

Finanzperspektiven der Ausgaben der Alters- und Hinterlassenen- versicherung (AHV): Analyse des Basismodells



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Département fédéral de l'intérieur DFI
Bundesamt für Sozialversicherungen BSV
Office fédéral des assurances sociales OFAS

Das Bundesamt für Sozialversicherungen veröffentlicht konzeptionelle Arbeiten sowie Forschungs- und Evaluationsergebnisse zu aktuellen Themen im Bereich der Sozialen Sicherheit, die damit einem breiteren Publikum zugänglich gemacht und zur Diskussion gestellt werden sollen. Die präsentierten Folgerungen und Empfehlungen geben nicht notwendigerweise die Meinung des Bundesamtes für Sozialversicherungen wieder.

Autorinnen/Autoren

Florentin Krämer, Lukas Mergele
BSS Volkswirtschaftliche Beratung AG
Aeschengraben 9, CH-4051 Basel
+41 (0)61 262 05 55, contact@bss-basel.ch
www.bss-basel.ch

Auskünfte

Bundesamt für Sozialversicherungen
Effingerstrasse 20, CH-3003 Bern

Bereich Mathematik
Jörg Kalbfuss
+41 (0)58 463 25 75, joerg.kalbfuss@bsv.admin.ch

Geschäftsfeld Mathematik, Analysen und Statistik
Nadja Reber
+41 (0)58 464 01 56, nadja.reber@bsv.admin.ch

Copyright

Bundesamt für Sozialversicherungen, CH-3003 Bern
Auszugsweiser Abdruck – ausser für kommerzielle Nutzung –
unter Quellenangabe und Zustellung eines Belegexemplares
an das Bundesamt für Sozialversicherungen gestattet.

