

# ZUR ALTERSDYNAMIK GELEHRTER GESELLSCHAFTEN - DARGESTELLT AM BEISPIEL DER OeAW Entwurf, 04.10.2005

Gustav Feichtiger, Vienna Institute of Demography  
und Institut für Wirtschaftsmathematik der Technischen Universität Wien

## 1 Einführung

Als der berühmte Demograph und Soziologe Norman B. Ryder gefragt wurde, welche Alternativen es zur fortschreitenden Kopflastigkeit der Alterspyramiden gäbe, da lautete seine Antwort: Wachsen oder frühzeitiges Sterben.

Die Begrenztheit unseres Planeten schließt fortwährendes Bevölkerungswachstum aus, und mit der zweiten Lösung des demographischen Altersproblem wird man sich ebenfalls nicht abfinden. Müssen wir also mit einer alterslastigen Bevölkerung leben? Es scheint so - und die Subpopulation der Gelehrtengeellschaft bildet keine Ausnahme. Welche Möglichkeit hat die Leitung einer Akademie der zunehmenden Alterung ihrer Mitgliederstruktur zu begegnen? Oder soll sie etwa gar nichts unternehmen, da sich darin nur das fortschreitende Älterwerden unserer Gesellschaft widerspiegelt? Die folgenden Ausführungen versuchen eine Antwort auf diese Fragen zu geben.

Dazu werfen wir zunächst einen Blick auf die historische Entwicklung des Bestandes und der Altersstruktur von Akademiemitgliedern. Der Einfachheit halber werden dabei zunächst die wirklichen Mitglieder (wM) in Betracht gezogen, allerdings getrennt nach den beiden Klassen. Über die Chancen korrespondierender Mitglieder (kM), jemals wM zu werden und wie lange dies ggf. dauert, werden wir auch informieren. Neben dem bereits angesprochenen Trend zum Älterwerden springt dabei die deutlich geringe Mortalität von Akademiemitgliedern ins Auge. („*Werdet Mitglieder der OeAW und Ihr lebt länger!*“) Welche Auswirkungen haben diese Trends im Verein mit dem gemachten Vorschlag, jüngere Mitglieder zu wählen?

Am Akademie-Institut für Demographie haben wir Modellrechnungen angestellt um alternative Szenarien zu untersuchen. Einige einprägsame

dieser Szenarien werden wir in der Folge Revue passieren lassen.<sup>1</sup>

Deskription, Explikation und Projektion sind grundlegende Funktionen des Modelldenkens. Wir wollen ein System beschreiben und verstehen, insbesondere auch um Zukunftstrends abzuschätzen. Wenn diese Entwicklungen nicht kompatibel mit den Zielvorstellungen sind, so sollte - falls dies möglich und zulässig ist - der Entscheidungsträger versuchen, in das System steuernd einzugreifen. Dieser Steuerungsfunktion von Modellen wenden wir uns im letzten Teil des Vortrages zu: Das Akademiepräsidium als Management-Gremium, welches die strukturelle Entwicklung der Gelehrtengesellschaft zu steuern trachtet. Der Wissenschaftler als „Decision Supporter“ (wie es so schön auf Neudeutsch heißt), der Entscheidungsunterstützung liefern soll.

## 2 Demographische Entwicklung der OeAW von 1847 - 2005

Grundlage der im folgenden präsentierten Entwicklung der Mitgliederzahlen und -struktur von 1847 bis in die Gegenwart bilden biografische records (u.a. aus Hittmair und Hunger, 1997), d.h. Datensätze, welche Informationen über Klassenzugehörigkeit, Geburts- und Todesdatum, Datum der Wahl, Art der Mitgliedschaft (kM bzw. wM) sowie ggf. Wechsel der Mitgliedschaft - meist von kM zum wM enthalten. Als Beispiel für einen mehrfachen Statuswechsel seien die Wechsel innerhalb der Akademie-Klassen von Ludwig Boltzmann erwähnt.

Ludwig Eduard Boltzmann wurde - bevor er 1876 den Posten als Direktor des Physikalischen Institutes an der Universität in Graz einnahm - während seiner Tätigkeit als Ordinarius für Mathematik an der Universität Wien (1873-76) 1874 zum korrespondierenden Mitglied im Inland (kMI) gewählt, woraufhin er 1885 wirkliches Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften wurde. Nachdem Ludwig Eduard Boltzmann 1890 Graz verließ, um theoretische Physik in München zu unterrichten, änderte sich sein Mitgliedsstatus 1891 auf korrespondierendes Mitglied im Ausland (kMA). Nach seiner Rückkehr an die Universität Wien 1894 wurde er 1895 erneut zum wM. Der folgende Auslandsaufenthalt wiederum (Leipzig, 1900-1902) ging 1900 einher mit dem abermaligen Wechsel in seiner Mitgliedschaft zum kMA. Wieder in Wien erhielt Ludwig Eduard Boltzmann den Status als wM allerdings erst 1904 zurück, nachdem er bereits 1902 wieder kMI der Akademie wurde. (*Offenbar war nach der Rückkehr nach Wien 1902 nicht sofort ein Platz unter den wM frei.*)

### 2.1 Rekonstruktion der Akademiebevölkerung

Für die Rekonstruktion der Mitgliederzahlen wurde unterstellt, dass jeweils Mitte Mai gewählt wurde, während Statusänderungen zur Jahresmitte statt-

---

<sup>1</sup>Ein Ausgangspunkt unserer Studie war eine ähnliche Untersuchung von Leridon (2004) über die französische Akademie der Wissenschaften.

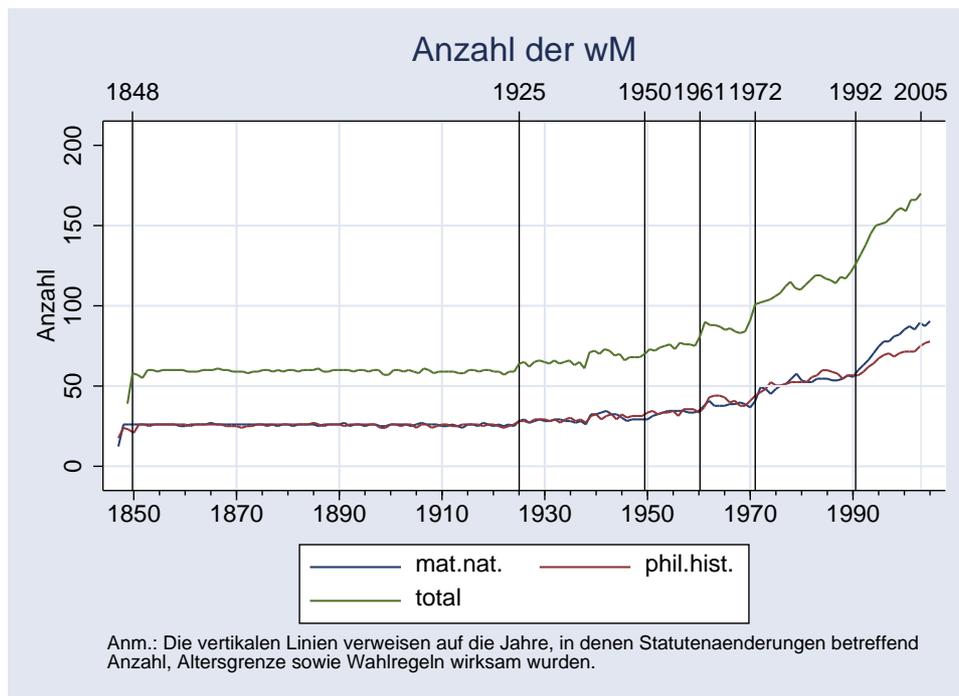


Abbildung 1: **Anzahl der wM nach Klassen zur Jahresmitte zwischen 1847 und 2005.**

fanden. Die folgenden Abbildungen beziehen sich auf die Anzahlen und das Alter wirklicher Mitglieder im Zeitablauf (am 1. Juli jeden Jahres).

Für die statistischen Auswertungen zeichnen Maria Winkler-Dworak, Inga Freund und Alexia Fürnkranz-Prskawetz vom Institut für Demographie verantwortlich. Ohne ihre Arbeit könnte dieser Vortrag nicht gehalten werden.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der wM von 1847 bis 2005 nach den beiden Klassen. Dabei sind die Jahre mit jenen Satzungsänderungen markiert, die zu neuen Klassengrößen, Altersgrenzen und Wahlregeln führten, sowie einen teils sprunghaften Anstieg in der Mitgliederzahl erlaubten.

Im Speziellen gab es drei Mal eine Erhöhung in der maximalen Anzahl der wirklichen Mitglieder, d. h. 1848 von 24 auf 30, 1925 von 30 auf 33, und 1991 von 33 auf 45 Mitglieder – sowohl in der phil.-hist. als auch in der mat.-nat. Klasse. Während in den ersten beiden Fällen die neuen Mitglieder in demselben Jahr gewählt wurden, wurde die Erhöhung im dritten Fall erstmals 1992 wirksam. Desweiteren gab es die formlose Vereinbarung, dass die Anzahl der neu zu wählenden Mitglieder, welche durch diese Erhöhung ausgelöst wurden, über drei Jahre verteilt werden sollten (Schlögl 1992). Neben der Erhöhung der maximalen Mitgliedszahlen wurden Altersgrenzen eingeführt. Ab 1949 wurden Mitglieder, welche 75 Jahre und älter waren, zur Berechnung der Höchstzahlen nicht mehr herangezogen, obwohl sie weiterhin ihre vollen Rechte genießen konnten. Die Einführung der Altersgrenzen eröffnete die Möglichkeit, eine grössere Anzahl an neuen Mitgliedern auf einmal zu wählen. Daher wurden die neu zu wählenden Mitglieder je Klasse auf 5 pro Jahr limitiert. Letztere Regelung wurde 1960 fallen gelassen. 1971 wurde die Altersgrenze auf 70 Jahre gesenkt, was erstmals 1972 zum Tragen kam. In diesem Fall wurden keine Restriktionen bzgl. der Anzahl neu zu wählender Mitglieder auferlegt.

Tabelle 1 fasst die genannten Statutenänderungen zusammen und nennt das jeweilige Jahr, in welchem die jeweilige Änderung wirksam wurde.

