

## Eine Masszahl zur Beurteilung der Altersverteilung einer Bevölkerung \*

Von Dr. Ernst P. Billeter, Zürich

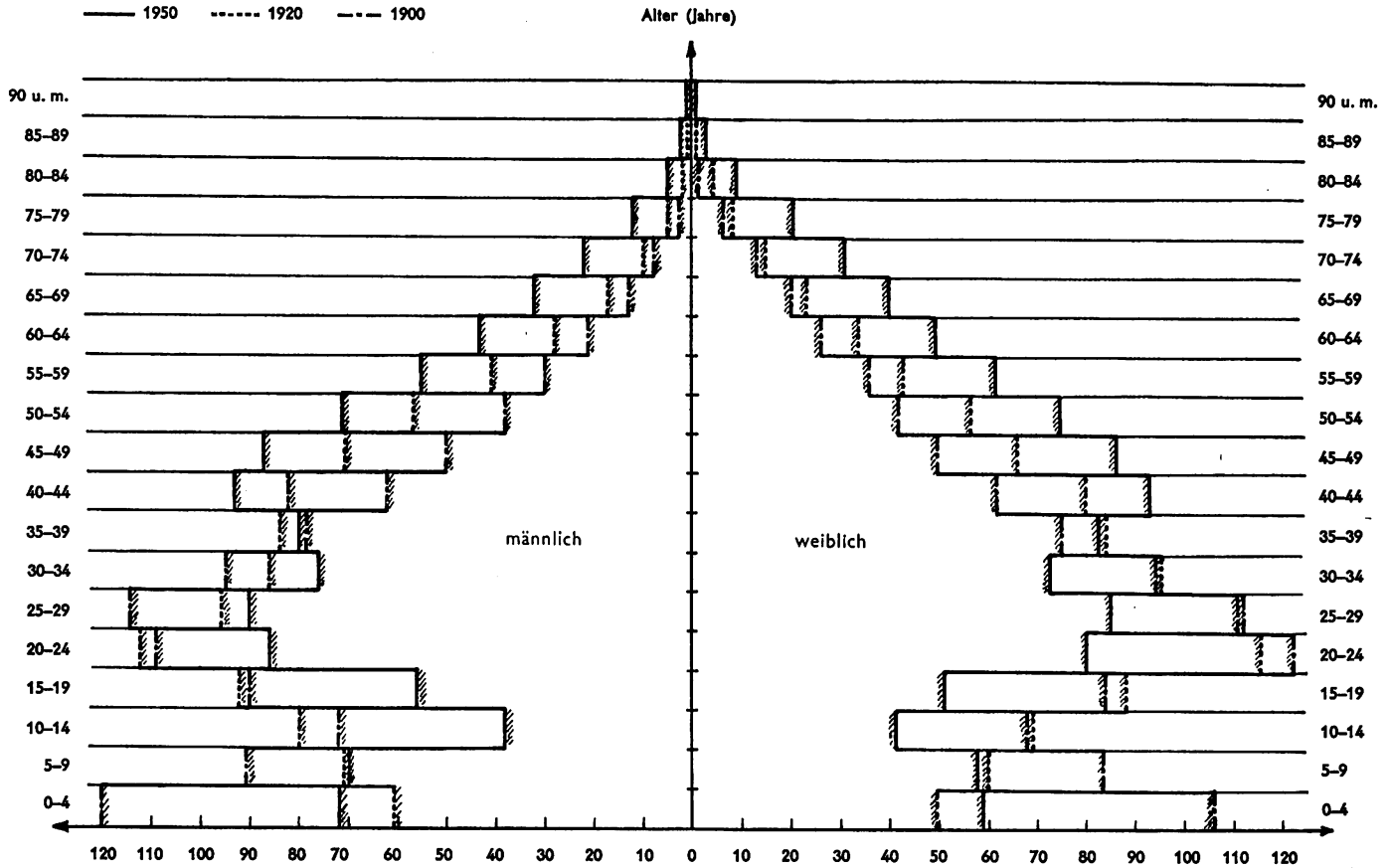
Will man den Altersaufbau einer Bevölkerung möglichst augenfällig darstellen, so zeichnet man die Alterspyramide, indem auf der vertikalen Achse des Schaubildes die Altersklassen und auf der horizontalen Achse die Häufigkeiten – linker Hand für die männliche und rechter Hand für die weibliche Bevölkerung – abgetragen werden. Es ergibt sich dadurch ein eindruckliches Bild des Altersaufbaus einer nach Geschlecht getrennten Bevölkerung. Gegen oben zu, wo die älteren und ältesten Altersklassen zu finden sind, läuft diese Verteilung in eine Spitze aus, werden doch die Häufigkeiten in diesen Altersklassen immer kleiner. Geht man von den älteren zu den jüngeren Altersklassen über, d. h. steigt man in dieser Graphik von oben nach unten, so weitet sich unsere Figur aus, entsprechend den grösseren Häufigkeiten, die hier zu finden sind. Im Idealfall ergibt sich eine dreiecksähnliche Figur, die Alters- oder Bevölkerungspyramide. Je geringer die Zahl der Neugeborenen, desto mehr schrumpft die Basis dieser Pyramide zusammen. Sind andererseits die ältesten Altersklassen stark besetzt, so weitet sich die Spitze unserer Bevölkerungspyramide aus. In der Regel weist der Umriss dieser Pyramide einen eher zackigen Verlauf auf, indem einzelne, durch waagrechte Balken dargestellte Klassenhäufigkeiten unregelmässig grösser oder kleiner sind als die benachbarten Häufigkeiten.

