

Technischer Anhang

Modellrechnung

Die Bevölkerungsprognose wird mittels eines kleinräumigen Kohorten-Komponenten-Modells berechnet, das 400 Kohorten (erreichtes Alter von 0 bis 99 Jahre und älter, zwei Geschlechter, Heimat: Schweiz/Ausland) und vier räumliche Einheiten (die Wahlkreise der Stadt Basel sowie Riehen gemeinsam mit Bettingen) berücksichtigt.¹

Für die Berechnung der Anzahl Personen im Alter von $n = \{1, 2, \dots, 98\}$ Jahren am Ende des Kalenderjahres $t = \{2010, 2011, \dots, 2035\}$ in der räumlichen Einheit $i = \{1, 2, 3, 4\}$ gilt:

$$B_{i,n,t} = B_{i,n-1,t-1} - S_{i,n,t} + I_{i,n,t} - E_{i,n,t} \quad [1]$$

- $B_{i,n,t}$: Bevölkerung der räumlichen Einheit i im Alter von n Jahren am Ende des Kalenderjahres t
- $B_{i,n-1,t-1}$: Bevölkerung der räumlichen Einheit i im Alter von $n-1$ Jahren am Ende des Kalenderjahres $t-1$
- $S_{i,n,t}$: Sterbefälle im Alter von n Jahren in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t
- $I_{i,n,t}$: Immigration von n -Jährigen in die räumliche Einheit i im Kalenderjahr t
- $E_{i,n,t}$: Emigration von n -Jährigen aus der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t

Für die Bevölkerung im Alter von 0 Jahren müssen die Geburten im jeweiligen Jahr berücksichtigt werden:

$$B_{i,0,t} = G_{i,t} - S_{i,0,t} + I_{i,0,t} - E_{i,0,t} \quad [2]$$

- $B_{i,0,t}$: Bevölkerung im Alter von 0 Jahren in der räumlichen Einheit i am Ende des Kalenderjahres t
- $G_{i,t}$: Geburten in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t
- $S_{i,0,t}$: Sterbefälle von 0-Jährigen in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t
- $I_{i,0,t}$: Immigration von 0-Jährigen in die räumliche Einheit i im Kalenderjahr t
- $E_{i,0,t}$: Emigration von 0-Jährigen aus der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t

Für die Berechnung der Bevölkerung in der höchsten Altersklasse ist der Anfangsbestand anzupassen, da Personen der höchsten Altersklasse, welche weder sterben noch emigrieren, auch im Folgejahr der höchsten Altersklasse zugehören:

$$B_{i,99,t} = B_{i,98,t-1} + B_{i,99,t-1} - S_{i,99,t} + I_{i,99,t} - E_{i,99,t} \quad [3]$$

- $B_{i,99,t}$: Bevölkerung der räumlichen Einheit i im Alter von mindestens 99 Jahren am Ende des Kalenderjahres t
- $B_{i,98,t-1}$: Bevölkerung der räumlichen Einheit i im Alter von 98 Jahren am Ende des Kalenderjahres $t-1$
- $B_{i,99,t-1}$: Bevölkerung der räumlichen Einheit i im Alter von 99 Jahren oder Älteren am Ende des Kalenderjahres $t-1$

$S_{i,99,t}$: Sterbefälle im Alter von 99 Jahren oder Älteren in der räumlichen Einheit i im Jahr t

$I_{i,99,t}$: Immigration von 99-Jährigen oder Älteren in die räumliche Einheit i im Jahr t

$E_{i,n,t}$: Emigration von 99-Jährigen oder Älteren aus der räumlichen Einheit i im Jahr t

In der Prognoseberechnung wird zwischen Binnenwanderungen (d. h. Bewegungen zwischen räumlichen Einheiten des Kantons), interkantonalen Wanderungen und internationalen Wanderungen unterschieden. Die Immigration, die in den obigen Formeln zu finden sind, beinhaltet diese drei Komponenten:

$$I_{i,n,t} = Z_{i,n,t}^{BS} + Z_{i,n,t}^{CH} + Z_{i,n,t}^{Ausl} \quad [4]$$

- $I_{i,n,t}$: Immigration von n -Jährigen in die räumliche Einheit i im Kalenderjahr t
- $Z_{i,n,t}^{BS}$: Zuzüge von n -Jährigen in die räumliche Einheit i von anderen räumlichen Einheiten des Kantons im Kalenderjahr t
- $Z_{i,n,t}^{CH}$: Zuzüge von n -Jährigen in die räumliche Einheit i von anderen Schweizer Kantonen im Kalenderjahr t
- $Z_{i,n,t}^{Ausl}$: Zuzüge von n -Jährigen in die räumliche Einheit i aus dem Ausland im Kalenderjahr t