**Tabelle 1: Statutenänderungen betreffend die Anzahl an Mitgliedern je Klasse, Altersgrenzen, Wahlregeln sowie das erste Jahr, in welchem letztere wirksam wurden.**

Statuten	Jahr <sup>a</sup>	Mitglieder je Klasse	Spezielle Regeln
Statuten, 1. Fassung (1847)	1847	24	24 Mitglieder je Klasse
- Nachtrag (1848)	1848	30	Erhöhung der Anzahl der Mitglieder um 6 je Klasse
Satzung, 1. Fassung - Nachtrag (1925)	1925	33	Erhöhung der Anzahl der Mitglieder um 3 je Klasse
Satzung, 3. Fassung - Nachtrag (1949)	1950	33	Altersgrenze von 75 Jahren; maximal 5 neu gewählte Mitglieder pro Jahr.
- Nachtrag (1960)	1961	33	Wahlrestriktion entfällt.
- Nachtrag (1971)	1972	33	Altersgrenze von 70 Jahren.
- Nachtrag (1991)	1992	45 <sup>b</sup>	Erhöhung der Anzahl der Mitglieder um 12 je Klasse

<sup>a</sup> Jahr der Wahl, in welchem die Änderung erstmals wirksam wurde.

<sup>b</sup> Formlose Vereinbarung, die Wahl zusätzlicher Mitglieder über drei Jahre zu verteilen. (Schlögl, 1992)

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der relativen Altersverteilung für die WM über die Zeit. Dabei wird mit fortschreitender Zeit eine Rechtsverschie-

bung deutlich, worin die zunehmende Alterung der Akademiepopulation zum Tragen kommt.<sup>2</sup>

Die Abbildung 3 präsentiert das Durchschnittsalter der wirklichen Akademiemitglieder nach Klassen - und zwar aller sowie derjenigen wM unter 75 Jahren (ab 1950) bzw. unter 70 Jahren (ab 1972). Folglich verläuft das Durchschnittsalter aller wM ab 1950 über dem Durchschnittsalter letzterer. Dabei erfährt letzteres 1972 einen zusätzlichen Verjüngungsschub durch das Herabsetzen der Altersgrenze.

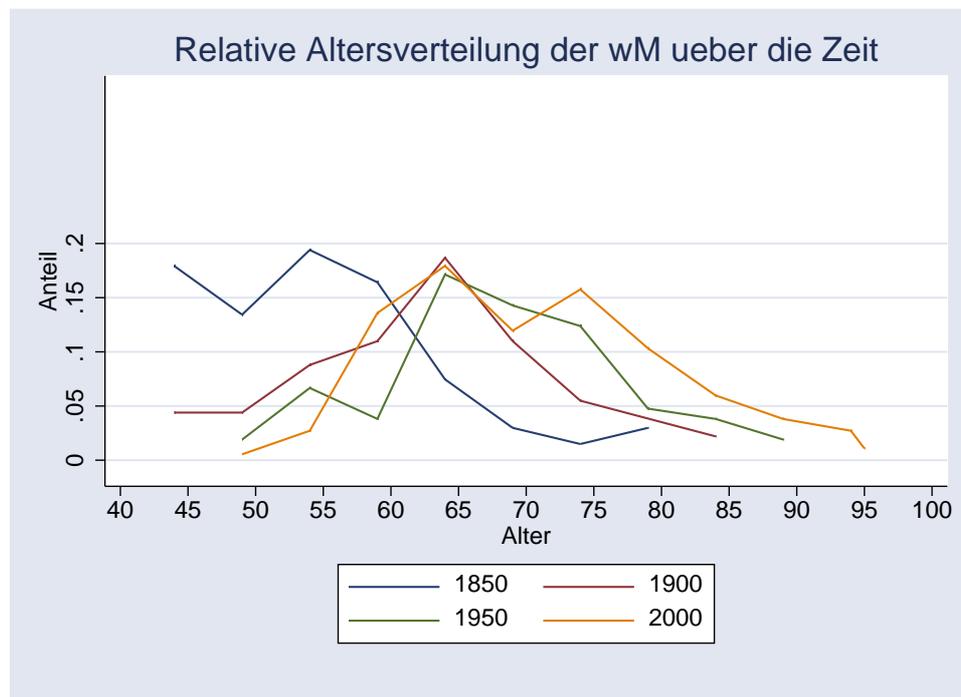


Abbildung 2: **Relative Altersverteilung der wM zu ausgewählten Zeitpunkten (5-Jahres Altersgruppen).**

Die Darstellung des Durchschnittsalters zum Zeitpunkt der Wahl zum wM über die Zeit findet sich in Abbildung 4. Dieses stieg bis etwa in das erste Drittel des 20. Jh., orientierte sich seitdem an dem Alter von ca. 60 Jahren und weist seit Ende der 80er Jahre eine leicht sinkende Tendenz auf.

In Abbildung 5 ist die durchschnittliche Verweildauer der wM nach Klassen über die Zeit dargestellt, in welcher erneut die Trennung *aller* wM von jenen unterhalb der Altersgrenze von 75 bzw. 70 Jahren Berücksichtigung findet. Somit nähert sich die durchschnittliche Verweildauer unter *allen* wM gegen Ende der 90er Jahre der Marke von 30 Jahren - die in der Vergangen-

<sup>2</sup>Natürlich altert jede Person (in jedem Kalenderjahr um ein Altersjahr). Neben dem individuellen Altern beschreibt der demographische Alterungsprozess die zunehmende Konzentration des Altersaufbaues der Bevölkerung in höheren Altersjahren.

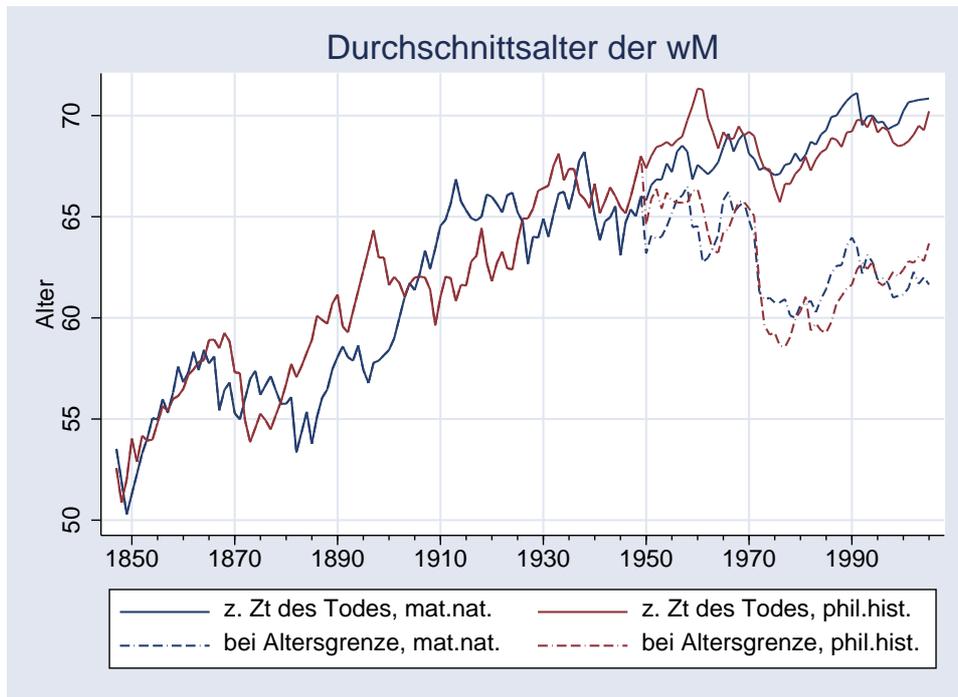


Abbildung 3: **Durchschnittsalter der wM nach Klassen über die Zeit.**

heit bereits von beiden Klassen überschritten wurde -, während die Verweildauer der Mitglieder unterhalb der Altersgrenze zwischen 10 und 15 Jahren (bzw. leicht darunter) liegt.

Mit Abbildung 6 illustrieren wir die Anzahl der neu gewählten wM nach Klassen für jedes Jahr seit Gründung der Akademie. Hier zeigen sich deutliche Spitzen insbesondere zur Zeit der Statutenänderungen um 1961 (Entfall der Wahlrestriktion von max. 5 Mitgliedern pro Jahr), 1972 (Einführung der Altersgrenze von 70 Jahren) und 1992 (Erhöhung der Anzahl der wM je Klasse auf 45). Durch diese wurde es möglich, eine grössere Anzahl von neuen Mitgliedern an einem Termin zu wählen.

Die aktuellen Altersverteilungen nach Klassen, d.h. derjenigen kM und wM, welche zwischen 1980 und 2005 gewählt wurden, ist in Abbildung 7 beinhaltet. Da der überwiegende Teil der wM aus der Gruppe der kM gewählt wird, liegt die Altersverteilung letzterer links von der Altersverteilung letzterer.

