

**DEPARTEMENT
FINANZEN UND RESSOURCEN**

Statistik Aargau

12. Mai 2025

BEGLEITBERICHT

Technischer Begleitbericht zu den Aargauer Bevölkerungsprojektionen 2025–2055

Zweck des Dokuments

Dieses Dokument begleitet den Bericht "Aargauer Bevölkerungsprojektionen 2025–2055". Es enthält eine detaillierte Beschreibung zum Aufbau des aktualisierten, un gelenkten Aargauer Bevölkerungsprojektionsmodells 2025.

Inhaltsverzeichnis

1. Modellaufbau	3
1.1 Überblick.....	3
1.2 Räumliche Ebenen	3
1.3 Demografische Parameter.....	4
1.3.1 Sterblichkeit.....	4
1.3.2 Anzahl Geburten pro Frau	5
1.3.3 Wanderung.....	5
1.3.4 Einbürgerung.....	6
1.4 Modelländerungen gegenüber dem Modell AG2020	7
1.4.1 Wanderung innerhalb des Kantons	7
1.4.2 Anpassung Anzahl 0-Jährige	7
1.4.3 Wanderung innerhalb der Schweiz	8
1.5 Unsicherheiten	8
1.5.1 Szenarien.....	8
1.5.2 Genauigkeit der Projektionen.....	9
1.6 Mathematische Beschreibung.....	11
1.6.1 Die Kohorten-Komponenten-Methode.....	11
1.6.2 Ein zeitvariantes Matrix-Bevölkerungsmodell	11
1.6.3 Matrizen-Inhalt.....	12
2. Umsetzung mit R und {propop}	15
3. Abkürzungen und Begriffe	16
4. Literaturverzeichnis	17

1. Modellaufbau

1.1 Überblick

Die Hauptziele des Modells AG2025 sind (1) die *Übernahme der neusten Parameter* und der *Regionalisierung* des aktuellsten Bevölkerungsprojektionsmodells des Bundesamtes für Statistik (BFS) für den Kanton Aargau (Bundesamt für Statistik, 2025) sowie (2) die *jährliche Aktualisierung* durch Berücksichtigung des jeweils neusten Bevölkerungsstandes.

Im Rahmen der Regionalisierung nimmt das AG2025-Modell die demografischen Parameter, die das BFS für den gesamten Kanton Aargau bereitstellt und bricht sie auf kleinere räumliche Einheiten herunter. Dies betrifft die folgenden Parameter: Geburten, Sterblichkeit, internationale Zuwanderung, internationale Wegwanderung, interkantonale Zuwanderung, interkantonale Wegwanderung und Einbürgerungen.

Durch die jährliche Aktualisierung erhöht sich die Präzision der Datengrundlage (Startbevölkerung), da kurzfristige Veränderungen (z. B. starkes lokales Bevölkerungswachstum durch grosse Bauprojekte) schnell berücksichtigt werden. Dadurch werden die Projektionen genauer.

Die Methode (d.h. Datenaufbereitung und Berechnungen) im Aargauer Bevölkerungsprojektionsmodell 2025 (AG2025) ist fast identisch mit dem Vorgängermodell AG2020 (Statistik Aargau, 2020a, 2020b). Dieser Bericht beschreibt die methodischen Details des Modells und die Änderungen gegenüber dem Vorgängermodell. Mehr zu den Ergebnissen sind im Hauptbericht zu finden (Statistik Aargau, 2025a).

1.2 Räumliche Ebenen

Es gibt vier räumliche Ebenen, die für die Planung im Kanton Aargau von Interesse sind: Die Bezirke ($n = 11$), die Regionalplanungsverbände ($n = 12$), die Raumtypen ($n = 5$) und die Gemeinden ($n = 197$; Stand 1. Januar 2025). Die kleinste Ebene ist die Gemeinde. Jede Gemeinde gehört zu einem Bezirk, mindestens einem Regionalplanungsverband¹ und einem Raumtyp. Die Summierung der Bevölkerung der Gemeinden, die zu einem Bezirk, einem Regionalplanungsverband oder einem Raumtyp gehören, ergibt die Bevölkerung des jeweiligen Bezirks, Regionalplanungsverbands oder Raumtyps.

Das Modell wird auf Gemeindeebene gerechnet. Die Bevölkerungszahlen werden danach auf der gewünschten höheren räumlichen Ebene (entweder Bezirk, Regionalplanungsverband oder Raumtyp) aufsummiert. Aufgrund der geringen Bevölkerungszahl der meisten Gemeinden wären gewisse Berechnungen aber mit zu viel Unsicherheit behaftet (siehe **Kasten 1**). Konkret sind dies die Zuzüge von kleinen demografischen Gruppen (z. B. 98-jährige Schweizerinnen). Um dieser Problematik zu begegnen, werden daher für die Zuzüge aus anderen Kantonen und aus dem Ausland Gemeinden zu grösseren räumlichen Einheiten gruppiert. Durch die Berechnung von Mittelwerten in diesen Einheiten und

¹ Einige Gemeinden gehören zu mehr als nur einem Regionalplanungsverband. In diesem Fall wird nur die Primärmitgliedschaft berücksichtigt.

Verwendung davon in den kleineren räumlichen Einheiten können Schwankungen und Extremwerte in kleinen Bevölkerungsgruppen ausgeglichen und verzerrte Projektionen vermieden werden.