Analog setzt sich die Emigration durch Wegzüge in andere räumliche Einheiten des Kantons, Wegzüge in andere Schweizer Kantone und Auswanderungen ins Ausland zusammen.

Soll ausschliesslich die Schweizer oder die ausländische Bevölkerung berechnet werden, sind obige Gleichungen durch die Einbürgerungen zu erweitern: Für die Schweizer mit positiven und für die Ausländer mit negativem Vorzeichen.

Die gesamte Wohnbevölkerung des Kantons im Jahr t resultiert aus der Summe aller Altersklassen in allen räumlichen Einheiten:

$$B_{BS,t} = \sum_{i=1}^4 \sum_{n=0}^{99} B_{i,n,t} \quad [5]$$

Durch analoge Summen erhält man die demografischen Komponenten für den ganzen Kanton.

Die dargestellten Berechnungen werden separat nach Geschlecht und Heimat (Schweiz/Ausland) für jedes Jahr des Prognosezeitraumes durchgeführt. Für das erste Jahr sind die Startwerte, d. h. die Bevölkerungszahlen des Vorjahres bekannt. Für die folgenden Jahre ergeben sich die Startwerte jeweils aus dem vorhergehenden Berechnungszyklus. Die Berechnungen erfolgen in MS Excel unter Verwendung von entsprechenden Visual-Basic-Routinen.

¹ Vgl. S. K. Smith, J. Taymann, D. A. Swanson (2001): State and local population projections: Methodology and analysis, Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Geburten

Die Anzahl Geburten bestimmt sich rechnerisch durch die altersspezifischen Fertilitätsraten der Frauen im Alter von $n=\{15, 16, \dots, 49\}$ und der mittleren Anzahl Frauen im gleichen Alter:

$$G_{i,t} = \sum_{n=15}^{49} f_{i,n,t} \cdot F_{i,n,t} \quad [6]$$

$G_{i,t}$:	Geburten von Frauen in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t
$f_{i,n,t}$:	Fertilitätsrate von Frauen im Alter von n Jahren in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t
$F_{i,n,t}$:	Anzahl Frauen im Alter von n Jahren in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t

Die altersspezifischen Fertilitätsraten, die zusammengefasste Geburtenziffer (ZGZ) und das mittlere Alter der Mutter bei der Geburt hängen wie folgt zusammen:

$$ZGZ_{i,t} = \sum_{n=15}^{49} f_{i,n,t} \quad [7]$$

$$A_{i,t} = \sum_{n=15}^{49} n \cdot f_{i,n,t} / ZGZ_{i,t} \quad [8]$$

$ZGZ_{i,t}$:	Zusammengefasste Geburtenziffer der Schweizer Frauen in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t
$A_{i,t}$:	Mittleres Alter bei Geburt des Kindes von Schweizer Frauen in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t

Die Berechnung der Anzahl Geburten erfolgt separat für Schweizer Frauen und für ausländische Frauen, weil diese zwei Gruppen unterschiedliche Geburtenraten aufweisen.

Die altersspezifischen Fertilitätsraten zeigen empirisch eine "Glockenform", die mit einer erweiterten Gompertz-Kurve aufgrund der Daten der Jahre 2004-2009 modelliert wird. Die Hypothesen zur ZGZ sowie zum mittleren Alter bei Geburt für jedes Jahr bis 2035 werden wiederum mittels entsprechend angepasster Gompertz-Kurven in altersspezifische Fertilitätsraten "übersetzt" (Abb. I und II).¹ Für die Berechnung der Geburtenzahlen in jedem Prognosejahr werden die modellierten Fertilitätsraten sowie die prognostizierte Anzahl Frauen im fertilen Alter in Formel [6] eingesetzt.

