

Entwicklung eines Modells zur Bevölkerungsprojektion - Modellrechnungen zur Bevölkerungsentwicklung bis 2060

David Bowles* Andy Zuchandke†

Leibniz Universität Hannover
Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
Diskussionspapier Nummer 499,
18. April 2012
Aktualisierte Version: 29. November 2012

Zusammenfassung

Bevölkerungsprojektionen – vor allem die Modellrechnungen des Statistischen Bundesamtes – werden für zahlreiche wissenschaftliche Fragestellungen berücksichtigt. Der Umfang der Analysen ist jedoch auf die zur Verfügung gestellten Daten beschränkt und lässt keine zusätzliche Variation zu. Darüber hinaus ist oftmals nicht genau bekannt, welche konkreten Annahmen und Methoden den Berechnungen zugrunde liegen. Dieser Beitrag beschreibt ein eigenständig entwickeltes Modell zur Bevölkerungsprojektion und vergleicht die Ergebnisse mit der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes. Der Vergleich zeigt ein hohes Maß an Übereinstimmung in den Ergebnissen zum zukünftigen Bevölkerungsumfang und der -struktur; beobachtbare Unterschiede sind auf im Detail abweichende Annahmen zurückzuführen. Das entwickelte Modell kann die Basis für weiterführende Projektionen sein (z. B. in den Bereichen Gesundheit, Pflege oder Rente); das höhere Maß an Flexibilität ermöglicht es darüber hinaus, den Einfluss von unterschiedlichen Komponenten der Bevölkerungsentwicklung auf das Ergebnis gezielt zu untersuchen.

Abstract

Population projections – especially those of the Federal Statistical Office in Germany – are often used for research questions that depend on the future size and structure of the population. Nevertheless, by using the population projections of the Federal Statistical Office the scope of analysis is limited to the provided dataset with little variation in underlying assumptions possible. Moreover, one does not have full information about the assumptions and methods used. This paper presents a self-developed population projection model and compares the results with the publicly available projections of the Federal Statistical Office. The results reflect a high level of similarity regarding the future size and structure of the German population; observed differences originate from varying assumptions. The developed projection model can be easily applied to different settings (e.g. healthcare, long-term care or pension) and features the opportunity to analyze the impact of different components of population change on results in a more flexible way.

JEL-Classification: J11, J13

Keywords: Bevölkerungsvorausberechnung, Kohorten-Komponenten-Methode, Demografischer Wandel

*Universität Bielefeld, Arbeitsgruppe Gesundheitsökonomie und Gesundheitsmanagement, Universitätsstraße 25, 33501 Bielefeld, E-mail: david.bowles1@uni-bielefeld.de

†Leibniz Universität Hannover, Institut für Versicherungsbetriebslehre, Königsworther Platz 1, 30167 Hannover, E-mail: az@ivbl.uni-hannover.de

1 Hintergrund

Seit vielen Jahrzehnten werden in Deutschland Projektionen über die Entwicklung der Bevölkerung durchgeführt. Das Statistische Bundesamt hat 2009 bereits die 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung veröffentlicht. Dabei wird innerhalb der Demografie eine Reihe von Begrifflichkeiten verwendet, um vergangenheits- und zukunftsbezogene Berechnungen von Bevölkerungen zu beschreiben. Im Allgemeinen wird hierfür der Begriff der Bevölkerungsprojektion oder Bevölkerungsvorausberechnung (engl. population projection) verwendet. Eine Bevölkerungsprojektion verdeutlicht, wie sich – unter der Voraussetzung von bestimmten Annahmen – Bevölkerungen in Umfang und Struktur verändern. Die Ergebnisse von Bevölkerungsprojektionen besitzen folglich den Charakter von „wenn-dann“-Aussagen. Vom Begriff der Bevölkerungsprojektion abzugrenzen ist der Begriff der Bevölkerungsprognose (engl. population forecast). Während Bevölkerungsprojektionen wertneutral sind, beinhalten Bevölkerungsprognosen immer ein Werturteil: Sie stellen in den Augen des Analysten die Bevölkerungsentwicklung dar, deren Eintritt am wahrscheinlichsten ist (die Bevölkerungsentwicklung mit der größten Genauigkeit). Dieser begrifflichen Unterscheidung folgend, sind alle Prognosen (engl. forecast) auch Projektionen (engl. projection), aber nicht alle Projektionen stellen Prognosen dar.

Berechnungen zur zukünftigen Entwicklung von Bevölkerungen dienen aus Sicht der Demografie primär der Veranschaulichung und weniger der exakten Vorhersage zukünftiger Bevölkerungsstände und -strukturen – der Begriff der Bevölkerungsprojektion entspricht dieser Intention eher als der Begriff der Bevölkerungsprognose.¹ Bezieht sich die Projektion auf einen mittelfristigen Zeitraum von 10-15 Jahren, so wird sie als Vorausschätzung bezeichnet, mit der relativ sichere Aussagen über die Bevölkerungsentwicklung getroffen werden können. Werden mehr als 15 Jahre abgedeckt, so wird in der Regel von einer Modellrechnung gesprochen. Mit zunehmender Länge des Beobachtungshorizonts nimmt dabei die Unsicherheit in Bezug auf die für die Bevölkerungsentwicklung relevanten Kernkomponenten (Geburten, Sterbefälle und Wanderungen) zu.² Da die Entwicklung dieser Determinanten jedoch mit einer gewissen Trägheit erfolgt, ist die Abbildung kurz- und mittelfristiger Entwicklungen vergleichsweise gut möglich.

Bevölkerungsprojektionen besitzen eine Reihe von wichtigen Funktionen. Die wohl grundlegendste Funktion besteht in der Veranschaulichung von zukünftigen Veränderungen im Umfang und der Struktur von Bevölkerungen (1). In diesem Zusammenhang bieten Bevölkerungsprojektionen (2) die Möglichkeit, die Determinanten der Bevölkerungsentwicklung (Geburten, Sterbefälle, Wanderungen) zu analysieren. Daneben können Szenarien aufgestellt werden, indem die getroffenen Annahmen variiert und kombiniert werden (3). Die Aufstellung von Szenarien im Rahmen von Bevölkerungsprojektionen ist wichtig, da die zukünftige Bevölkerungsentwicklung stets mit Unsicherheit behaftet ist und so ein Korridor geschaffen wird, in dem sich diese Entwicklung mit hoher Wahrscheinlichkeit abspielt. Bevölkerungsprojektionen erfüllen ihre wohl wichtigste Funktion, wenn sie aus einer rein demografischen Betrachtung herausgelöst werden. Veränderungen der Bevölkerung in Umfang und Struktur besitzen vielfältige soziale, ökonomische und politische Implikatio-

¹ Vgl. Smith et al. (2001) S. 3, Hinde (1998), S. 198ff.

² Vgl. Bretz (1986), S. 233f.

nen. Bevölkerungsprojektionen sind deshalb häufig der Ausgangspunkt für weiterführende Projektionen (beispielsweise in den Bereichen Gesundheit, Pflege, Rente oder Arbeit). Sie können demnach die Basis für eine rationale Entscheidungsfindung darstellen (4), indem sie die Effekte von sich verändernden Bevölkerungen auf angrenzende Bereiche veranschaulichen.³

Diese Funktion erfüllt auch das im Folgenden vorgestellte Modell zur Bevölkerungsprojektion. Mithilfe der erzielten Ergebnisse sollen im weiteren Forschungsverlauf verschiedene Fragestellungen sowohl aus dem Bereich der sozialen Sicherung als auch aus dem Bereich der privaten Versicherungsmärkte analysiert werden. Ein großer Vorteil von eigenen Projektionen gegenüber der Nutzung vorhandener Bevölkerungsvorausrechnungen – beispielsweise der Rückgriff auf die Vorausrechnungen des Statistischen Bundesamtes – liegt in dem größeren Ausmaß an Freiheitsgraden. Insbesondere bei der Betrachtung von Szenarien sind eigene Projektionen sinnvoll. Darüber hinaus ist genau bekannt, auf welchen Annahmen und Methoden die Ergebnisse beruhen und wie sich die Ergebnisse bei einer Variation der Annahmen im Detail verändern. Diese zusätzlichen Informationen sind für die Ergebnisinterpretation und -diskussion von großer Bedeutung.

Die weiterführenden Abschnitte des Arbeitspapiers sind folgendermaßen aufgebaut. In Abschnitt 2 werden zunächst mögliche Ansätze von Bevölkerungsprojektionen vorgestellt, um dann in Abschnitt 3 die im Rahmen der Projektion verwendete Kohorten-Komponenten-Methode zu beschreiben. Abschnitt 3 beinhaltet die verwendeten Annahmen und die Vorgehensweise zur Fortschreibung der demografischen Kernkomponenten. Die Ergebnisse zum zukünftigen Verlauf der einzelnen Komponenten sowie des Bevölkerungsaufbaus werden in Abschnitt 5 vorgestellt. Das Arbeitspapier schließt mit einer Diskussion und einem Fazit ab.

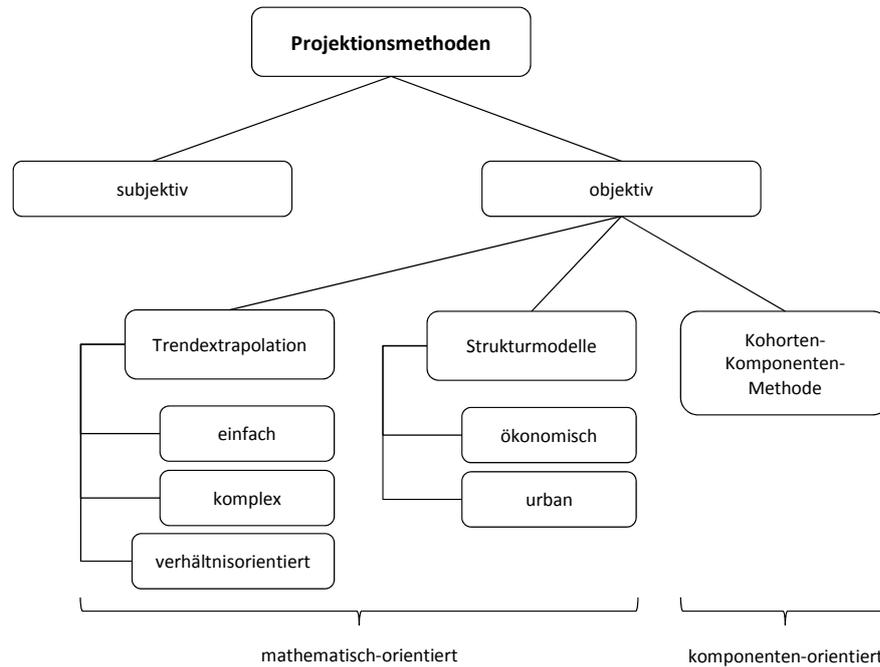
2 Ansätze der Bevölkerungsprojektion

Bevölkerungsprojektionen können auf Basis einer Reihe von methodischen Ansätzen durchgeführt werden. Abbildung 1 verdeutlicht eine Typologie von Projektionsansätzen. Die wohl wichtigste Unterscheidung betrifft die Differenzierung in subjektive und objektive Ansätze. Unter einem subjektiven Ansatz ist ein unspezifisches Vorgehen zu verstehen, das einen definierten und für jeden nachvollziehbaren Analyseprozess vermissen lässt. Objektive Ansätze hingegen zeichnen sich durch einen definierten Analyseprozess aus, der im Idealfall so präzise beschrieben ist, dass auch Dritte den methodischen Ansatz und die Ergebnisse replizieren können. Dabei ist es wichtig zu betonen, dass auch objektive methodische Ansätze zahlreiche subjektive Komponenten aufweisen können und zum Teil sogar benötigen. So setzen selbst stark quantitativ ausgerichtete Projektionsmethoden subjektive Entscheidungen in Bezug auf die verwendeten Annahmen, Datengrundlagen, Zeithorizonte sowie funktionalen Zusammenhänge voraus.⁴

³ Vgl. George et al. (2004), S. 561f., Smith et al. (2001), S. 7f.

⁴ Vgl. Smith et al. (2001), S. 4f.

Abbildung 1: Typologie von Ansätzen der Bevölkerungsprojektion (Quelle: nach Smith et al. 2001, S. 5)



Die objektiven Ansätze können in Trendextrapolationen, Strukturmodelle und die so genannte Kohorten-Komponenten-Methode unterschieden werden. In der Realität werden die verschiedenen Ansätze häufig nicht in Reinform angewendet, sondern miteinander kombiniert. So wird im Rahmen der Kohorten-Komponenten-Methode häufig auf Trendextrapolationen zurückgegriffen oder dieser Ansatz in Verbindung mit Strukturmodellen durchgeführt. Insbesondere Trendextrapolationen stellen vielfach Ansätze dar, die häufig nur geringe Anforderungen an die Datengrundlagen stellen und somit schnell und einfach durchführbar sind. Demgegenüber bezieht die Kohorten-Komponenten-Methode explizit die Determinanten der Bevölkerungsentwicklung (Geburten, Sterbefälle, Wanderungen) mit ein.⁵ Damit verbunden sind höhere Anforderungen an die Datengrundlagen und ein insgesamt höherer Aufwand in der Umsetzung. Die hier vorgestellte Bevölkerungsprojektion greift im Wesentlichen auf das Verfahren der Kohorten-Komponenten-Methode zurück und wird in Abschnitt 3 ausführlich beschrieben.