1.3 Demografische Parameter

In Zusammenarbeit mit Expertinnen und Experten aus verschiedenen Bundesämtern (z. B. Staatssekretariat für Wirtschaft) entwickelt das BFS Hypothesen über zukünftige Entwicklungen. Unter Berücksichtigung von vergangenen Entwicklungen in der Bevölkerung² werden dann Zahlenwerte (Parameter) abgeleitet, die für die Projektion der Bevölkerungsentwicklung verwendet werden. Im Vergleich zum BFS Modell von 2020 wird die Bevölkerung in der Schweiz weniger stark wachsen.

Das BFS passt die Hypothesen und die daraus abgeleiteten demografischen Parameter an die Gegebenheiten der Kantone an. Statistik Aargau bricht diese Informationen für den gesamten Kanton auf kleinere räumliche Einheiten herunter.

Das AG2025 Modell regionalisiert fünf demografische Parameter mittels Anpassungsfaktoren und Verteilungsschlüsseln: Geburtenrate, internationale Wegwanderung, internationale Zuwanderung, interkantonale Wegwanderung und interkantonale Zuwanderung. Die Anpassungsfaktoren und Verteilungsschlüssel wurden anhand der Bevölkerungsdaten von Statistik Aargau für den Zeitraum 2013 bis 2024 geschätzt. Frühere Daten wurden nicht berücksichtigt, da ab 2013 das Datenerhebungsverfahren geändert wurde, um es an die BFS-Methodik anzupassen.

Die nächsten Abschnitte geben einen Überblick über die *gesamtschweizerischen* Annahmen des Referenzszenarios (siehe Abschnit 1.5.1) und das Vorgehen bei der Regionalisierung des Modells AG2025.

1.3.1 Sterblichkeit

Annahmen

Das BFS rechnet damit, dass die Lebenserwartung aufgrund eines zunehmend gesünderen Lebensstils und einer verbesserten medizinischen Versorgung weiter leicht steigen wird (Bundesamt für Statistik, 2025). Es wird erwartet, dass im Schweizerischen Durchschnitt die Lebenserwartung bei Geburt im Jahre 2055 von Frauen (88,6 Jahre) weiterhin drei Jahre länger betragen wird als diejenige von Männern (85,6 Jahre).

Regionalisierung

Die vom BFS für den Kanton Aargau geschätzte prospektive Sterbewahrscheinlichkeit wurde für alle räumlichen Einheiten ohne Anpassung verwendet, da die Sterblichkeit in Raum und Zeit ein sehr stabiler demografischer Parameter ist.

² Die Referenzwerte der demografischen Parameter stammen aus der Registererhebung des Bundes (STATPOP) über den Zeitraum 2013–2022.

1.3.2 Anzahl Geburten pro Frau

Annahmen

Das BFS erwartet, dass sich die durchschnittliche Anzahl Geburten pro Frau in der Schweiz im Projektionszeitraum 2025 bis 2055 auf tiefem Niveau stabilisieren wird (1,42 Kinder pro Frau; Bundesamt für Statistik, 2025). Im Kanton Aargau wird eine höhere Anzahl Geburten pro Frau erwartet (siehe Tabelle 2).

Regionalisierung

Die Geburtenrate wurde so angepasst, dass der Anteil der Geburten in jeder räumlichen Einheit derselbe bleibt wie im Zeitraum 2013 bis 2024. Wenn beispielsweise in einer Region 25 von 5000 Kindern zur Welt kommen, entspricht das einem Anteil von 0,5 Prozent. Für die Projektion würde das beispielsweise bedeuten, dass wenn für den ganzen Kanton 4000 Geburten erwartet werden, davon 20 Geburten (0,5 %) der besagten Region zugeschrieben werden.

1.3.3 Wanderung

Die Wanderung setzt sich zusammen aus: (1) internationaler Zuwanderung, (2) interkantonaler Zuwanderung, (3) internationaler Wegwanderung und (4) interkantonaler Wegwanderung. Im Rahmen der Projektion wird jeder der vier Wanderungsbestandteile separat für Menschen mit und ohne Schweizer Pass berechnet. Damit kann beispielsweise berechnet werden, wie viele Schweizerinnen und Schweizer aus dem Ausland in den Aargau ziehen.

Annahmen

Das BFS geht davon aus, dass die Wirtschaftslage gut bleibt. Als Folge davon bleibt die Nachfrage nach Arbeitskräften hoch. Das Ausscheiden der "Baby-Boomer" aus dem Berufsleben und die demografische Alterung in der Schweiz tragen zusätzlich zu einer verstärkten Nachfrage nach Arbeitskräften bei. Diese Nachfrage wird vor allem durch Zuwanderung aus dem Ausland gedeckt.

Regionalisierung

Internationale Wegwanderung

Die vom BFS für den Kanton Aargau geschätzten internationalen Wegwanderungsraten wurden im AG2025-Modell mit einem Korrekturfaktor angepasst, so dass der Anteil der internationalen Wegwanderung in jeder Region gleich hoch bleibt wie im Zeitraum 2013 bis 2024. Damit konnte der Tatsache Rechnung getragen werden, dass gewisse Regionen eine höhere Wegwanderung aufweisen als andere. Würde zum Beispiel die internationale Wegwanderungsrate auf kantonaler Ebene 1 Prozent betragen und die Kantonsbevölkerung 100'000 Personen umfassen, dann würden 1'000 Personen den Kanton verlassen. Diese **Rate (1/100)** kann gleichmässig auf jede Region innerhalb des Kantons angewandt werden, so dass von einer Region mit 100 Einwohnern 1 Person und von einer Region mit 300 Einwohnern 3 Personen den Kanton verlassen würden ('Unkorrigierte Wegwanderung' in **Tabelle 1**).