Schliesslich illustrieren die Abbildungen 8 und 9 den Anteil jener kM, welche jemals wM werden, sowie deren „Wartezeit“. Ersterer verläuft trotz starker Schwankungen recht stabil. Am Ende der betrachteten Zeitperiode läuft der Anteil der kM, welche jemals wM, gegen 0, da es sich hier um zensurierte Daten handelt. Die durchschnittliche Wartezeit eines kM bis zur Wahl zum wM folgt währenddessen einem leicht sinkenden Trend über

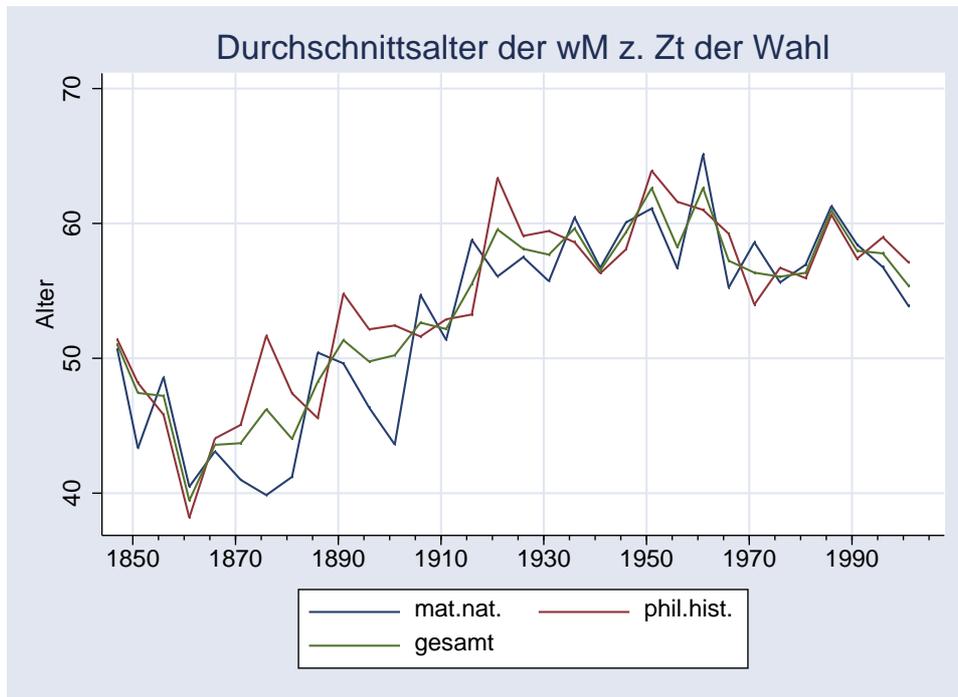


Abbildung 4: **Durchschnittsalter der wM zum Zeitpunkt der Wahl über die Zeit (5-Jahres Perioden).**

die Zeit und lag zuletzt bei etwas unter 8 Jahren.

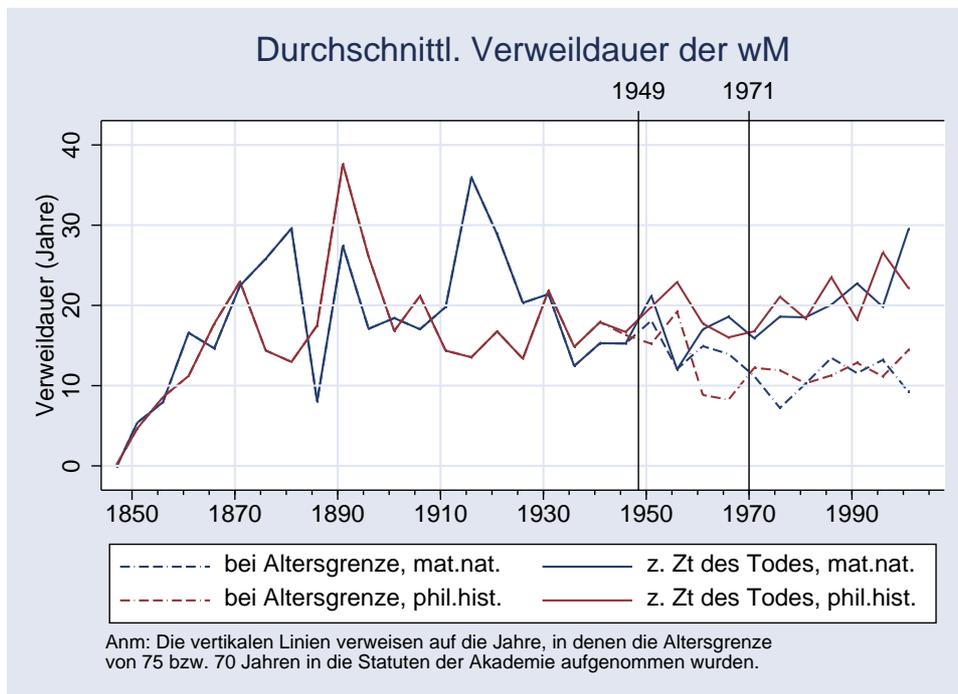


Abbildung 5: **Durchschnittliche Verweildauer der wM nach Klassen zum Zeitpunkt des Todes oder freiwilligen Austritts sowie bei Erreichen der Altersgrenze von 75 bzw. 70 Jahren (5-Jahres Perioden).**

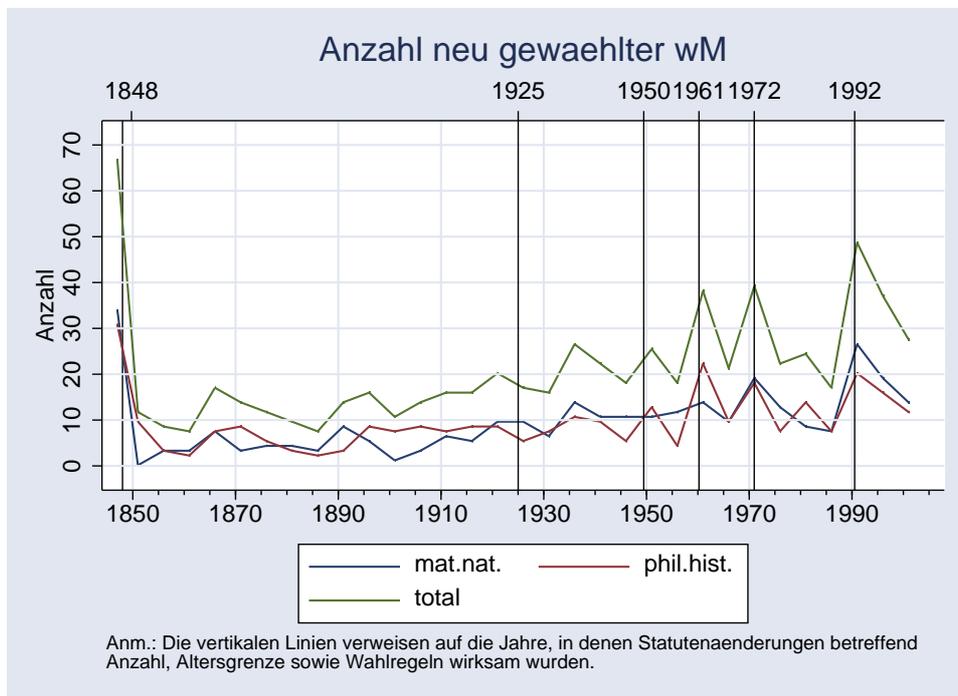


Abbildung 6: Anzahl der neu gewählten wirklichen Mitglieder nach Klassen (5-Jahres Perioden).

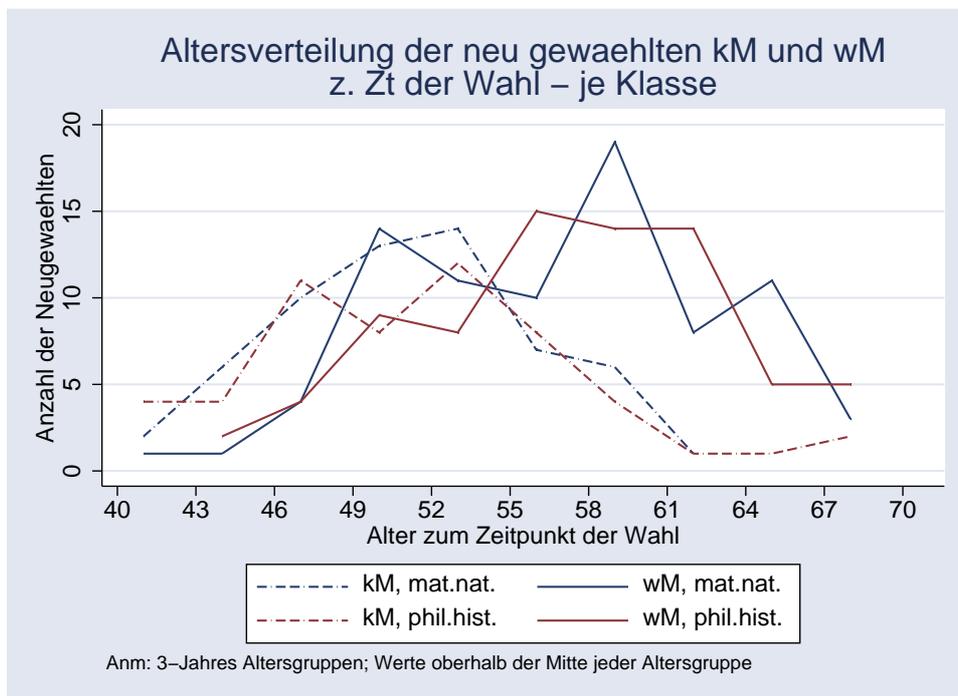


Abbildung 7: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Wahl der wM und kM, die 1980-2005 gewählt wurden, nach Klassen.

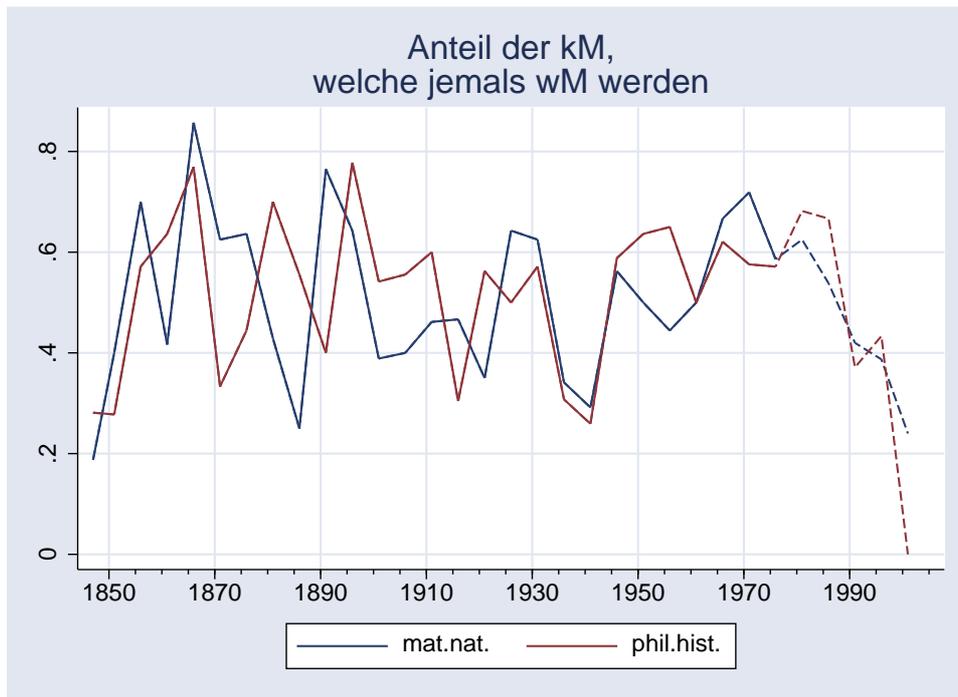


Abbildung 8: Anteil der kM, die jemals wM werden, nach Klassen.

