

## 11. Bevölkerungsvorausberechnung

Dr. Felix Heinzl

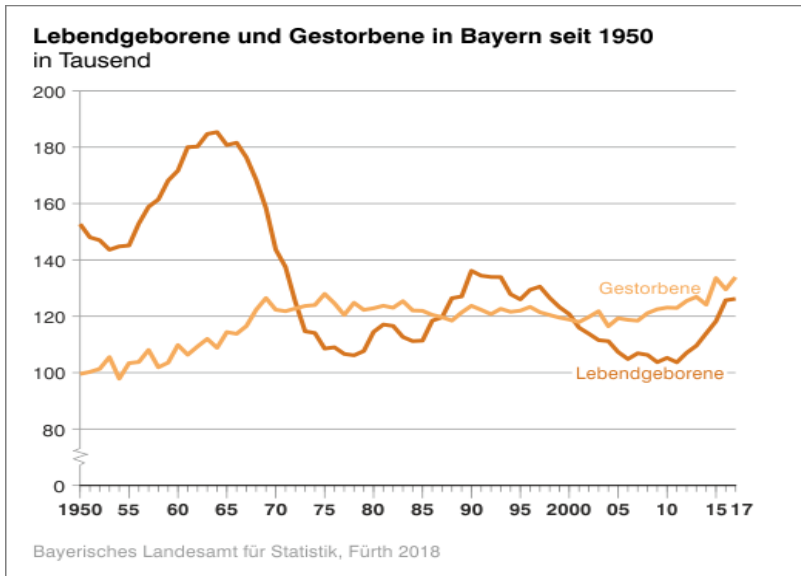
# Der demographische Wandel

## Zwei Phänomene:

- Alterung der Bevölkerung:
  - ▶ Lebenserwartung relativ hoch,
  - ▶ Geburt relativ weniger Kinder,
  - ▶ Jeder Geburtenjahrgang „ersetzt“ seinen Elternjahrgang nur zu drei Vierteln.
- Schrumpfung der Bevölkerung:
  - ▶ Natürlicher Bevölkerungsverlust, pro Jahr sterben mehr Menschen als geboren werden,
  - ▶ In wirtschaftsstarke Regionen in den vergangenen 40 Jahren: Kompensation durch Arbeitsmigration.

## Ursachen:

- Steigende Lebenserwartung
- Sinkende Geburtenhäufigkeit je Frau



## Auswirkungen des demographischen Wandels auf

- Soziale Sicherungssysteme
- Pflegebedarf
- Schüler- und Studierendenzahlen
- Wohnungsmarkt
- Arbeitskräftepotential
- Infrastruktur

## Bevölkerungsvorausberechnung: Modellarten

- Deterministische vs. probabilistische Modelle
  - ▶ Deterministisch: Berechnung eines Ergebnisverlaufs
  - ▶ Probabilistisch: Berechnung einer Ergebnisverteilung
- Makro- vs. Mikroprojektionen:
  - ▶ Makro: Berechnung auf Basis von (Sub-) Populationen
  - ▶ Mikro: Berechnung auf Basis von Individuen

⇒ In der amtlichen Statistik: Deterministische Makroprojektion

# Amtliche Bevölkerungsvorausberechnung

- Ziele:
  - ▶ nicht: exakte Zukunftsvorhersage
  - ▶ sondern: Verständnis für Bevölkerungsentwicklung unter bestimmten Annahmen
- Annahmen zu:
  - ▶ Geburtenhäufigkeit
  - ▶ Sterblichkeit
  - ▶ Wanderungen
- Grundlage der Annahmen:
  - ▶ Untersuchung der bisherigen Verläufe
  - ▶ Hypothesen über die Weiterentwicklung aus heutiger Sicht
- Eigenschaften:
  - ▶ hohe Treffsicherheit in Bezug auf Änderungen der Altersstruktur
  - ▶ Schwäche, wenn nicht absehbare Veränderungen auftreten
- Bedeutung:
  - ▶ Grundlage für politisches Handeln