Trendextrapolationen des Bevölkerungsbestandes basieren auf einer Fortschreibung von historisch beobachtbaren Verläufen. Zu den einfachen Vorgehensweisen zählen beispielsweise lineare (geometrische, exponentielle) Trendextrapolationen; zu den komplexen Ansätzen gehören logistische und polynomiale Funktionen oder die so genannten ARIMA-Zeitreihenmodelle. Extrapolationsansätze, die auf einem Verhältnis- oder Anteilswert beruhen, können angewendet werden, wenn die zu projizierende Bevölkerung Teil einer größeren Bevölkerung ist, für die Projektionen existieren.^{6,7}

⁵ Vgl. Hinde (1998), S. 199.

⁶ Vgl. Smith et al. (2001), S. 5, George et al. (2004), S. 562.

⁷ Auf einem Verhältniswert beruhende Bevölkerungsprojektionen sind dann möglich, wenn die betrachtete Einheit als Teil einer größeren Einheit fungiert, für die eine entsprechende Projektion existiert. Ein Bei-

Strukturmodelle zeichnen sich dadurch aus, dass nicht nur die Determinanten der Bevölkerungsentwicklung (Geburten, Sterbefälle, Wanderungen) berücksichtigt werden, sondern auch solche Faktoren, die sich hierauf auswirken können. Hierzu zählen beispielsweise die ökonomischen Rahmenbedingungen, Umweltfaktoren, der Nutzungsgrad von Landflächen oder die Beschaffenheit und Auslastung der Verkehrsinfrastruktur. In der Praxis werden insbesondere ökonomische und urbane Strukturmodelle aufgestellt. Strukturmodelle basieren demnach auf beobachtbaren Verbindungen zwischen demografischen und anderen Faktoren. Der höhere Komplexitätsgrad führt dazu, dass die Anforderungen an die Datenbeschaffenheit und die methodische Kompetenz hoch sind.⁸

Zu betonen ist, dass es keine empirische Evidenz dafür gibt, dass die komplexen Ansätze zur Bevölkerungsprojektion den einfachen methodischen Ansätzen generell überlegen sind.⁹ Die Frage nach dem methodischen Zugang ist vielmehr abhängig von der Frage, welchen Zweck die Bevölkerungsprojektion erfüllen soll. Einfache methodische Ansätze erfordern in der Regel weniger Zeit, Daten und Expertise als komplexere Zugänge. Gleichzeitig bietet das Ergebnis häufig nur geringe Differenzierungsmöglichkeiten: Details zur Bevölkerungsstruktur (Alter und Geschlecht) und den Determinanten der Bevölkerungsentwicklung fehlen häufig. Dieser Umstand beeinträchtigt insbesondere die Nutzung der Ergebnisse in Bereichen, in denen die Informationen zum Bevölkerungsumfang und zur Bevölkerungsstruktur der Ausgangspunkt für weiterführende Projektionen sind (beispielsweise zum zukünftigen Arbeitskräfteangebot).¹⁰

3 Grundlagen der Kohorten-Komponenten-Methode

Eine direkte Projektion der Gesamtbevölkerung durch Trendextrapolationen besitzt einen entscheidenden Nachteil: In diesem Fall können Unterschiede in der Bevölkerungsstruktur oder Unterschiede in den Determinanten der Bevölkerungsentwicklung nicht berücksichtigt und analysiert werden. Dieses Vorgehen eignet sich demzufolge nicht, um die Auswirkungen von verschiedenen Annahmen zu simulieren.¹¹ Unter Zuhilfenahme der so genannten Kohorten-Komponenten-Methode ist es möglich, diese Defizite zu kompensieren.

3.1 Grundmodell der Kohorten-Komponenten-Methode

Die Kohorten-Komponenten-Methode ist der in der Demografie am weitesten verbreitete Ansatz zur Durchführung von Bevölkerungsprojektionen.¹² Wie bereits erwähnt, werden im Rahmen dieses Verfahrens sowohl (a) einzelne Geburtsjahrgänge (Kohorten) als auch (b)

spiel stellen Bevölkerungsprojektionen auf der Ebene eines ganzen Landes dar. Gilt das Interesse kleineren Einheiten – beispielsweise einzelnen Bundesländern –, so können ausgehend vom Anteil der Bundeslandbevölkerung an der Gesamtbevölkerung und unter Rückgriff auf die Bevölkerungsprojektion entsprechende Rückschlüsse auf die zukünftige Entwicklung des Bundeslandes gezogen werden. Es existieren dabei unterschiedliche Ansätze, die beispielsweise von konstanten oder sich verändernden Verhältnisswerten ausgehen (vgl. George et al. 2004, S. 571).

⁸ Vgl. George et al. (2004), S. 583ff.

⁹ Vgl. George et al. (2004), S. 593.

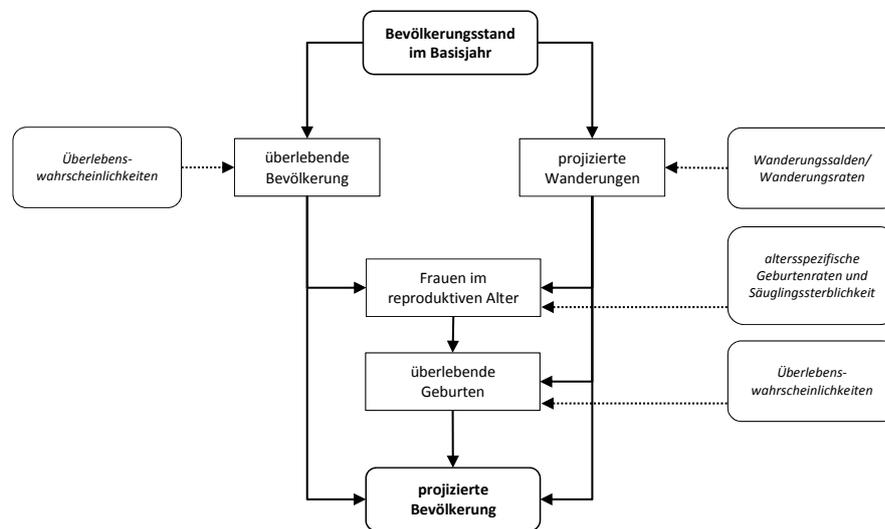
¹⁰ Vgl. George et al. (2004), S. 594, Weinstein und Pillai (2001), S. 319.

¹¹ Vgl. George et al. (2004), S. 571.

¹² Vgl. Rowland (2003), S. 439.

die Komponenten Geburten, Sterbefälle und Wanderungen berücksichtigt.¹³ Das grundlegende Vorgehen im Rahmen der Kohorten-Komponenten-Methode sieht vor, dass zunächst die nach Einzelaltersjahren und Geschlecht getrennten Geburtsjahrgänge einer Basisbevölkerung Jahr für Jahr anhand der jeweiligen Überlebenswahrscheinlichkeiten fortgeschrieben werden. Im Anschluss daran erfolgt eine Anpassung der jeweiligen Kohorte um zu- und abgewanderte Personen. Schlussendlich wird jedes neue Intervall – in diesem Fall: jedes neue Jahr – auf Basis der altersspezifischen Geburtenraten um jeweils einen weiteren Geburtsjahrgang ergänzt.¹⁴ Abbildung 2 verdeutlicht die Grundstruktur einer Bevölkerungsprojektion nach der Kohorten-Komponenten-Methode. Der analytische Wert von Bevölkerungsprojektionen nach der Kohorten-Komponenten-Methode wird als hoch eingeschätzt, da Veränderungen von einzelnen Kohorten im Zeitablauf detailliert nachverfolgt und der diesbezügliche Einfluss von Geburten, Sterbefällen sowie Wanderungen quantifiziert werden kann.¹⁵ Hierdurch ist es möglich, kohortenspezifische Unterschiede in der Mortalität, Fertilität und der Migration im Zeitverlauf zu berücksichtigen und zu analysieren.¹⁶ Die Kohorten-Komponenten-Methode bietet damit einen entscheidenden Vorteil gegenüber anderen Ansätzen: Die Ergebnisse ermöglichen eine detaillierte Betrachtung der Bevölkerungsstruktur und nicht nur des Bevölkerungsumfangs – damit kann ein Bereich zum Analysegegenstand gemacht werden, der für die meisten Verwendungszwecke deutlich wichtiger ist als die rein zahlenmäßige Entwicklung einer Bevölkerung.¹⁷

Abbildung 2: Grundstruktur der Kohorten-Komponenten-Methode (Quelle: nach Smith et al. 2001, S. 47)



¹³ Vgl. Smith et al. (2001), S. 44.

¹⁴ Vgl. Bretz (2000), S. 647, Preston et al. (2001), S. 120.

¹⁵ Vgl. Rowland (2003), S. 439.

¹⁶ Vgl. George et al. (2004), S. 571.

¹⁷ Vgl. Hinde (1998), S. 205.

3.2 Analytisches Modell der Kohorten-Komponenten-Methode

Als Ausgangspunkt der Berechnung fungiert eine nach Einzelaltersjahr und Geschlecht gegliederte Bevölkerung zum 31.12. des Basisjahres. Mit Hilfe der im Folgenden beschriebenen Formeln werden die einzelnen Geburtsjahrgänge bis zum Ende des Beobachtungszeitraums fortgeschrieben, d. h. um Sterbefälle und Fortzüge reduziert sowie Geburten und Zuzüge ergänzt. Im gegenwärtigen Modell fungiert das Jahr 2010 als Basisjahr, das Jahr 2011 stellt entsprechend das erste Jahr der Modellrechnung für den Bevölkerungsbestand dar; der Beobachtungszeitraum erstreckt sich bis zum Jahr 2060.

Die Berechnung der Bevölkerung mit dem Geschlecht g und dem Alter x (mit $x > 0$) zum 31.12. des Jahres t erfolgt anhand des in Gleichung 1 dargestellten Zusammenhangs.¹⁸ Dabei wird angenommen, dass sich die Zu- und Fortzüge gleichförmig über ein Kalenderjahr verteilen, d. h. sich im Durchschnitt jeweils ein halbes Jahr in Deutschland aufhalten. Dementsprechend werden die Überlebenswahrscheinlichkeiten nur zur Hälfte auf die jeweilige Bevölkerung angewendet.¹⁹

$$B_{x,t}^{(g)} = p_{x-1,t-1}^{(g)} \cdot B_{x-1,t-1}^{(g)} + \left(1 + \frac{p_{x-1,t-1}^{(g)}}{2}\right) \cdot W_{x,t}^{(g)} \quad (1)$$

mit

$B_{x,t}^{(g)}$	Anzahl Personen mit dem Geschlecht g und dem Alter x zum 31.12. des Jahres t
$B_{x-1,t-1}^{(g)}$	Anzahl Personen mit dem Geschlecht g und dem Alter $x - 1$ zum 31.12. des Vorjahres
$p_{x-1,t-1}^{(g)}$	Wahrscheinlichkeit, dass eine Person, die am 31.12.t-1 $x - 1$ -Jahre alt war, den 31.12.t erlebt
$W_{x,t}^{(g)}$	Außenwanderungssaldo nach Alter x und Geschlecht g in Jahr t

Für die Anwendung der Gleichung sind vorgelagerte Vorausberechnungen der drei Komponenten Mortalität, Fertilität und Migration notwendig. Besonderheiten bei der Berechnung der einzelnen Komponenten werden in den jeweiligen Kapiteln beschrieben. Für die Berechnung der einzelnen Komponenten kann sowohl eine deterministische als auch eine stochastische Vorgehensweise gewählt werden.²⁰ In beiden Fällen werden mit Hilfe vergangenheitsbezogener Daten Annahmen über die zukünftige Entwicklung der einzelnen Komponenten getroffen bzw. Trends ermittelt. Für die hier beschriebene Bevölkerungsprojektion wurde aufgrund des geringeren Komplexitätsgrades eine deterministische Modellierung gewählt.

4 Komponenten der Bevölkerungsprojektion

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Komponenten detailliert beschrieben sowie die zugrundeliegenden Annahmen dargestellt. In Kapitel 2 wurde darauf hingewiesen, dass Bevölkerungsprojektionen in der Regel aus einer Kombination von mehreren methodischen Ansätzen bestehen. So wird die hier vorgestellte Bevölkerungsprojektion nach

¹⁸ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011).

¹⁹ Vgl. Bretz (2000), S. 649.

²⁰ Eine ausführliche Beschreibung der beiden Methoden ist in Lipps und Betz (2003) sowie Lee (1998) zu finden.

der Kohorten-Komponenten-Methode im Bereich der Sterblichkeitsentwicklung mit einer Trendextrapolation kombiniert.