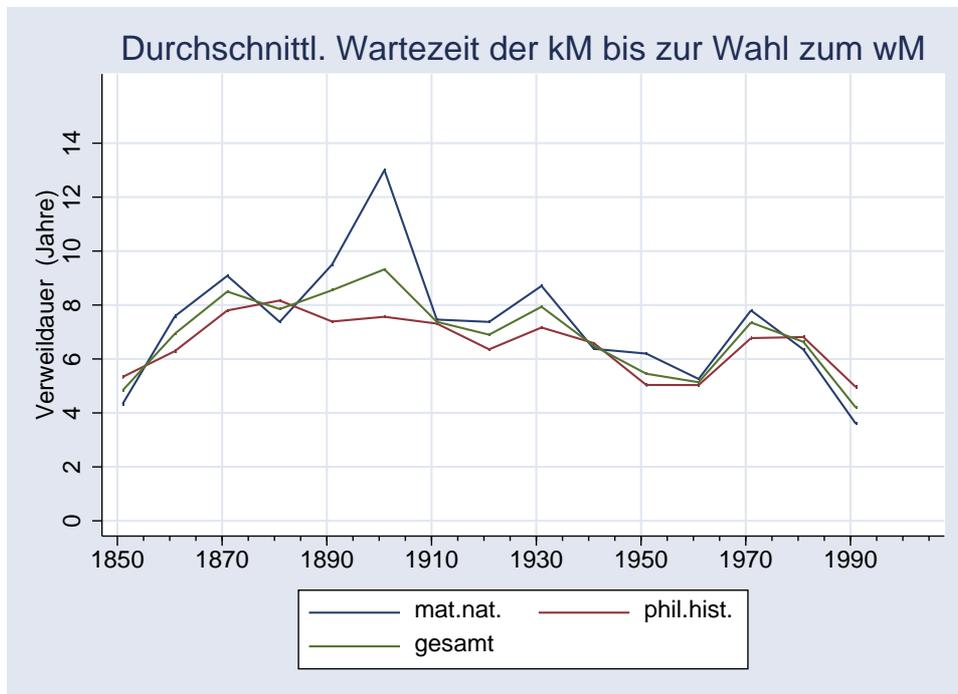


Abbildung 9: Durchschnittliche Anzahl an Jahren, die ein kM auf seine Wahl zum wM wartet – für 10-Jahres Kohorten.

## 3 Akademiemitglieder leben länger

### 3.1 Vergleich der Mortalitätsraten

Im Vergleich der Mortalität der Akademiemitglieder mit der durchschnittlichen männlichen Mortalität in Österreich, welche wir für wM und kM gemeinsam durchgeführt haben, ergibt sich - wie erwartet -, dass das standardisierte Mortalitätsratio (SMR) für alle Altersgruppen unter 1 liegt. Dies impliziert, dass die Akademiemitglieder weniger Todesfälle erfahren, als wenn sie der durchschnittlichen männlichen Mortalität in Österreich unterlägen. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, haben die Mitglieder der Österreichischen Akademie der Wissenschaften alles in allem im Alter zwischen 50 und 90 Jahren von 1986 bis Mitte 1995 nur etwa die Hälfte der Todesfälle erfahren als es die österreichische Sterbetafel aus 1991/92 impliziert. Dieses Verhältnis hat sich in der Folgezeit noch stärker zugunsten der Akademiemitglieder verbessert.

Da frühere Literatur bzgl. Mortalitätsdifferenzen nach Bildung deutlich macht, dass die Sterblichkeit mit steigendem Bildungsniveau abnimmt (z. B. für Österreich s. Doblhammer-Reiter, 1996), verwenden wir im Folgenden die Mortalitätsraten österreichischer Männer mit tertiärer Bildung (Schwarz, 2005) als Referenzraten - mit dem Ziel Bildungsunterschiede zu minimieren.

Tatsächlich hat sich ergeben, dass das SMR - wenn auch höher als zuvor - weiterhin unter 1 liegt! Über alle Altersgruppen betrachtet haben die kM und wM etwa ein Drittel und 22% weniger Todesfälle in den Jahren 1976–1985 bzw. 1986–1995 erfahren als es unter den altersspezifischen Sterberaten österreichischer Universitätsabsolventen in 1981/82 bzw. 1991/92 (s. Tabelle 2) der Fall gewesen wäre.

### 3.2 Lebenserwartung

Abbildung 10 vergleicht unsere Schätzung der Lebenserwartung im Alter von 60 Jahren mit jenen, welche regelmässig in den österreichischen Sterbetafeln publiziert werden (Max Planck Institute for Demography, 2005; Statistik Austria, 2005). Bis auf einige Ausnahmen liegt die Lebenserwartung der Akademiemitglieder mit 60 Jahren über derjenigen auf Basis der österreichischen Sterbetafeln, was seit 1950 und mit einer Differenz von ca. 10 Jahren im Jahr 2000 (30 vs 20 Jahre geschätzte Lebenserwartung) besonders deutlich wird.

Markant ist erneut, dass sich die Lebenserwartung im Alter 60 für Universitätsabsolventen in den Jahren 1981/82 und 1991/92 zwischen den entsprechenden Schätzungen für die Akademiemitglieder sowie die österreichische Gesamtbevölkerung befindet.

Tabelle 2: Vergleich der Sterblichkeit von kM und wM im Zeitraum 1986–1995 mit der österreichischen Sterbetafel (für Universitätsabsolventen) aus 1991/92.

Alter	Beobachtete Todesfälle	gem. Sterbetafel		für Univ.absolventen	
		Erwartete Todesfälle	SMR	Erwartete Todesfälle	SMR
(50–60]	2	5.59	0.36	2.01	1.00
(60–70]	9	19.15	0.47	11.10	0.81
(70–80]	15	29.62	0.51	20.14	0.74
(80–90]	30	46.50	0.65	38.81	0.77
gesamt	56	100.86	0.56	72.05	0.78

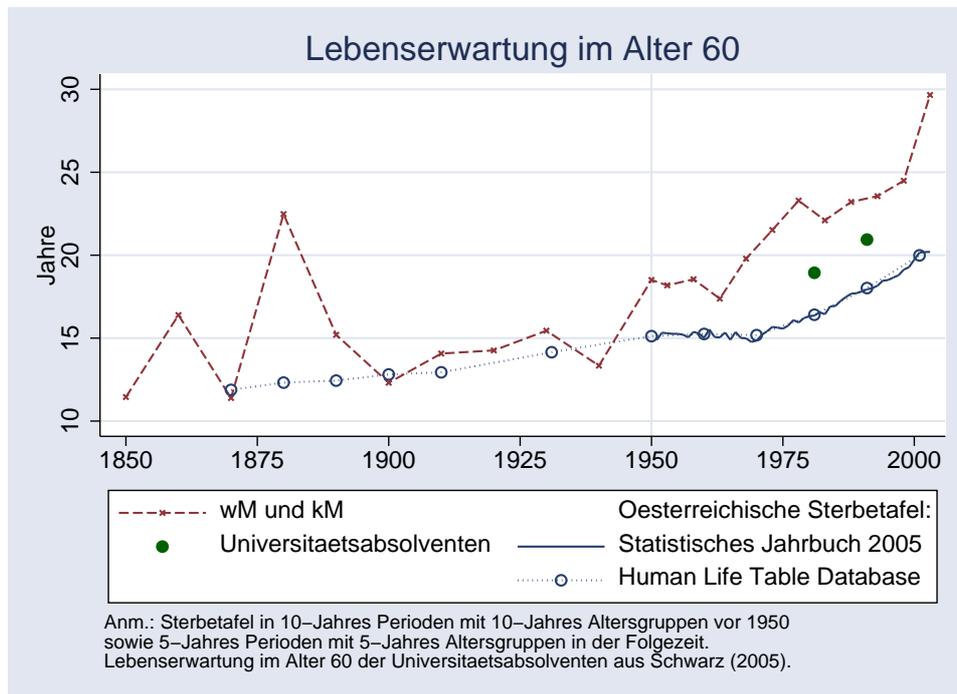


Abbildung 10: Lebenserwartung im Alter 60 der Akademiestatistiker im Vergleich zu österreichischen Sterbetafelschätzungen.

## 4 Projektionen in die Zukunft

Die zukünftige Altersverteilung der beiden Klassen der Akademie wird von drei Faktoren maßgeblich bestimmt, nämlich der momentanen Altersverteilung der Mitglieder, den Altersverteilungen der Neueintritte und der Entwicklung der Mortalität.

Für die Mortalitätsentwicklung ziehen wir die neuesten Prognosen der Sterbewahrscheinlichkeiten von Statistik Austria (Hanika/Klotz, 2005), welche mittels der Lee-Carter (Carter and Lee, 1992; Lee 2000) Methode geschätzt wurden, heran. Die prognostizierten Sterbewahrscheinlichkeiten werden in Sterberaten unter der üblichen Annahme der Gleichverteilung der Todesfälle beziehungsweise konstanter Mortalitätsintensität für über 50-jährige Altersgruppen konvertiert. Wie wir oben gezeigt haben, weisen die Mitglieder der Österreichischen Akademie der Wissenschaften eine signifikant niedrigere Mortalität als die durchschnittliche österreichische Bevölkerung auf. Um diesem Fakt Rechnung zu tragen, passen wir die prognostizierten Sterberaten mithilfe des berechneten standardisierten Mortalitätsratio von ca. 0.5 an. Da die Mortalitätsunterschiede nach Bildung für ältere Altersgruppen abnehmen, erhöhen wir mit steigendem Alter den Anpassungsfaktor beginnend mit dem Alter 80 um 2.5 % pro Altersjahr. Das entspricht einem standardisierten Mortalitätsratio von ca. 0.74 im Alter von 99 Jahren.

