystems bekannt. Der längere Zyklus um die 30 Jahre ist die Länge einer durchschnittlichen Berufsdauer, d.h. die Zeit vom Eintritt ins Berufsleben, etwa auf eine Pastorenstelle oder Richterstelle, bis zum Tod oder zur Pensionierung bzw. Emeritierung. Die Altersstruktur der im Beruf stehenden Pastoren bzw. Juristen ist aber i.a. nicht gleichmäßig verteilt (auf Grund von unregelmäßigen Wachstumsschüben in der Karriere), so daß der Abgang durch Pensionierung und Tod immer eine zyklische Komponente von der Länge einer durchschnittlichen Berufsdauer aufweist. Diese langen Wellen wirken einmal als Hauptbestimmungsgröße der Ersatznachfrage direkt auf die Studentenzahlen ein und beeinflussen sie außerdem über die Tatsache der Berufsvererbung indirekt.

Weil die Altersstruktur der akademischen Berufe einerseits überhaupt nicht kurzfristig änderbar ist - auf Grund des Beamtenrechts, des Berechtigungswesens und der Tatsache, daß ein Berufswechsel um so unwahrscheinlicher wird, je länger die Ausbildung dauert -, sie aber andererseits zu jedem Zeitpunkt für etwa 30 Jahre - eine Berufsdauer - in die Zukunft den wichtigsten Teil der Nachfrage fortschreibt, ist einleuchtend, daß sie die beharrlich-

<sup>30</sup> S. SPREE 1978.

ste Komponente im Rekrutierungssystem der akademischen Karrieren darstellt. Als stärkste Komponente der Zeitreihen wiesen sie auch alle Spektren und Modelle aus. Gleichzeitig wird sie wegen ihrer Langfristigkeit bei der aktuellen politischen Diskussion oft unberücksichtigt bleiben. So ist z.B. die heutige Altersstruktur der Lehrer in der BRD so ungleichgewichtig wie niemals zuvor in der deutschen Geschichte, mit den entsprechenden zu erwartenden Konsequenzen (fast 4/5 aller Lehrer an Gymnasien waren 1978 jünger als 45 Jahre).

Der kürzere Zyklus um die 11 - 15 Jahre ist etwa die doppelte Länge einer Ausbildungsdauer, also vom ersten Semester bis zum abgeschlossenen Vikariat bzw. Referendariat. Aus einer einfachen Modellkonstruktion eines sog. Akzelerator-Multiplikatormodells mit den 2 Hypothesen a) konstante Nachfrage nach Absolventen und b) Orientierung der Studienanfänger an der aktuellen Situation der Absolventen (bei Überschuß an Absolventen über die Nachfrage weniger Studienanfänger, bei Mangel mehr als vorher) ergibt sich schon dieser Zyklus einer genau doppelten Ausbildungsdauer bei den Gesamtstudentenzahlen<sup>31</sup>. Für die Annahme b) gibt es eine Reihe von Indizien, die bestätigen, daß die Erstsemester sich, viel mehr als an allen Arten von Warnungen und Werbungen von staatlichen Stellen oder Berufsverbänden, an der aktuellen Arbeitsmarktsituation orientieren. Auch unter den erweiterten realen Bedingungen einer sich verändernden Arbeitsmarktlage kann also eine solche zyklische Komponente einer doppelten Ausbildungsdauer erwartet werden. Sie wird sich dann mit der Nachfragebewegung, die u.a. von der Altersstruktur bestimmt wird, vermischen<sup>32</sup>. Das erklärt jedoch nur genauer, daß sich die Studenten unter dem Zwang der Verhältnisse an den Verwertungsbedingungen ihrer Ausbildung orientieren. Dahinter steht ein starres Berechtigungssystem, das die sozialen Chancen an eine festgelegte Bildungsleiter knüpft, die sich über Gymnasium, Abitur, Fachstudium und evtl. Promotion immer stärker an eine bestimmte Karriere bindet<sup>33</sup>.