4.1 Komponente 1: Mortalität

Die Ermittlung der zukünftigen Sterbewahrscheinlichkeiten erfolgt auf Basis des deterministischen Ansatzes von Bomsdorf und Trimborn (1992). Dieser Ansatz wurde in der Vergangenheit häufig angewendet und bildet für Deutschland gute Ergebnisse ab.²¹ Grundlage dieser Methodik ist die Annahme, dass die einjährigen Sterbewahrscheinlichkeiten einem über die Zeit exponentiellen Verlauf folgen (Gleichung 2).

$$q_{x,t}^{(g)} = e^{(\alpha_x^{(g)} + \beta_x^{(g)} \cdot t)} \quad (2)$$

mit

$q_{x,t}^{(g)}$	Einjährige Sterbewahrscheinlichkeit mit dem Geschlecht g und dem Alter x im Jahr t
$\alpha_x^{(g)}$	Koeffizient, der zum Zeitpunkt $t = 0$ der einjährigen Sterbewahrscheinlichkeit $q_{x,0}^{(g)}$ entspricht
$\beta_x^{(g)}$	Wachstumskoeffizient, d.h. Veränderung der logarithmierten Sterbewahrscheinlichkeit von t zu $t + 1$

Die Sterbewahrscheinlichkeit $q_{x,t}^{(g)}$ des Altersjahres x wird somit für jedes Altersjahr, getrennt nach Geschlecht und in Abhängigkeit vom Zeitpunkt t separat ermittelt. Logarithmieren der Gleichung 2 führt zu Gleichung 3.

$$\ln(q_{x,t}^{(g)}) = \alpha_x^{(g)} + \beta_x^{(g)} \cdot t \quad (3)$$

mit

$q_{x,t}^{(g)}$	Einjährige Sterbewahrscheinlichkeit mit dem Geschlecht g und dem Alter x im Jahr t
$\alpha_x^{(g)}$	Koeffizient, der zum Zeitpunkt $t = 0$ der einjährigen Sterbewahrscheinlichkeit $q_{x,0}^{(g)}$ entspricht
$\beta_x^{(g)}$	Wachstumskoeffizient, d.h. Veränderung der logarithmierten Sterbewahrscheinlichkeit von t zu $t + 1$

Die logarithmierte Sterbewahrscheinlichkeit $\ln(q_{x,t}^{(g)})$ ist demzufolge eine lineare Funktion in Abhängigkeit vom Zeitpunkt t , wobei die Koeffizienten $\alpha_x^{(g)}$ und $\beta_x^{(g)}$ sowohl vom Altersjahr x als auch vom Geschlecht g abhängig sind. Unter der Annahme des exponentiellen Verlaufs können die Koeffizienten $\alpha_x^{(g)}$ und $\beta_x^{(g)}$ mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate nach Altersjahren und Geschlecht getrennt geschätzt werden. Der Koeffizient $\beta_x^{(g)}$ beschreibt dabei approximativ die prozentuale Veränderung der Sterbewahrscheinlichkeit bei einer einperiodigen Veränderung von t und kann somit als eine Art Wachstumsrate interpretiert werden.²² Demgegenüber stellt der Koeffizient $\alpha_x^{(g)}$ lediglich einen Niveauparameter dar.

Zur Schätzung der Koeffizienten werden die vom Statistischen Bundesamt verfügbaren allgemeinen und verkürzten Sterbetafeln für das frühere Bundesgebiet verwendet. Allgemeine Sterbetafeln werden im Anschluss an eine Volkszählung erstellt und bilden die Sterblichkeitsverhältnisse bis zu einem Alter von 100 Jahren ab. Über den Berichtszeitraum von 1871/1881 bis 1986/1988 stehen insgesamt 11 allgemeine Sterbetafeln zur Verfügung. Abgekürzte Sterbetafeln basieren auf der Fortschreibung der durch die Volkszählung erhobenen

²¹ Vgl. Babel (2007).

²² Ein solcher Koeffizient wird häufig als Semi-Elastizität bezeichnet (vgl. Auer 2005, S. 286)

Bevölkerungszahlen und werden seit 1957 jährlich für einen Dreijahreszeitraum ermittelt. Zwischen 1957 und 2000 wurden die abgekürzten Sterbetafeln bis zu einem Alter von 90 Jahren erstellt. Dieses Vorgehen war in der unzureichenden Datenqualität der Altersjahre 90+ begründet.²³ Seit 2001 (d. h. der Sterbetafel 2000/2002) erfolgt die Ermittlung der Sterbewahrscheinlichkeiten bis zu einem Alter von 100 Jahren. Eine ausführliche Beschreibung der allgemeinen und verkürzten Sterbetafeln sowie methodische Erläuterungen zur Berechnung stellt das Statistische Bundesamt zur Verfügung.²⁴ Die Berücksichtigung der Sterbetafeln beschränkt sich auf das frühere Bundesgebiet, um mögliche Strukturbrüche in den verwendeten Daten zu vermeiden. Diese Vorgehensweise ist gerechtfertigt, da sich die Sterbewahrscheinlichkeiten in Ostdeutschland seit der Wiedervereinigung immer weiter dem westdeutschen Niveau angleichen.²⁵ Es ist folglich davon auszugehen, dass die Unterschiede zukünftig immer mehr an Relevanz verlieren. Für die Schätzung der Koeffizienten werden insgesamt 3 verschiedene Varianten betrachtet, die in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tabelle 1: Varianten zur Ermittlung der Wachstumsraten β_x

	Variante M1	Variante M2	Variante M3
allgemeine Sterbetafeln	alle Sterbetafeln	alle Sterbetafeln nach 1945	Sterbetafel von 1987
verkürzte Sterbetafeln	alle Sterbetafeln	alle Sterbetafeln	alle Sterbetafeln ab 1988
Implikationen	Berücksichtigung der langfristigen Sterblichkeitsentwicklung	stärkere Berücksichtigung der jüngeren Sterblichkeitsentwicklung	Berücksichtigung ausschließlich der jüngeren Sterblichkeitsentwicklung

Die Variante M1 berücksichtigt alle zur Verfügung stehenden Sterbetafeln und nutzt zur Schätzung der Koeffizienten alle Informationen der Sterblichkeitsentwicklung der letzten knapp 135 Jahre. Die Varianten M2 und M3 stellen demzufolge eine stärkere Berücksichtigung der jüngeren Sterblichkeitsentwicklung dar. Die ermittelten Koeffizienten weisen einen hohen Erklärungsgehalt für die Entwicklung der zurückliegenden Sterbewahrscheinlichkeiten auf. Bis auf wenige Ausnahmen liegt das Bestimmtheitsmaß bei über 95%. Insbesondere in höheren Altersjahren ist das Bestimmtheitsmaß etwas geringer, was unter anderem mit der steigenden Ungenauigkeit der vorhandenen Daten in diesem Bereich erklärt werden kann.²⁶

In einem zweiten Schritt werden die geschätzten Wachstumsraten verwendet, um die Sterbewahrscheinlichkeiten der Altersjahre 0-100 bis 2060 fortzuschreiben. Zur Vermeidung von Sprungstellen zwischen der letzten verfügbaren Sterbetafel 2009/2011 und dem ersten Jahr der Fortschreibung (2011), werden für jedes Altersjahr anstelle der geschätzten Niveauparameter $\alpha_x^{(g)}$ die jeweiligen Sterbewahrscheinlichkeiten der Sterbetafel 2009/2011 als

²³ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011), S. 3.

²⁴ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009a).

²⁵ Vgl. Riphahn und Zimmermann (2000).

²⁶ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011), S. 3.

Startwert für die Fortschreibung verwendet. Demnach wird Gleichung 4 folgendermaßen umgeschrieben:

$$q_{x,t}^{(g)} = q_{x,2010}^{(g)} \cdot e^{\beta_x^{(g)} \cdot (t-2010)} \quad (4)$$

mit

$q_{x,t}^{(g)}$ Einjährige Sterbewahrscheinlichkeit mit dem Geschlecht g und dem Alter x im Jahr t [2011, 2060]

Die Fortschreibung führt somit zur Generierung von jährlichen Sterbetafeln, die für die Projektion des Bevölkerungsbestandes verwendet werden können. Zur Ermittlung der Lebenserwartung auf Basis von Periodensterbetafeln, die sich gut als aggregierte Vergleichsgröße für die zeitpunktbezogenen Sterblichkeitsverhältnisse eignet, musste eine nahezu vollständige Absterbeordnung berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurde in einem ersten Schritt die Sterbetafel 2009/2011 bis zum Altersjahr 120 erweitert. Zur Schätzung der Sterbewahrscheinlichkeiten $q_x^{(g)}$ in Abhängigkeit des Alters x wurde dabei der folgende funktionale Zusammenhang berücksichtigt:²⁷

$$q_x^{(g)} = 1 - e^{\gamma_0 + \gamma_1 \cdot x + \gamma_2 \cdot x^2} \quad (5)$$

bzw.

$$\ln(1 - q_x^{(g)}) = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot x + \gamma_2 \cdot x^2 \quad (6)$$

mit

$q_x^{(g)}$ Einjährige Sterbewahrscheinlichkeit mit Geschlecht g und Alter x der Sterbetafel 2009/2011
 γ_i Jeweils zu schätzende Parameter mit $i = 0, 1, 2$

Als Datengrundlage für die Regression wurden die Sterbewahrscheinlichkeiten der Altersjahre von 78-100 (75-100) für Männer (Frauen) der Sterbetafel 2009/2011 verwendet. Mit diesem Altersbereich konnte ein Bestimmtheitsmaß von 0,999 für Männer und 0,995 für Frauen erreicht werden. In einem zweiten Schritt wurden die für die Sterbetafel 2009/2011 ermittelten Sterbewahrscheinlichkeiten zwischen 101 und 120 Jahren ebenfalls bis 2060 fortgeschrieben. Dafür wurden die Wachstumsraten zwischen dem Altersbereich 101 und 120 (β_{101} bis β_{120}) auf Basis der ermittelten Wachstumsraten der 100-jährigen (β_{100}) linear interpoliert. Dabei wurde angenommen, dass die Sterbewahrscheinlichkeit der 120-jährigen über die Zeit konstant bleibt (d. h. $\beta_{120} = 0$).²⁸ Die für die Bevölkerungsprojektion relevanten Sterbewahrscheinlichkeiten $q_{x,t}^{(g)}$ der Altersjahre 0-100 werden zusätzlich in kalenderjahrbezogene Überlebenswahrscheinlichkeiten $p_{x,t}^{(g)}$ umgewandelt. Hintergrund ist, dass sich die aus den Sterbetafeln abgeleiteten Sterbewahrscheinlichkeiten $q_{x,t}^{(g)}$ auf das Alter beziehen, welches Personen durchschnittlich zur Jahresmitte erreichen. Damit Aussagen für ein Kalenderjahr getroffen werden können, werden aus den Sterbewahrscheinlichkeiten $q_{x,t}^{(g)}$ kalenderjahrbezogene Überlebenswahrscheinlichkeiten $p_{x,t}^{(g)}$ als bedingte Wahrscheinlichkeiten berechnet (31.12. des Jahres $t+1$ wird erlebt | 31.12. des Jahres t wird erlebt). Bei der Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeiten wird angenommen, dass sich die Sterbe-

²⁷ Das Statistische Bundesamt hat dieses Modell als geeignet eingestuft (vgl. Statistisches Bundesamt 2009a, S. 7-8).

²⁸ Babel (2007) hat eine lineare Interpolation mit ähnlichen Annahmen durchgeführt.

fälle gleichmäßig über das jeweilige Jahr verteilen. Der funktionale Zusammenhang ist in Gleichung 7 festgehalten.

$$p_{x,t}^{(g)} = \left(1 - q_{x,t}^{(g)}\right) \cdot \frac{1 - \frac{q_{x+1,t+1}^{(g)}}{2}}{1 - \frac{q_{x,t}^{(g)}}{2}} \quad (7)$$

mit

$p_{x,t}^{(g)}$	Einjährige Überlebenswahrscheinlichkeit mit Geschlecht g und Alter x am 31.12. des Jahres t
$q_{x,t}^{(g)}$	Einjährige Sterbewahrscheinlichkeit mit Geschlecht g und Alter x im Jahr t

Eine Besonderheit bei der Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeiten ergibt sich bei den Neugeborenen. Die Sterblichkeit der Neugeborenen ist nicht gleichmäßig über das erste Lebensjahr verteilt, weshalb die zuvor erwähnte Annahme einer gleichmäßigen Verteilung hier keine Berücksichtigung findet. Aus diesem Grund wird der Anteil der im ersten halben Lebensjahr versterbenden Neugeborenen an allen im ersten Lebensjahr gestorbenen Neugeborenen geschätzt. Das Statistische Bundesamt legt in seinen Vorausberechnungen hierfür einen Näherungswert von $\alpha = 0,90$ für Jungen und $\alpha = 0,89$ für Mädchen zugrunde.²⁹ Daraus ergibt sich für die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeiten von Neugeborenen im Jahr t zum 31.12. des jeweiligen Jahres der nachfolgende Zusammenhang (Gleichung 8). Dabei wird die Annahme berücksichtigt, dass alle Geburten zur Jahresmitte stattfinden.

$$s_{0,t}^{(g)} = 1 - \alpha^{(g)} \cdot q_{0,t}^{(g)} \quad (8)$$

mit

$s_{0,t}^{(g)}$	Einjährige Überlebenswahrscheinlichkeit mit Geschlecht g und Alter 0 am 31.12. des Jahres t
$q_{0,t}^{(g)}$	Einjährige Sterbewahrscheinlichkeit mit Geschlecht g und Alter 0 im Jahr t
$\alpha^{(g)}$	Anteil der Neugeborenen an allen Neugeborenen, die innerhalb des ersten halben Lebensjahres versterben

Diese Berücksichtigung beeinflusst ebenfalls die Wahrscheinlichkeit, dass ein Neugeborenes das Ende des Jahres $t + 1$ erreicht. Dementsprechend verändert sich die für die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeiten verwendete Gleichung 7 folgendermaßen:

$$p_{x,t}^{(g)} = \left(1 - q_{x,t}^{(g)}\right) \cdot \frac{1 - \frac{q_{x+1,t+1}^{(g)}}{2}}{s_{0,t}^{(g)}} \quad (9)$$

mit

$p_{x,t}^{(g)}$	Einjährige Überlebenswahrscheinlichkeit mit Geschlecht g und Alter x am 31.12. des Jahres t
$q_{x,t}^{(g)}$	Einjährige Sterbewahrscheinlichkeit mit Geschlecht g und Alter x im Jahr t
$s_{0,t}^{(g)}$	Einjährige Überlebenswahrscheinlichkeit mit Geschlecht g und Alter 0 am 31.12. des Jahres t

4.2 Komponente 2: Fertilität

Die Berechnung der Geburten in einem Kalenderjahr basiert auf der Anwendung von altersspezifischen Geburtenraten auf die weibliche Bevölkerung im reproduktiven Alter (15-49

²⁹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011), S. 4.