Kinder mit ausländischer Mutter und Schweizer Vater bekommen das Schweizer Bürgerrecht zugesprochen. Der Anteil Neugeborener mit ausländischer Mutter, die das Schweizer Bürgerrecht haben, wird in den vier räumlichen Einheiten des Modells entsprechend dem Trend der Jahre 1992-2009 (d.h. seit Inkrafttreten der Revision des Schweizer Staatsbürgerschaftsrechts) weitergeführt (Abb. III).

Im Durchschnitt der letzten 40 Jahre waren von allen Neugeborenen der Schweiz sowie allen Neugeborenen in Basel-Stadt rund 51% Knaben. Dieses Geschlechterverhältnis bei der Geburt wird für den ganzen Prognosezeitraum als

konstant angenommen.

Sterbefälle

Die Anzahl Sterbefälle berechnet sich durch Multiplikation der prospektiven Sterbewahrscheinlichkeiten mit dem Bevölkerungsbestand am Anfang jedes Jahres:

$$S_{i,t} = \sum_{n=0}^{99} s_{i,n,t} \cdot B_{i,n-1,t-1} \quad [9]$$

$S_{i,t}$:	Sterbefälle in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t
$s_{i,n,t}$:	Prospektive Sterbewahrscheinlichkeit im Alter von n Jahren in der räumlichen Einheit i im Kalenderjahr t
$B_{i,n-1,t-1}$:	Bevölkerung im Alter von n Jahren in der räumlichen Einheit i am Anfang des Kalenderjahres t

Für die Berechnung von verlässlichen Sterbewahrscheinlichkeiten sind grössere Populationen erforderlich, als im Kanton Basel-Stadt wohnen, v. a. in den höheren Altersklassen. Aus diesem Grund wird auf die Sterbewahrscheinlichkeiten zurückgegriffen, die vom Bundesamt für Statistik (BFS) für das Schweizer Prognosezenario A-00-2010 berechnet wurden.

Die Lebenserwartung aller vier betrachteten demografischen Gruppen ist in Basel-Stadt in der Vergangenheit geringer ausgefallen als in der Schweiz (Abb. IV). Eine Analyse dieser Abweichung hat gezeigt, dass die Differenz in der Lebenserwartung fast vollständig auf die Sterbewahrscheinlichkeiten in jungen Jahren zurückgeführt werden kann (Abb. V).²

Die prognostizierten Sterbewahrscheinlichkeiten des BFS wurden für die kantonale Prognose um die in der Vergangenheit beobachtete Differenz zwischen Basel-Stadt und der Schweiz erhöht (Mittelwerte über zehn Jahre, keine Anpassung im hohen Alter). So wird sichergestellt, dass die Berechnung der Sterbefälle im hohen Alter mit zuverlässigen, da auf einer grösseren Ausgangspopulation basierenden, Raten stattfindet. Gleichzeitig kann eine sprunghafte Erhöhung der Lebenserwartung am Anfang des Prognosezeitraumes vermieden werden. Es sei noch erwähnt, dass eine allfällige Ungenauigkeit bei den Sterbewahrscheinlichkeiten in den jüngeren Kohorten keinen nennenswerten Einfluss auf die Prognoseergebnisse hätte, da sich der Bevölkerungsbestand in diesen Altersklassen massgeblich durch die Migration bestimmt, und die Sterbefälle in diesen Altersklassen naturgemäss sehr gering ausfallen.

Die Sterbewahrscheinlichkeiten der Schweizer Männer, die in die Prognoserechnung einfließen, sind in Abb. VI dargestellt. Analog werden die Sterberaten für Schweizer Frauen sowie für Ausländer und Ausländerinnen berechnet.

² V. M. Shkolnikov, E. M. Andreev (2010): Age-decomposition of a difference between two populations for any life-table quantity in Excel, Technical Report 2010-002, Max Planck Institute for Demographic Research.

¹ G. Calot, J.-P. Sardon (2003): Methodology for the calculation of Eurostat's demographic indicators, Detailed report by the European Demographic Observatory, Population and social conditions 3/2003/F/n° 26.