Das Ergebnis, daß die kürzeren Zyklen erst ab der Mitte des letzten Jahrhunderts auftreten, bleibt noch mit anderen Theorien zu verbinden. Der schon oben erwähnte Strukturbruch im höheren Bildungssystem zu diesem

<sup>31</sup> Diese Länge ergibt sich daraus, daß sich die Anbieter (Studenten) an der aktuellen Situation orientieren, ihre Produkte (die Absolventen) aber erst eine Ausbildungsdauer später auf dem Markt für die Nachfrager erscheinen. Diese Art von Modell ist auch als "Schweinezyklus" bekannt.

<sup>32</sup> Dazu und zu den weiteren Komponenten einer Modellstruktur vgl. TITZE et al., Kap. 3.

<sup>33</sup> S. SCHELSKY 1957, HURRELMANN 1975, bes. Kap. 2.3.

Zeitpunkt hängt selbstverständlich auch mit der Industrialisierung und dem steigenden Bedarf des sich entwickelnden Deutschen Reichs an hochqualifizierten Arbeitskräften in Industrie, Verwaltung usw. zusammen. Die Industrialisierung ist jedoch nur auf dem Hintergrund der Umgestaltung des gesamten Arbeitsbereichs von mehr feudalistischen zu mehr kapitalistischen Zusammenhängen und von eher ständisch gebundenen zu wirklich offenen Arbeitsmärkten zu verstehen. Die sichere Erwartung, mit einem akademischen Abschluß auch eine Stelle zu bekommen, und sei es, daß man, z.B. als Absolvent der Evang. Theologie zunächst nur als Vikar beschäftigt, solange warten mußte, bis der bisherige Stelleninhaber des zukünftigen, aber schon festgelegten Kirchspiels das Zeitliche segnete, wurde auf den offener und freier werdenden Arbeitsmärkten mehr und mehr in Frage gestellt. So hat auch sicher auf die Frage: "Studiere ich überhaupt? Und wenn ja, was?" die Tatsache, ob man mit dem abgeschlossenen Studium überhaupt eine Arbeit bekommt, erst ab diesem Zeitpunkt immer mehr entscheidenden Einfluß gewinnen können. Und erst unter der Voraussetzung, daß die Verwertbarkeit des akademischen Abschlusses auf einem freien Arbeitsmarkt eine Entscheidungsgröße für die Wahl des Studienanfängers darstellt, kann man von der obigen Verhaltenshypothese ausgehen und mit Recht Zyklen einer doppelten Ausbildungsdauer erwarten.

Für die starke Eigendynamik der Studentenströme sind eingangs schon zwei Beispiele erwähnt worden. Auch Statistikexperten der Berufsstände haben sich in der Stärke dieser Bewegung einst verschätzt<sup>34</sup>. Besonders Politik und Verwaltung überschätzten die Möglichkeiten der Steuerung der Studentenströme immer wieder und wirkten mit ihren Eingriffen z.T sogar zyklisch, weil sie die Länge der Zyklen nicht im Blick hatten. Das statistische Ergebnis des hohen Prozentsatzes, den die langen Zyklen zur Dynamik der Zeitreihen beitragen, bestätigt diese historischen Analysen. Dieses Ergebnis ist allerdings im vorausgesetzten Rahmen univariater Box-Jenkins-Modelle zu sehen. Weiterführende Modelle, die z.B. die Altersstruktur und die Nachfrage als Variablen einbeziehen, könnten Faktoren aufdecken, die für die Eigendynamik bestimmend sind. Letztlich ist jedoch ohne Frage, daß die Vergangenheit der Studentenströme zu einem großen Teil ihre Gestalt auch in mittel- und langfristiger Zukunft beeinflußt. Diese autokorrelierte Struktur müßte auch jedes weiterführende Modell hervorbringen, in dem die Studentenströme nicht als eigenständige, sondern als resultierende Größen erscheinen.