Will man nun zwei oder mehrere solcher Bevölkerungspyramiden miteinander vergleichen, so stösst man auf Schwierigkeiten. So ist es beispielsweise nicht möglich, zu entscheiden, in welchem Ausmass die Altersstrukturen der Wohnbevölkerung der Stadt Zürich in den Jahren 1900, 1920 und 1950 voneinander abweichen (Abbildung 1). Schon die Frage, in welchem der drei Jahre die Überalterung der Zürcher Wohnbevölkerung ausgeprägter war, ist nicht ohne Mühe zu beantworten. Und muss man weiter über den Grad der Überalterung anhand dieser Abbildung quantitative Aussagen machen, dann werden die Schwierigkeiten unüberwindlich. Es stellt sich deshalb das Problem, eine Masszahl zu finden, die die Struktur solcher Altersverteilungen in allen ihren Varianten zu kennzeichnen gestattet. Im folgenden wird nun versucht, eine solche Masszahl abzuleiten.

---

\* Die folgenden Ausführungen beruhen auf einem Bericht, den der Verfasser für die «UNO World Population Conference», die vom 31. August bis 10. September 1954 in Rom stattfand, geschrieben hat (Bericht Nr. 375 der 16. Sitzung).

Abbildung 1. Häufigkeiten (‰)



Eine Masszahl zur Beurteilung der Altersverteilung einer Bevölkerung

Es ist sicher schon aufgefallen, dass in Abbildung 1 nicht die absoluten, sondern die relativen Häufigkeiten, d. h. die in Promille der jeweiligen männlichen bzw. weiblichen Gesamtbevölkerung ausgedrückten Häufigkeiten eingetragen worden sind. Dies war notwendig, um die dort dargestellten drei Altersverteilungen miteinander vergleichen zu können. Aus dem gleichen Grunde benützen wir für unsere Masszahl diese relativen Häufigkeiten. Eine die Altersverteilung kennzeichnende Masszahl liesse sich in der Weise berechnen, dass die Promillezahlen in jeder einzelnen der 20 Altersklassen für zwei Jahre paarweise miteinander verglichen und zu einer einzigen Zahl verschmolzen würden. Ein solches Vorgehen wäre aber zu kompliziert. Eine brauchbare Masszahl muss nämlich möglichst einfach sein. Um eine einfachere Lösung zu finden, müssen diese Altersklassen in geeigneter Weise zu Gruppen zusammengefasst werden. Wir gehen dabei von der Tatsache aus, dass in jeder Bevölkerung drei Generationen gleichzeitig leben, die Generation der Kinder, die der Eltern und die der Grosseltern. Es ist deshalb naheliegend, die einzelnen Altersklassen in entsprechender Weise in drei Gruppen zusammenzufassen.