Wenn aber in der Vergangenheit aus der Region mit 100 Einwohnern 2 Personen weggewandert sind und aus der Region mit 300 Einwohnern 1 Person gegangen ist, dann weicht die Wegwanderung vom kantonalen Mittelwert ab. Statt fix je 1 Prozent trägt die erste Region 2 von 1'000 Personen (statt 1/1'000) zur Wegwanderung bei, die zweite Region dagegen nur 1 von 1'000 Personen (statt 3/1'000). Ein Korrekturfaktor von 2 (2/1) kann auf die Region mit 100 Einwohnern und ein Korrekturfaktor von 1/3 auf die Region mit 300 Einwohnern angewandt werden, um die vergangenen regionalen Unterschiede zu widerspiegeln (**Tabelle 1**).

Tabelle 1: Unkorrigierte (fix 1 Prozent der regionalen Bevölkerung) und korrigierte Wegwanderung.

Region	Einwohner	Vergangene Wegwanderung	Unkorrigierte Wegwanderung	Korrekturfaktor	Korrigierte Wegwanderung
1	100	2	$100 * 1/100 = 1$	2/1	$1 * 2/1 = 2$
2	300	1	$300 * 1/100 = 3$	1/3	$3 * 1/3 = 1$

Interkantonale Wegwanderung

Die Wegwanderungsraten in andere Kantone wurden ebenfalls für jede Region und mit der gleichen Methodik wie für die internationale Wegwanderung angepasst.

Internationale Zuwanderung

Das BFS schätzt die Zuwanderung in den Aargau aus dem Ausland als absolute Zahl nicht als Rate wie bei der Wegwanderung. Um die Zuwanderung auf Regionen innerhalb des Kantons zu verteilen, wird ein Verteilungsschlüssel verwendet. Dieser Verteilungsschlüssel basiert auf den Zuwanderungsmustern im Zeitraum 2013 bis 2024. Der Anteil der Zuwanderung in jeder Region im Verhältnis zur kantonalen Zuwanderung wurde nach Alter, Geschlecht und Nationalität berechnet und als konstanter Verteilungsschlüssel in der Projektion verwendet.

Zum Beispiel seien in der Vergangenheit 200 Schweizer Männer im Alter von 40 Jahren aus dem Ausland in den Kanton Aargau gekommen. Davon haben sich 4 (= 2 Prozent) in einer bestimmten Region niedergelassen. In der Projektion werden sich entsprechend 2 Prozent der aus dem Ausland stammenden Schweizer Männer im Alter von 40 Jahren in der betreffenden Region niederlassen.

Interkantonale Zuwanderung

Die Zuwanderung aus anderen Kantonen wurde vom BFS ebenfalls als absolute Zahl zur Verfügung gestellt. Um die Zuwanderinnen und Zuwanderer in den verschiedenen Regionen zu verteilen, wurde die gleiche Methodik verwendet wie bei der internationalen Zuwanderung.

1.3.4 Einbürgerung

Annahmen

Die Einbürgerung ist ein demografischer Parameter, der sich nicht auf die Bevölkerung, sondern auf die Bevölkerungsstruktur auswirkt. Das BFS geht davon aus, dass die Anzahl Einbürgerungen für den

Kanton Aargau im Referenzszenario leicht abnimmt von ca. 2900 im Jahr 2024 bis ca. 2500 im Jahr 2055 (Bundesamt für Statistik, 2025).

Regionalisierung

Statistik Aargau hat die vom BFS für den Kanton Aargau geschätzten Einbürgerungsraten für alle Regionen ohne Anpassung übernommen.

1.4 Modelländerungen gegenüber dem Modell AG2020

Seit der ersten Projektion mit dem Modell AG2020 im Jahr 2020 erfuhr das Modell mehrere kleinere Anpassungen, die ins aktuelle Modell übernommen werden. Die Weiterentwicklungen sind in diesem Kapitel aufgeführt.

1.4.1 Wanderung innerhalb des Kantons

Im Update 2021 wurde das Modell um die intrakantonale Wanderung erweitert (Statistik Aargau, 2021), da jährlich circa 30'000 Personen ihre Wohngemeinde innerhalb des Kantons wechseln (Statistik Aargau, 2025b). Als Grundlage für die Schätzung der zukünftigen intrakantonalen Wanderung dient die Migration innerhalb des Kantons im Zeitraum 2013 bis 2024. Dabei wird für jede Gemeinde der Median der intrakantonalen Wanderungsbilanz nach Alter, Geschlecht und Nationalität berechnet (ein Wert für jede mögliche Kombination der drei Variablen). Für Projektionen auf höherer räumlicher Ebene wird die Wanderungsbilanz der einzelnen Gemeinden innerhalb der entsprechenden höheren räumlichen Einheit summiert.

Für die Projektion werden diese Mediane über die gesamte Projektionsdauer (2025–2055) konstant gehalten. Damit wird angenommen, dass sich die Wanderungsmuster der Gemeinden in Zukunft relativ zueinander gleich verhalten werden wie bisher. Da die Mediane für die jährlichen Projektionsupdates aktualisiert werden, werden Trendänderungen der unmittelbaren Vergangenheit berücksichtigt.

1.4.2 Anpassung Anzahl 0-Jährige

Mit dem Update 2022 wurde eine Anpassung eingeführt, um die systematische Unterschätzung der Anzahl 0-Jähriger in der kantonalen Bevölkerungsstatistik zu korrigieren, welche hauptsächlich auf verspätete Geburtsmeldungen bei den Gemeindebehörden zurückzuführen ist (Statistik Aargau, 2022).