Jahre). In der Basisannahme (Variante F1) bleibt die allgemeine Geburtenziffer auf einem konstanten Niveau von 1,4 Kindern je Frau; als Ausgangspunkt fungiert hier die allgemeine Geburtenrate des Basisjahres 2010. Analog dazu werden auch die altersspezifischen Geburtenziffern in der Basisannahme auf einem gleichbleibenden Niveau gehalten. Als Grundlage fungieren nach Einzelaltersjahr aufgliederte Daten des Statistischen Bundesamtes, die auf Anfrage bereitgestellt wurden. Zusätzlich zur Basisannahme werden für die Fertilität zwei zusätzliche Varianten berücksichtigt. In Variante F2 wird ein Rückgang der Fertilitätsrate von aktuell 1,4 auf 1,2 Kinder je Frau im Jahre 2060 betrachtet, wohingegen Variante F3 einen Anstieg von aktuell 1,4 auf 1,6 Kinder je Frau im Jahre 2060 annimmt. In beiden Fällen erfolgt die Anpassung der Fertilitätsrate linear über die gesamte Zeit.

Die altersspezifischen Geburtenraten werden gleichermaßen auf die bereits in Deutschland lebenden Frauen und die in einem bestimmten Jahr zugewanderten Frauen im Alter von 15-49 Jahre angewendet. Es besteht damit die vereinfachte Annahme, dass die zugewanderten Frauen den Geburtsverhältnissen der deutschen Bevölkerung unterworfen werden. In der Realität ist zu beobachten, dass sich das Geburtenverhalten von deutschen und ausländischen Frauen zunehmend annähert.³⁰ Da diese Annäherung nicht kurzfristig erfolgt, wird durch die vereinfachte Annahme eines identischen Geburtenverhaltens von deutschen, ausländischen und deutschen Frauen mit Migrationshintergrund eine gewisse Ungenauigkeit in Kauf genommen. Für die Bestimmung des Geschlechtsverhältnisses werden Daten zum Geschlecht der lebenden Neugeborenen seit der Wiedervereinigung verwendet (Zeitraum 1991-2010). Daraus ergibt sich ein Verhältnis von 51,3% Jungen und 48,7% Mädchen.

Die Berechnung der Lebendgeborenen im Jahr t erfolgt durch Gleichung 10; zu berücksichtigen ist, dass sich die zugewanderten und fortgezogenen Frauen im Durchschnitt ein halbes Jahr im betrachteten Gebiet aufhalten. Aus diesem Grund werden die entsprechenden altersspezifischen Geburtenraten jeweils nur zur Hälfte in die Berechnung der Geburten eingebracht.³¹

$$G_t = \sum_x f_{x,t} \cdot \left(B_{x,t}^{(w)} - \left(1 + p_{x-1,t-1}^{(w)} \right) \cdot \frac{W_{x,t}^{(w)}}{4} \right) \quad (10)$$

mit

G_t	Zahl der im Jahr t Lebendgeborenen
$f_{x,t}$	Mittlere Zahl lebend geborener Kinder je Frau im Jahr t , die am 31.12. t x -Jahre alt ist
$B_{x,t}^{(w)}$	Weibliche Bevölkerung im Alter x am 31.12. des Jahres t
$p_{x,t}^{(w)}$	Wahrscheinlichkeit, mit der eine Person, die am 31.12. t x -Jahre alt war, den 31.12. $t+1$ erlebt
$W_{x,t}^{(w)}$	Außenwanderungssaldo der weiblichen Bevölkerung im Alter x und Jahr t $\left(Z_{x,t}^{(w)} - F_{x,t}^{(w)} \right)$
$Z_{x,t}^{(w)}$	Zuzüge der weiblichen Bevölkerung im Alter x und Jahr t
$F_{x,t}^{(w)}$	Fortzüge der weiblichen Bevölkerung im Alter x und Jahr t

In der Gleichung ist erkennbar, dass die Neugeborenen der zugewanderten Frauen im Alter von 15-49 Jahre bereits enthalten sind. Zur Berechnung der Anzahl der Neugeborenen am Ende des Jahres t müssen zusätzlich die zugewanderten Neugeborenen (d. h. die zugewanderten Mädchen und Jungen im Alter $x = 0$) sowie die Säuglingssterblichkeit im ersten Lebensjahr berücksichtigt werden. Hieraus ergibt sich unter Berücksichtigung

³⁰ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009b), S. 24.

³¹ Vgl. Bretz (2000), S. 652f.

des zuvor ermittelten Verhältnisses von männlichen und weiblichen Lebendgeborenen die Anzahl der Neugeborenen am Ende des Jahres t aus Gleichung 11.

$$B_{0,t}^{(g)} = s_t^{(g)} \cdot \sum_x G_t^{(g)} + \left((1 + s_t^{(g)}) \cdot \frac{W_{0,t}^{(g)}}{2} \right) \quad (11)$$

mit

$B_{0,t}^{(g)}$	Anzahl der Neugeborenen mit dem Geschlecht g am 31.12. des Jahres t
$s_t^{(g)}$	Einjährige Überlebenswahrscheinlichkeit mit Geschlecht g und Alter 0 am 31.12. des Jahres t
$G_t^{(g)}$	Zahl der im Jahr t Lebendgeborenen mit dem Geschlecht g
$W_{0,t}^{(g)}$	Außenwanderungssaldo mit Geschlecht g und Alter 0 im Jahr t ($Z_{0,t}^{(g)} - F_{0,t}^{(g)}$)
$Z_{0,t}^{(g)}$	Zuzüge mit Geschlecht g und Alter 0 im Jahr t
$F_{0,t}^{(g)}$	Fortzüge mit Geschlecht g und Alter 0 im Jahr t

Innerhalb des Modells wird eine kohortenspezifische Betrachtung der Fertilität nicht berücksichtigt. Eine kohortenspezifische Betrachtung der Fertilität bezieht sich auf die Frauen eines Geburtsjahrgangs und das Alter, welches diese bei der Geburt ihrer Kinder haben. Die Entwicklung zeigt, dass es zu einer zeitlichen Verschiebung der relativen Häufigkeit der Geburten in Richtung höherer Altersgruppen kommt, d. h. Frauen bei der Geburt ihrer Kinder im Mittel älter sind als die Frauen in der Vergangenheit (siehe Abbildung 6 in Kapitel 5.2).³² Diese Verschiebung wirkt sich auf die Zahl der Neugeborenen aus, da die Altersjahrgänge der Frauen unterschiedlich stark besetzt sind. Diese Verschiebung kann beispielsweise mit Hilfe eines Gompertz-Ansatzes modelliert werden.³³ Entscheidend für den Einfluss auf die Entwicklung des Bevölkerungsbestandes ist jedoch nicht die direkte Verschiebung der relativen Häufigkeiten, sondern die daraus resultierende Veränderung der Gesamtfertilität bzw. der Fertilitätsrate.³⁴ Aufgrund der geringen Auswirkungen wird auf die Modellierung einer solchen Verschiebung verzichtet. Die generellen Effekte werden jedoch durch eine Variation der Fertilitätsrate berücksichtigt, ähnlich der Vorgehensweise des Statistischen Bundesamtes.³⁵ Das Statistische Bundesamt führt in seinen Modellrechnungen zusätzlich eine Verschiebung der relativen Geburtenziffern bis zum Jahr 2020 durch und nimmt diese für die Folgejahre 2021-2060 als konstant an (siehe Abbildung 6 in Kapitel 5.2).³⁶

4.3 Komponente 3: Migration

Im Vergleich zur Entwicklung der Mortalität und Fertilität lassen sich im Bereich der Migration nur sehr schwer Trends ableiten. Ursächlich hierfür ist die Vielzahl an Faktoren, die auf etwaige Wanderungsbewegungen Einfluss nehmen. Hierzu gehört neben dem Migrationspotenzial der Herkunftsländer – beeinflusst durch sozioökonomische und politische Rahmenbedingungen – ebenso die Migrationspolitik der Zielländer.³⁷ Ausschlaggebend für die

³² Vgl. Bomsdorf und Babel (2004), S. 1053.

³³ Vgl. Babel (2007), S. 49.

³⁴ Eigene Berechnungen haben gezeigt, dass eine Verschiebung der relativen Häufigkeit unter der Annahme einer konstanten Fertilitätsrate von 1,4 den Gesamtbevölkerungsbestand in 2060 lediglich um 0,8% verändert. Im Vergleich dazu führt eine Erhöhung der Fertilität von 1,4 auf 1,5 zu einer Veränderung des Gesamtbevölkerungsbestandes in 2060 um 6,6%.

³⁵ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009b), S. 27.

³⁶ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009b), S. 28.

³⁷ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009b), S. 31.

Bevölkerungsprojektion sind längerfristige Trends im Außenwanderungssaldo. Als Grundlage fungieren nach Einzelaltersjahr und Geschlecht aufgegliederte Daten des Statistischen Bundesamtes zur Außenwanderung seit der Wiedervereinigung.

Außenwanderungen werden im Modell einem einfachen deterministischen Ansatz folgend berücksichtigt. Die Basis hierfür bilden zum einen Außenwanderungssalden, d. h. die Differenz aus Zu- und Fortzügen in einem Kalenderjahr (Nettomigration). Zum anderen werden Informationen zur aggregierten Höhe der Fortzüge berücksichtigt. Da die Höhe der Fortzüge ins Ausland über die Zeit relativ stabil ist, wird dieser Wert auch als Sockelwanderung bezeichnet.³⁸ Die Höhe der Zuwanderungen ergibt sich dann als Addition aus Sockelwanderung und Außenwanderungssaldo. Mit dieser Unterscheidung wird berücksichtigt, dass sich die Altersstruktur der Zu- und Fortzüge unterscheidet und auch dann ein Effekt auf die Bevölkerungsstruktur vorhanden ist, wenn der Wanderungssaldo Null beträgt. Der Rückgriff auf in absolute Zahlen ausgedrückte Außenwanderungssalden erfolgt im Rahmen von Bevölkerungsvorausrechnungen routinemäßig – ursächlich hierfür ist die bereits angesprochene große Unsicherheit, die sich aus den häufig stark schwankenden Wanderungsbewegungen im Zeitverlauf ergibt.³⁹

Aufbauend auf den Außenwanderungen der Jahre 2000-2010 erfolgt zunächst die Bestimmung der mittleren Zu- und Fortzüge nach Einzelaltersjahr und Geschlecht. Im Mittel ergibt sich für die Jahre 2000-2010 eine Zuwanderung (Abwanderung) von 760.317 (661.305) Personen pro Jahr; für Männer beträgt die durchschnittliche Zuwanderung (Abwanderung) 444.303 (409.650) Personen, für Frauen 316.014 (251.655) Personen. Dieses geschlechtsspezifische Verhältnis der Zu- und Fortzüge wird für den weiteren Verlauf der Modellrechnungen konstant gehalten. Für den durchschnittlichen Außenwanderungssaldo ergibt sich aus den Jahren 2000-2010 ein Wert von 99.012 Personen pro Jahr, wobei der Saldo der Männer (Frauen) 34.652 (64.359) Personen beträgt. Damit entfallen in den Jahren 2000-2010 rund 35% des Außenwanderungssaldos auf Männer und 65% auf Frauen.

Für jedes einzelne Altersjahr werden anschließend geschlechtsspezifisch die relativen Anteile an der Gesamthöhe der Zu- und Fortzüge berechnet und im Zeitverlauf konstant gehalten. Ein im Mittel der Jahre 2000-2010 positiver Wert drückt sich entsprechend in einem positiven prozentualen Anteil aus, ein negativer Wert entsprechend in einem negativen prozentualen Anteil. Die so ermittelte Alters- und Geschlechtsstruktur der Zu- und Fortzüge wird in einem abschließenden Schritt auf die zugrunde gelegte Sockelwanderung und die Höhe der Zuwanderung – die sich aus der Sockelwanderung plus Außenwanderungssaldo ergibt – angewendet.

Für alle betrachteten Varianten wird eine Sockelwanderung von 600.000 Personen pro Jahr angenommen, die Annahmen zum Außenwanderungssaldo werden hingegen variiert. In der Basisannahme (W1) beträgt die Höhe des Außenwanderungssaldos 100.000 Personen ab dem Jahr 2011 – ein Niveau, das dem bereits erwähnten durchschnittlichen Außenwanderungssaldo der Jahre 2000-2010 sehr nahe kommt. Dieses Vorgehen erfolgt abweichend von den Annahmen des Statistischen Bundesamtes, das in der Basisannahme von einem schrittweisen Anstieg des Außenwanderungssaldos von 40.000 Personen im Jahr 2011 auf

³⁸ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009b), S. 35 und 48.