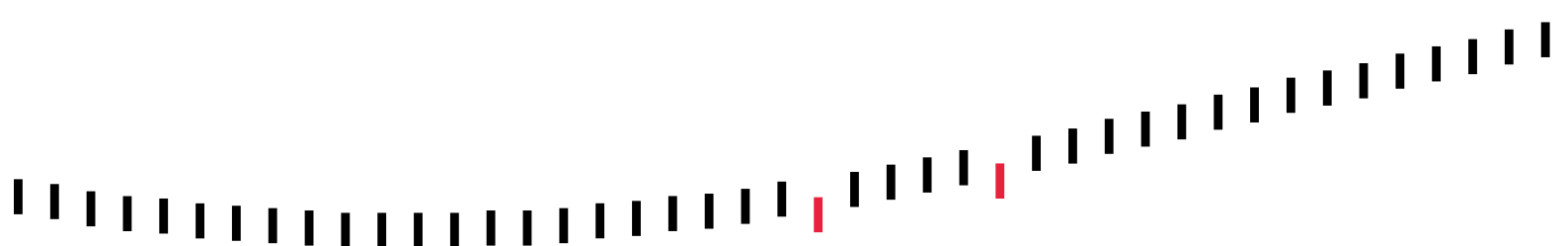
Publikationsdatum und Auflage

Oktober 2025, 1. Auflage

Validierungsbericht

Basismodell der AHV- Ausgaben

Basel, 15.09.2025



Impressum

Überprüfung des Basismodells der AHV-Ausgaben

Validierungsbericht

15.09.2025

Auftraggeberin: Bundesamt für Sozialversicherungen BSV

Autoren: Florentin Krämer, Lukas Mergele

Verantwortlich seitens Auftraggeberin: Jörg Kalbfuss, Nadja Reber

Projektleitung seitens Auftragnehmerin: Florentin Krämer

Projektbearbeitung: Florentin Krämer, Lukas Mergele

BSS Volkswirtschaftliche Beratung AG

Aeschengraben 9

CH-4051 Basel

T +41 61 262 05 55

contact@bss-basel.ch

www.bss-basel.ch

© 2025 BSS Volkswirtschaftliche Beratung AG

Inhalt

Zusammenfassung	v
Résumé	vi
Riassunto	vii
Summary	viii
1 Ausgangslage und Zielsetzung	1
2 Implementierung des Modellansatzes	2
2.1 Allgemeine Anmerkungen	2
2.2 Abgleich zwischen Dokumentation und Code	3
2.3 Spezifische Anmerkungen zur Implementierung	6
3 Methodische Bewertung der Modellarchitektur	8
3.1 Allgemeine Anmerkungen	8
3.2 Anmerkungen zur Wahl der Projektionsmethodik	9
3.3 Kreuzvalidierung	12
4 Methodische Bewertung des Szenarien-Ansatzes	14
5 Struktur und Nachvollziehbarkeit des Codes	16
5.1 Datei- und Ordnerstruktur.....	16
5.2 Allgemeine Anmerkungen	17
5.3 Spezifische Anmerkungen zu den Skripten	19
6 Fazit	27
7 Conclusion	28
8 Conclusioni	29
9 Conclusion	30
A Alternative Projektionsmethoden	31
Bibliographie	32

Tabellen

Tabelle 1: Mapping zwischen Methodenbeschreibung und Code	4
Tabelle 2: Validierte R-Skripte.....	16
Tabelle 3: Verwendete R-Pakete und Abhängigkeiten	18
Tabelle 4: Beispiel für Code-Verbesserung	23
Tabelle 5: Übersicht Projektionsquellen (Geschlecht × Domizil), Altersrenten.....	24

| **Abbildungen**

Abbildung 1: Relative Rentenhöhe nach Domizil und Geschlecht, Altersrenten, 2007–2024	10
Abbildung 2: Rentenbestand nach Domizil und Geschlecht, Altersrenten, 2007–2024	10
Abbildung 3: Entwicklung der Anzahl Grenzgänger nach Altersklasse, 1999–2024	11
Abbildung 4: Bezugsquote (Geschlecht × Rentenart × Alter), Schweizer, 2023	21
Abbildung 5: Bezugsquote (Geschlecht × Rentenart × Alter), Ausländer, 2023	21

Zusammenfassung

Die Vorhersage der jährlichen AHV-Ausgaben ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Um diese Herausforderung zu bewältigen, hat das BSV zwei verschiedene Modelle entwickelt, die unterschiedliche Bedürfnisse erfüllen: Ein detailliertes, internes Modell und ein vereinfachtes, öffentlich zugängliches Basismodell. Beide Modelle nutzen historische Daten und Bevölkerungsszenarien, um daraus die künftige Entwicklung der AHV-Gesamtausgaben abzuleiten. Eine methodische Dokumentation sowie der Programmcode und die verwendeten Datensätze des Basismodells sind öffentlich verfügbar.

Das Basismodell wurde mit Blick auf bestimmte Zielsetzungen erstellt: Es sollte einfach, robust und mit angemessenem Aufwand nachvollziehbar sein. Im Gegensatz zum internen Modell konnten nur öffentlich zugängliche Datensätze verwendet werden. Es mussten also Abwägungen vorgenommen werden, zum Beispiel: Welche Einflussfaktoren sollen berücksichtigt werden? Wie detailliert sollen die Berechnungen sein? Welches Aggregationsniveau ist sinnvoll?

Im Auftrag des BSV haben wir das Basismodell überprüft. Wir stellen fest, dass die genannten Überlegungen erkenntlich in die Konzeption dieses Modells eingeflossen sind. Im Hinblick auf Einfachheit und Robustheit beurteilen wir die Modellierung mehrheitlich als ausgezeichnet. Die verwendete Methode, bei der vergangene Daten als Grundlage für zukünftige Prognosen dienen, ist gut geeignet, um das Modell einfach zu halten. Die Schiebefenster-Kreuzvalidierung entspricht dem ökonomischen Stand der Technik und führt zu einer methodisch validen Trendextrapolation. Der gewählte Szenarienansatz ist konzeptionell überzeugend und nachvollziehbar.

Dennoch gibt es Verbesserungsmöglichkeiten. Zum Beispiel könnte die Dokumentation ausführlicher sein und den Weg zur gewählten Lösung aufzeigen – welche Überlegungen gab es, welche Alternativen wurden verworfen? Auch der Aufbau des Codes könnte besser erklärt werden. Der Methodenbeschrieb enthält noch kleinere Dokumentationslücken, die sich erst bei Durchsicht des Programmcodes erschliessen. Dessen aktualisierte Version vom 30. September 2025 schliesst viele dieser Lücken bereits.