Für eine genauere Schätzung der Anzahl 0-Jährigen in der kantonalen Bevölkerungsstatistik wird diese Gruppe vor der Projektion mit einem Korrekturfaktor multipliziert. Der Korrekturfaktor wird geschätzt, indem der Mittelwert des Verhältnisses zwischen den von BFS und Statistik Aargau erfassten 0-Jährigen für die vergangenen zehn Jahre gebildet wird. Durch diese Korrektur erhöhte sich die Anzahl der 0-Jährigen in den letzten Jahren jeweils um 35 (2023) bis 155 (2019) Kinder auf der Ebene des gesamten Kantons.

1.4.3 Wanderung innerhalb der Schweiz

Bei der Berechnung der interkantonalen Wanderung werden im Modell AG2025 *Zuwanderung aus anderen Kantonen* und *Wegwanderung in andere Kantone* separat betrachtet. Damit unterscheidet sich der Rechenweg geringfügig vom Modell AG2020, welches den Saldo der interkantonalen Wanderung (Einwanderung abzüglich Auswanderung) verwendete.

Die Ergebnisse der beiden Rechenwege sind identisch. Das Modell AG2025 hat aber folgende Vorteile: Es entspricht direkt der BFS-Methode (2020) und es liefert die Grundlage, um alle Komponenten der Bevölkerungsbilanz (siehe Abschnitt 1.6) separat auszuweisen.

1.5 Unsicherheiten

1.5.1 Szenarien

Ausgangspunkt für die Bevölkerungsprojektion sind Vergangenheitsdaten. Um die zukünftige Entwicklung abzuschätzen, erstellt das BFS Hypothesen über soziale, politische und wirtschaftliche Trends. Diese Hypothesen kombiniert das BFS zu Szenarien. Bei der Erstellung von Bevölkerungsprojektionen wird typischerweise mehr als ein Zukunftsszenario in Betracht gezogen, um der Unsicherheit der Hypothesen Rechnung zu tragen. Zusammen beschreiben die typischerweise drei Haupt-Szenarien eine plausible Entwicklung der Bevölkerung in den nächsten Jahrzehnten.

Die drei Hauptszenarien des BFS sind das (1) "Referenzszenario", (2) das Szenario mit hohem Wachstum und das (3) Szenario mit tiefem Wachstum (**Tabelle 2**). Szenario "hoch" geht von einer florierenden Schweizer Wirtschaft und bedeutenden Fortschritten im Gesundheits- und Sozialbereich aus. Es wird ein etwas höherer Wanderungssaldo, eine steigende Geburtenhäufigkeit und eine schneller steigende Lebenserwartung angenommen. Szenario "tief" ist bezüglich wirtschaftlicher und sozialer Entwicklung pessimistischer. Es wird ein tieferer Wanderungssaldo, eine sinkende Geburtenhäufigkeit und eine langsamer steigende Lebenserwartung betrachtet.

Während die Geburtenrate und insbesondere die Sterblichkeit über die Zeit relativ stabil bleiben, ist Wanderung und insbesondere internationale Wanderung ein besonders schwierig abzuschätzender demografischer Parameter. Er wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, die auf unterschiedlichen räumlichen Skalen auftreten. Internationale Wanderung ist daher der Parameter, der in den betrachteten Szenarien am stärksten variiert wird.

Tabelle 2: Demografische Indikatoren im Jahr 2055 für die drei Hauptszenarien des AG2020 Modells¹

Kategorie	Indikatoren	Referenzszenario 2055	Szenario "hoch" 2055	Szenario "tief" 2055
Geburtenziffer	Durchschnittliche Anzahl Kinder pro Frau	1,50	1,68	1,34
Sterblichkeit	Lebenserwartung für Männer (Jahre)	85,5	88,3	82,5

Kategorie	Indikatoren	Referenz-szenario 2055	Szenario "hoch" 2055	Szenario "tief" 2055
	Lebenserwartung für Frauen (Jahre)	88,3	90,0	86,3
Wanderung	Internationale Wanderungs-bilanz	3'100	4'100	2'100
	Interkantonale Wanderungs-bilanz	1'700	1'700	1'700
Einbürgerung	Anzahl Einbürgerungen	2'540	2'860	2'220

¹ Datenquelle: Bundesamt für Statistik (2025)

Das Referenzszenario geht von einer Fortsetzung der aktuellen Trends aus (BFS, 2025). Sofern nichts Aussergewöhnliches geschieht, wird die Entwicklung der Wohnbevölkerung in den nächsten Jahren diesem Szenario folgen. Obwohl das Referenzszenario oft als Standard verwendet wird, heisst das nicht, dass es realistischer ist als andere Szenarien (Geschäftsprüfungskommission des Ständerates, 2018).

1.5.2 Genauigkeit der Projektionen

Die Genauigkeit aktueller Bevölkerungsprojektionen kann nicht direkt bewertet werden, aber die Leistung früherer Projektionen kann untersucht werden. Dies kann auf verschiedenen räumlichen Ebenen (z. B. Kantons-, Bezirks-, Gemeindeebene) und für verschiedene Bevölkerungsgruppen (z. B. gruppiert nach Alter, Geschlecht oder Nationalität) erfolgen.

Im Allgemeinen sind Bevölkerungsprojektionen weniger genau:

- Auf kleiner räumlicher Ebene bei kleiner Bevölkerungszahl (kleine Gemeinden).
- Bei kleineren Untergruppen der Bevölkerung.
- Für jüngere und ältere Altersgruppen, weil Abweichungen zwischen Annahmen über Geburtenrate und Sterblichkeit und tatsächlicher Entwicklung sich bei älteren und jüngeren Altersgruppen stärker auswirken.
- Für längere Zeiträume, wegen der sich im Laufe der Zeit verstärkenden Effekte von falschen Annahmen.