<sup>34</sup> S. z.B. die Schrift "Abmahnung vorm Studium der Medizin", die vom 31. Deutschen Ärztetag 1903 an viele Schulleiter verschickt wurde.

Mit der Verbindung der statistischen Ergebnisse mit entsprechenden Analysen historisch-soziologischer Herkunft ist zuletzt auch die Frage nach dem Sinn der Anwendung der Zeitreihenanalysemethoden ein Stück weit beantwortet. Die empirisch-statistische Grundlage für die Thesen der historischen Forschung konnte dadurch erweitert werden. Aber auch die beste Anpassung eines statistischen Modells an eine historische Zeitreihe kann im Sinn der Geschichtswissenschaften nie Beweis dafür sein, daß der die Zeitreihe hervorbringenden geschichtlichen Entwicklung ein einheitliches Bildungsgesetz zugrundeliegt. Welche Entwicklungen in der Geschichte, auch wenn sie mehrmals erschienen, zufällig und singulär waren und welche dagegen systematisch und immer wiederkehrend sind, kann nur die historische Forschung entscheiden. Daß diese Methoden aber in der historischen Forschung mit Erfolg angewendet werden können, könnte darauf hindeuten, daß im Bildungssystem Strukturen und funktionale Beziehungen bestehen, die unabhängig von dem, was die handelnden Subjekte erstreben, auch "Geschichte machen".

## 7. Tabellenanhang

Tabelle 1: Alle langen Wellen der Spektren der beiden Teile aller Zeitreihen stehen in Spalte 1, wobei die Jahreslänge der entsprechenden Zyklen angegeben wird. In Spalte 2 steht der dazugehörige geschätzte Spektralwert, in Spalte 3 dann der dazugehörige untere Rand des 90%-Vertrauensbereichs (VB) dieses Spektralwerts und in Spalte 4 die Varianz der Reihe. Die Varianz ist der Wert, den das Spektrum theoretisch hätte, also wenn alle Werte der Reihe zufällig wären. Liegt dieser Wert unterhalb des 90%-VB, so ist der Peak auf dem 5%-Niveau signifikant<sup>35</sup>, was in Spalte 5 aufgeführt wird. Für Spalte 6 wurde das Verhältnis der Spektralwerte der kürzeren zu den längeren Zyklen berechnet.

### Hinweis:

Dieser Beitrag wurde erstmals in der Zeitschrift "Hochschulausbildung", 2/88, veröffentlicht. Die Herausgeber danken dem Leuchtturm-Verlag für die freundliche Erlaubnis zum Nachdruck.

<sup>35</sup> S. GOTTMAN, S.223. Hier reicht die einseitige Abschätzung.

Tabelle 1: Signifikanz der Zyklen

Fach/Uni Zeit- raum	Spektrum Peaks bei. Jhr.	Power	untere Grenze 90%-VB	Vari- anz	sig. nifi- kant?	Verhältn. krz./lng. Zyklen
Spalte	1	2	3	4	5	6
<b>Ev.Theol.Tüb.</b>						
1760-1850	45	5100	2920	353	ja	1/6
	15	890	423		ja	
1851-1940	45	9500	9520	1223	ja	1/1 > 9
	15	9900	2330		ja	
<b>Ev.Theol.Gö.</b>						
1767-1850	42	89900	92600	3960	ja	1/195
	9,3	616			nein	
1851-1940	30	29700	19100	9620	ja	1/0,9
	15	33200	15800		ja	
<b>Jura Gö.</b>						
1767-1850	42	10400	9960	816	ja	1/19
	12	558		nein		
1851-1940	22,5	12300	5850	1930	ja	1/2
	11,3	6050	2880		ja	
<b>Medizin Gö.</b>						
1767-1850	42	5900	2180	380	ja	1/13
	9,3	439	209		nein	
1851-1940	22,5	8010	3810	910	ja	1/2,6
	11,3	3120	1480		ja	
<b>Alle Fächer Gö.</b>						
1767-1850	42	898000	92200	51000	ja	1/56
	12	15900			nein	
1891-1990	45	892000	900000	58000	ja	1/3
	11,3	233000	111000		ja	