Da die Sterbetafel von Statistik Austria (Hanika/Klotz, 2005) bei 99 Jahren endet, extrapolieren wir die Sterblichkeit in höherem Alter gemäß Perks (1932) mit Hilfe eines logistischen Modells, basierend auf den Sterberaten der Altersgruppen 80 bis 99.

Für die Vorhersage projizieren wir zunächst die Anzahl der Mitglieder zum Zeitpunkt  $t$ , welche bis zum Zeitpunkt  $t + 1$  überleben. Die Anzahl der neu zu besetzenden Stellen ergibt sich als die Differenz der prognostizierten Anzahl der unter 70 Jahre alten Mitglieder und der Höchstzahl von 45 Mitglieder pro Klasse. Im nächsten Schritt werden die freien Stellen gemäß der unterstellten Altersverteilung der Neugewählten verteilt.

Bzgl. der Altersverteilung unterscheiden wir 4 Szenarien:

1. Der Durchschnitt der Altersverteilung der Neueintritte über die letzten Jahre bleibt erhalten (Status quo).
2. Es werden nur Personen im Alter unter 55 Jahren aufgenommen - gleichverteilt (Junge Neuzugänge).
3. Es werden nur Personen im Alter ab 55 Jahren aufgenommen - gleichverteilt (Alte Neuzugänge).
4. Es werden nur Personen im Alter von 40 bis 50 sowie 60 bis 70 Jahren aufgenommen - gleichverteilt („Bimodale“ Neuzugänge).

Der Projektionszeitraum umfasst die Jahre von 2006 bis 2050. Startwerte werden dabei im Jahr 2005 von den folgenden Grössen gebildet:

1. ca. 2 (mat.nat.) bzw. 6 (phil.hist.) freie Plätze je Klasse
2. ca. 90 (mat.nat.) bzw. 80 (phil.hist.) Mitglieder je Klasse
3. ca. 47% (mat.nat.) bzw. 52% (phil.hist.) Mitglieder im Alter unter 70 Jahren

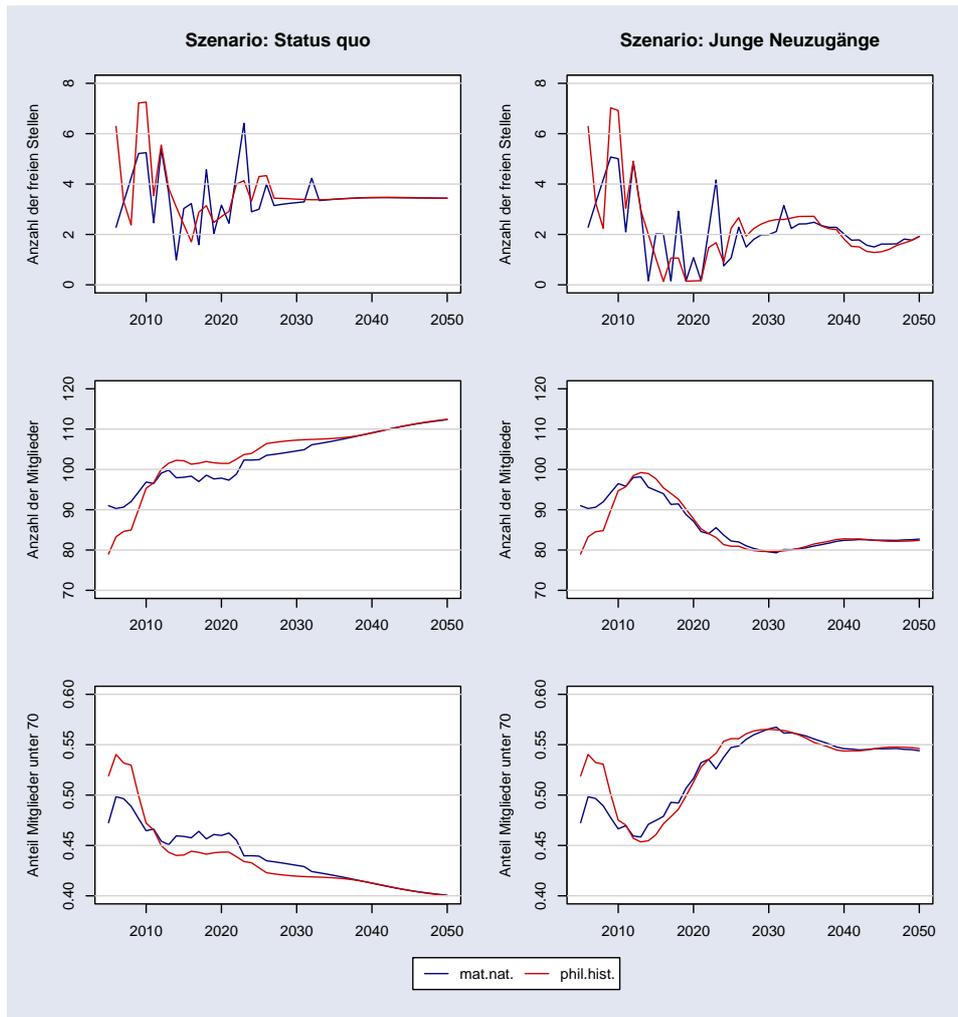


Abbildung 11: Projektionen der Anzahl freier Stellen, Mitglieder sowie des Mitgliederanteils unter 70 Jahren innerhalb der Szenarien „Status quo“ und „Junge Neuzugänge“ nach Klassen.

#### 4.1 Anzahl frei werdender Stellen

Es fällt auf, dass sowohl Szenario 1 als auch Szenario 3 etwa ab dem Jahr 2034 einen stationären Zustand erreichen. Dem entgegen verlaufen sowohl

Szenario 2 als auch Szenario 4 innerhalb des Projektionszeitraumes eher zyklisch, um sich später dennoch zu stabilisieren. Dabei ist allen Szenarien eine Periode starker Schwankungen in der ersten Hälfte des Projektionszeitraumes gemein. Innerhalb Szenarios 2 bedingt die Aufnahme vieler junger Neumitglieder zu Beginn des Projektionszeitraumes, dass in den Folgejahren lediglich 1 bzw. kein Mitglied pro Jahr neu aufgenommen werden kann. Diese „Durststrecke“ besteht über etwa eine Dekade. Wie erwartet liegt der Verlauf des Szenarios 4 zwischen Szenario 2 und Szenario 4.

## **4.2 Anzahl von Mitgliedern**

Sowohl in Szenario 1 als auch in Szenario 3 folgt die Anzahl der zukünftigen Mitglieder je Klasse einem konsequenten Aufwärtstrend. Dabei verläuft der Anstieg in letzterem Szenario wesentlich steiler, so dass sich die Anzahl der Mitglieder im projizierten Zeitraum nahezu verdoppelt. Ein erneut leicht zyklischer Verlauf innerhalb der Szenarien 2 und 4, welcher ein Hoch am Ende des ersten sowie ein Tief am Ende des zweiten Drittels der betrachteten Periode beinhaltet, schwächt sich im Laufe der Zeit ab.

## **4.3 Anzahl von Mitgliedern im Alter unter 70 Jahren**

Nach einem kurzen Anstieg auf 50% bis 55% - welcher allen vier Szenarien gemein ist - sinkt der zukünftige Anteil von Mitgliedern, die jünger als 70 Jahre alt sind, sowohl innerhalb Szenario 1 als auch Szenario 3 ab. Der Abfall fällt erneut in letzterem stärker aus, so dass sich der Anteil der unter 70-Jährigen an der Gesamtbevölkerung der wM und kM etwa halbiert. Es entsteht der Eindruck als würde Szenario 2 in beiden Klassen bei einem Anteil von 55% langfristig stationär.

## **4.4 Zusammenfassung**

Wie erwartet, wird langfristig unter der Annahme, dass jedes Jahr nur Mitglieder über 55 Jahren aufgenommen werden, jedes Jahr die grösste Anzahl an neu zu besetzenden Plätzen frei ( $\Rightarrow$  5 bis 6 freie Plätze je Klasse pro Jahr), da diese relativ schnell die Altersgrenze von 70 Jahren überschreiten und somit zur Kalkulation der maximalen Mitgliederzahl nicht mehr herangezogen werden - ganz im Gegenteil zu Szenario 2, in welchem die Mitglieder unter 55 Jahren relativ lange in der Population unterhalb der Altersgrenze verweilen ( $\Rightarrow$  etwa 2 freie Plätze je Klasse in 2050). Somit wächst auch die Anzahl der gesamten Mitglieder je Klasse am stärksten unter Szenario 3 an ( $\Rightarrow$  ca. 160 Mitglieder je Klasse in 2050), wobei diese sich langfristig etwa bei der Hälfte stabilisiert unter der Bedingung, dass nur junge Mitglieder aufgenommen werden ( $\Rightarrow$  ca. 80 Mitglieder je Klasse in 2050). Entsprechend ist der Anteil der Mitglieder unter 70 Jahren am geringsten in erst genanntem Szenario ( $\Rightarrow$  zwischen 25% und 30% in 2050) sowie langfristig

am grössten, wenn nur junge Neumitglieder aufgenommen werden ( $\Rightarrow$  ca. 55% in 2050). Dabei pendeln sich sowohl die Projektion des ersten als auch die des vierten Szenarios mit Sicht auf das Jahr 2050 in ihrer Grössenordnung zwischen den beiden Extremszenarien ein.