KASTEN 1 Warum sind Bevölkerungsprojektionen für kleine Bevölkerungen ungenauer?

Kleine Bevölkerungszahlen erhöhen die potenziellen Auswirkungen kleinräumiger und zufälliger Einflüsse. In einer kleinen Bevölkerung kann ein unerwartetes Ereignis grosse Auswirkungen haben, während dasselbe unerwartete Ereignis, das in einer grösseren Bevölkerung auftritt, abgepuffert werden kann. Darüber hinaus sind kleine Bevölkerungen mit hohen Wachstumsraten besonders schwierig zu projizieren. So führte z. B. der Bau einer hohen Anzahl neuer Wohnungen in der Gemeinde Staufen zu einem erheblichen Anstieg der Wanderungsbilanz (von 79 im Jahr 2018 auf 483 im Jahr 2019, was einer Wanderungsbilanzzunahme von mehr als + 500% entspricht). Eine Entwicklung dieser Grössenordnung hätte für die Gemeinde Baden prozentual wesentlich geringere Auswirkungen, da ein besonders attraktiver und schnell wachsender Teil der Gemeinde (vergleichbar mit Staufen) durch eine geringere Attraktivität und eine geringere Wanderungsbilanz anderer Gemeindeteile wieder aufgehoben werden könnte. Zudem ist die Annahme, dass sich das beeindruckende Wachstumstempo von Staufen auch in Zukunft fortsetzen wird, wahrscheinlich falsch, da es mit einem punktuellen Ereignis verbunden war: den Neubauten.

1.6 Mathematische Beschreibung

1.6.1 Die Kohorten-Komponenten-Methode

Für die Projektion der Bevölkerungsentwicklung verwendet Statistik Aargau die Kohorten-Komponenten-Methode (Preston, Heuveline, Guillot, 2000). Diese Methode unterteilt die Bevölkerung in Gruppen (= Kohorten) und berechnet für jedes projizierte Jahr die Wahrscheinlichkeit, dass Menschen dieser Gruppe migrieren, Kinder bekommen oder sterben (= Komponenten der Bevölkerungsbilanz). Die Gleichung für die Bevölkerungsbilanz sieht wie folgt aus:

$$P_n = P_{n-1} + B_n - D_n + \text{Imm}_n^{\text{int}} - \text{Emi}_n^{\text{int}} + \text{Imm}_n^{\text{nat}} - \text{Emi}_n^{\text{nat}}$$

Bedeutung der Variablen:

P_n = Bevölkerung (engl. population) am Ende des Jahres n

B_n = Geburten (engl. births) im Jahr n

D_n = Todesfälle (engl. deaths) im Jahr n

$\text{Imm}_n^{\text{int}}$ = Zuwanderung aus dem Ausland (engl. international immigration) im Jahr n

$\text{Emi}_n^{\text{int}}$ = Wegwanderung ins Ausland (engl. international emigration) im Jahr n

$\text{Imm}_n^{\text{nat}}$ = Zuwanderung aus anderen Kantonen (engl. national immigration) im Jahr n

$\text{Emi}_n^{\text{nat}}$ = Wegwanderung in andere Kantone (engl. national emigration) im Jahr n

Das vom BFS verwendete Modell (2025) unterteilt die Bevölkerung nach Geschlecht, Alter und Nationalität. Um zu berücksichtigen, dass Menschen die Schweizer Staatsbürgerschaft annehmen können, sieht das Modell auch Einbürgerungen vor.

1.6.2 Ein zeitvariantes Matrix-Bevölkerungsmodell

Im Modell AG2025 wird nahezu die gleiche Methode verwendet wie im Modell AG2020 (Statistik Aargau, 2020b). Wiederum nutzen wir Matrizen, um die Berechnungen durchzuführen.

Bei der Berechnung in Matrizenform wird die Projektion der Bevölkerung in zwei aufeinanderfolgenden Schritten gerechnet. Zunächst wird mit der Matrize \mathbf{T} (Survival- und Transitionsmatrix) die Bevölkerung der Altersklassen 0-100-Jährige für das Folgejahr projiziert ($\mathbf{p}_{n,1-100}$). Analog wird die Anzahl an Neugeborenen ($\mathbf{p}_{n,0}$) mit der Matrize \mathbf{F} (Fruchtbarkeitsmatrix) berechnet. Anschliessend wird zu beiden Bevölkerungsgruppen die absolute Zahl für Einwanderungen aus dem Ausland ($\mathbf{imm}^{\text{int}}$) und aus anderen Kantonen ($\mathbf{imm}^{\text{nat}}$) hinzugezählt. Dabei werden die prospektiven Sterberaten (\mathbf{q}) der einwandernden Personen berücksichtigt. Für Gemeinden wird an dieser Stelle zusätzlich die Bilanz der intrakantonalen Wanderung addiert (in der Formel nicht gezeigt). Zuletzt werden die Zahlen addiert, um die Gesamtbevölkerung des berechneten Jahres zu erhalten ($\mathbf{p}_{n,0-100}$). Diese dient wiederum als Basis für die Projektion des nächsten Jahres.