## 14. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland

- Zwischen den Statistischen Ämtern von Bund und Ländern koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland bis zum Jahr 2060.
- Ausgangsbestand: fortgeschriebener Bevölkerungsbestand im Jahr 2018.
- Modell: **Deterministische Kohorten-Komponenten-Methode:**  
Bevölkerungsbestand wird kohortenweise unter bestimmten deterministischen Annahmen fortgeschrieben.
- **Kohorten:** bestimmt durch die Merkmale
  - ▶ Alter
  - ▶ Geschlecht
- **Komponenten:**
  - ▶ Geburtenhäufigkeit
  - ▶ Lebenserwartung
  - ▶ Wanderungssaldo
- **deterministische Annahmen:** je 3 Annahmen pro Komponente
  - ⇒ insgesamt 27 Varianten + 3 zusätzliche Modellrechnungen
  - ⇒ 9 Hauptvarianten

Quelle: Statistisches Bundesamt (2019)

## Annahmen zur Geburtenhäufigkeit bis 2060

	Trend	Zielwerte	
		Zusammengefasste Geburtenziffer	Durchschnittliches Gebäralter
Basisjahr 2017		1,57	31,2 Jahre
Annahme G1	Sinken auf das langfristige Niveau	1,43	Anstieg auf 32,8
Annahme G2	Moderate Entwicklung	1,55	Anstieg auf 32,6
Annahme G3	Anstieg	1,73	Anstieg auf 32,5

**Wichtig:** Die eigentlichen Modellannahmen werden für die altersspezifischen Geburtenziffern formuliert (Pötzsch, 2010)!



## Hintergrund zu den Annahmen zur Geburtenhäufigkeit

Anzahl der zukünftig geborenen Kinder hängt ab von:

- Anzahl potentieller Mütter
- relative Geburtenhäufigkeit der Frauen
  - ▶ weniger wichtig: Fertilität der deutschen Frauen
  - ▶ wichtig: Fertilität der ausländischen Frauen

Beachte:

- 2017: Von 17,1 Mio. potentieller Mütter hatten 2,7 Mio. eine ausländische Staatsangehörigkeit (16%)
- 2011 – 2017: von 122.000 Neugeborenen stammen 71.000 von ausländischen Frauen (59%)
- 2011 – 2017: Geburtenhäufigkeit von ausländischen Frauen stieg von 1,8 Kinder je Frau auf 2,2 Kinder je Frau
- Immediately-post-arrival-Effekt: Geburtenanstieg bei neuen Migrantengruppen

## Annahmen zur Lebenserwartung bis 2060

	Trend	Zielwerte für Lebenserwartung			
		bei Geburt		im Alter 65	
		Frauen	Männer	Frauen	Männer
Sterbetafel 2015/2017		83,2	78,4	21,0	17,8
Annahme L1	geringer Anstieg	86,4	82,5	23,2	20,4
Annahme L2	moderater Anstieg	88,1	84,4	24,5	21,8
Annahme L3	starker Anstieg	89,6	86,2	25,9	23,2

**Wichtig:** Die eigentlichen Modellannahmen werden für die auf das Lebensalter bezogenen Sterberaten formuliert (Statistisches Bundesamt, 2010)!

## Hintergrund zu den Annahmen zur Lebenserwartung

Potentiale für weiteren Anstieg der Lebenserwartung:

- Anteil der Rauchenden:
  - ▶ Rückgang der Raucherquoten bei Jugendlichen und Erwachsenen
  - ▶ aber: Anstieg der Raucherinnenquoten
- Alkoholkonsum:
  - ▶ Rückgang
  - ▶ Potential für weiteren Rückgang
- Suizidsterblichkeit:
  - ▶ erst Rückgang, dann Stagnation
  - ▶ keine weiteren Verbesserungstendenzen
- Übergewicht bei Kindern:
  - ▶ erst Anstieg, dann Stagnation
  - ▶ Potential für Rückgang

## Annahmen zum Wanderungssaldo bis 2060

	Trend	Jährliche Nettozuwanderung	
		2019 - 2030, 2031 - 2060	2019 - 2060
Basisjahr 2018		386.000	
Annahme W1	Durchschnitt der Jahre 1955 – 1989	Rückgang auf 110.500 im Jahr 2030, danach konstant	durchschnittlich 147.000
Annahme W2	Durchschnitt der Jahre 1955 – 2018	Rückgang auf 206.000 im Jahr 2026, danach konstant	durchschnittlich 221.000
Annahme W3	Durchschnitt der Jahre 1990 – 2018	Leichter Rückgang auf 300.000 im Jahr 2030, danach konstant	durchschnittlich 311.000