Zusätzlich könnten alternative Vorhersagemethoden getestet und verglichen werden. Die Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren, die mit den Rentenhöhen oder Rentenbeständen zusammenhängen, könnte die Vorhersagegenauigkeit unter Umständen verbessern. Wenn die derzeitige Methode beibehalten wird, sollte der Zeitraum, für den Vorhersagen erstellt werden, nicht zu weit in die Zukunft reichen – eine Zehn-Jahres-Periode wäre aus unserer Sicht angemessen.

Schliesslich kann der bereits sehr gut strukturierte Code noch weiter aufgeteilt und in kleinere, übersichtlichere Abschnitte zerlegt werden. Im Sinne der Replikationsfähigkeit wäre die Verwendung reproduzierbarer Umgebungen wünschenswert.

Résumé

La projection des dépenses annuelles de l'AVS est une opération complexe. L'Office fédéral des assurances sociales (OFAS) a relevé ce défi en développant deux modèles distincts, répondant chacun à des exigences différentes : un modèle interne, plus détaillé, et un modèle de base simplifié et accessible au public. Les deux modèles utilisent des données historiques et des scénarios démographiques pour en déduire l'évolution future des dépenses totales de l'AVS. Une documentation méthodologique ainsi que le code du programme et les ensembles de données utilisés pour le modèle de base sont accessibles au public.

Le modèle de base a été conçu pour répondre à certains objectifs : il devait être simple, robuste et reproductible avec un effort raisonnable. Contrairement au modèle interne, seuls des ensembles de données accessibles au public pouvaient être utilisés. Il a donc fallu mettre en balance différents aspects : quels facteurs devaient être pris en compte ? À quel point les calculs devaient-ils être détaillés ? Quel niveau d'agrégation était approprié ?

À la demande de l'OFAS, nous avons examiné le modèle de base. Nous constatons que les réflexions mentionnées ci-dessus ont influencé de manière évidente la conception de ce modèle. Au vu des critères souhaités de simplicité et de robustesse, nous estimons que la modélisation est globalement excellente. La méthode utilisée, à savoir une approche basée sur des séries purement chronologiques, s'avère appropriée pour atteindre l'objectif de simplicité. La validation croisée à fenêtre coulissante répond aux dernières avancées en économétrie et permet une extrapolation des tendances parfaitement valable sur le plan méthodologique. Le choix d'une approche par scénarios est convaincant et compréhensible.

Certains éléments pourraient toutefois être optimisés. La documentation, par exemple, pourrait être plus complète et présenter le cheminement qui a conduit au modèle finalement retenu : quelles réflexions ont été menées ? Quelles autres pistes ont été explorées, puis écartées ? La structure du code pourrait, elle aussi, être mieux expliquée. La description méthodologique comporte encore, en ce qui concerne la documentation, de petites lacunes qui ne se clarifient qu'à l'examen du code. La version mise à jour du 30 septembre 2025 comble déjà plusieurs de ces lacunes.

En outre, d'autres méthodes de prévision pourraient être testées et comparées. Le fait de tenir compte de facteurs supplémentaires liés au montant des rentes ou aux effectifs des rentes pourrait éventuellement améliorer la précision des prévisions. Si la méthode actuelle est conservée, la période prévisionnelle ne devrait pas être trop longue ; de notre point de vue, une période de dix ans serait appropriée.

Enfin, le code, déjà très bien structuré, pourrait être encore divisé et décomposé en sections plus petites et plus claires. En termes de répliquabilité, il serait en outre souhaitable d'utiliser des environnements reproductibles.

Riassunto

La previsione delle uscite annue dell'AVS è un compito difficile. Per affrontarlo, l'UFAS ha sviluppato due diversi modelli che soddisfano esigenze differenti: un modello dettagliato interno e un modello di base semplificato pubblicamente accessibile. Entrambi i modelli si basano su dati storici e scenari demografici per derivarne la futura evoluzione delle uscite complessive dell'AVS. Una documentazione relativa al metodo adottato, il codice del programma e i record di dati utilizzati nel modello di base sono liberamente accessibili.