Erweiterte Gompertz-Kurven für die Fertilität der Schweizer Frauen in Grossbasel-Ost im Mittleren Szenario

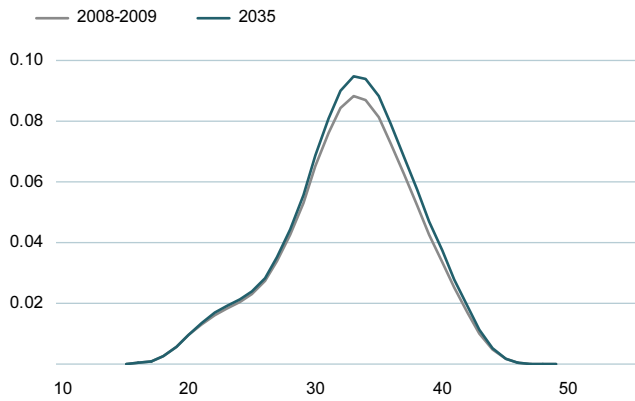


Abb. I

Erweiterte Gompertz-Kurven für die Fertilität der ausländischen Frauen in Grossbasel-Ost im Mittleren Szenario

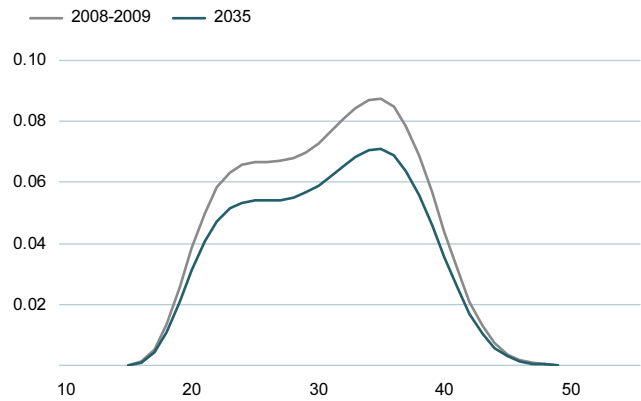


Abb. II

Anteil Neugeborener von ausländischer Mutter mit Schweizer Bürgerrecht

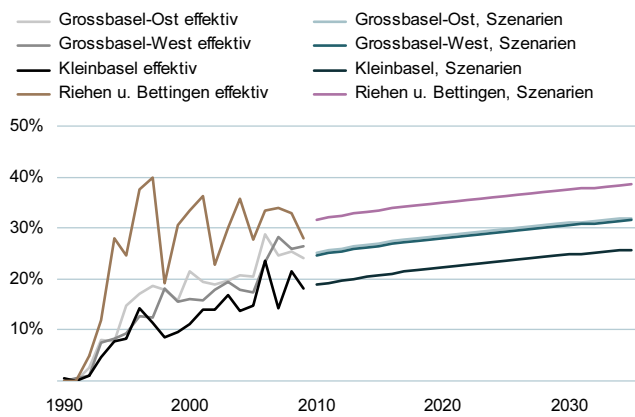


Abb. III

Lebenserwartung in der Schweiz und in Basel-Stadt

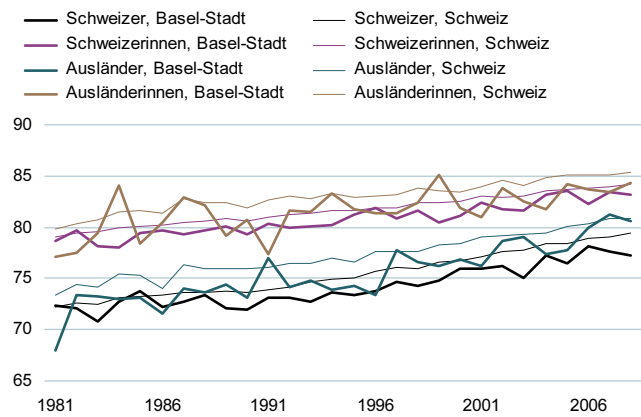


Abb. IV

Differenz in der Lebenserwartung der Schweizer Männer: Dekomposition nach Alter (Durchschnitt 1981-2009)