³⁹ Vgl. Rowland (2003), S. 445.

konstant 100.000 Personen ab dem Jahr 2014 ausgeht.⁴⁰ Da die amtliche Statistik für das Jahr 2010 ein gegenüber den vorangegangenen Jahren wieder deutlich höheren Außenwanderungssaldo von rund 127.000 Personen ausweist, erscheint die getroffene Annahme angebracht. Darüber hinaus wird in zwei zusätzlichen Varianten ein Anstieg des Außenwanderungssaldos auf bis zu 200.000 Personen angenommen. Ausgehend vom Außenwanderungssaldo der Basisannahme (W1, 100.000 Personen im Jahr 2011) wird ein konstanter Anstieg des Außenwanderungssaldos auf 150.000 (Variante W2) sowie auf 200.000 (Variante W3) Personen im Jahr 2020 simuliert.

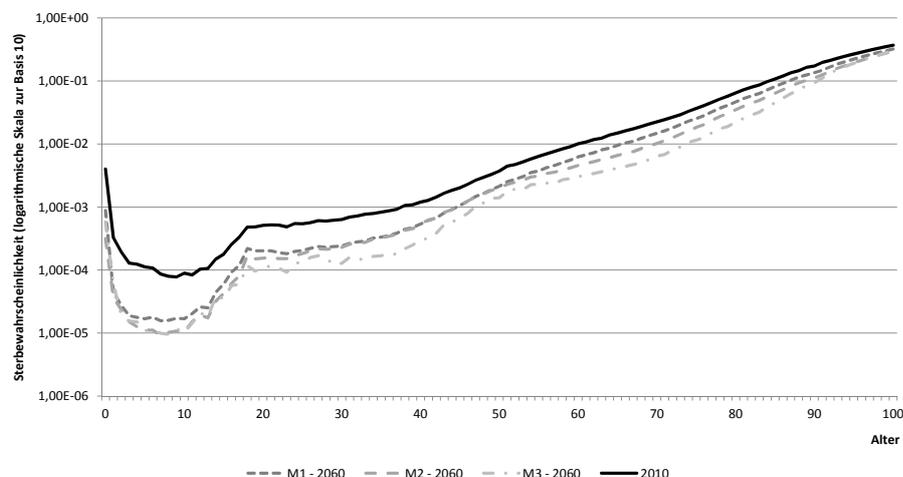
5 Ergebnisse der Bevölkerungsprojektion

In den folgenden Abschnitten sollen die Ergebnisse der Projektionen – sowohl der einzelnen Komponenten als auch der Bevölkerung insgesamt – präsentiert werden. Darüber hinaus erfolgt ein Vergleich mit den Ergebnissen der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes. Als Vergleichsbasis dient dabei die Variante 1-W1 (mittlere Bevölkerung, Untergrenze) sowie die Variante 2-W1, die sich durch einen stärkeren Anstieg der Lebenserwartung auszeichnet. Beiden Varianten liegt darüber hinaus eine konstante Fertilitätsrate von 1,4 Kindern je Frau sowie ein Außenwanderungssaldo von 100.000 Personen ab dem Jahr 2014 zugrunde.⁴¹

5.1 Ergebnisse zum Verlauf der Mortalität

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die projizierten Sterblichkeitsverhältnisse im Jahr 2060 für alle drei Varianten gegenüber dem Referenzjahr 2010.

Abbildung 3: Verlauf der männlichen Sterbewahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Alters, 2010 und 2060 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt 2012b)

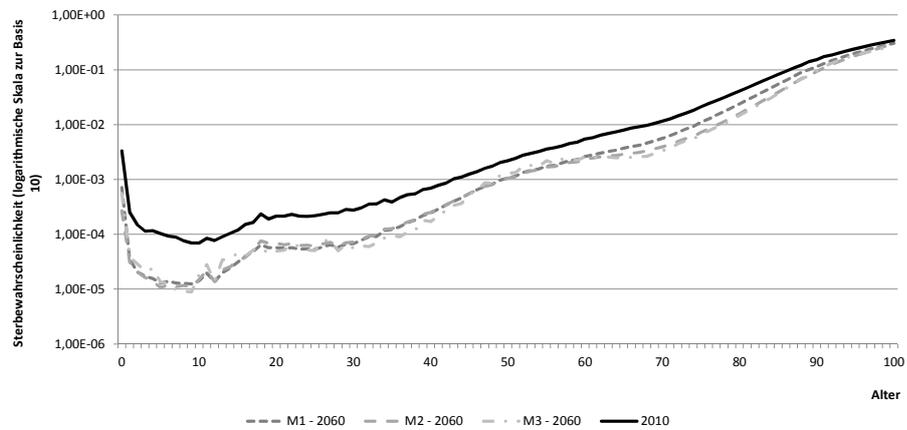


⁴⁰ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009b), S. 34.

⁴¹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009c).

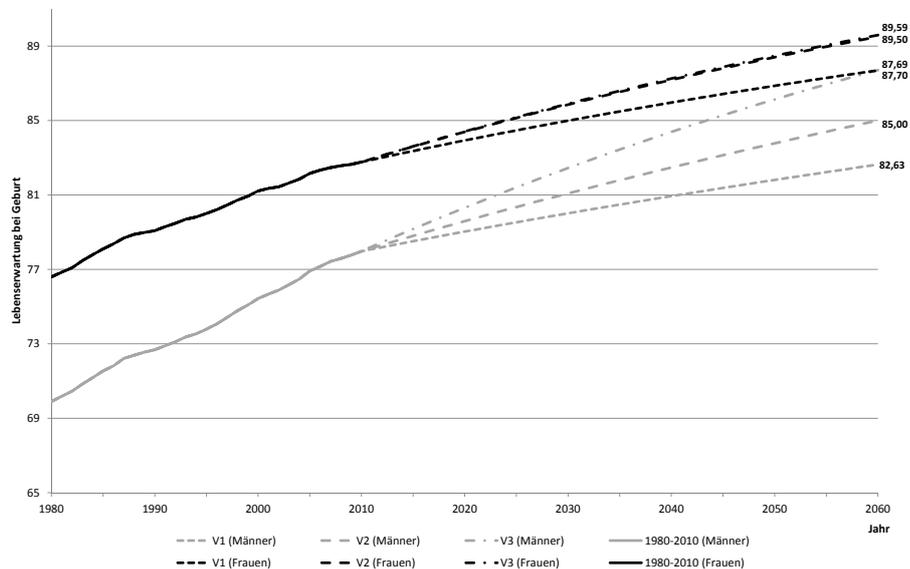
Es ist erkennbar, dass die in Kapitel 3.1 beschriebene Annahme und Methodik zu einer deutlichen Reduzierung der Sterbewahrscheinlichkeiten über den gesamten Altersbereich 0-100 Jahre führt. Dabei ist die Veränderung der Sterbewahrscheinlichkeiten im niedrigeren Altersbereich stärker ausgeprägt als im höheren Altersbereich. Weiterhin zeigen die Abbildungen 3 und 4, dass sich im Altersbereich 90+ sowohl die Sterbewahrscheinlichkeiten der einzelnen Varianten in 2060 als auch im Vergleich zu den Sterbewahrscheinlichkeiten in 2010 angleichen.

Abbildung 4: Verlauf der weiblichen Sterbewahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Alters, 2010 und 2060 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt 2012b)



Die Veränderung der Sterblichkeitsverhältnisse über die Zeit wird in Abbildung 5 deutlich. Diese zeigt die Entwicklung der Lebenserwartung bei Geburt auf Grundlage der im jeweiligen Jahr ermittelten Sterbewahrscheinlichkeiten.

Abbildung 5: Entwicklung der männlichen und weiblichen Lebenserwartung über die Zeit (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt 2012b und 2012c)



Insgesamt ist erkennbar, dass der von 1980-2010 vorherrschende ansteigende Trend der Lebenserwartung auch über den Prognosezeitraum 2011-2060 tendenziell fortgeführt wird, wenn auch in unterschiedlich starkem Ausmaß. Die Lebenserwartung der Männer steigt dabei von 77,97 Jahre in 2010 auf 82,63 Jahre (Variante M1) bzw. 87,70 Jahre (Variante M3) in 2060. Die Lebenserwartung der Frauen steigt hingegen von 82,77 Jahre in 2010 auf 87,69 Jahre (Variante M1) bzw. 89,59 Jahre (Variante M3) in 2060. Bei den Frauen ist zusätzlich erkennbar, dass der Verlauf der Lebenserwartung in Variante M2 und M3 nahezu identisch ist, obwohl sich die altersbezogenen Sterbewahrscheinlichkeiten der beiden Varianten durchaus unterscheiden, wie in Abbildung 4 zu erkennen ist. In aggregierter Form scheinen sich die Unterschiede in den altersbezogenen Sterbewahrscheinlichkeiten gegenseitig auszugleichen, was sich in einer Angleichung der Lebenserwartung niederschlägt. Dieser Verlauf impliziert, dass Variante M3 – im Vergleich zu den anderen beiden Varianten – zu einer stärkeren Anpassung der Lebenserwartung von Männern und Frauen führt.

Tabelle 2 stellt darüber hinaus einen Vergleich der Lebenserwartung der hier betrachteten Varianten mit den Annahmen zur Lebenserwartung der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes – Basisannahme (1-W1) und stärkerer Anstieg (2-W1) – dar. Es ist erkennbar, dass die Variante M1 eine eher konservative Entwicklung der Überlebenswahrscheinlichkeiten annimmt. Variante M2 entspricht nahezu der Basisannahme 1-W1 und Variante M3 weitestgehend der Annahme eines stärkeren Anstiegs in Variante 2-W1. Lediglich die Lebenserwartung der Frauen in Variante M3 liegt um ca. 1,6 Jahre unter der Lebenserwartung der Frauen in Variante 2-W1 des Statistischen Bundesamtes.

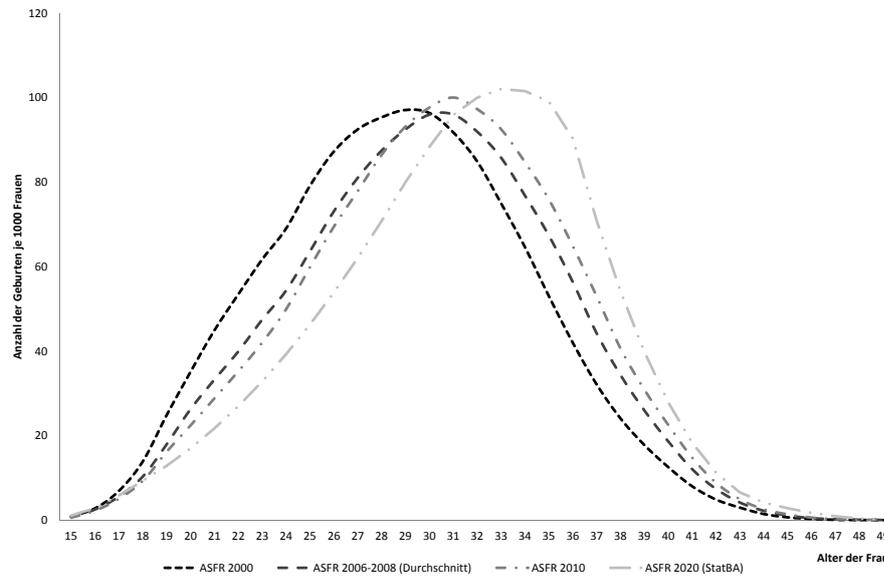
Tabelle 2: Lebenserwartung bei Geburt im Jahr 2060 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt 2009c)

	Variante M1	Variante M2	Variante M3	1-W1	2-W1
männlich	82,47	84,87	87,76	85,00	87,70
weiblich	87,64	89,52	89,64	89,20	91,20

5.2 Ergebnisse zum Verlauf der Fertilität

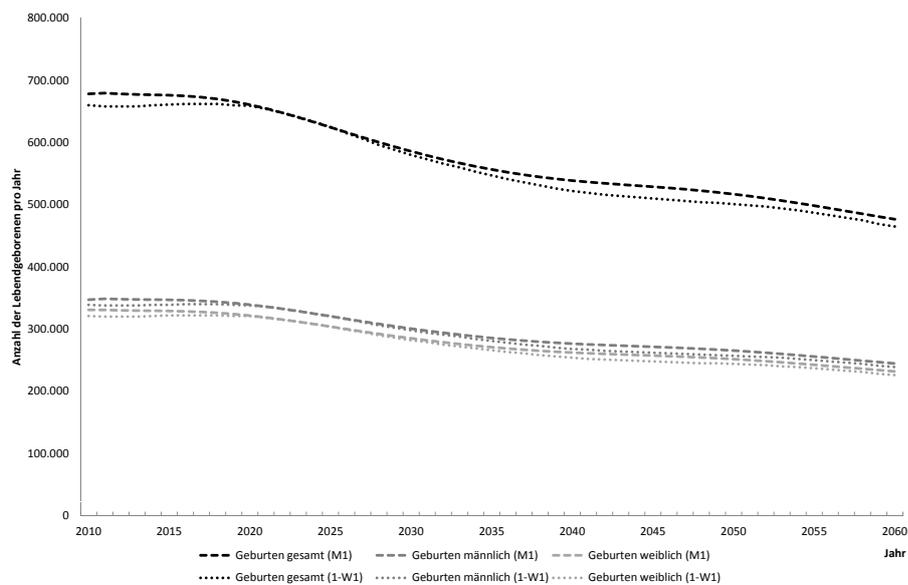
Wie in Kapitel 3.2 deutlich gemacht, folgt die Berücksichtigung der Fertilität einem deterministischen Ansatz, bei dem die altersspezifischen Geburtenraten im Zeitablauf konstant gehalten werden und keine Verschiebung in höhere Altersklassen stattfindet. Im Modell zur Bevölkerungsprojektion werden die altersspezifischen Geburtenraten des Jahres 2010 verwendet. In Abbildung 6 sind die altersspezifischen Geburtenraten der Jahre 2000, 2005 und 2010 sowie der Durchschnitt der Jahre 2006-2008 enthalten. Die Darstellung macht deutlich, dass im Laufe der Zeit die in Abschnitt 3.2 bereits erwähnte Verschiebung der Geburtenraten in höhere Altersklassen stattgefunden hat (d. h. die Frauen im reproduktiven Alter vermehrt zu einem späteren Zeitpunkt Mutter werden). Aus diesem Grund führt das Statistische Bundesamt die beschriebene Verschiebung der Geburtenraten bis zum Jahr 2020 durch, welche ebenfalls in Abbildung 6 dargestellt ist.