## Hintergrund zu den Annahmen zum Wanderungssaldo

- Arbeitskräftebedarf
- Krisenherde:
  - ▶ West- und Mittelasien (Syrien, Jemen)
  - ▶ Verschärfung des Konflikts mit dem Iran
  - ▶ Instabile politische Lage in mehreren afrikanischen Staaten (z.B. Libyen, Mali, Nigeria, Somalia, Kongo)
- Europäisches Ausland:
  - ▶ Gros der Zuwanderung nach Deutschland bisher
  - ▶ Abwanderungspotential könnte abnehmen, da junge Menschen auf einheimischem Arbeitsmarkt gebraucht werden
- Starke Nettozuwanderung des Jahres 2015 war außergewöhnlich (kein Dauerzustand)

## Besonders wichtige Varianten

Moderate Veränderungen bei Geburtenhäufigkeit und Lebenserwartung bei unterschiedlich starker Nettozuwanderung:

- Variante 1: schwächere Zuwanderung

- ▶  $G2 - L2 - W1$

- Variante 2: mittlere Zuwanderung

- ▶  $G2 - L2 - W2$

- Variante 3: stärkere Zuwanderung

- ▶  $G2 - L2 - W3$

## Modell der koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung: Notation

- $B_x^g(t)$  Anzahl der  $x$ -jährigen Bevölkerung des Geschlechts  $g$  am 31.12. $t$ ,
- $f_x^g(t)$  Mittlere Anzahl im Jahr  $t$  Lebendgeborener des Geschlechts  $g$  einer Frau, die am 31.12. $t$   $x$ -jährig ist (altersspezifische Fruchtbarkeitsziffer),
- $q_x^g(t)$  Wahrscheinlichkeit einer Person des Geschlechts  $g$ , die im Jahr  $t$  ihren  $x$ -ten Geburtstag hatte, zwischen ihrem  $x$ - und  $(x + 1)$ -ten Geburtstag zu sterben,
- $p_x^g(t)$  Wahrscheinlichkeit, mit der eine Person des Geschlechts  $g$ , die am 31.12. $t$   $x$ -jährig war, den 31.12. $(t + 1)$  erlebt,
- $s^g(t)$  Wahrscheinlichkeit, mit der ein im Jahr  $t$  Lebendgeborenes des Geschlechts  $g$  den 31.12. $t$  erlebt,
- $G^g(t)$  Anzahl der im Jahr  $t$  Lebendgeborenen des Geschlechts  $g$ ,
- $Z_x^g(t)$  Anzahl der im Jahr  $t$  zuziehenden  $x$ -Jährigen des Geschlechts  $g$ ,
- $F_x^g(t)$  Anzahl der im Jahr  $t$  fortziehenden  $x$ -Jährigen des Geschlechts  $g$ ,
- $D_x^g(t)$  Wanderungssaldo:  $Z_x^g(t) - F_x^g(t)$ .

Quelle: Statistisches Bundesamt (2010)

# Berücksichtigung der Sterblichkeit in der Bevölkerungsvorausberechnung

- Gegeben aus Sterbetafeln:
  - ▶ Altersspezifische Sterbewahrscheinlichkeiten
  - ▶ Altersspezifische Überlebenswahrscheinlichkeiten
- Gesucht für Bevölkerungsvorausberechnung:
  - ▶ Überlebenswahrscheinlichkeiten von 31.12. $t$  zu 31.12. $(t + 1)$
- Annahmen:
  - ▶ Die Sterblichkeit verteilt sich gleichmäßig über ein Lebensjahr.
  - ▶ Ausnahme bei Säuglingen: Anteil der im ersten halben Lebensjahr sterbenden an allen im ersten Lebensjahr gestorbenen Säuglinge wird wie folgt geschätzt:
    - Jungen:  $\alpha = 0,90$
    - Mädchen:  $\alpha = 0,89$



## Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeiten

$$s^g(t) = P(\text{Kind erlebt am 31.12.}t \text{ 1. Silvester}) = 1 - \alpha \cdot q_0^g(t)$$

$$\begin{aligned} p_0^g(t) &= P(\text{Kind erlebt am 31.12.}(t+1) \text{ 2. Silvester} \mid \text{Kind erlebt am 31.12.}t \text{ 1. Silvester}) \\ &= \frac{P(\text{Kind erlebt am 31.12.}(t+1) \text{ 2. Silvester})}{P(\text{Kind erlebt 31.12.}t)} \\ &= \frac{[1 - q_0^g(t)] \cdot [1 - q_1^g(t+1)/2]}{1 - \alpha \cdot q_0^g(t)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_x^g(t) &= P(\text{Person im Alter } x \text{ erlebt 31.12.}(t+1) \mid \text{Person im Alter } x-1 \text{ erlebt 31.12.}t) \\ &= \frac{P(\text{Person im Alter } x \text{ erlebt 31.12.}(t+1))}{P(\text{Person im Alter } x-1 \text{ erlebt 31.12.}t)} \\ &= \frac{[1 - q_0^g(t-x)] \cdot [1 - q_1^g(t+1-x)] \cdot \dots \cdot [1 - q_x^g(t)] \cdot [1 - q_{x+1}^g(t+1)/2]}{[1 - q_0^g(t-x)] \cdot [1 - q_1^g(t+1-x)] \cdot \dots \cdot [1 - q_x^g(t)/2]} \\ &= \frac{[1 - q_x^g(t)] \cdot [1 - q_{x+1}^g(t+1)/2]}{1 - q_x^g(t)/2} \quad \text{für } x > 0 \end{aligned}$$

## Modell der Bevölkerungsvorausberechnung für $x > 0$

**Annahme:** Die zu- und die fortgezogenen Personen halten sich jeweils ein halbes Jahr im betrachteten Gebiet auf.

⇒ Bevölkerung im Alter  $x > 0$  des Geschlechts  $g$  am 31.12. $t$ :

$$\begin{aligned}
 B_x^g(t) &= B_{x-1}^g(t-1) + D_x^g(t) \\
 &\quad - [1 - p_{x-1}^g(t-1)] \cdot [B_{x-1}^g(t-1) - F_x^g(t)/2 + Z_x^g(t)/2] \\
 &= B_{x-1}^g(t-1) + D_x^g(t) \\
 &\quad - [1 - p_{x-1}^g(t-1)] \cdot [B_{x-1}^g(t-1) + D_x^g(t)/2] \\
 &= p_{x-1}^g(t-1)B_{x-1}^g(t-1) + [1 + p_{x-1}^g(t-1)] D_x^g(t)/2 \quad (1)
 \end{aligned}$$

## Vorausberechnung der Geburten

Die in Gleichung (1) enthaltenen

zugezogenen Frauen  $[1 + p_{x-1}^w(t-1)] Z_x^w(t)/2$  bzw.

fortgezogenen Frauen  $[1 + p_{x-1}^w(t-1)] F_x^w(t)/2$

bringen während ihres durchschnittlich halbjährlichen Aufenthalts

$f_x^g(t) \cdot [1 + p_{x-1}^w(t-1)] Z_x^w(t)/4$  bzw.

$f_x^g(t) \cdot [1 + p_{x-1}^w(t-1)] F_x^w(t)/4$

Kinder zur Welt.

⇒ Lebendgeborene des Geschlechts  $g$  im Jahr  $t$ :

$$G^g(t) = \sum_x f_x^g(t) \cdot \{B_x^w(t) - [1 + p_{x-1}^g(t-1)] Z_x^g(t)/4 + [1 + p_{x-1}^g(t-1)] F_x^g(t)/4\}$$

$$= \sum_x f_x^g(t) \cdot \{B_x^w(t) - [1 + p_{x-1}^g(t-1)] D_x^g(t)/4\}$$

## Modell der Bevölkerungsvorausberechnung für $x = 0$

Unter Berücksichtigung

- der Säuglingssterblichkeit und
- der Wanderungen der Neugeborenen

folgt analog zu

$$B_x^g(t) = p_{x-1}^g(t-1)B_{x-1}^g(t-1) + [1 + p_{x-1}^g(t-1)] D_x^g(t)/2$$

für die Bevölkerung im Alter  $x = 0$  des Geschlechts  $g$  am 31.12. $t$ :

$$\begin{aligned} B_0^g(t) &= s^g(t) \cdot G^g(t) + [1 + s^g(t)]D_0^g(t)/2 \\ &= s^g(t) \cdot \sum_x f_x^g(t) \cdot \{B_x^w(t) - [1 + p_{x-1}^g(t-1)] D_x^g(t)/4\} + [1 + s^g(t)]D_0^g(t)/2 \end{aligned}$$