Nimmt die Überalterung einer Bevölkerung zu, dann wird sich dies darin äussern, dass die relativen Häufigkeiten in jenen Altersklassen, die die Grosselterngeneration bilden, zunehmen, während sich die Häufigkeiten in der Kindergeneration gleichzeitig verringern. Um diese gegenläufige Bewegung besonders deutlich hervortreten zu lassen, sollten die Altersgrenzen für die Elterngeneration so liegen, dass die Häufigkeiten für diese Generation von der zunehmenden Überalterung nicht oder nur unwesentlich beeinflusst werden, d. h. praktisch konstant sind. Welche Altersjahre, so stellt sich nun die Frage, müssen als Grenzen zwischen diesen Generationen festgelegt werden, damit diese Forderung erfüllt wird?

Wir könnten zu diesem Zwecke bestimmte Grenzzahre festlegen und dann anhand eines Beispiels untersuchen, ob die relativen Häufigkeiten in der Elterngeneration bei zunehmender Überalterung der Bevölkerung praktisch unverändert bleiben. Oder – und dies scheint der gangbarste Weg zu sein – man könnte in der Literatur nachprüfen, ob für andere Zwecke nicht schon diese Dreiteilung durchgeführt worden ist, wobei einer solchen Unterteilung ein mehr natürlicher oder biologischer Charakter zukommen müsste. In einer Arbeit über die Krebssterblichkeit weist *Schinz* auf eine solche, von *Roesle* übernommene Dreiteilung hin<sup>1</sup>. Danach umfasst die Kindergeneration Personen im Alter bis 15 Jahren, die Elterngeneration solche im Alter zwischen 15 und 49 Jahren und die Grosselterngeneration Personen, die über 49 Jahre alt sind. Es handelt sich nun darum, zu untersuchen, ob diese Aufteilung unserem Erfordernis entspricht, nämlich, dass bei zunehmender Überalterung der Bevölkerung die Elterngeneration praktisch konstante relative Häufigkeiten aufweist.

---

<sup>1</sup> *H. R. Schinz*, Statistische Untersuchungen zur Malignomsterblichkeit in der Schweiz. II. Die Sterblichkeit an Karzinom, Lungentuberkulose und Arteriosklerose in der Stadt Zürich. Schweizerische Medizinische Wochenschrift, 84. Jg. 1954, Nr. 15, S. 417 ff.

Für die drei Altersgruppen oder Generationen tragen wir für die Zürcher Wohnbevölkerung die in der folgenden Tabelle zusammengestellten relativen Häufigkeiten für die Jahre 1894, 1900, 1910, 1920, 1930, 1941 und 1950 graphisch auf (Abbildung 2).

*Zürcher Wohnbevölkerung nach Generationen \**  
(Promillezahlen)

Zählungs- jahre	Altersgruppen (Generationen)					
	männlich			weiblich		
	0-14	15-49	50 und mehr	0-14	15-49	50 und mehr
1894	249,4	632,1	118,5	251,9	597,5	150,6
1900	283,6	599,5	116,9	256,7	597,3	146,0
1910	255,1	626,4	118,5	240,7	606,3	153,0
1920	212,1	625,3	162,6	177,8	639,2	183,0
1930	171,6	641,6	186,8	143,8	643,5	212,7
1941	178,3	607,3	214,4	147,4	601,4	251,2
1950	191,3	565,4	243,3	157,9	551,1	291,0

\* Statistisches Jahrbuch der Stadt Zürich, 1953, S. 11\*. Zürichs Bevölkerung seit 1836; Statistik der Stadt Zürich, Heft 49, S. 58/59.

Wie ersichtlich ist, steigt der die Grosselterngeneration kennzeichnende Streckenzug für beide Geschlechter an, jener der Kindergeneration aber fällt, was auf eine zunehmende Überalterung der Zürcher Wohnbevölkerung hinweist. Der zur Elterngeneration gehörige Streckenzug hingegen scheint im grossen und ganzen horizontal zu verlaufen. Ob dies tatsächlich zutrifft, wollen wir anhand des *t*-Testes von «Student» untersuchen.