Die Formeln für diese Berechnungen lauten:

$$\mathbf{T} \otimes \mathbf{p}_{n-1,0-100} + \left[(\mathbf{imm}_{n,1-100}^{int} + \mathbf{imm}_{n,1-100}^{nat}) \circ \left(1 - \frac{1}{2} \mathbf{q}_{n,1-100} \right) \right] = \mathbf{p}_{n,1-100}$$

$$\mathbf{F} \otimes \frac{1}{2} (\mathbf{p}_{n,1-100} + \mathbf{p}_{n-1,0-100}) + \left[(\mathbf{imm}_{n,0}^{int} + \mathbf{imm}_{n,0}^{nat}) \circ \left(1 - \frac{2}{3} \mathbf{q}_{n,0} \right) \right] = \mathbf{p}_{n,0}$$

$$\mathbf{p}_{n,1-100} + \mathbf{p}_{n,0} = \mathbf{p}_{n,0-100}$$

Erläuterungen:

\otimes ist das Matrix-Multiplikationssymbol

T ist die Survival- und Transitionsmatrix

F ist die Fruchtbarkeitsmatrix

$\mathbf{p}_{n,0-100}$ ist die Gesamtbevölkerung im Alter 0 bis 100 im Jahr n

$\mathbf{p}_{n,1-100}$ ist die Bevölkerung ohne die 0-Jährigen

$\mathbf{p}_{n,0}$ ist die Bevölkerung von 0-Jährigen

$\mathbf{imm}_{n,1-100}^{int}$ ist die internationale Zuwanderung im Jahr n ohne die 0-Jährigen

$\mathbf{imm}_{n,0}^{int}$ ist die internationale Zuwanderung von 0-Jährigen

$\mathbf{imm}_{n,1-100}^{nat}$ ist die interkantonale Zuwanderung ohne die 0-Jährigen

$\mathbf{imm}_{n,0}^{nat}$ ist die interkantonale Zuwanderung von 0-Jährigen

$\mathbf{q}_{n,1-100}$ ist die prospektive Sterbewahrscheinlichkeit ohne die 0-Jährigen

$\mathbf{q}_{n,0}$ ist die prospektive Sterbewahrscheinlichkeit von 0-Jährigen

1.6.3 Matrizen-Inhalt

Die Matrizen T und F sind aus $4 \times 4 = 16$ Submatrizen zusammengesetzt, da die Bevölkerung im Modell nach Nationalität (Schweizer [CH] und Ausländer [INT]) und Geschlecht (männlich [M], weiblich [F]) strukturiert ist (CH M, CH F, INT M, INT F x CH M, CH F, INT M, INT F). Die Anzahl der Altersklassen (hier 101) gibt die Dimensionen der Submatrizen vor.

Für die Matrix T dieser 16 Matrizen sind 10 leer, weil diese Übergänge im Rahmen des Modells ausgeschlossen sind (**Tabelle 3**). Die anderen 6 sind nur auf der subdiagonalen und der unteren rechten Zelle voll (siehe typische Submatrix **T1**). Die Individuen können überleben, in der Bevölkerung bleiben und ihre ursprüngliche Staatsangehörigkeit behalten (Submatrizen **T1 – T4**), oder sie können überleben, in der Bevölkerung bleiben und die Schweizer Staatsangehörigkeit erwerben (Submatrizen **T5 – T6**). Die Submatrix **T1** setzt sich aus den Elementen $T1_{j,j-1}$ zusammen, deren Positionen durch die Indizes gegeben sind. Die Elemente $T1_{j,j-1}$ befinden sich in Zeile j , Spalte $j - 1$.

Tabelle 3: Tabellarische Darstellung der Matrix T und ihrer Submatrizen. CH steht für Schweizerische Staatsangehörigkeit, INT für Ausländische Staatsangehörigkeit, M für Männer und F für Frauen. Die Matrix wird von oben nach links gelesen: zum Beispiel kann ein Mann mit ausländischer Staatsangehörigkeit zum Zeitpunkt $n-1$ durch Einbürgerung ein Mann mit schweizerischer Staatsangehörigkeit zum Zeitpunkt n werden (Submatrix $T5$).

$n \setminus n-1$	CH M	CH F	INT M	INT F
CH M	$T1$	0	$T5$	0
CH F	0	$T2$	0	$T6$
INT M	0	0	$T3$	0
INT F	0	0	0	$T4$

$$T1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ t1_{2,1} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & t1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & t1_{101,100} & t1_{101,101} \end{pmatrix}$$

Für die Matrix F sind 10 Submatrizen leer, weil sie eine unmögliche Fortpflanzung darstellen: Nur Frauen können gebären (**Tabelle 4**). Die Submatrizen $F1$ und $F2$ repräsentieren Schweizer Neugeborene mit Schweizer Müttern. Die Submatrizen $F3$ und $F4$ repräsentieren Schweizer Neugeborene mit ausländischen Müttern (wenn der Vater Schweizer ist) und die Submatrizen $F5$ und $F6$ ausländische Neugeborene mit ausländischen Müttern. Diese Submatrizen sind leer, ausser in der ersten Zeile von Spalte $16 = 15 + 1$ bis $50 = 49 + 1$, d.h. in den Jahren, in denen Frauen in diesem Modell als fruchtbar gelten (siehe Beispielsmatrix $F1$ unten).

Tabelle 4: Tabellarische Darstellung der Matrix F und ihrer Submatrizen. CH steht für Schweizerische Staatsangehörigkeit, INT für Ausländische Staatsangehörigkeit, M für Männer und F für Frauen. Die Matrix wird von oben nach links gelesen: zum Beispiel kann eine in der Bevölkerung anwesende Frau mit ausländischer Staatsangehörigkeit zum Zeitpunkt $n-1$ ein Schweizer Kind zur Welt bringen, das zur Bevölkerung zum Zeitpunkt n hinzukommt (Submatrix $F3$).