## **5 Das Dilemma einer stationären Akademie: wenig junge versus viele alte Neuzugänge optimale Besetzungspolitiken**

Zurück zur Verwendung von Modellen zur Entscheidungsunterstützung des Präsidiums zwecks Personalplanung (Manpower Planing). Gelehrte Gesellschaften bzw. Akademien stellen Beispiele von Subpopulationen dar, deren Dynamik (d.h. zeitliche Entwicklung und Strukturierung) mit Methoden der Demographie untersucht werden kann. Universitäten, Armeen und Firmen sind andere erneuerungsfähige Gesamtheiten, d.h. durch Zu- und Abgänge sich erneuernde Aggregate. Formal verwandt sind Zu- und Abwanderungen, welche im Unterschied zu Geburten - in allen Altersjahren erfolgen können. Um nur einige Probleme in diesem Kontext zu nennen:

Wieviele Migranten aus welchen Altersgruppen sind herein zu lassen, um ein bestimmtes Ziel - etwas das Nullwachstum - zu erreichen? Kann der Geburtenentwicklung durch Einwanderung überhaupt begegnet werden? (Arthur and Espenshade, 1988; Feichtinger und Steinmann, 1992; Mitra, 1983; Schmertmann, 1992)

Oder im Zusammenhang mit Personalmanagement:

Wie vermindern sich die Karriereaussichten für Mitglieder einer Organisation, wenn diese nach einer Wachstumsphase stagniert oder sogar schrumpft? Siehe unsere Universitäten, und die Aufstiegschancen vom Assistenten zum Professor. Siehe aber auch der Problematik des Aufstiegs von kM zu wM. (Feichtinger, 1974, 1975; Feichtinger und Mehlmann, 1976; Henry, 1971, 1972, 1975; Keyfitz, 1973)

Derartige inhaltlich verschiedene Fragen lassen sich durch ähnliche populationsdynamische Modellansätze behandeln. Lassen Sie mich noch illustrieren, in welcher Weise die Demographie als Entscheidungshilfe für Fragen der Strukturplanung der Akademie beitragen kann. Die Diskussion, ob sich die Akademie zu einer Honoratiorengesellschaft alter Herren entwickeln soll oder ob ihr eine "Verjüngung" gut täte - dies auch im Zusammenhang und dem Auftreten mit einer ganzen Reihe wichtiger Gebiete - ist nicht neu. Es wurden auch schon einfache "Modellrechnungen" diskutiert: wM Bruckmann hat das Dilemma der Akademie anschaulich so auf den Punkt gebracht:

Bei einem Eintrittsalter unter 55 Altersjahren verbleiben einem Mitglied 15 Jahre bis zur Altersgrenze 70, wenn man von der Mortalität einmal absieht. Beim fixen Bestand von 90 Mitgliedern ergeben sich 6 freiwerdende Stellen pro Jahr. Favorisiert man hingegen Zugänge in frühen Altersjahren, um eine Verjüngung anzustreben, also beispielsweise 47,5 Jahre alte Eintritte, so verbleiben 22,5 Jahre bis zum Limit, und 90:22,5 ergibt nur 4 freie Stellen pro Jahr.

Gerhart Bruckmanns einfache Rechnung beruht auf der Identität

$$\mathbf{M} = \mathbf{RT},$$

nach der im stationären Fall die (konstante) Mitgliederzahl  $M$  gleich ist der Zahl jährlicher Zugänge  $R$  mal der Verweildauer im System  $T$  (length of tenure). Neben einer jungen Altersstruktur ist die Akademie daran interessiert, möglichst viele exzellente Wissenschaftler zu berufen, natürlich bei Aufrechterhaltung von  $M=90$  Mitgliedern unter dem Alterslimit von 70 Jahren. Die folgende Überlegung zeigt, dass die optimale Lösung dieses Entscheidungsproblems naturgemäß von der Wichtigkeit der beiden Zielsetzungen abhängt - nämlich möglichst viele Neuzugänge pro Jahr zu gestatten sowie eine lange Tenure-Periode (was einem frühen Eintrittsalter entspricht). Und ein jüngeres Rekrutierungsalter bedeutet eo ipso eine jüngere Mitgliederstruktur. Bezeichnet man diese Gewichtung von  $R$  mit  $\alpha$  und jene von  $T$  mit  $\beta$  (wobei sich  $\alpha$  und  $\beta$  auf 100 Prozent ergänzen), so offenbart sich die optimale Lösung in Abbildung 12.

Dominiert die Zielsetzung einer jungen Akademie, ist also  $\beta$  größer als  $\alpha$ , so liefert der Punkt A den höchsten Wert der Zielfunktion

$$\alpha \mathbf{R} + \beta \mathbf{T}$$

unter den Zulässigkeitsbedingungen (\*), da die Gerade

$$\mathbf{T} = -\alpha / \beta \mathbf{R} + \mathbf{c} / \beta$$

eine flache "negative" Steigung aufweisen. In diesem Fall sind junge Neuzugänge auf einer langen Verweildauer optimal, allerdings nur wenige. Im gegenteiligen Fall,  $\alpha < \beta$ , wenn also größerer Wert auf die Anzahl freier Stellen gelegt wird, ist es besser viele ältere Personen zu wählen.

Ich werde Sie nicht mit mathematischen Formeln langweilen. Wir haben das Problem der Akademiker als Problem der Optimalsteuerung (optimal control theory) formuliert und mit dem Pontrjaginschen Maximumprinzip

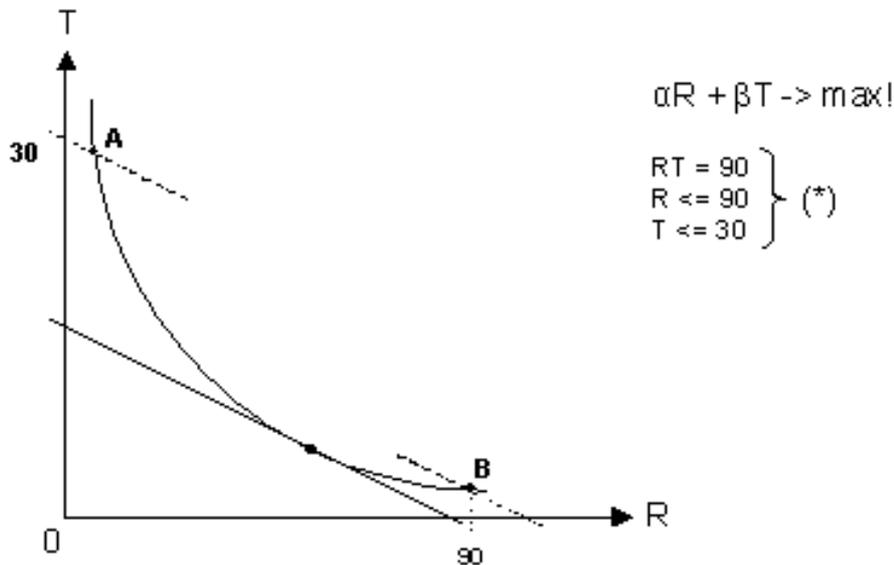


Abbildung 12: Trade-off von Zugängen R (Anzahl) und Verweildauer T (Jahre).

gelöst. Sie können unsere Überlegungen auf unserer Homepage unter [www.???](#) finden. Das Problem besteht dann - um es noch mal zu sagen - eine optimale Balance zwischen den beiden gegenläufigen Zielen *viele Neuzugänge* und einer *jungen Altersstruktur* zu finden. Dass man nicht mehrere Ziele gleichzeitig in maximaler Weise erreichen kann, ist ein Grund-Paradigma der Ökonomie und begegnet uns im täglichen Leben auf Schritt und Tritt.

## 6 Exkurs: “On the Mathematics of Awards“

Ich beginne diesen Exkurs mit einer Bemerkung über das Modelldenken. Wenn ein Geschwindigkeits-Messer 100 km/h anzeigt, so sagt das nicht aus, daß man in einer Stunde 100 km fahren wird, da sich die Geschwindigkeit in einer Stunde naturgemäß ändern wird. Sondern nur, daß man diese Strecke pro Stunde fahren würde, falls die Geschwindigkeit konstant wäre. In der Realität ist sie dies aus vielerlei Gründen nicht, auch wenn dies intendiert ist. Niemand würde aber einen Tachometer die Nützlichkeit absprechen. Man muß nur die Aussagekraft klar sehen: Wenn Sie konstant 100 km/h nach Süden fahren, dann sind Sie in einer Stunde am Semmering. Um diese Wenn-Dann-Aussagen im Modellierungskontext kreisen unsere folgenden Überlegungen.

Lassen Sie mich kurz rekapitulieren:

In einer hierarchischen Organisation, deren Mitgliederzahl konstant bleibt, sind die jährlichen Neuzugänge durch die Todesfälle der Mitglieder und das festgesetzte Emeritierungsalter bestimmt.

Dies führt zum bereits beschriebenen Zielkonflikt einer vorausschauenden Akademiepolitik: nämlich einerseits eine junge Altersstruktur ihrer Mitglieder anzustreben - andererseits aber auch eine hinreichende Zahl an jährlich freiwerdenden Stellen zu garantieren.

Wir werfen nun einen kurzen Blick in ein Teilgebiet der mathematischen Analysis führen, in dem der beschriebene optimale Trade-off zwischen Zugängen und Durchschnittsalter adäquat behandelt werden kann. Es handelt sich dabei um das Gebiet der *Optimalsteuerung*, einem Teilgebiet der *Variationsrechnung*, die vor mehr als 300 Jahren von Fermat, Newton, den Bernoullis, später von Euler und Lagrange entwickelt worden ist. Da bei unserer Fragestellung das Lebensalter bzw. die Verweildauer der Mitglieder in der Akademie eine Rolle spielt, so spezifizieren wir ein *Kontrollproblem* mit sogen. *verteilten Parametern* (nämlich dem Alter). Die Systemdynamik wird durch eine partielle Differentialgleichung vom *McKendrick-Typ* beschreiben; siehe Formel (2) im Anhang. Die zu maximierende Zielfunktion findet sich dort unten (1). Als Steuervariable dient die altersspezifische Zugangsverteilung, während die Mitgliederzahl - ebenfalls altersstrukturiert - den Zustand bildet.

Eine Variante des *Pontrjaginschen Maximumprinzips*, welche kürzlich von Vladimir Veliov bewiesen wurde, dient zur Ermittlung der optimalen Rekrutierungsverteilung. Ich präsentiere hier nur den stationären Fall, der sich unabhängig von der Ausgangssituation einstellt. (Der transientierte Fall wurde im Abschnitt über Projektionen behandelt.) Die Analyse wird erleichtert, wenn man die geringe Mortalität vor dem Emeritierungsalter ganz vernachlässigt.

Hauptresultat unserer Analyse, das sich auch als robust gegenüber Parameteränderungen erweist, ist die U-Form des „Schattenpreises“ eines wM in Abhängigkeit vom Alter (s. Abb. 15). Der Begriff des „Schattenpreises“ ist zentral in der Ökonomie und in Planungsmodellen: Er misst den marginalen Wertzuwachs, einer zusätzlichen Einheit eines Gutes - hier eines wM - entlang des optimalen Pfades.