Nel creare il modello di base si è cercato di far sì che fosse semplice, robusto e replicabile con un onere ragionevole. Per questo modello, diversamente che per quello interno, hanno potuto essere utilizzati soltanto record di dati pubblicamente accessibili. È stato dunque necessario valutare alcuni aspetti, ad esempio: quali fattori d'influenza devono essere presi in considerazione? Quanto devono essere dettagliati i calcoli? Qual è il livello di aggregazione adeguato?

Su incarico dell'UFAS abbiamo verificato il modello di base. Constatiamo che queste riflessioni sono state chiaramente considerate in sede di concezione del modello in esame. Per quanto riguarda la semplicità e la robustezza, riteniamo che la modellazione sia perlopiù eccellente. Il metodo adottato, che si basa su dati del passato per elaborare previsioni per il futuro, è molto adatto a conservare la semplicità del modello. La convalida incrociata a finestra mobile corrisponde allo stato della tecnica dell'econometria e porta a un'estrapolazione di tendenza metodologicamente valida. L'approccio basato su più scenari è concettualmente convincente e comprensibile.

Tuttavia, vi sono margini di miglioramento. Per esempio, la documentazione potrebbe essere più dettagliata e illustrare il percorso che ha portato alla soluzione scelta: quali considerazioni sono state fatte, quali alternative sono state scartate? Anche la struttura del codice potrebbe essere spiegata meglio. La descrizione del metodo contiene ancora piccole lacune di documentazione, che emergono soltanto dopo aver esaminato il codice del programma. La sua versione aggiornata del 30 settembre 2025 colma già molte di queste lacune.

Inoltre, potrebbero essere testati e confrontati metodi di previsione alternativi. A determinate condizioni, la considerazione di ulteriori fattori d'influenza correlati all'ammontare o all'effettivo delle rendite potrebbe permettere di migliorare l'accuratezza delle previsioni. Se fosse mantenuto il metodo attuale, il periodo per il quale vengono elaborate le previsioni non dovrebbe estendersi troppo nel futuro: a nostro avviso, un periodo di dieci anni sarebbe adeguato.

Infine, il codice, già molto ben strutturato, potrebbe essere ulteriormente suddiviso in sezioni più piccole e più chiare. Ai fini della replicabilità, sarebbe auspicabile l'utilizzo di ambienti riproducibili.

Summary

Projecting annual AHV spending is a complex undertaking. To master this challenge, the FSIO has developed two different models that satisfy varying needs: a detailed, internal model and a simplified, publicly available basic model. Both models use historical data and population scenarios in order to derive the future development of the total AHV spending. A methodical documentation and the program code as well as the data sets used in the basic model are publicly available.

The basic model was created with a view to specific objectives: it should be simple, durable and implementable with an appropriate outlay in terms of time and cost. In contrast to the internal model, it was possible to use only publicly available data sets. Certain considerations had to be made, for instance: which influencing factors need to be taken into account? How detailed should the calculations be? Which level of aggregation makes sense?

We have reviewed the basic model on behalf of the FSIO. We have ascertained that the above-mentioned documentation has been visibly incorporated into the model's design. In terms of simplicity and durability, we rate the model as generally excellent. The method used, in which previous data serve as the basis for future projections, is well suited to keeping the model simple. The sliding window cross-validation corresponds to the econometric state of the technology and results in a methodically valid trend extrapolation. The selected scenario is conceptually convincing and comprehensible.

Nevertheless, there are possibilities for improvement. For example, the documentation could be more detailed and illustrate the path to the selected solution – what considerations were made, which alternatives were rejected? The code structure could also be better explained. The method description still contains minor gaps in the documentation which only become apparent when looking at the program code. The updated version of 30 September 2025 already closes many of these gaps.