$n \setminus n-1$	CH M	CH F	INT M	INT F
CH M	0	$F1$	0	$F3$
CH F	0	$F2$	0	$F4$
INT M	0	0	0	$F5$
INT F	0	0	0	$F6$

$$F1 = \begin{pmatrix} 0 & \dots & 0 & f1_{1,16} & f1_{1,17} & \dots & f1_{1,50} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

Wenn man den Inhalt von **Tabelle 3** durch die Modell-Gleichungen ersetzt, erhält man für die Transitionsmatrix (Matrix **T**):

$$\text{Für } \mathbf{T1}, T1_{j,j-1} = (1 - q_{n,i,ch}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat}) \left(1 - \frac{q_{n,i,ch}^p}{2}\right)$$

$$\text{Für } \mathbf{T2}, T2_{j,j-1} = (1 - q_{n,i,ch}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat}) \left(1 - \frac{q_{n,i,ch}^p}{2}\right)$$

$$\text{Für } \mathbf{T3}, T3 = (1 - q_{n,i,int}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat} + acq_{n,i}) \left(1 - \frac{q_{n,i,int}^p}{2}\right)$$

$$\text{Für } \mathbf{T4}, T4_{j,j-1} = (1 - q_{n,i,int}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat} + acq_{n,i}) \left(1 - \frac{q_{n,i,int}^p}{2}\right)$$

$$\text{Für } \mathbf{T5}, T5_{j,j-1} = (acq_{n,i}) \left(1 - \frac{q_{n,i,ch}^p}{2}\right)$$

$$\text{Für } \mathbf{T6}, T6_{j,j-1} = (acq_{n,i}) \left(1 - \frac{q_{n,i,ch}^p}{2}\right)$$

Dabei bezieht sich der erste Index (n) auf den Zeitschritt, der zweite (i) auf das Alter und der letzte auf die Staatsangehörigkeit (entweder ch für Personen mit Schweizer Staatsbürgerschaft oder int für Personen mit ausländischer Staatsbürgerschaft). Die Variable emi^{int} entspricht der Rate der internationalen Wegwanderung (engl. international emigration) und emi^{nat} der Rate der nationalen Wegwanderung (engl. national emigration). Die Rate der Einbürgerungen ist durch acq (engl. acquisition of Swiss citizenship) gegeben.

Für die Geburtenmatrix, **F (Tabelle 4)**, für π_M den Anteil männlicher Neugeborener und π_F den Anteil weiblicher Neugeborener, α den Anteil Schweizer Neugeborener mit ausländischen Müttern (wenn der Vater Schweizer ist) und $f_{n,i}$ (engl. fertility) die Geburtenziffer einer Frau zum Zeitpunkt n des Alters i gilt:

für $i = \{15, 49\}$ (Jahre, in denen Frauen in diesem Modell als fruchtbar gelten)

$$\text{Für } \mathbf{F1}, F1_{1,i+1} = \pi_M f_{n,i,ch} \left[(1 - q_{n,0,ch}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat}) \left(1 - \frac{2}{3} q_{n,0,ch}^p\right) \right]$$

$$\text{Für } \mathbf{F2}, F2_{1,i+1} = \pi_F f_{n,i,ch} \left[(1 - q_{n,0,ch}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat}) \left(1 - \frac{2}{3} q_{n,0,ch}^p\right) \right]$$

$$\text{Für } \mathbf{F3}, F3_{1,i+1} = \pi_M f_{n,i,int} \alpha \left[(1 - q_{n,0,ch}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat}) \left(1 - \frac{2}{3} q_{n,0,ch}^p\right) \right] + \pi_M f_{n,i,int} (\alpha - 1) \left[(acq_{n,0}) \left(1 - \frac{2}{3} q_{n,0,ch}^p\right) \right]$$

$$\text{Für } \mathbf{F4}, F4_{1,i+1} = \pi_F f_{n,i,int} \alpha \left[(1 - q_{n,0,ch}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat}) \left(1 - \frac{2}{3} q_{n,0,ch}^p\right) \right] + \pi_F f_{n,i,int} (\alpha - 1) \left[(acq_{n,0}) \left(1 - \frac{2}{3} q_{n,0,ch}^p\right) \right]$$

$$\text{Für } \mathbf{F5}, F5_{1,i+1} = \pi_M f_{n,i,int} (\alpha - 1) \left[(1 - q_{n,0,int}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat} + acq_{n,0}) \left(1 - \frac{2}{3} q_{n,0,int}^p\right) \right]$$

$$\text{Für } \mathbf{F6}, F6_{1,i+1} = \pi_F f_{n,i,int} (\alpha - 1) \left[(1 - q_{n,0,int}^p) - (emi_{n,i}^{int} + emi_{n,i}^{nat} + acq_{n,0}) \left(1 - \frac{2}{3} q_{n,0,int}^p\right) \right]$$

2. Umsetzung mit R und {propop}

Die Datenaufbereitung und Modellgleichungen wurden in der quelloffenen und freien Programmiersprache R umgesetzt (v4.4.1; R Core Team, 2024). Statistik Aargau hat den Code für die Berechnung der Bevölkerungsentwicklung in Form des R Pakets {propop} öffentlich zugänglich gemacht (Efosa et al., 2024). Die öffentliche Verfügbarkeit des Codes verbessert die Wiederholbarkeit und Transparenz der Methode.