Abbildung 6: Anzahl der Geburten je 1.000 Frauen im reproduktiven Alter, (eigene Darstellung, Statistisches Bundesamt, auf Anfrage bereitgestellt)



Die quantitative Entwicklung der Geburtenzahl wird in Abbildung 7 ersichtlich. Da sich die Anzahl der Lebendgeborenen in den drei durchgeführten Varianten zur Sterblichkeitsentwicklung nur minimal unterscheidet, wird der Verlauf der Geburten im Zeitverlauf anhand von Variante M1 (Berücksichtigung der langfristigen Sterblichkeitsentwicklung) aufgezeigt.

Abbildung 7: Entwicklung der Lebendgeborenen im Zeitverlauf, 2010-2060 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt 2009c)



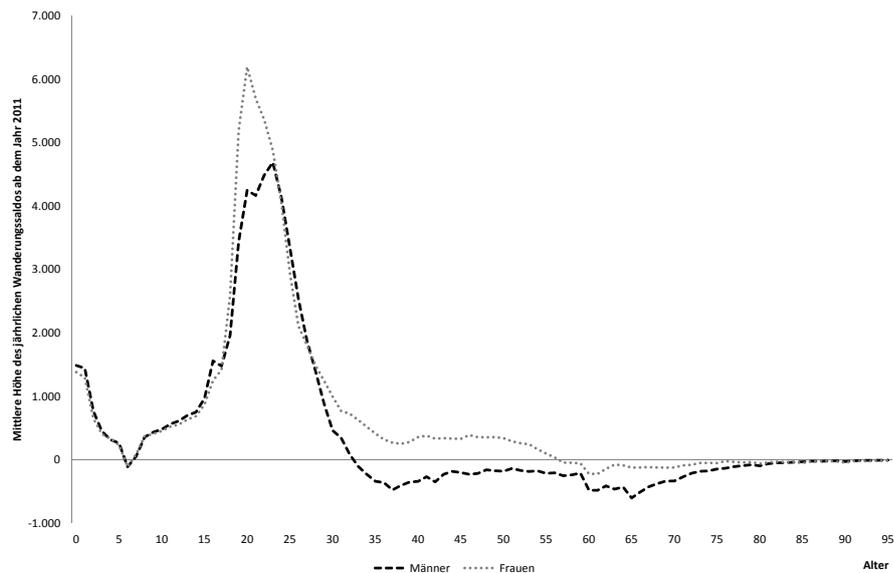
Die Zahl der Geburten nimmt demnach von 678.233 im Jahr 2010 auf 476.634 Geburten im Jahr 2060 ab. Im Vergleich dazu nimmt die Zahl der Lebendgeborenen in Variante 1-W1 der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung von 660.000 im Jahr 2010 auf 465.000 im Jahr 2060 ab. In der Abbildung sind zwar geringe Abweichungen der einzelnen

Varianten über die Zeit erkennbar (Variante M1 vs. 1-W1), jedoch führt keine der betrachteten Varianten zu einer generell höheren oder niedrigeren Anzahl an Lebendgeborenen. An dieser Stelle sei noch einmal erwähnt, dass die Höhe der Geburtenzahl maßgeblich durch die Annahmen zur Entwicklung der Fertilitätsrate beeinflusst wird und demgegenüber eine Verschiebung der Geburtenrate nur geringe Auswirkungen hat. So führt die Berücksichtigung der vom Statistischen Bundesamt durchgeführten Verschiebung im Jahr 2060 zu einer Geburtenzahl in Höhe von 493.190 – dies entspricht einer Steigerung um ca. 3% gegenüber der Basisannahme (konstante Gesamtfruchtbarkeitsrate von 1,4 Kindern je Frau). Vergleichend dazu erhöht sich die Geburtenzahl im Jahr 2060 unter der Annahme einer erhöhten Fertilitätsrate von 1,5 auf 522.495, was einem Anstieg um ca. 10% entspricht.

5.3 Ergebnisse zum Verlauf der Migration

Aufgrund der hohen Unsicherheit, die mit der Entwicklung von Wanderungsbewegungen verbunden ist, wurden Außenwanderungen in einer einfachen Form im Projektionsmodell berücksichtigt. Für den Zeitraum 2000-2010 wurde die Alters- und Geschlechtsstruktur der Zu- und Fortzüge analysiert und gemittelt. Die so ermittelte Struktur wurde im Zeitverlauf konstant gehalten und auf die Sockelwanderung sowie den angenommenen Außenwanderungssaldo in Höhe von 100.000 Personen angewendet. Die Höhe des Außenwanderungssaldos bleibt innerhalb des Projektionszeitraums unverändert. Abbildung 8 verdeutlicht die im Modell verwendete Alters- und Geschlechtsstruktur sowie die absolute Höhe des Außenwanderungssaldos ab dem Jahr 2011.

Abbildung 8: Höhe des jährlichen Außenwanderungssaldos ab 2011 nach Alter und Geschlecht - Sockelwanderung 600.000, Wanderungssaldo 100.000 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt, auf Anfrage bereitgestellt)



Aus den Daten des Statistischen Bundesamtes⁴² (Basisannahme) geht eine abweichende alters- und geschlechtsspezifische Aufteilung des aggregierten Außenwanderungssaldos hervor (siehe Tabelle 3). Dabei ist nicht genau bekannt, wie die Alters- und Geschlechtsstruktur des Außenwanderungssaldos abgeleitet wurde. Die abweichende Struktur kann unter anderem in unterschiedlichen Annahmen zur Sockelwanderung begründet liegen.

Tabelle 3: Alters- und geschlechtsspezifische Außenwanderungssalden im Jahr 2014 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt, auf Anfrage bereitgestellt)

Alter	StatBA - W1		Variante - W1	
	Männer	Frauen	Männer	Frauen
unter 15	5.236	4.806	8.581	7.918
15-20	5.394	7.921	9.406	11.332
20-25	18.132	22.645	21.741	26.195
25-30	10.155	9.551	10.042	9.592
30-35	4.003	4.382	560	3.642
35-40	1.456	2.041	-1.927	1.541
40-45	1.516	1.704	-1.363	1.748
45-50	1.984	2.024	-975	1.792
50-55	1.372	1.525	-841	1.306
55-60	404	509	-1.116	-8
60+	-4.652	-2.109	-6.726	-2.441
Summe	45.000	55.000	37.382	62.618

Es zeigt sich, dass in der hier betrachteten Variante W1 der Außenwanderungssaldo bei den Männern in den Altersbereichen bis 25 Jahren sowohl absolut als auch relativ größer ist und in den Altersbereichen über 25 absolut und relativ kleiner. Darüber hinaus ist auffällig, dass der Außenwanderungssaldo der Variante W1 in den Altersbereichen ab 35 Jahre durchgängig negativ ausfällt, während dies in den Vorausberechnungen des Statistischen Bundesamtes erst ab 60 Jahren der Fall ist. Bei den Frauen ergeben sich in der Variante W1 positive Außenwanderungssalden bis in den Altersbereich 50-55 Jahre - erst darüber hinaus ist der altersspezifische Außenwanderungssaldo der Frauen negativ.

In Folge des zugrunde gelegten Außenwanderungssaldos in Höhe von 100.000 Personen ab dem Jahr 2011 (Basisannahme, Variante W1) kommt es zu einem kumulierten Wanderungsgewinn in Höhe von 5 Millionen Personen innerhalb des Zeitraums 2011 bis 2060. Der kumulierte Wanderungsgewinn für die 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung liegt aufgrund der leicht abweichenden Annahmen (vgl. Kapitel 4.3) etwas niedriger (4,88 Millionen Personen bis 2060).⁴³

5.4 Ergebnisse zur Bevölkerungsentwicklung

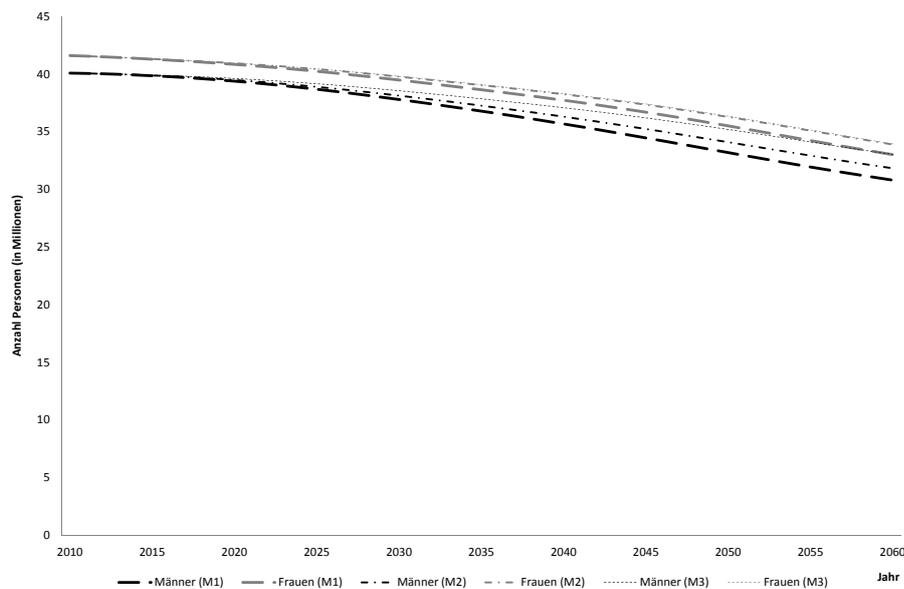
Im Folgenden sollen einige ausgewählte Ergebnisse der Bevölkerungsentwicklung und Bevölkerungsstruktur vorgestellt werden. Die Ergebnisse beziehen sich dabei auf die in Abschnitt 4.1 dargestellten Varianten zur Sterblichkeitsentwicklung (M1-M3), einer Fertilitätsrate von 1,4 (Variante F1) und einem Außenwanderungssaldo von 100.000 Personen

⁴² Vgl. Statistisches Bundesamt (2009c).

⁴³ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009c)

ab 2011 (Variante W1), dem ersten Jahr der Bevölkerungsprojektion. Innerhalb des Beobachtungszeitraumes kommt es in allen drei Varianten zu einem absoluten Rückgang der Bevölkerung: Von 81.681.091 Personen im Jahr 2010 auf 63.809.242 Personen im Jahr 2060 in Variante M1, 65.712.285 Personen in Variante M2 und 66.966.700 Personen in Variante M3. Abbildung 9 verdeutlicht die absolute Bevölkerungsentwicklung im Zeitraum 2010-2060 getrennt für Männer und Frauen.

Abbildung 9: Entwicklung des Bevölkerungsumfangs im Zeitraum 2010 bis 2060 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen)



Daneben kommt es zu Veränderungen im Altersaufbau der Bevölkerung: Während die Besetzung der jüngeren und mittleren Altersgruppen abnimmt, weisen die höheren Altersgruppen starke Zuwächse auf. Diese Entwicklung ist für die drei Varianten in den Abbildungen 10-12 dargestellt. Die Form der Bevölkerungspyramiden gibt Aufschluss über die Alters- und Geschlechtsstruktur der deutschen Bevölkerung im Zeitverlauf. So verdeutlicht bereits die Silhouette der Bevölkerungspyramide des Jahres 2010, dass es zu einem Umbau in der Bevölkerungsstruktur kommen wird. Ausschlaggebend hierfür ist die starke Besetzung der mittleren Altersgruppen in Verbindung mit einer niedrigen Fertilität und einer hohen Lebenserwartung. In der Folge sind die jüngeren Altersjahre immer schwächer besetzt. Die Bevölkerungspyramide des Jahres 2060 deutet eine insgesamt alte Bevölkerung mit niedrigen Geburten- und Sterberaten an. Insgesamt besitzen die Bevölkerungspyramiden über alle drei Sterblichkeitsvarianten hinweg einen ähnlichen Verlauf. Mit Blick auf das Jahr 2060 ergeben sich Abweichungen insbesondere in den höheren Altersjahren, die im direkten Vergleich der Varianten M2 und M3 vornehmlich bei den Männern zu finden sind. Der Grund hierfür liegt in der deutlichen Zunahme der Lebenserwartung bei den Männern zwischen Variante M2 und M3 begründet, der sich im Vergleich dazu bei den Frauen nur sehr gering auswirkt (siehe auch Tabelle 2).