Wir interpolieren den Streckenzug der Elterngeneration durch eine Gerade.

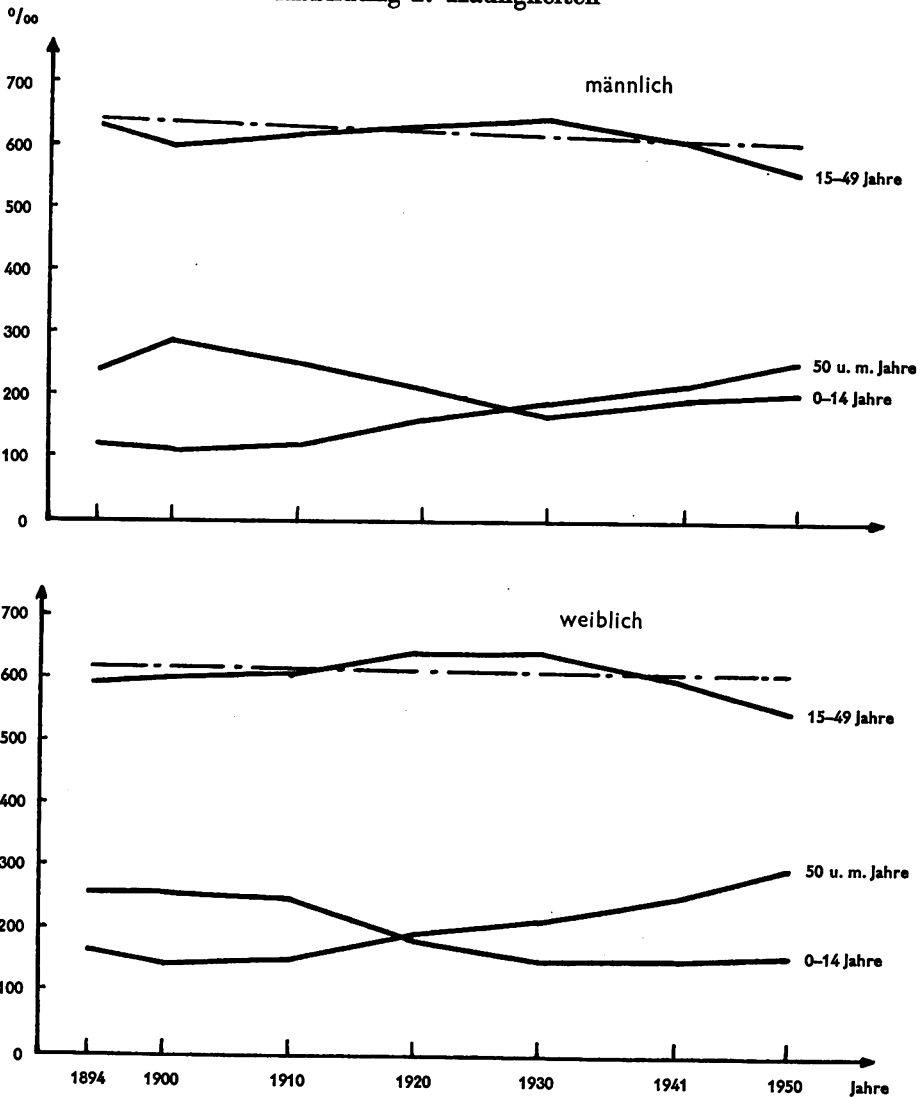
Die Gleichung dieser Geraden lautet

$$\text{für das männliche Geschlecht: } F_E = 613,1 - 0,66 x,$$

$$\text{für das weibliche Geschlecht: } F_E = 605,7 - 0,39 x,$$

worin  $F_E$  die relative Häufigkeit (in Promille) für die Elterngeneration und  $x$  die Jahre bedeuten (— 28 im Jahre 1894, — 2 im Jahre 1920 usw.). In beiden Fällen weisen diese Geraden eine sinkende Tendenz auf, die für das männliche Geschlecht etwas ausgeprägter ist als für das weibliche. Sind nun diese, durch die Neigungskoeffizienten — 0,66 und — 0,39 gekennzeichneten Abweichungen von der Horizontalen zufallsbedingt oder bedeutsam? Die zu diesen beiden Neigungskoeffizienten gehörigen Werte von *t* stellen sich auf 1,2 für das männliche und auf 0,6 für das weibliche Geschlecht. Sie sind für den beobachteten Zeitraum so gering, dass mit guten Gründen angenommen werden kann, die Interpolationsgeraden für die Elterngeneration weichen nur zufällig von der Horizontalen ab. Die vorgeschlagenen Altersgrenzen zwischen den einzelnen Generationen erfüllen also im vorliegenden Falle unsere Forderung. Die so gebildeten

Abbildung 2. Häufigkeiten



Altersgruppen, die eine Überalterung der Bevölkerung besonders gut hervor-treten lassen, dürften deshalb geeignet sein, als Grundlage für eine Masszahl zu dienen, die Strukturveränderungen in der Altersverteilung einer Bevölkerung aufdecken soll.

Nun sind wir soweit, dass wir uns der Konstruktion einer solchen Masszahl zuwenden können, die – so wollen wir festlegen – leicht zu berechnen sein soll. Wir gehen dabei von der graphischen Darstellung des Altersaufbaus einer Bevölkerung aus, wie er in Abbildung 1 zu finden ist. Je nach der Struktur solcher

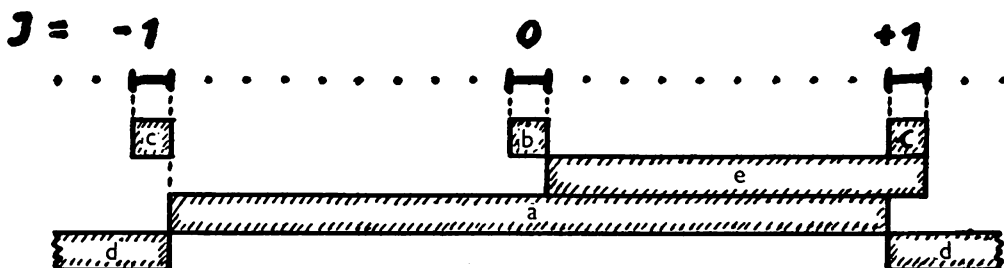