Bei grobem Hinsehen könnte man meinen, daß bei den Zielvorstellungen ein Kompromissalter optimal sein könnte, um den Zielkonflikt zwischen jungem Altersaufbau und vielen Neuzugängen zu lösen. Das Gegenteil ist der Fall, wie die Form des Schattenpreises zeigt: Das Präsidium wäre gut beraten, eine Mixtur von jungen und alten Neuzugängen zu propagieren.

Warren Sanderson, unser Gastprofessor aus New York, hat diese Rekrutierungspolitik folgenderweise interpretiert:

*'Awarding young members means awarding scientific excellence, awarding old members means awarding life long achievement'.*

Dieses Muster ist auch in anderen Gebieten anzutreffen, in den Auszeich-

nungen zu vergeben sind. Bei sportlichen Turnieren oder in der labour economics ist diese Strukturierung wohl geläufig. Dort, wie auch in der Wissenschaft kann es als Anreizschema für fortgesetzte Anstrengungen dienen: Entweder kriegt jemand in jungen Jahren die Auszeichnung für wissenschaftliche Exzellenz oder man hat die Chance, gegen Ende der Karriere belohnt zu werden. Und der Wert der Auszeichnung steigt natürlich mit der Seltenheit ihrer Vergabe (Nobelpreis!).

Ein derartiger 'incentive mechanism' könnte umgekehrt als Mikrofundierung (im Sinne der Wissenschaften) für die Zielfunktion der Akademie dienen. Und - soweit ich weiß - wird ein optimaler 'Generationen-Mix' vom Präsidium favorisiert.

## 7 Conclusio

Damit habe ich schon mein Schlusswort eingeleitet. Mein Vortrag soll dazu anregen, über die Alters-Dynamik der Akademie nachzudenken. Ich habe illustriert, inwieweit Methoden der Demographie - gemeinsam mit der Populationsdynamik - zur Bewältigung struktureller Probleme gelehrter Gesellschaften beitragen können. Mathematische Methoden sind auch in den Sozialwissenschaften von Bedeutung!

Entweder sie rekrutieren junge Mitglieder, dann aber nur wenige mit langer Verweildauer, d.h. geringe Erneuerungsrate. Oder aber sie nehmen alte Neuzugänge in Kauf und können dafür relativ viele wählen. Beides zugleich kann man nicht haben - dies verbietet die inhärente Logik von Alterung, Ausscheiden und Neueintritt.

Ich habe versucht, Ihnen - ausgehend von einer kurzen historischen Skizze-Planungsprobleme der Akademie, (die sich unter anderem im Zusammenhang und der steigenden Lebenserwartung ergeben) näher zu bringen.

Drei Bemerkungen zum Abschluß:

*Erstens:* die vorliegende Studie ist typischerweise im Teamwork entstanden. Eine Reihe von Mitarbeitern am VID (Vienna Institute of Demography) haben dabei mitgewirkt. Allen voran erwähne ich Maria Winkler-Dworak, die nicht nur Statistiken aufbereitet und die numerischen Simulationen durchgeführt hat, sondern auch wesentliche Ideen beigetragen hat. Tatkräftig unterstützt wurde sie von Inga Freund sowie auch von Alexia Fürnkranz-Prskawetz und Richard Gisser, den beiden stellvertretenden Leitern des Institutes. Birgit Heider hat dankenswerter Weise die Redaktion des Vortragsmanuskriptes übernommen. Wesentliche Anstöße sind vom Obmann des Kuratoriums des Institutes für Demographie, wM Gerhart Bruck-

mann, gekommen. Weitere Ratschläge stammen von den wirklichen Mitgliedern Egbert Dierker, Elisabeth Lichtenberger, Karl Sigmund, Erich Streisler sowie Hans Troger. Nicht vergessen werden sollte mein Mitarbeiter an der TU Wien, Vladimir Veliov, der das Pontrjaginsche Maximumprinzip zur Lösung des angesprochenem Optimierungsproblems geschickt angewendet hat. Auf Warren Sanderson (Stoney Brook und IIASA) geht die Idee von dem life long award for achievements zurück.

*Zweitens:* Die vorgestellten Fakten und die angeschlossenen Überlegungen sind nicht nur für wissenschaftliche Akademien relevant. Die Altersdynamik Gelehrter Gesellschaften eröffnet einen interdisziplinären Problemkreis. Neben der Bevölkerungsforschung sind Beiträge der Geschichte, und der Soziologie gefragt. Ferner sind statistische Methoden und solche aus der mathematischen Ökonomie (Optimierung) zentral für unsere Untersuchung.

*Drittens:* Probleme mit der Altersdynamik haben auch die Akademien anderer Länder (Leridon, 2004). Das VID hat für Ende November einen Workshop vorbereitet, um dazu eine komparative Studie durchzuführen.

Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit.

## A Appendix

### A.1 The model

$$\max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} [\alpha R(t) - \beta \bar{A}(t)] dt \quad (1)$$

subject to

$$M_t + M_a = -\mu(t, a)M(t, a) + R(t)u(t, a), \quad (2)$$

$$M(0, a) = M_0(a), \quad M(t, 0) = 0, \quad (3)$$

$$R(t) = M(t, \omega) + \int_0^{\omega} \mu(t, a)M(t, a) da, \quad (4)$$

and the additional constraints

$$0 \leq u(t, a) \leq \bar{u}(a), \quad \int_0^{\omega} u(t, a) da = 1. \quad (5)$$

Here

$a$  – age - 40

$M(t, a)$  – number of members of age  $a$  at time  $t$

$\mu(t, a)$  – mortality intensity in age  $a$  at time  $t$

$R(t)$  – recruitment rate at time  $t$

$u(t, a)$  – distribution of the recruitment among ages (control variable)

$\int_0^{\omega} M(t, a) da = \bar{M}$  – constant total number of members

$\bar{A}(t) = \int_0^{\omega} aM(t, a) da / \bar{M}$  – mean age of members

$\rho$  – discount rate

$\alpha, \beta$  – weights of the goals

Notice that the two terms in the objective function are measured in different units. The first is measured in people/time. If the meaning of  $A$  is average age (the first case below) the second term is measured by units of time. If a decision maker chooses values  $\alpha = \bar{\alpha}$ ,  $\beta = \bar{\beta}$  this means that he/she considers as equally desirable increasing the number of recruitments by  $\bar{\alpha}$  and decreasing the average age by  $\bar{\beta}$ . Certainly one can normalize the values of  $\alpha$  and  $\beta$  so that  $\alpha + \beta = 1$ .

The value for the constraint is  $\bar{u}(a) = 0.077$ . This value means that the recruitments in every one of the 30 age groups (each one consisting of candidates born in the same year) does not exceed 8.34% of all recruitments.

## A.2 Maximum principle

$\xi(t, a)$  – adjoint variable measuring the shadow ‘price’ of a member in age  $a$  at time  $t$

We introduce the adjoint system

$$\xi_t + \xi_a = (\rho + \mu(t, a))\xi - \mu(t, a)\eta(t) - \alpha\mu(t, a) + \beta\frac{a}{M}M(t, a),$$

$$\eta(t) = \int_0^\omega \xi(t, a)u(t, a) da,$$

with side conditions

$$\xi(t, \omega) = \alpha + \eta(t), \quad \limsup_{t \rightarrow +\infty} \sup_{a \in [0, \omega]} \xi(t, a) < +\infty. \quad (6)$$

**Theorem 1** *Assume that  $\mu$  is measurable and bounded,  $A$  is differentiable in  $M$  with locally Lipschitz derivative and  $\rho > 0$ . Let  $(u, M, D)$  be an optimal solution and let  $u$  be bounded. Then the above adjoint system has a unique solution  $\xi(t, a)$  and the optimal control  $u(t, \cdot)$  maximizes for every  $t$  the integral*

$$\int_0^\omega [\xi(t, a)R(t)u(a) - \beta A(a, M(t, a), u)] da$$

on the set of functions  $u(\cdot)$  satisfying

$$0 \leq u(t, a) \leq \bar{u}(a), \quad \int_0^\omega u(t, a) da = 1.$$

### A.3 Maximal Recruitments and minimal average age of members as objective

Optimal steady state in the case  $\rho = \mu(a) = 0$ .

$$\begin{aligned} M' &= M(\omega)u(a), \quad M(0) = 0, \\ \xi' &= \frac{\beta a}{\bar{M}} - \lambda, \quad \xi(\omega) = \alpha + \int_0^\omega \xi(a)u(a) da, \\ &\int_0^\omega M(a) da = \bar{M}, \\ &\int_0^\omega \xi(a)M(\omega)u(a) da \longrightarrow \max \end{aligned}$$

subject to

$$0 \leq u(a) \leq \bar{u}(a), \quad \int_0^\omega u(a) da = 1.$$

Thus the structure of the optimal  $u$  is as follows:

$$u(a) = \begin{cases} \bar{u}(a) & \text{if } a \in [0, \theta] \\ 0 & \text{if } a \in [\theta, \omega - \tau] \\ \bar{u}(a) & \text{if } a \in (\omega - \tau, \omega], \end{cases}$$

The values of the two parameters  $\theta$  and  $\tau$  are determined by the equations

$$\begin{aligned} \int_0^\theta \bar{u}(a) da + \int_{\omega-\tau}^\omega \bar{u}(a) da &= 1, \\ \xi(\theta) &= \xi(\omega - \tau). \end{aligned}$$

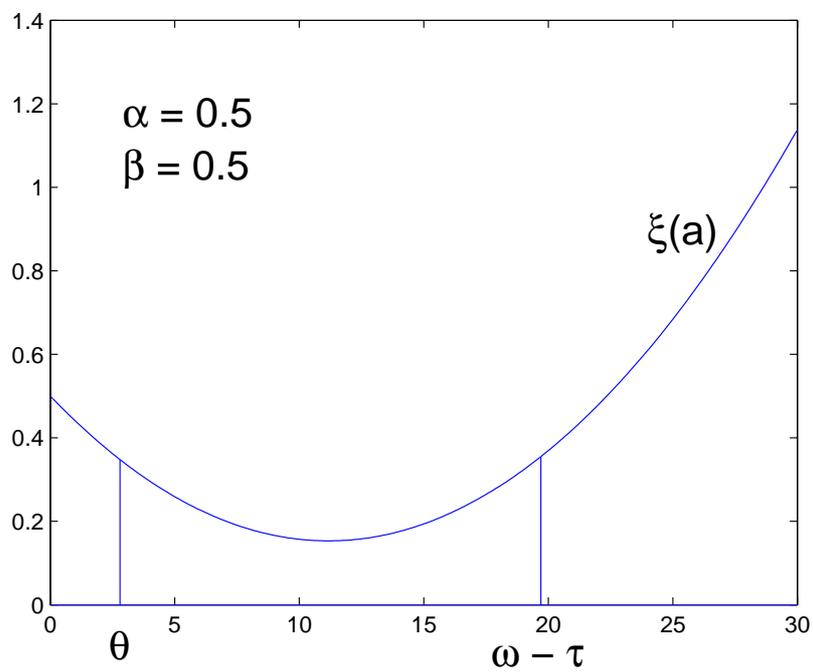


Abbildung 13: Shadow price of a member in age  $a$  in the stationary state for zero mortality until age of 70 for  $\alpha=\beta=0.5$ .