In addition, alternative projection methods could be tested and compared. Taking account of additional influencing factors relating to the pension amounts or pension portfolios could perhaps improve the projection accuracy. If the current method is retained, the period for which projections are made should not be too far in the future – a 10-year period would be appropriate, in our view.

Finally, the code, which is already very well structured, could be broken down further into smaller, clearer sections. For the purpose of replicability, the use of reproducible environments would be desirable.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Das BSV erstellt jährlich modellbasierte Projektionen für die Ausgaben der AHV. Der Projektionszeitraum umfasst gegenwärtig die Jahre 2025 bis 2040. Hierfür werden zwei Modelle genutzt, die sich in ihrem Komplexitätsgrad unterscheiden: Für detaillierte Projektionen gelangt BSV-intern ein kohortenbasiertes Modell zum Einsatz. Durch den hohen Detailgrad der Modellierung können darin auch Änderungen wie die Anhebung des Referenzalters bei Frauen im Zuge der Reform AHV 21 abgebildet werden. Demgegenüber vertritt das Basismodell den Anspruch, die Entwicklung der Ausgaben im Aggregat möglichst simpel, robust und offen (sprich nachvollziehbar) darzustellen. Die Grundlage bilden öffentlich verfügbare aggregierte Datensätze (im Gegensatz zum kohortenbasierten Modell, bei dem nicht-öffentliche Individualdatensätze zum Einsatz gelangen). Der primäre Zweck des Basismodells besteht darin, die Abweichungen zwischen Kohorten- und Aggregatsperspektive im Hinblick auf die Projektion der Gesamtausgaben zu quantifizieren und so Hinweise darauf zu geben, wie viel Präzision man aus der zusätzlichen Komplexität des kohortenbasierten Modells gewinnt. Ein zweiter Grund für die parallele Entwicklung zweier Modelle ist die Möglichkeit, die jeweiligen Projektionen miteinander zu vergleichen und bei starken Abweichungen Plausibilisierungsmassnahmen einzuleiten.

Im Auftrag des BSV überprüfen wir das Basismodell und gehen dabei auf die folgenden vier Fragestellungen ein:

1. Wird der Modellierungsansatz inklusive der Szenario-Generierung gemäss Dokumentation und Code-Kommentaren *korrekt implementiert*?
2. Erfüllt das Modell den Anspruch, einen *möglichst einfachen Projektionsansatz* zu verfolgen, welcher für praktische Zwecke dennoch *hinreichend präzise* ist?
3. Ist der vom Basismodell abgeleitete Szenarien-Ansatz *verständlich* und *konzeptionell überzeugend*?
4. Ist der Code im Zusammenhang mit der vorhandenen Dokumentation *übersichtlich strukturiert* und mit *angemessenem Aufwand nachvollziehbar*?

Für die externe Evaluation des Basismodells standen uns folgende Dokumente zur Verfügung:

- Code-Skripte (siehe Tabelle 2)
- Methodenbeschrieb zum Basismodell der AHV-Ausgaben (in der Version vom 16.05.2025 sowie vom 22.07.2025)

Wir gehen auf die oben genannten Fragen in den Kapiteln 2–4 ein. Kapitel 5 gibt Anregungen für allfällige Weiterentwicklungen und schliesst mit einem Fazit.

2 Implementierung des Modellansatzes

Im ersten Schritt nehmen wir einen Abgleich zwischen der Dokumentation (Methodenbeschrieb und Code-Kommentare) und der Code-Implementierung vor. Dazu haben wir den bereitgestellten Code systematisch geprüft.

2.1 Allgemeine Anmerkungen

2.1.1 Überblick zur vorhandenen Dokumentation

Unter dem Sammelbegriff «Dokumentation» fassen wir den uns übermittelten Methodenbeschrieb (Stand: 16.05.2025 und Aktualisierung vom 22.07.2025) sowie die Kommentare im Code selbst zusammen.