Abbildung 10: Bevölkerungsstruktur in den Jahren 2010, 2030 und 2060, Variante M1 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen)

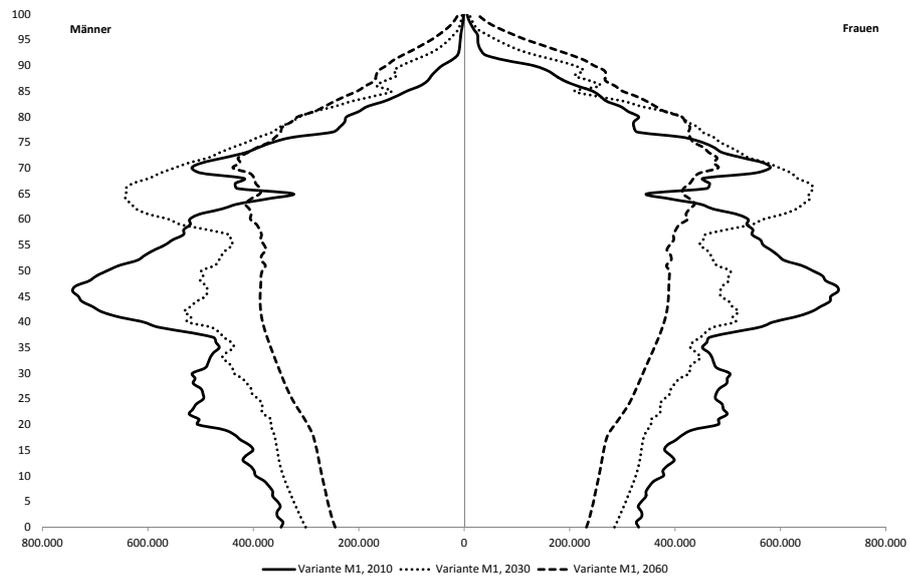


Abbildung 11: Bevölkerungsstruktur in den Jahren 2010, 2030 und 2060, Variante M2 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen)

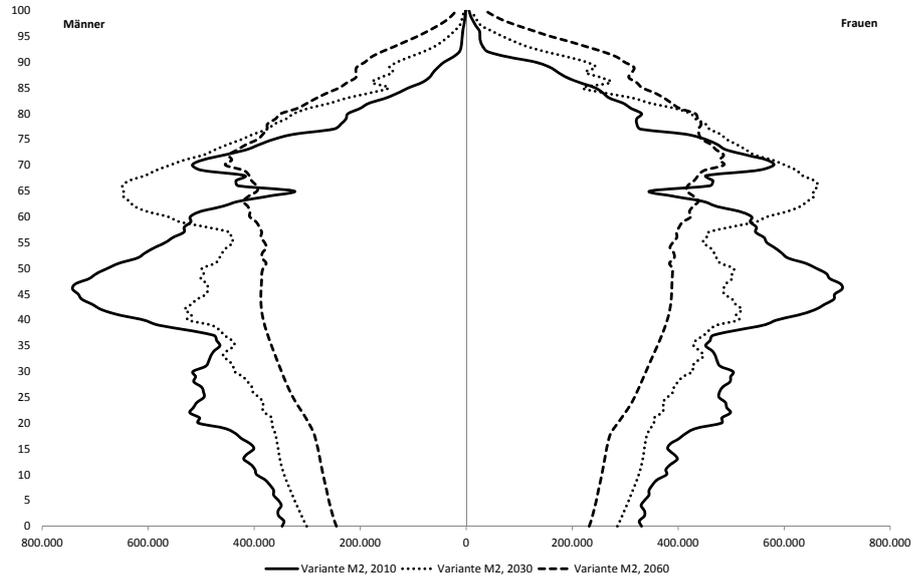
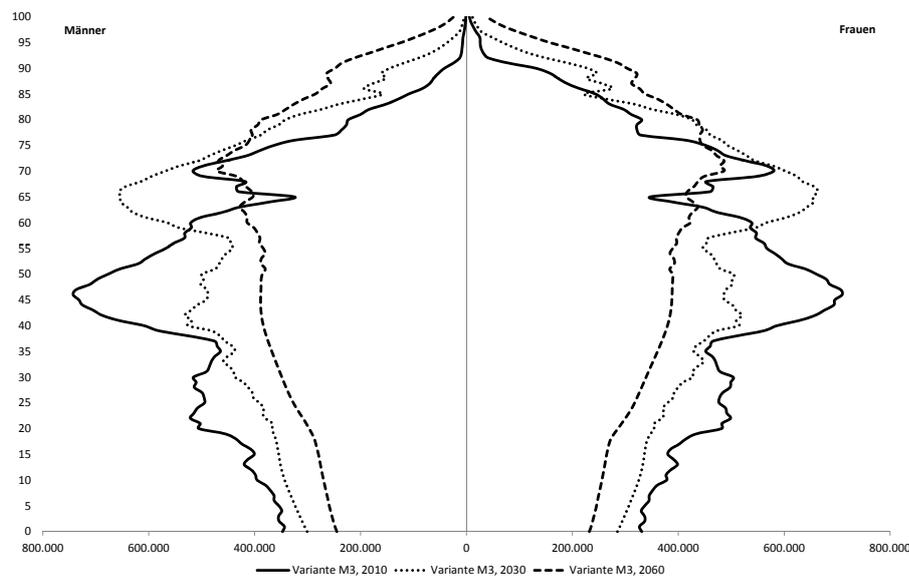


Abbildung 12: Bevölkerungsstruktur in den Jahren 2010, 2030 und 2060, Variante M3 (eigene Darstellung, eigene Berechnungen)



Ein aggregiertes Maß für die Veränderung der Bevölkerungsstruktur über die Zeit liefert der Altenquotient, der in Tabelle 4 abgebildet ist. In diesem Fall stellt er das Verhältnis der 20 bis unter 64-Jährigen zu den Personen in der Altersgruppe 65+ dar. Für alle drei Varianten erfolgt der größte Anstieg des Altenquotienten bis 2040, danach fällt der Anstieg geringer aus. Der Grund für den stärkeren Anstieg bis 2040 liegt in den geburtenstarken Jahrgängen von 1955-1965 (so genannte Baby-Boomer-Generation), die nach 2030 vollständig in der Altersgruppe 65+ vertreten ist. Diese geburtenstarken Jahrgänge sowie deren Verlauf sind ebenfalls sehr gut in den Abbildungen 10-12 erkennbar. So repräsentiert die Generation der im Jahr 1964 Geborenen die bevölkerungsreichste Altersgruppe zu allen drei Beobachtungszeitpunkten (2010, 2030 und 2060).

Tabelle 4: Altenquotient – Anzahl der über 64-Jährigen pro 100 20 – 64 Jährige (eigene Darstellung, eigene Berechnungen)

	2010	2020	2030	2040	2050	2060
Variante M1	33,66	38,79	51,35	58,65	59,14	60,52
Variante M2	33,66	39,16	52,72	61,45	63,53	65,96
Variante M3	33,66	39,40	53,62	63,33	66,40	69,35

Die Abbildungen 13-15 vergleichen den Bevölkerungsaufbau der eigenen Berechnungen mit den Ergebnissen der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes. Als Vergleichsgröße für die Varianten M1 und M2 wurde die Variante 1-W1 (mittlere Bevölkerung, Untergrenze) gewählt, da hier eine bessere Übereinstimmung in den getroffenen Annahmen zur Entwicklung der Lebenserwartung zu erkennen ist (siehe Tabelle 2). Für die Variante M3 wird abweichend auf Variante 2-W1 als Vergleichsgröße zurückgegriffen, da diese den Annahmen zur Entwicklung der Lebenserwartung besser ent-

spricht (siehe Tabelle 2). In allen drei Abbildungen ist dabei erkennbar, dass – im Vergleich zu den jeweiligen Varianten der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes – in den eigenen Berechnungen die jüngeren und mittleren Altersgruppen leicht stärker vertreten sind. Dagegen sind die höheren Altersgruppen – insbesondere die Altersgruppen ab 90 Jahre – geringer vertreten. In den Abbildungen 13-15 ist ebenfalls erkennbar, dass die Abweichungen bei den Frauen etwas größer ausfallen als bei den Männern.

Abbildung 13: Bevölkerungsstruktur in 2060, Variante M1 versus Variante 1-W1 des Statistischen Bundesamtes (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt 2009c)

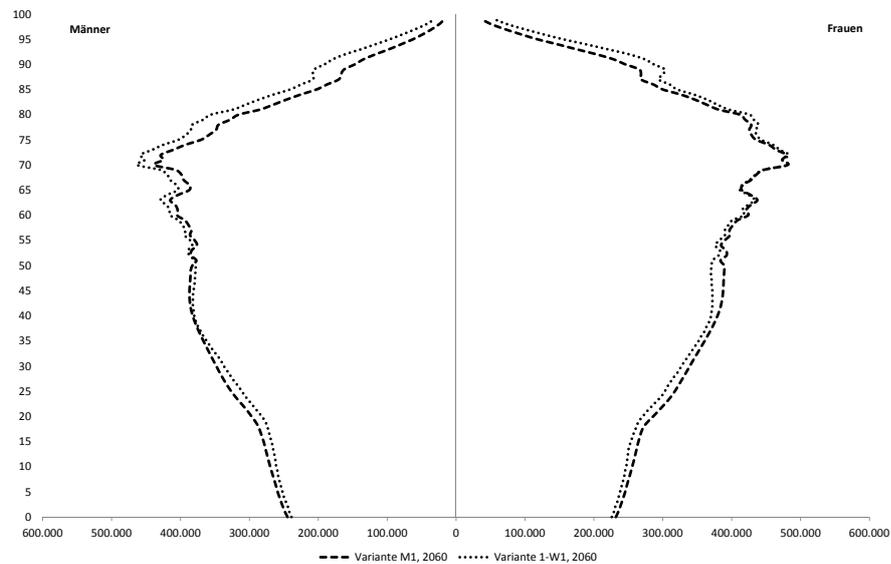


Abbildung 14: Bevölkerungsstruktur in 2060, Variante M2 versus Variante 1-W1 des Statistischen Bundesamtes (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt 2009c)

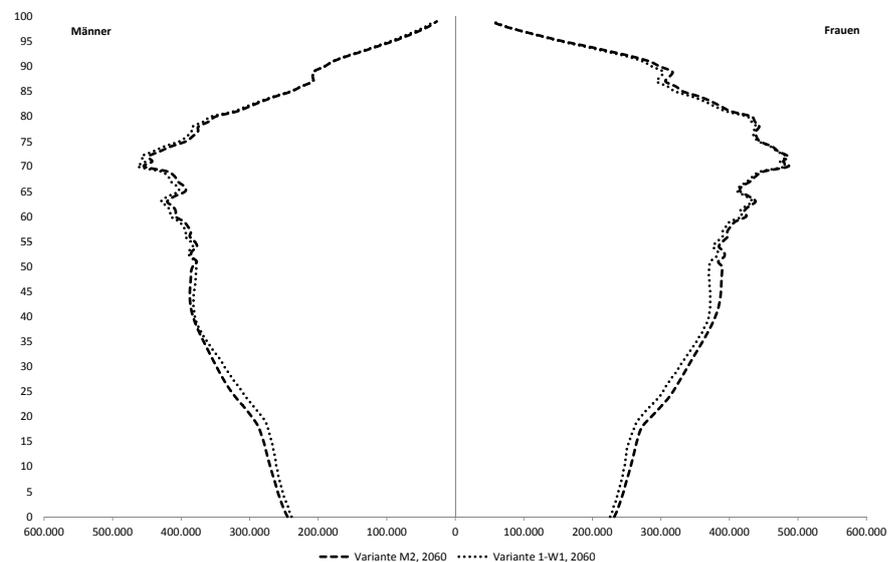
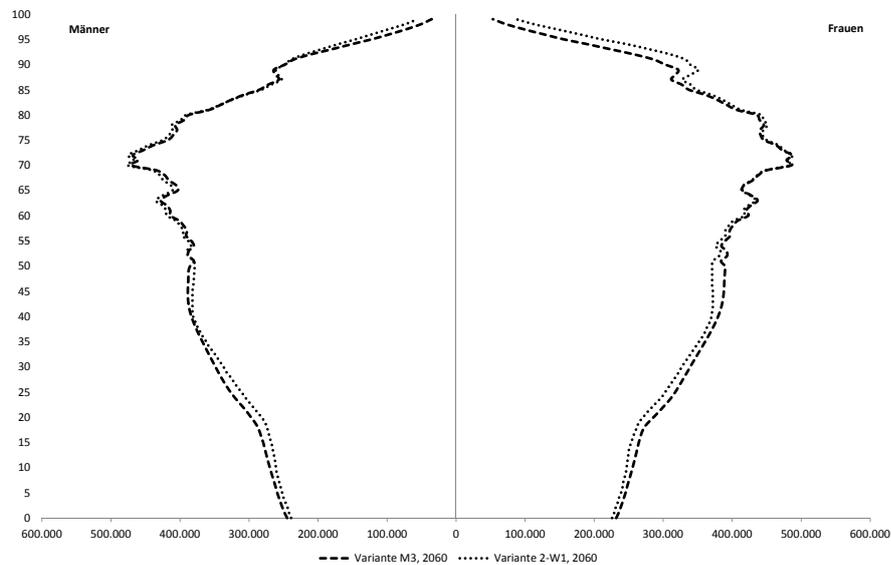