Verteilungen unterscheiden wir die dreiecksförmige Verteilung, die glockenförmige, die zwiebelförmige, die spindelförmige Verteilung sowie den praktisch nicht vorkommenden Fall eines Dreiecks, das auf seiner Spitze steht. Mit zunehmender Überalterung nimmt die häufigkeitsmässige Bedeutung der Grosseelterngeneration auf Kosten der Kindergeneration zu, wie dies in Abbildung 2 deutlich zu erkennen ist. Es liegt deshalb nahe, der gesuchten Masszahl die Differenz zwischen den Häufigkeiten in der Kindergeneration ( $F_K$ ) und in der Grosseelterngeneration ( $F_G$ ) zugrunde zu legen. Um nun den störenden Einfluss ungleich grosser Gesamtbevölkerungen auszuschalten, sind unserer Formel die relativen Häufigkeiten, d. h. die auf 1000 Personen der männlichen bzw. weiblichen Gesamtbevölkerung bezogenen Häufigkeiten in den drei Altersgruppen zu unterstellen. Um diese Masszahl zudem noch dimensionslos (als reine Zahl) zu gestalten, müssen wir diese Differenz auf eine Standardhäufigkeit beziehen, die in besonderer Weise ausgezeichnet ist. Eine geeignete Standardhäufigkeit stellt nun die relative Häufigkeit in der Elterngeneration dar, da diese – wie wir gesehen haben – durch ihre zeitliche Konstanz eine besondere Stellung einnimmt. Unsere Masszahl lautet also:

$$J = \frac{F_K - F_G}{F_E}$$

Welche Werte nimmt nun diese Masszahl der Bevölkerungsstruktur für bestimmte Altersverteilungen an? Unser Index kann offenbar theoretisch alle Werte im negativen und positiven Zahlenbereich annehmen. Im Falle einer rein dreiecks- und glockenförmigen Verteilung wird unser Index gleich Eins. Bei einer zwiebelförmigen Verteilung schwankt diese Masszahl zwischen minus Eins und plus Eins, die Grenzen ausgeschlossen, und bei einer spindelförmigen Verteilung ergeben sich Indexwerte von minus Eins und kleiner sowie von plus Eins und grösser. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass

bei rein dreiecks- und glockenförmigen Verteilungen	$J = 1$
bei zwiebelförmigen Verteilungen	$-1 < J < +1$
bei spindelförmigen Verteilungen	$-1 > J > +1$ sowie $J = 0$

ist. Diese Ergebnisse lassen sich graphisch folgendermassen darstellen:



$a$	=	Verteilung	zwiebelförmig
$b$	=	»	zwiebelförmig und spindelförmig
$c$	=	»	rein dreiecks- und glockenförmig
$d$	=	»	spindelförmig
$e$	=	»	glockenförmig

In einzelnen Fällen ist die Verteilungsform durch den Index nicht eindeutig bestimmt. Ist  $J = 0$ , so kann die Verteilung entweder zwiebel- oder spindelförmig sein. Um zu entscheiden, welche dieser beiden Möglichkeiten im gegebenen Falle zutrifft, bilden wir die Differenz ( $F_E - F_G$ ); ist diese Differenz positiv, dann handelt es sich um eine zwiebelförmige Verteilung, ist sie aber negativ, so haben wir es mit einer spindelförmigen Verteilung zu tun. Eine Unsicherheitsstelle ist ferner für  $J = 1$  festzustellen. Hier kann die Verteilung entweder dreiecks- oder spindelförmig sein. Entscheidend ist auch hier das Vorzeichen der Differenz ( $F_E - F_G$ ); ist diese positiv, so ist die Verteilung dreiecksförmig, ist sie aber negativ, so deutet dies auf eine spindelförmige Verteilung hin. Weiter ist zu sagen, dass diese Masszahl für eine Bevölkerung, die sich in zunehmendem Masse überaltert, algebraisch immer kleiner wird. Überwiegt häufigkeitsmässig die Grosselterngeneration, so wird dieser Index negativ. Nehmen die Werte dieser Masszahl ständig ab und fallen sie sogar in den negativen Zahlenbereich, so ist dies ein Zeichen zunehmender Überalterung der untersuchten Bevölkerung. Wie unsere Ausführungen gezeigt haben, misst unsere Masszahl nicht nur das Ausmass der Überalterung einer Bevölkerung, sie kennzeichnet gleichzeitig auch die Altersstruktur, indem sie uns sofort anzeigt, ob wir es mit einer dreiecks-, glocken-, zwiebel- oder spindelförmigen Verteilung zu tun haben. In diese eine Masszahl ist also gewissermassen die ganze altersmässige Struktur einer Bevölkerung eingefangen.

Unsere Gedankengänge sollen an einem konkreten Zahlenbeispiel praktisch ausgeprobt werden. Wir wählen zu diesem Zwecke die Zürcher Wohnbevölkerung in den Zählungsjahren seit 1894, die wir schon oben verwendet haben. Die Ergebnisse unserer Berechnung sind nachfolgend zusammengestellt.

Zählungs- jahre	Index der Bevölkerungsstruktur	
	männlich	weiblich
1894 . . . . .	0,21	0,17
1900 . . . . .	0,28	0,19
1910 . . . . .	0,22	0,14
1920 . . . . .	0,08	— 0,01
1930 . . . . .	— 0,02	— 0,11
1941 . . . . .	— 0,06	— 0,17
1950 . . . . .	— 0,09	— 0,24

Die vom demographischen Gesichtspunkt aus gesehene günstigste Bevölkerungsstruktur fiel für beide Geschlechter in das Jahr 1900, da hier unsere Masszahl den höchsten positiven Wert erreicht. Nebenbei sei vermerkt, dass die