Der Methodenbeschrieb legt zunächst auf konzeptioneller Ebene dar, wie das im Modell adressierte Projektionsproblem aufgebaut ist. Wichtig ist die Differenzierung in verschiedene *Typen*, sprich Kombinationen aus Geschlecht, Domizil und Rentenart. Aus der Schätzgleichung geht hervor, dass die Gesamtausgaben der AHV wie folgt in einzelne Bestandteile zerlegt werden können:

- Das Produkt aus der Anzahl Rentenbezügerinnen und -züger und der durchschnittlichen Rentenhöhe ergibt die Rentensumme für einen bestimmten Rententyp. Aufsummiert über alle Rententypen ergibt sich die Gesamrentensumme.
- Dazu kommen Nebenkosten, wie beispielsweise Durchführungskosten oder Hilfloosenentschädigungen.
- Es verbleibt ein stochastischer Störterm, der nicht modellierte Einflüsse erfasst.

Im zweiten Teil werden dann zentrale Aspekte der Modellierung konkret besprochen. Im dritten Teil folgen Überlegungen zur Schätzung der Projektionsunsicherheit, welche für die Ableitung von verschiedenen Ausgabenszenarien genutzt werden. Der Appendix geht auf die Auswirkungen der geplanten Reform der AHV-Hinterlassenenrenten ein. Dieser Aspekt ist jedoch modellexogen und daher auch nicht Bestandteil der vorliegenden Validierung.

2.1.2 Fokus der vorhandenen Dokumentation

Der Methodenbeschrieb greift einige Aspekte des Modells heraus und beschreibt diese im Detail, bleibt ansonsten aber recht allgemein. Das bedeutet, dass es für ein genaues Verständnis des Modells unabdingbar ist, sowohl den Code als auch den Methodenbeschrieb zu studieren. Zentrale Aspekte im Methodenbeschrieb sind:

- *Adjustierung der Bevölkerungsszenarien*: Für die Projektion der Schweizer Rentenbezüger stellt das Modell auf die Bevölkerungsszenarien des BFS in Kombination mit Annahmen zur Bezugsquote ab. Da die Bevölkerungsszenarien nur alle fünf Jahre veröffentlicht werden, das AHV-Basismodell aber in einem einjährigen Turnus neu berechnet werden soll, ist eine Anbindung an tatsächlich beobachtete Bevölkerungszahlen erforderlich – andernfalls würde relevante Information nicht genutzt.

- *Projektion der Rentenbestände im Ausland und der Durchschnittsrenten (im In- und Ausland):* Für die Projektion dieser Modellinputs wird die sogenannte Schiebefenster-Kreuzvalidierung genutzt, die hier im Detail veranschaulicht und besprochen wird. Dieser Teil des Methodenbeschreibs nimmt mit Abstand den grössten Raum ein.
- *Gesetzesreformen:* Ausgabenwirksame gesetzliche Anpassungen, deren Implementierungsmodalitäten hinreichend konkret sind, werden hier kurz vorgestellt. Die Art der Umsetzung im Modell wird angerissen, aber nicht näher ausgeführt.
- *Ausgaben-Szenarien:* Abschliessend geht der Beschrieb darauf ein, wie qualitative Unsicherheit (Bevölkerungsszenarien des BFS) und quantitative Unsicherheit (Projektionsunsicherheit) kombiniert werden können, um Unsicherheitsbänder zu erhalten.¹

2.1.3 Empfohlene Ergänzungen der vorhandenen Dokumentation

Der Methodenbeschrieb setzt eine gut ausgeprägte institutionelle Kenntnis des AHV-Systems voraus. Sollen primär Personen mit AHV-Domänenwissen als Zielgruppe angesprochen werden, ist dies angemessen. Grundsätzlich würden wir jedoch anregen, implizite, vereinfachende Annahmen wo immer möglich explizit zu machen, um externen Personen den Nachvollzug der Modellierung zu erleichtern. Dies betrifft beispielsweise folgende Aspekte, die bisher nicht Teil der Dokumentation sind:

- Für Kinder unter 16 Jahren erhalten AHV-Versicherte Erziehungsgutschriften, die sich auf die Auszahlungshöhe auswirken. Somit ergibt sich eine Korrelation zwischen der Geburtenziffer und der Auszahlungshöhe.
- Das Arbeitsangebot unterliegt gewissen Trends: Teilzeitarbeit bei Männern nimmt zu, gleichzeitig treten mehr Frauen in den Arbeitsmarkt ein.