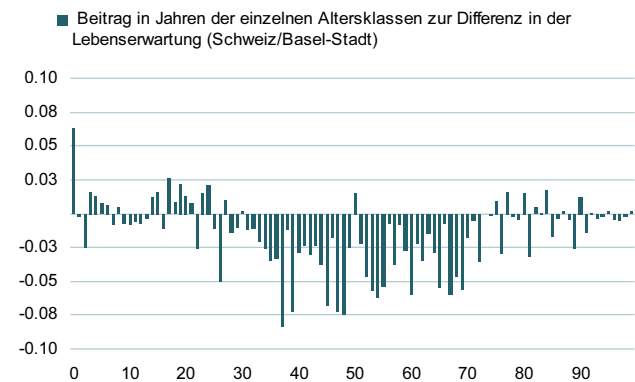


Abb. V

Sterbewahrscheinlichkeiten der Schweizer Männer

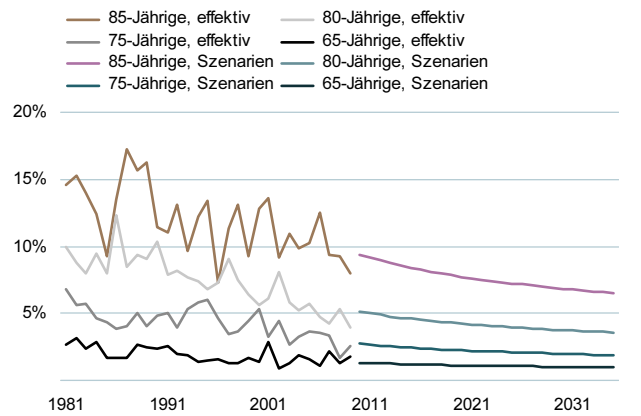


Abb. VI

Emigration

Es wird die Annahme getroffen, dass die Wahrscheinlichkeit abzuwandern nach Alter, Geschlecht und Heimat bis zum Jahr 2035 konstant bleibt. Datengrundlage für die Berechnung der entsprechenden Raten sind die Jahre 2002-2009 (seit Inkrafttreten der bilateralen Verträge mit der EU/EFTA).

Die beobachteten Auswanderungsraten (ins Ausland) und Wegzugsraten (in andere Kantone sowie in andere räumliche Einheiten innerhalb des Kantons) werden anhand des Modells von Rogers und Castro³, das sich in der Demografie als Standard eines parametrischen Migrationsmodells etabliert hat, "geglättet". Auf der Basis der empirischen Beobachtung modellieren Rogers und Castro das Profil der altersspezifischen Emigrationsraten als Summe von vier Kurven:

- einer Konstanten
- einer negativen Exponentialkurve für die Emigration der Kinder und Jugendlichen
- einer rechtsschiefen Kurve für die Emigration der Personen im Ausbildungs- und Erwerbsalter
- einer Kurve für die Emigration nach Abschluss des Erwerbslebens

Das Modell wird, wo angebracht, um weitere Kurven angereichert, die besonders ausgeprägte Auswanderungstendenzen in einzelnen Bevölkerungssegmenten beschreiben. Um die Komplexität der Schätzung eines solchen nichtlinearen Modells zu reduzieren, werden die einzelnen Kurven separat geschätzt und anschliessend summiert.⁴ Auf diese Weise errechnete Abwanderungs- und Wegzugsraten aus dem Kanton Basel-Stadt sind in den Abb. VII-X dargestellt. Die Anzahl abgewanderter Personen berechnet sich mittels Multiplikation solcher Raten mit dem Bevölkerungsbestand, hier dargestellt am Beispiel der interkantonalen Wegzüge:

$$W_{i,t}^{CH} = \sum_{n=0}^{99} W_{i,n,t}^{CH} \cdot B_{i,n,t-1} \quad [10]$$

$W_{i,t}^{CH}$: Wegzüge aus der räumlichen Einheit i in andere Kantone im Kalenderjahr t

$W_{i,n,t}^{CH}$: Wegzugsrate aus der räumlichen Einheit i in andere Kantone im Alter von n Jahren im Kalenderjahr t

$B_{i,n-1,t}$: Bevölkerungsbestand in der räumlichen Einheit i im Alter von n Jahren am Anfang des Kalenderjahres t

Umzüge innerhalb des Kantons

Die Personen, welche gemäss der oben erläuterten Be-

³ A. Rogers, L. J. Castro (1981): Model migration schedules, International Institute for Applied Systems Analysis.