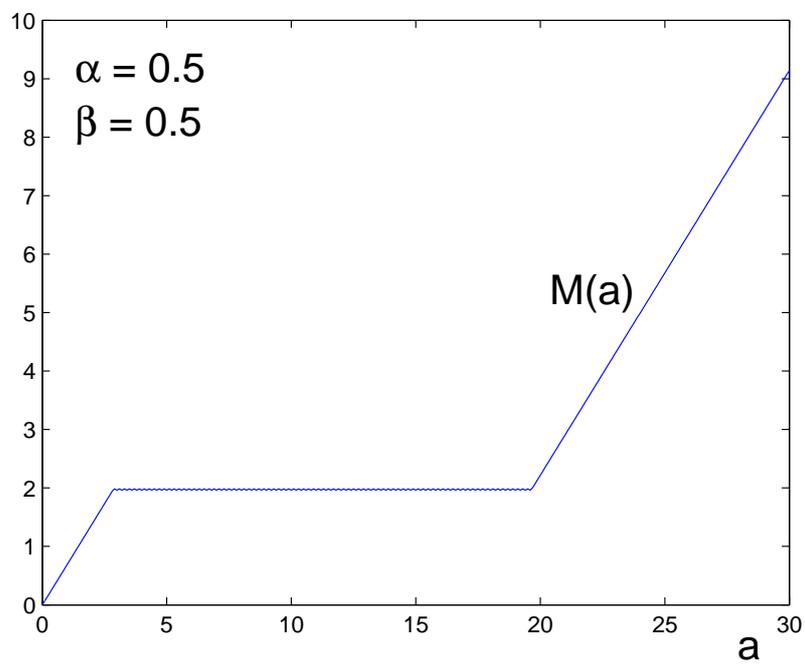


Abbildung 14: **Optimal member structure in the stationary state for zero mortality and  $\alpha=\beta=0.5$ .**

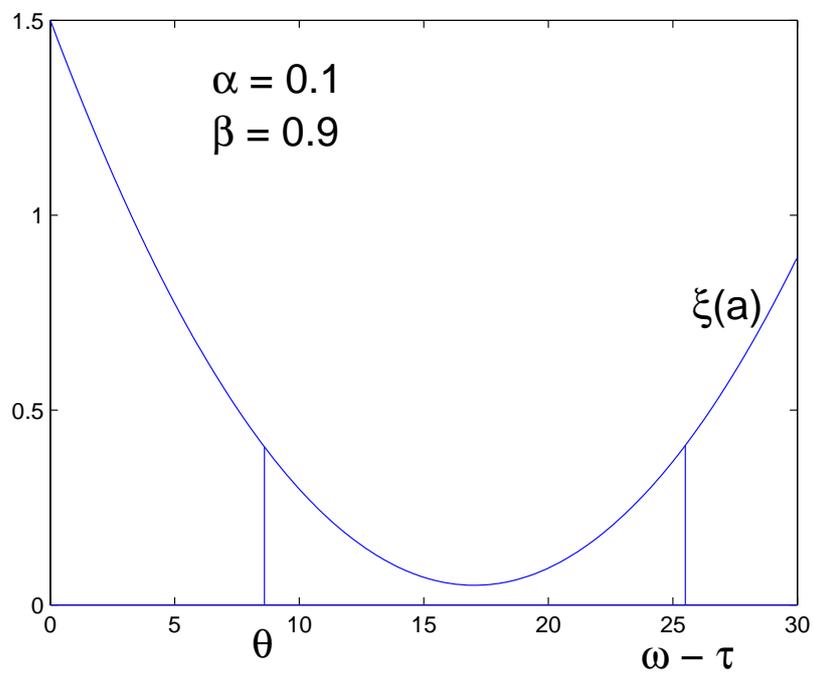


Abbildung 15: **Shadow price of a member in age a in the stationary state for zero mortality until age of 70 for  $\alpha=0.1$ ,  $\beta=0.9$ .**

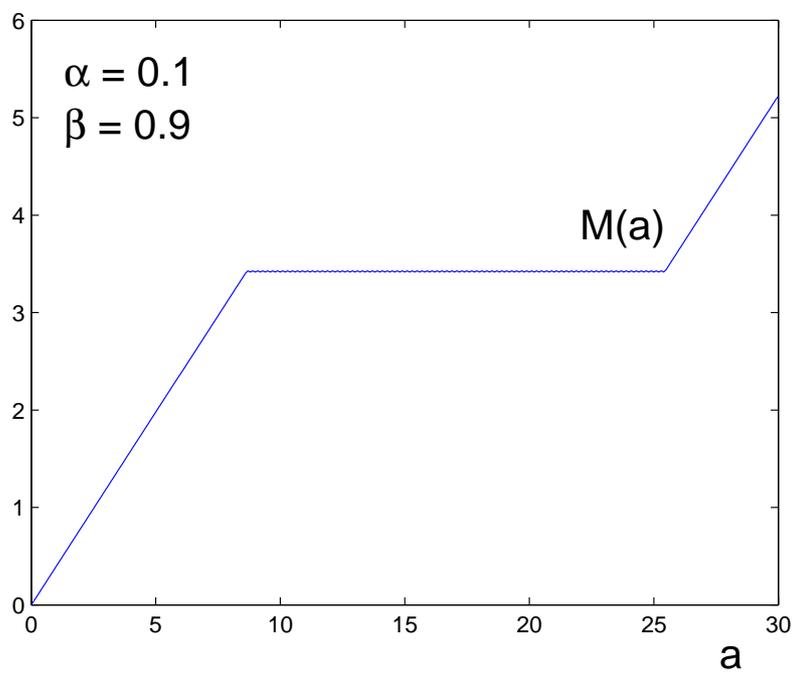


Abbildung 16: **Optimal member structure in the stationary state for zero mortality and  $\alpha=0.1$ ,  $\beta=0.9$ .**

## Literatur

- [1] Arthur, W.B and Espenshade T.J. 1988. Immigration Policy and Immigrants' Ages 14. 315–326. *Population and Development Review* **14**.
- [2] Carter, L. and Lee, R. 1992. Modeling and Forecasting U.S. Mortality: Differentials in Life Expectancy by Sex. *International Journal of Forecasting* **8** (3). 393–412.
- [3] Doblhammer-Reiter, Gabriele. 1996. Soziale Ungleichheit vor dem Tod: Zum Ausmass sozioökonomischer Unterschiede in der Sterblichkeit in Österreich. In: Institut für Demographie (ed). *Demographische Informationen 1995/96*. Vienna: Österreichische Akademie der Wissenschaften.
- [4] Feichtinger, G. 1974. Stochastische Modelle des Manpower Planning. *Antrittsvorlesungen der Technischen Hochschule in Wien* **42**. Wien.
- [5] Feichtinger, G. 1975. On the generalization of stable age distributions to gani-type person-flow models. 433–445.
- [6] Feichtinger, G. und Mehlmann, A. 1976. The recruitment trajectory corresponding to particular stock sequences in markovian person-flow models. *Mathematics of Operations Research* **1**. 175-184.
- [7] Feichtinger, G. und Steinmann G. 1992. Immigration into a Population with Fertility below Replacement Level - The Case of Germany. *Population Studies* **46**. 275–284.
- [8] Hanika/ Klotz. 2005. *Personal communication*.
- [9] Henry, L. 1971. Pyramides, statuts et carrières. I. Avancement à l'ancienneté. Sélection. *Population* **26**(3). 463–486.
- [10] Henry, L. 1972. Pyramides, statuts et carrières. II. Avancement au choix. *Population* **27**(4-5). 599–636.
- [11] Henry, L. 1975. Perspectives d'évolution d'un corps. *Population* **30**(2). 241-270.
- [12] Hittmair, O. und Hunger, H. 1997. Akademie der Wissenschaften. Entwicklung einer österreichischen Forschungsinstitution. Wien.
- [13] Keyfitz, Nathan. 1973. Individual mobility in a stationary population. *Population Studies* **27**(2). 335–352.
- [14] Lee, R. 2000. The Lee-Carter Method for Forecasting Mortality, with Various Extensions and Applications. *North American Actuarial Journal* **4** (1). 80–93.

- [15] Leridon, Henri. 2004. The Demography of a Learned Society. The Académie des Sciences (Institut de France), 1666-2030. *Population-E* **59**(1). 81–114.
- [16] Max Planck Institute for Demography (ed). 2005. *Human Life Table Database*. Available at <http://www.lifetable.de> [Accessed at 9.6.2005].
- [17] Mitra, S. Generalization of the Immigration and the stable Population Model. 1983. *Demography* (**20**) Atlanta. 111-115.
- [18] Perks, W. 1932. On some experiments in the graduation of mortality statistics. *Journal of the Institute of Actuaries* **63**. 12–57.
- [19] Schlögl, Karl. 1992. Bericht des Generalsekretärs über die Akademie-wahlen. Almanach 1992. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien.
- [20] Schmertmann, C.P. 1992. Immigrants' Ages and the Structure of Stationary Populations with Below-Replacement Fertility. *Demography* **29**(3). 595–612.
- [21] Statistik Austria (ed). 2005. *Statistisches Jahrbuch 2005*. Vienna: Statistik Austria. CD-ROM.
- [22] Schwarz, Franz. 2005. Educational differentials in cause-specific mortality in Austria. Vienna Institute of Demography. *Unpublished manuscript*.