Abbildung 15: Bevölkerungsstruktur in 2060, Variante M3 versus Variante 2-W1 des Statistischen Bundesamtes (eigene Darstellung, eigene Berechnungen sowie Statistisches Bundesamt 2009c)



6 Diskussion

Die Ergebnisse in Abschnitt 5 haben gezeigt, dass zwar keine strukturellen Abweichungen zwischen den eigenen Projektionen und denen des Statistischen Bundesamtes erkennbar sind, geringe Unterschiede aber dennoch existieren. Insbesondere die Abbildungen 13-15 zeigen leichte Abweichungen in der Bevölkerungsstruktur. Dies liegt an den teilweise abweichenden Annahmen zur zukünftigen Entwicklung von Mortalität, Fertilität und Migration. Ein in den Abbildungen gut sichtbarer Unterschied liegt beispielsweise in den unterschiedlichen Annahmen zur alters- und geschlechtsspezifischen Migrationsstruktur. Die hier betrachteten höheren Außenwanderungssalden der jüngeren Altersgruppen führen ceteris paribus zu einem höheren Umfang der Bevölkerung in diesen Altersbereichen. Aus diesem Grund ist der Bevölkerungsumfang der eigenen Varianten – im Vergleich zu den betrachteten Varianten des Statistischen Bundesamtes – bis zur Altersgruppe 35-40 bei den Männern und der Altersgruppe 55-60 Jahre bei den Frauen generell größer. Diese Unterschiede gleichen sich in den höheren Altersjahren partiell an, da sowohl in der Basisannahme der eigenen Projektionen als auch in den hier betrachteten Projektionen des Statistischen Bundesamtes ein Außenwanderungssaldo in Höhe von 100.000 Personen angenommen wird. Darüber hinaus ergeben sich ebenfalls geringe Abweichungen aufgrund von Unterschieden in der altersspezifischen Verteilung der Fertilität sowie aufgrund gewisser Unterschiede in den altersspezifischen Sterbewahrscheinlichkeiten. Da die Annahmen und Entwicklungen der einzelnen Komponenten in der 12. koordinierten Bevölkerungsvorberechnung jedoch nicht im Detail bekannt sind, ist eine abschließende Ursachenanalyse der Abweichungen nicht möglich.

Wie bereits in Abschnitt 3.2 erwähnt, wurde für die hier dargestellte Projektion der Bevölkerung eine deterministische Fortschreibung der drei Komponenten gewählt. Diese Vorgehensweise hat bestimmte Nachteile. So können bspw. Unsicherheiten in der Prognose nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus sind keine Rückschlüsse auf Eintrittswahrscheinlichkeiten der Szenarien möglich.⁴⁴ Um die Unsicherheiten in der Prognose abzubilden, werden – wie bereits dargestellt – verschiedene Varianten aller drei Komponenten berücksichtigt, die auch untereinander kombiniert werden können. Darüber hinaus wurden Sensitivitätsparameter implementiert, die einen höheren Freiheitsgrad in der Konstruktion unterschiedlicher Szenarien ermöglichen. Demzufolge können auch Ergebnisse betrachtet werden, die zwischen den jeweiligen Varianten liegen. Oder es kann der Einfluss von Veränderungen in den zugrundeliegenden Komponenten auf die Bevölkerungsstruktur analysiert werden. Für eine Berücksichtigung von Eintrittswahrscheinlichkeiten bestimmter Prognosen oder die Berechnung von Konfidenzintervallen ist allerdings die Anwendung von stochastischen Methoden notwendig.⁴⁵

In dem vorliegenden Modell können für alle drei Komponenten (Migration, Fertilität und Mortalität) Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden. Damit ist es einerseits möglich die Sensitivität der Ergebnisse zu berücksichtigen und andererseits auf weiterführende Fragestellungen anzuwenden. Auf diese Weise kann beispielsweise der Frage nachgegangen werden, wie sensitiv die Zahl der Pflegebedürftigen auf eine Veränderung der Fertilitätsannahmen, der Sterblichkeitsentwicklung oder den Außenwanderungsbewegungen reagiert. Diese Freiheitsgrade beinhalten die bestehenden Bevölkerungsprojektionen des Statistischen Bundesamtes nur sehr bedingt (in Form unterschiedlicher Varianten).

Die für die Projektionen verwendeten Daten sind ebenfalls mit gewissen Unsicherheiten verbunden. Der Bevölkerungsbestand wird bspw. zwischen zwei Volkszählungen (Zensus) – die letzte Volkszählung wurde 1987 durchgeführt – mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Statistiken zur natürlichen Bevölkerungsbewegung fortgeschrieben. Mit steigendem Abstand zur letzten Volkszählung ergeben sich immer größere Ungenauigkeiten, bspw. aufgrund von Doppelzählungen durch fehlerhafte Ab- oder Anmeldungen bei Umzügen.⁴⁶ Ein in Deutschland 2002 durchgeführter Zensus test hat ergeben, dass von den im Melderegister aufgeführten 79,98 Mio. Personen circa 4,1% Übererfassungen und 1,7% Untererfassungen enthalten waren.⁴⁷ Aus diesen Ergebnissen sowie anhand der Bewertung verschiedener Erhebungsverfahren wurden Empfehlungen für die aktuelle Volkszählung – den Zensus 2011 – abgeleitet.⁴⁸ Der Zensus 2011 wurde im Mai 2011 beendet und detaillierte Ergebnisse sollen im Mai 2013 vorgelegt werden.⁴⁹ Nach Bekanntgabe dieser Ergebnisse werden zukünftige Bevölkerungsprojektionen auf eine neue Ausgangsbasis gestellt werden.

⁴⁴ Vgl. Babel (2007), S. 161.

⁴⁵ Vgl. Babel (2007), S. 17.

⁴⁶ Vgl. Schmid (2000), S. 482.

⁴⁷ Vgl. Statistisches Bundesamt (2004), S. 816.

⁴⁸ Vgl. Statistisches Bundesamt (2004), S. 832.

⁴⁹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2012a)

7 Fazit

Bevölkerungsprojektionen zeigen auf, wie sich Bevölkerungen in Umfang und Struktur im Zeitablauf verändern. Veränderungen ergeben sich aus Sicht der Demografie durch das Zusammenspiel von nur sehr wenigen Ereignissen: Geburten, Sterbefällen und Wanderungen – den Determinanten der Bevölkerungsentwicklung.⁵⁰ Das vorliegende Arbeitspapier beschreibt die Methodik und grundlegende Ergebnisse einer deterministischen Bevölkerungsprojektion nach der Kohorten-Komponenten-Methode. Das methodische Vorgehen orientiert sich dabei im Kern – insbesondere im Hinblick auf die funktionale Verknüpfung und das analytische Grundmodell – an der Vorgehensweise des Statistischen Bundesamtes. Unterschiede in den Ergebnissen sind auf abweichende Annahmen, unterschiedliche Datengrundlagen und vereinzelt abweichende analytische Zusammenhänge zurückzuführen.

Bevölkerungsprojektionen spielen in vielen gesellschaftlichen Bereichen eine wichtige Rolle – wichtiger als die rein zahlenmäßige Entwicklung der Bevölkerung sind dabei Veränderungen in der Bevölkerungsstruktur.⁵¹ Die Ergebnisse dienen dazu, mögliche Szenarien für die Bevölkerungsentwicklung in Deutschland aufzuzeigen. Unter inhaltlichen Gesichtspunkten kann hierdurch ein tieferes Verständnis für die Determinanten dieser Entwicklung und die damit verbundenen Auswirkungen gewonnen werden. Die Ergebnisse können und sollen darüber hinaus im Rahmen von Planungs- und Entscheidungsprozessen angewendet werden – in fast allen gesellschaftspolitischen Bereichen spielt die Bevölkerung eine entscheidende Rolle, beispielsweise wenn es um die Verteilung von Ressourcen oder die Frage von Investitionen geht. Ganz konkret können und werden die Ergebnisse zur Bevölkerungsentwicklung deshalb in weiterführende Projektionen eingebunden. Wichtige Anwendungsfelder stellen hierbei die Sozialversicherungssysteme oder der Bereiche der privaten Versicherungswirtschaft dar. In anderen gesellschaftlichen Bereichen sind sie eine wichtige Grundlage, um den Bedarf an und die Lokalisation von bestimmten Einrichtungen zu bestimmen, beispielsweise Schulen oder Krankenhäusern.

⁵⁰ Vgl. Hinde (1998), S. 206.

⁵¹ Vgl. Hinde (1998), S. 205.

Literatur

- Auer, L. v. (2005), *Ökonometrie - Eine Einführung*, Springer, Berlin/Heidelberg/New York.
- Babel, B. (2007), *Bevölkerungsvorausberechnungen unter besonderer Berücksichtigung von Unsicherheiten. Deterministische und stochastische Modelle für Fertilität, Migration und Mortalität sowie Modellrechnungen zur Bevölkerungsentwicklung in Deutschland*, Josef Eul Verlag, Köln.
- Bomsdorf, E. (2010), 'Rückgang der Bevölkerung Zunahme der Pflegefälle. Divergierende Entwicklungen in Deutschland bis 2050', *AStA Wirtschafts- und Sozialstaatliches Archiv* **4**(1), 3–18.
- Bomsdorf, E. und Babel, B. (2004), 'Ein Modell zur Beschreibung der kohortenbezogenen Entwicklung der Fertilität in Deutschland', *Wirtschaft und Statistik* **9**, 1052–1059.
- Bomsdorf, E. und Trimborn, M. (1992), 'Sterbetafel 2000. Modellrechnungen der Sterbetafel', *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* **81**(3), 457–485.
- Bretz, M. (1986), 'Bevölkerungsvorausberechnungen: Statistische Grundlagen und Probleme', *Wirtschaft und Statistik* **4**, 233–260.
- Bretz, M. (2000), Methoden der Bevölkerungsvorausberechnung, in U. Mueller, B. Nauck und A. Diekmann, eds, 'Handbuch der Demographie. Modelle und Methoden (Band 1)', Springer, Berlin/Heidelberg/New York, pp. 643–681.
- George, M., Smith, S., Swanson, D. und Tayman, J. (2004), Population projections, in J. Siegel und D. Swanson, eds, 'The Methods and Materials of Demography', Elsevier, San Diego/London, pp. 561–601.
- Hinde, A. (1998), *Demographic Methods*, Arnold, London.
- Lee, R. (1998), 'Probabilistic approaches to population forecasting', *Population and Development Review* **24**(Supplement), 156–190.
- Lipps, O. und Betz, F. (2003), 'Stochastische Bevölkerungsprojektion für West- und Ostdeutschland', *Zeitschrift für Bevölkerungswissenschaft* **30**(1), 3–42.
- Preston, S., Heuveline, P. und Guillot, M. (2001), *Demography: Measuring and Modeling Population Processes*, Blackwell, Oxford/Malden.
- Riphahn, R. und Zimmermann, K. (2000), The mortality crisis in East Germany, in G. Cornia und R. Panici eds, 'The Mortality Crisis in Transitional Economies', Oxford University Press, Oxford/New York, pp. 227–252.
- Rowland, D. (2003), *Demographic Methods and Concepts*, Oxford University Press, Oxford/New York.
- Schmid, C. (2000), Zugang zu den Daten der Demographie, in U. Mueller, B. Nauck und A. Diekmann, eds, 'Handbuch der Demographie. Modelle und Methoden (Band 1)', Springer, Berlin/Heidelberg/New York, pp. 473–523.

- Smith, S., Tayman, J. und Swanson, D. (2001), *State and Local Population Projections. Methodology and Analysis*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York/Bostin/Dordrecht/London/Moscow.
- Statistisches Bundesamt (2004), 'Ergebnisse des Zensusstests', *Wirtschaft und Statistik* **8**, 813–833.
- Statistisches Bundesamt (2009a), 'Berechnung von Periodensterbetafeln. Methodische Erläuterungen zur Berechnung von Periodensterbetafeln für Deutschland', Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2009b), 'Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung', Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2009c), 'Bevölkerung Deutschlands bis 2060. Ergebnisse der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung', Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2010), 'Modell der Bevölkerungsvorausberechnungen', Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2011), 'Modell der Bevölkerungsvorausberechnungen', Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2012a), 'Zensus 2011. url: <https://www.zensus2011.de>', (Stand: 26.11.2012).
- Statistisches Bundesamt (2012b), 'Periodensterbetafeln für Deutschland - Früheres Bundesgebiet, neue Länder sowie die Bundesländer 2009/2011', Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2012c), 'Periodensterbetafeln für Deutschland - Allgemeine Sterbetafeln, abgekürzte Sterbetafeln und Sterbetafeln 1871/1881 bis 2008/2010', Wiesbaden.
- Weinstein, J. und Pillai, V. (2001), *Demography. The Science of Population*, Allyn & Bacon, Needham Heights, MA.