Tabelle 2: In Spalte 1 sind die Arten der Transformation der Zeitreihen aufgeführt. Dabei bedeutet Trendeliminierung Logarithmierung und Kerbenfilterung, Glättung zweifache Anwendung eines gleitenden Durchschnitts von 3 bzw. 5 Jahren. In Spalte 2 steht jeweils die Varianz nach der Transformation. In Spalte 3 ist die Varianz nach der zusätzlichen Glättung in % der Varianz nach der Trendeliminierung (Logarithmierung und Kerbenfilterung) angegeben.

Tabelle 2: Varianzverminderung durch Glättung

Fach/Uni Zeitraum	Art der Transformation	abs.	Varianz in %
Spalte	1	2	3
<b>Evang. Theologie Tübingen</b>			
<b>Würzburg</b>			
1761-1850	Trendeliminierung	353	
	" + Glättung	264	74,8
1851-1940	Trendeliminierung	1223	
	" + Glättung	698	57,1
<b>Evang. Theologie Göttingen</b>			
1767-1850	absolut	3963	
	Glättung	3481	87,0
1851-1940	absolut	4624	
	Glättung	3364	72,0
<b>Jura Göttingen</b>			
1767-1850	Trendeliminierung	816	
	" + Glättung	576	73,4
1851-1940	Trendeliminierung	1444	
	" + Glättung	1156	80,1
<b>Medizin Göttingen</b>			
1767-1850	Trendeliminierung	380	
	" + Glättung	246	64,7
1851-1940	Trendeliminierung	910	
	" + Glättung	625	68,7

## Alle Studenten Göttingen

1767-1850	Trendeliminierung	51076	
	" + Glättung	40750	79,8
1851-1940	Trendeliminierung	58081	
	" + Glättung	48534	83,6

Tabelle 3: Die durch die Modelle nicht erklärten Varianzen ("Varianz der Residuen") sind absolut in Spalte 2, der Prozentsatz an durch die Modelle aufgeklärter Varianz der geglätteten Zeitreihen in Spalte 3, die Anzahl signifikanter Koeffizienten <sup>36</sup> in Spalte 4 und die sich auf Grund der Koeffizienten ergebenden stochastischen Zyklen in Spalte 5 aufgeführt.

## Tabelle 3: Box-Jenkins-Modelle

Fach/Uni Zeitraum	Art des Modells	Varianz der Residuen		Anzahl signif. Koeff.	Länge stoch. Zyklen
		abs.	in %		
Spalte	1	2	3	4	5

## Evang. Theologie Tübingen

1761-1850	AR(2)	2,7	99,0	2	30,3
	AR(4)	2,0	99,2	3	14,8
	AR(6)	1,6	99,3	5	40,0;15,2
1851-1940	AR(2)	6,0	99,1	2	21,7
	AR(4)	4,2	99,3	3	15,4
	AR(6)	3,8	99,4	4	16,9;16,1

## Evang. Theologie Göttingen

1767-1850	AR(2)	9,6	99,7	2	35,7
	AR(4)	5,1	99,9	4	37,0;10,2
1851-1990	AR(2)	22	99,3	2	21,2
	AR(4)	6,3	99,8	3	15,6
	AR(6)	5,3	99,8	4	29,4;14,7

<sup>36</sup> Signifikanzgrenze für einen Koeffizienten war ein T-Wert größer als 1,96.