3. Abkürzungen und Begriffe

Abkürzungen

BFS:	Bundesamt für Statistik
AG2020 / AG2025:	Aargauer Bevölkerungsprojektionsmodelle der Jahre 2020 und 2025; von Statistik Aargau erstellt.
STATPOP:	Statistik der Bevölkerung und der Haushalte des Bundesamtes für Statistik. Sie liefert Informationen zum Bestand und zur Struktur der Wohnbevölkerung in der Schweiz sowie zu den Bevölkerungsbewegungen.

Zentrale Begriffe

Bevölkerungsprojektion:	In diesem Dokument wird der Begriff "Bevölkerungsprojektion" dem Begriff "Bevölkerungsprognose" vorgezogen: Der Begriff "Prognose" impliziert, dass die Modelle wie bei einer Wettervorhersage relativ sichere Aussagen über die zukünftige Bevölkerungsentwicklung treffen können. Dies ist jedoch nicht der Fall. Eine Bevölkerungsprojektion liefert eine Vorstellung davon, wie die zukünftige Grösse und Zusammensetzung einer Bevölkerung aussehen könnte aber nicht wie sie aussehen wird. Projektionen gehen von hypothetischen Annahmen der Bevölkerungsentwicklung aus und ermöglichen eine Analyse der Bevölkerungsentwicklung, sofern die Annahmen korrekt sind. Sie sind daher keine Prognosen. Politische, soziale und wirtschaftliche Veränderungen sowie unvorhergesehene Ereignisse (z. B. Epidemien, geopolitische Konflikte) in den kommenden Jahren können die Trendentwicklungen, die in den Projektionen nicht berücksichtigt werden, erheblich beeinflussen.
Szenario:	Eine Bevölkerungsprojektion basiert auf dem Wissen über die Vergangenheit, welches die Annahmen über die zukünftige Entwicklung bestimmt. Die Annahmen umfassen die vier Komponenten Geburten, Sterblichkeit, Wanderung und Einbürgerung. Für jede Komponente werden unterschiedliche Annahmen getroffen und in verschiedenen Szenarien zusammengefasst.
Bevölkerung:	Der Begriff "Bevölkerung" bezieht sich in diesem Dokument auf die ständige Wohnbevölkerung. Als ständige Wohnbevölkerung zählen seit dem 31.12.2012 die Personen mit Hauptwohnsitz in der jeweiligen Gemeinde und einer schweizerischen Staatsangehörigkeit oder einer ausländischen Staatsangehörigkeit ausserhalb des Asylprozesses und mit einer Aufenthalts- oder Niederlassungsbewilligung für mindestens zwölf Monate oder mit Kurzaufenthaltsbewilligungen für eine kumulierte Aufenthaltsdauer von mindestens zwölf Monaten. Personen im Asylprozess sowie Schutzbedürftige werden nach einer Aufenthaltsdauer von mindestens zwölf Monaten in der Schweiz zur ständigen Wohnbevölkerung gezählt.

4. Literaturverzeichnis

- Bundesamt für Statistik; Schweizerische Eidgenossenschaft (2020): *Méthodes pour les scénarios cantonaux*. Neuenburg. https://github.com/statistik-aargau/propop-additional-re-sources/blob/358ffa280f3777af34d3ac4b2782c1171ed93beb/FSO_2020_Meth_scenarios%20cant.pdf
- Bundesamt für Statistik; Schweizerische Eidgenossenschaft (2025): *Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz und der Kantone 2025–2055*. Neuenburg.
- Bundesamt für Statistik; Schweizerische Eidgenossenschaft (o. D.): *Schweiz-Szenarien*. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/zukuenftige-entwicklung/schweiz-szenarien.html> (Abgerufen am 14.02.2025)
- Efosa, N., Gadiant, A., Cornioley, T., Wunder, J. und Haffert, N. (2024): *{propop}: Project Population Growth in Switzerland using the Cohort Component Method. R package version 1.2.2*, <https://github.com/statistik-aargau/propop>.
- Geschäftsprüfungskommission des Ständerates (2018): *Zweckmässigkeit der Bevölkerungsszenarien des Bundesamtes für Statistik*. Bern.
- Preston, S., Heuveline, P. und Guillot, M. (2000): *Demography: Measuring and modeling population processes*. Wiley-Blackwell.
- R Core Team; R Foundation for Statistical Computing (2024): *R: A language and environment for statistical computing*. R package version v4.4.1. Wien.
- Statistik Aargau; Kanton Aargau (2020a): [Aargauer Bevölkerungsprojektionen 2020–2050: Hauptbericht](#). Aarau.
- Statistik Aargau; Kanton Aargau (2020b): *Aargauer Bevölkerungsprojektionen 2020–2050: Technischer Begleitbericht*. Aarau.
- Statistik Aargau; Kanton Aargau (2021): *Begleitbericht: Modell AG2020, Update 2021*. Aarau.
- Statistik Aargau; Kanton Aargau (2022): *Begleitbericht: Modell AG2020, Update 2022*. Aarau.
- Statistik Aargau; Kanton Aargau (2025a): [Aargauer Bevölkerungsprojektionen 2025–2055: Hauptbericht](#). Aarau.
- Statistik Aargau; Kanton Aargau (2025b): *Kantonale Bevölkerungsstatistik 2024, eDossier, Tabelle 7a und 7b*. Aarau.

Bericht aktualisiert und erweitert durch: Dr. Adrian Gadiant und Dr. Norah Efosa

Ursprünglicher Bericht (2020) erstellt durch: Dr. Tina Cornioley, Dr. Jan Wunder und Dr. Andrea R. Plüss