# Ergebnisse

- Zunehmende Alterung der Bevölkerung
  - ▶ trotz hoher Nettozuwanderung
  - ▶ trotz gesteigener Geburtenzahlen
- nächste 20 Jahre:
  - ▶ Rückgang der Bevölkerung im Erwerbsalter
  - ▶ Anstieg der Seniorenzahl

Quelle: Statistisches Bundesamt (2019)

## Entwicklung der Bevölkerungszahl bis 2060

Jahr	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Bevölkerung insgesamt [in Mio.]		
2020	83,4	83,4	83,4
2040	80,7	82,1	84,2
2060	74,4	78,2	83,0
	Unter 20-Jährige [in Mio.]		
2020	15,3	15,3	15,4
2040	14,6	14,9	15,6
2060	13,3	14,1	15,4
	20- bis unter 67-Jährige [in Mio.]		
2020	51,8	51,8	51,8
2040	44,8	45,8	47,3
2060	40,0	42,7	46,0
	67- Jährige und Ältere [in Mio.]		
2020	16,2	16,2	16,2
2040	21,4	21,4	21,4
2060	21,0	21,4	21,6

## Einfluss der Annahmen auf Bevölkerungszahl

- Einfluss der Annahmen zur Nettowanderung:
  - ▶ Vergleich: Varianten 1 – 2 – 3
  - ▶ 2060: Spannweite von ca. 9 Mio. Menschen  $\Rightarrow$  hoch
- Einfluss der Annahmen zur Fertilität:
  - ▶ Vergleich: Varianten 6 – 2 – 7
  - ▶ 2060: Spannweite von ca. 5 Mio. Menschen  $\Rightarrow$  mittel
- Einfluss der Annahmen zur Lebenserwartung:
  - ▶ Vergleich: Varianten 8 – 2 – 9
  - ▶ 2060: Spannweite von ca. 3 Mio. Menschen  $\Rightarrow$  gering

Animierte Bevölkerungspyramide:

<https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/>

## Entwicklung der Bevölkerungsanteile bis 2060

Jahr	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Unter 20-Jährige [in Prozent]		
2020	18,4	18,4	18,5
2040	18,1	18,2	18,5
2060	17,9	18,0	18,5
	20- bis unter 67-Jährige [in Prozent]		
2020	62,2	62,2	62,1
2040	55,5	55,8	56,1
2060	26,5	54,6	55,5
	67- Jährige und Ältere [in Prozent]		
2020	19,5	19,5	19,5
2040	26,5	26,0	25,4
2060	28,3	27,4	26,0



## Jugend-, Alten und Gesamtquotient

Jugendquotient:

$$\frac{\text{unter 20-Jährige}}{\text{20- bis unter 67-Jährige}}$$

Altenquotient:

$$\frac{\text{67-Jährige und Ältere}}{\text{20- bis unter 67-Jährige}}$$

Gesamtquotient = Jugendquotient + Altenquotient

Hinweise:

- Statt der Altersstufe 67 werden oft auch die Altersstufen 60 und 65 als Grenze verwendet.

## Entwicklung der Jugend-, Alten und Gesamtquotienten bis 2060

Jahr	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Jugendquotient		
2020	29,5	29,5	29,7
2040	32,6	32,5	33,0
2060	33,4	33,0	33,4
	Altenquotient		
2020	31,3	31,3	31,4
2040	47,8	46,7	45,2
2060	52,6	50,2	47,0
	Gesamtquotient		
2020	60,9	60,9	61,1
2040	80,3	79,2	78,2
2060	86,0	83,2	80,3

## Quellen

- Pöttsch, O. (2010). Annahmen zur Geburtenentwicklung in der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. *Wirtschaft und Statistik*, 29–40.
- Statistisches Bundesamt (2010). *Modell der Bevölkerungsvorausberechnungen*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Bundesamt (2019). *Bevölkerung im Wandel - Annahmen und Ergebnisse der 14. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.  
<https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2019/Bevoelkerung/pressebroschuere-bevoelkerung.pdf>.