## Jura Göttingen

1767-1850	AR(2)	3,5	99,3	2	30,3
	AR(4)	2,6	99,5	3	29,4;9,8
	AR(6)	1,8	99,7	3	32,3;7,6
1851-1990	AR(2)	7,6	99,3	2	28,6
	AR(4)	3,0	99,7	3	14,5
	AR(6)	2,3	99,8	4	41,7;12,0;10,4

## Medizin Göttingen

1767-1850	AR(2)	2,9	98,8	2	28,6
	AR(4)	2,1	99,9	3	35,7;43,4
	AR(6)	1,8	99,3	2	33,3;11,1;7,6
1851-1990	AR(2)	6,2	99,0	2	21,7
	AR(4)	6,3	99,8	2	15,2
	AR(6)	5,3	99,8	3	24,3;11,0

## Alle Studenten Göttingen

1767-1850	AR(2)	149	99,6	2	34,2
	AR(4)	85	99,8	4	35,2;6,9
	AR(6)	72	99,8	4	35,2;6,6
1851-1990	AR(2)	404	99,2	2	33,3
	AR(4)	75	99,8	4	10,4
	AR(6)	40	99,9	4	11,1

## Summary

During the last two centuries phases of a so called oversupply have occurred several times at German universities. The recurrence of these phases is shown in the undulations of the time series of students of different subjects. Five particularly long ones of these series are examined by means of the statistical methods of time series analysis, the result being that the purely statistical results point out long-term significant conditions of the higher educational system: the influence of the age structure of the people in professions, the length of the time of education (at the university) and the self-dynamic persistence of the structures as well as a major structural change in the middle of the last century.

## Literatur

- BOX, J.; JENKINS, G.: Time Series Analysis. Forecasting and Control. San Francisco, 1976.
- GOTTMAN, J.M.: Time Series Analysis. A comprehensive introduction for social scientists. Cambridge, 1981.
- HUCKERT, E.: Darf man jetzt schon zum Studium der Philologie aufordern? In: Central-Organ für die Interessen des Realschulwesens 23 (1895).
- HURRELMANN, K.: Erziehungssystem und Gesellschaft. Hamburg, 1975.
- KOOPMANS, W.: The Spectral Analysis of Time Series. New York, 1979.
- LEXIS, W.: Bedarf und Angebot in den gelehrten Berufszweigen. In: Hochschul-Nachrichten 15 (1905), Heft 169/170.
- MCCLEARY, R.; HAY, R.A.: Applied Time Series Analysis for the social sciences. London, 1980.
- MÜLLER-BENEDICT, V.: Akademikerprognosen und die Dynamik des Hochschulsystems. Frankfurt, 1991.
- NATH, A.: Die Studienratskarriere im Dritten Reich. Frankfurt, 1988.
- SHELISKY, H.: Schule und Erziehung in der industriellen Gesellschaft. Würzburg, 1957.
- SCHULTE, H.: Statistisch-methodische Untersuchungen zum Problem langer Wellen. Hanstein, 1981.
- SPREE, R.: Wachstumstrends und Konjunkturzyklen in der deutschen Wirtschaft von 1820 bis 1913. Göttingen, 1978.
- TITZE, H.: Datenhandbuch zur Deutschen Bildungsgeschichte. Teil 1. Band 1: Die Hochschulen in Preußen und Deutschland. Göttingen, 1987.
- TITZE, H.; NATH, A.; MÜLLER-BENEDICT, V.: Der Lehrerzyklus. Zur Wiederkehr von Überfüllung und Mangel im höheren Lehramt in Preussen. In: Zeitschrift für Pädagogik (1985) 1, S.97-126.
- TITZE, H.; LÜHRS, W.; MÜLLER-BENEDICT, V.; NATH, A.: Prüfungsauslese und Berufszugang der Akademiker 1860-1940. In: Lösche, P. (Hrsg.): Göttinger Sozialwissenschaften heute. Fragestellungen, Methoden, Inhalte. Göttingen 1990, S.181-251.
- WISSENSCHAFTSRAT: Abiturienten und Studenten. Entwicklung und Vorschätzung der Zahlen 1950 bis 1980. Tübingen, 1964.