Altersstruktur der Bevölkerung in eben diesem Jahre oft als Standardbevölkerung verwendet wird. Auffallend ist auch, dass sich für das weibliche Geschlecht durchwegs kleinere Indexwerte ergeben haben als für das männliche Geschlecht, was auf die stärkere Überalterung der weiblichen Bevölkerung hinweist. Weiter erkennt man, dass vom Jahre 1910 zum Jahre 1920, also beim Übergang von der Zeit vor dem ersten Weltkrieg zu jener nach diesem Kriege, die Überalterung sprunghaft ausgeprägter geworden ist, da für diese beiden Jahre unsere Indexzahl besonders stark gefallen ist. Demgegenüber brachte der zweite Weltkrieg keine so ausgeprägte Überalterung der Zürcher Wohnbevölkerung. Da die Werte dieser Masszahl stets kleiner als plus Eins und grösser als minus Eins sind, haben wir es in all diesen Jahren mit zwiebelförmigen Verteilungen zu tun.

Wie wir soeben gezeigt haben, verrät uns diese Masszahl eine Menge interessanter demographischer Merkmale der Zürcher Wohnbevölkerung. Wesentliche Strukturmerkmale dieser Bevölkerung sind also in dieser einzigen Masszahl eingefangen worden, weshalb sie als ein nützliches Mittel zur Charakterisierung der Zürcher Wohnbevölkerung aufgefasst werden kann. Doch eine Masszahl ist nur dann brauchbar, wenn sie auch die Bevölkerungen anderer Gemeinwesen, Länder, Kontinente strukturmässig zu erfassen gestattet. Ob sich unsere Masszahl auch für andere Bevölkerungen, wie beispielsweise die gesamtschweizerische, verwenden lässt, wollen wir nun noch untersuchen.

Entscheidend dafür, ob dem vorgeschlagenen Bevölkerungsstrukturindex eine allgemeine Bedeutung zukommt, ist das zeitliche Verhalten der relativen Häufigkeiten in der Elterngeneration. Wir müssen also abklären, ob sich die für Zürich gefundene Konstanz der Häufigkeiten in der durch die Altersjahre 15 und 49 gekennzeichneten Bevölkerungsgruppe auch für andere Bevölkerungen, wie jene der Schweiz, zutrifft. Die relativen Häufigkeiten für einzelne ausgewählte Jahre sind nachfolgend zusammengestellt.

*Wohnbevölkerung der Schweiz nach Generationen\**  
(Promillezahlen)

Zählungs- jahre	Altersgruppen (Generationen)					
	männlich			weiblich		
	0-14	15-49	50 u. m.	0-14	15-49	50 u. m.
1860	299	525	176	292	530	178
1880	326	498	176	313	502	185
1900	316	515	169	304	508	188
1920	292	532	176	268	536	196
1930	258	540	202	234	543	223
1941	233	544	223	211	535	254
1950**	247	514	239	223	504	273

\* Statistisches Jahrbuch der Schweiz, 1952, S. 19/20.

\*\* Stichprobenergebnisse (Volkswirtschaft, August 1952, S. 341/342).



Die Häufigkeiten für die Elterngeneration (Personen im Alter von 15 bis 49 Jahren) haben wir durch eine Gerade interpoliert; für das männliche Geschlecht fanden wir die Beziehung

$$F_E = 521,5 + 0,22 x$$

und für das weibliche Geschlecht

$$F_E = 521,6 + 0,09 x$$

Die Steigungskoeffizienten in diesen Trendgleichungen sind nun so klein, dass hier offensichtlich keine steigende Tendenz dieser Häufigkeiten besteht; es kann deshalb auch hier angenommen werden, dass die relativen Häufigkeiten in der Elterngeneration zeitlich konstant bleiben. Somit wird unsere Masszahl auch für die Bevölkerung der ganzen Schweiz verwendet werden können. Überdies kann auf Grund dieser Ergebnisse wohl angenommen werden, dass der Bevölkerungsstrukturindex ganz allgemein zur Kennzeichnung einer Bevölkerung herangezogen werden kann.