⁴ Vgl. T. Wilson (2010): Model migration schedules incorporating student migration peaks, Demographic Research 23 (8), Max Planck Institute for Demographic Research.

rechnung in jedem Prognosejahr einen Umzug von einer räumlichen Einheit des Kantons in eine andere vornehmen, werden in einem ersten Schritt "gepoolt" und anschliessend auf die räumlichen Einheiten verteilt. Dafür werden die (geglätteten) Anteile verwendet, die in der Vergangenheit beobachtet wurden. Auch diese Raten unterscheiden sich nach Geschlecht, Alter und Heimat und werden bis zum Jahr 2035 als konstant angenommen.

Migrationsaldi

Der totale Wanderungssaldo bestimmt sich in der Modellrechnung für jedes Prognosejahr durch den verfügbaren Wohnraum, nach Abzug von Sterbefällen, Auswanderungen, Wegzügen und nach Verrechnung der innerkantonalen Umzüge.

Im Mittleren Szenario wird angenommen, dass sich der interkantonale Wanderungssaldo auf dem Niveau der letzten Jahre stabilisieren wird, der internationale Wanderungssaldo errechnet sich als Residuum. Im Hohen Szenario wird der zusätzlich vorhandene Wohnraum anteilig dem internationalen und dem interkantonalen Wanderungssaldo zugerechnet. Im Tiefen Szenario wird analog dazu eine proportionale Reduktion der Saldi vorgenommen.

Der Wanderungssaldo der Personen im Alter ab 80 Jahren wird in allen Szenarien auf dem Durchschnitt der letzten Jahre fixiert.

Immigration

Die Anzahl Personen, welche aus anderen Kantonen oder aus dem Ausland in den Kanton Basel-Stadt ziehen, errechnet sich aus dem angenommenen Wanderungssaldo, zuzüglich der Weggezogenen und Ausgewanderten.

Die Altersstruktur der zugezogenen Personen hängt rechnerisch – im Gegensatz zu jener der weggezogenen Personen – nicht direkt von der bereits anwesenden Bevölkerung ab. Es wird vielmehr angenommen, dass der Anteil Personen jeder Altersklasse am Total der Zugezogenen bis 2035 unverändert bleibt. Auch diese Altersstrukturen wurden unter Verwendung des Modells von Rogers und Castro "geglättet" (Abb. XI und XII).

Einbürgerungen

Die Anzahl Personen, welche das Schweizer Bürgerrecht erhalten, wird anhand von konstanten, alters- und geschlechterspezifischen Einbürgerungsraten berechnet. Diese Raten werden als geglättete Mittelwerte der Einbürgerungsraten der Jahre 2002-2009 berechnet, unter Ausschluss der Jahre 2007 und 2008, die eine ausserordentliche hohe Anzahl an Eingebürgerten verzeichneten.