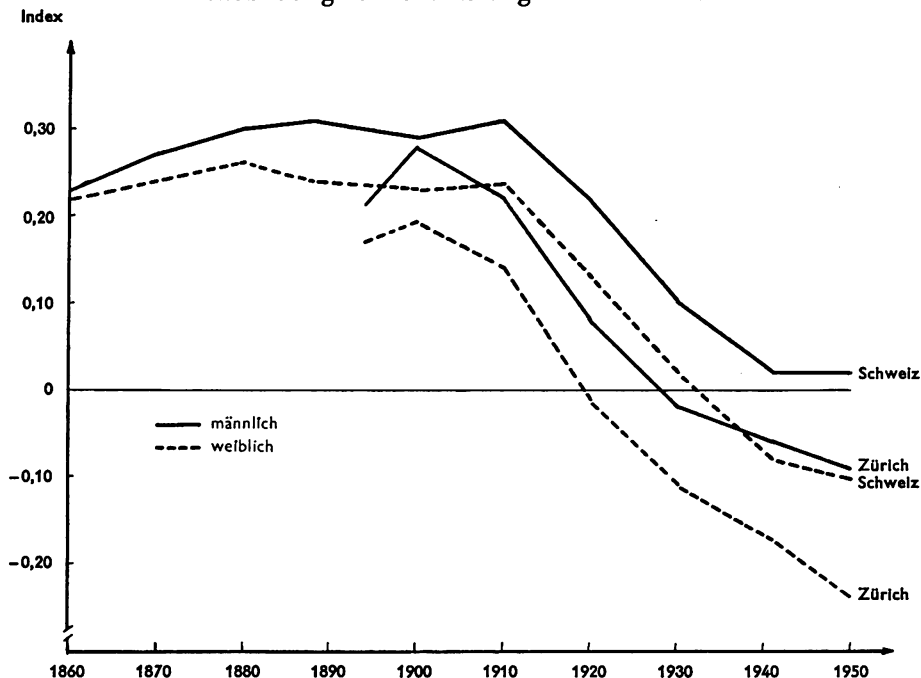
Für die Schweiz haben wir diesen Index in den angeführten Jahren (wie auch in den Jahren 1870, 1888 und 1910) berechnet. Es ergaben sich die folgenden Zahlenwerte:

Zählungs- jahre	Index der Bevölkerungsstruktur	
	männlich	weiblich
1860 . . . . .	0,23	0,22
1870 . . . . .	0,27	0,24
1880 . . . . .	0,30	0,26
1888 . . . . .	0,31	0,24
1900 . . . . .	0,29	0,23
1910 . . . . .	0,31	0,24
1920 . . . . .	0,22	0,13
1930 . . . . .	0,10	0,02
1941 . . . . .	0,02	—0,08
1950 . . . . .	0,02	—0,10

Wiederum tritt in diesen ständig abnehmenden Masszahlen die zunehmende Überalterung deutlich zutage. Das weibliche Geschlecht ist stärker überaltert als das männliche. Die bevölkerungspolitisch günstigste Struktur, d. h. die geringste Überalterung, findet sich wiederum um die Jahrhundertwende. Was die Verteilungsart betrifft, so weisen diese Masszahlen auf eine zwiebelartige Verteilung hin.

Zum Abschluss haben wir in Abbildung 3 die Entwicklung der Bevölkerungsstrukturindizes für die Schweiz und für Zürich graphisch dargestellt. Danach ist in der Stadt Zürich die Überalterung – sowohl für das männliche wie für das weibliche Geschlecht – grösser als in der ganzen Schweiz, liegen doch die zürcherischen Kurven durchwegs tiefer als die entsprechenden schwei-

Abbildung 3. Bevölkerungsstruktur-Index



zerischen Kurven. Weiter sehen wir, dass die Überalterung, die für die Schweiz wie auch für Zürich um die Jahrhundertwende am kleinsten war (Gipfelpunkte), in den Jahren zwischen 1910 und 1930 stark zugenommen hat. Gegen das Jahr 1950 zu scheint diese Zunahme etwas schwächer zu sein.

Im Verlaufe unserer Ausführungen haben wir eine Masszahl zur Charakterisierung von Altersverteilungen der Bevölkerung entwickelt und an zwei Beispielen angewendet. Die Ergebnisse lassen diese Masszahl als nützlich und brauchbar erscheinen, um so mehr als sie in ihrem Aufbau durchsichtig und einfach zu berechnen ist.