Auswanderungsraten der Schweizer Bevölkerung

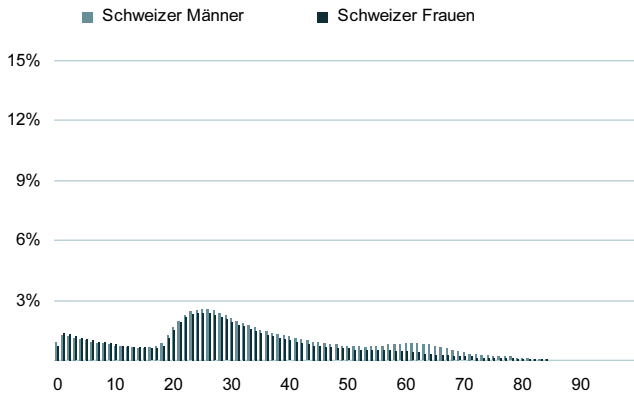


Abb. VII

Auswanderungsraten der ausländischen Bevölkerung

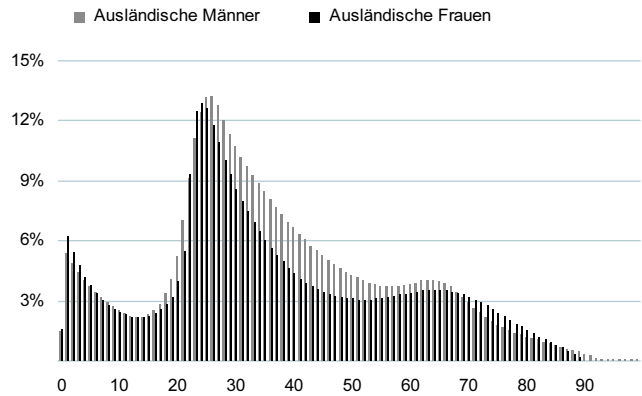


Abb. VIII

Wegzugsraten in andere Kantone der Schweizer Bevölkerung

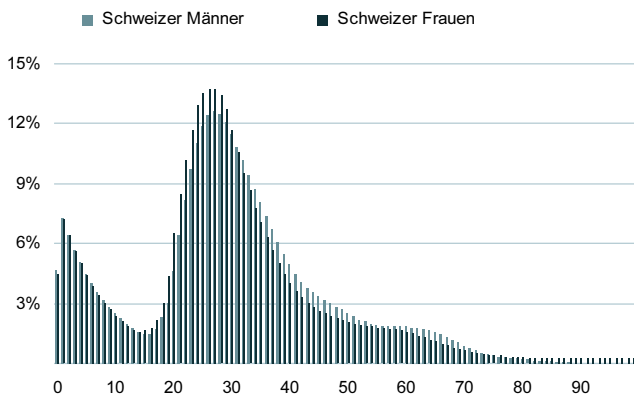


Abb. IX

Wegzugsraten in andere Kantone der ausländischen Bevölkerung

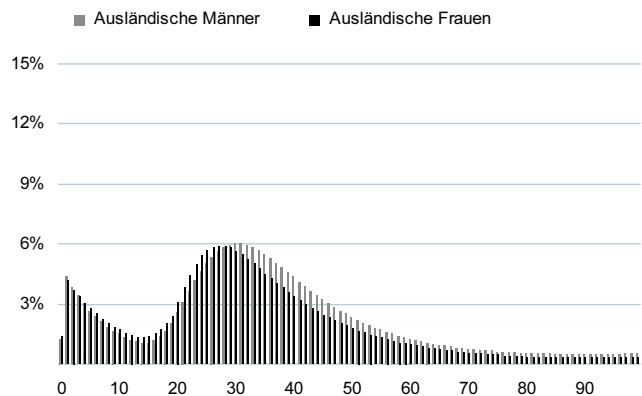


Abb. X

Altersstruktur der aus dem Ausland eingewanderten Personen von 1 bis 79 Jahren

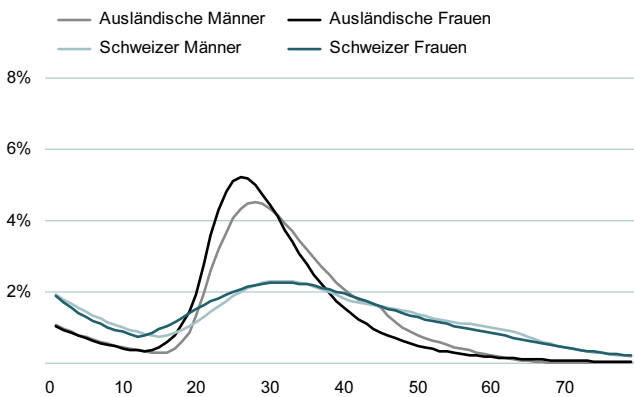


Abb. XI

Altersstruktur der aus anderen Kantonen zugezogenen Personen von 1 bis 79 Jahren

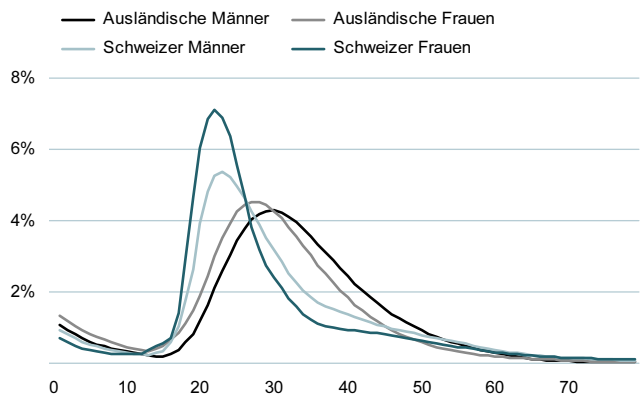


Abb. XII