Das Modell berücksichtigt diese Aspekte grösstenteils implizit, da die Projektion der Ausgaben aus historischen Trends abgeleitet wird. Die impliziten Annahmen erschliessen sich aber nicht direkt aus dem Studium der Dokumentation und des Codes.

Ergänzend könnte die Dokumentation darauf hinweisen, welche institutionellen Merkmale im Basismodell aufgrund der gewählten Aggregats-Perspektive nicht abgebildet werden können. Das betrifft etwa die Plafonierung der Altersrenten bei Ehepaaren, den Entfall der Plafonierung bei Tod eines Ehegatten und den Verwitwetenzuschlag.

2.2 Abgleich zwischen Dokumentation und Code

Die im Methodenbeschrieb gesetzten Schwerpunkte sind aus unserer Sicht nachvollziehbar. Ob die Schwerpunktsetzung die nach unserer Meinung zentralen Stellschrauben des Modells adäquat widerspiegelt, ist Gegenstand von Kapitel 3. Wie bereits angesprochen, beschreibt der Methodenbeschrieb das Modell nicht in allen Einzelheiten. Der Anspruch des Beschreibs besteht eher darin, Begründungen für konzeptionelle Entscheidungen zu liefern und auf allfällige Fallstricke aufmerksam zu machen. Ein paralleles Studium von Beschrieb und Code ist unbedingt erforderlich, um die Mechanik des Modells nachvollziehen zu können. Als Beispiel sei die Aggregation der Waisen- und

¹ Der Beschrieb bleibt hier in der ersten Fassung recht konzeptionell und erläutert beispielsweise nicht genau, wie die angesprochene Simulation der prädiktiven Unsicherheitsbänder umgesetzt wird. In der aktualisierten Version wurde jedoch eine detaillierte Beschreibung ergänzt.

Kinderrenten genannt: Die Unterscheidung zwischen den Geschlechtern wird bei diesen Rentenarten aufgehoben, was aus dem Code hervorgeht (Skript `prepare_inputs.R`, Zeilen 38–43 und 74–79), jedoch nicht aus dem Methodenbeschrieb.

Weitere Aspekte, die bisher nur im Code enthalten sind:

- Die Berechnung der Bruchpunkte für die Selektion des Startwerts der Kreuzvalidierungs-Zeitreihe (Skript `cv_out.R`, Zeilen 12–19)
- Eine Beschränkung der zulässigen Werte, sodass Vorhersagen von negativen Werten nicht möglich sind (wird im Skript `proj_out.R` in den Zeilen 30–31 sowie 46 und 83–84 implementiert)
- Die Annahmen, welche der Berechnung des «Spar-Effekts» bei der 13. AHV-Rente durch die Verwendung des Liechtensteiner Modells zugrunde liegen, sowie die praktische Umsetzung (Kürzung des Rentenniveaus bei den überlebenden Pensionären)

Zusammenfassend stellt Tabelle 1 dar, wo sich die im Methodenbeschrieb dokumentierten Aspekte im Code wiederfinden.

Tabelle 1: Mapping zwischen Methodenbeschrieb und Code

Modellaspekt	Kapitel Methodenbe- schrieb	Seite Methodenbe- schrieb	Code-Skript	Code-Zeilen
Nebenkosten	1.2.2	4–5	<code>proj_out.R</code>	119–127
Schiebefenster-Kreuzvalidierung zur Trendpunktwahl	2.3	10–19	<code>cv_out.R</code>	1–149
13. AHV-Rente (Berücksichtigung des Spareffekts aufgrund des Liechtensteiner Modells)	2.4	19	<code>proj_out.R</code>	49–92
Witwenrenten	2.4	19–20	<code>prepare_inputs.R</code>	183–189
			<code>proj_out.R</code>	97–109
AHV 21: Anhebung Referenzalter	2.4	19	<code>prepare_inputs.R</code>	94–113
AHV 21: Ausgleichsmassnahmen	2.4	19–20	<code>proj_out.R</code>	173–179
Ausgaben-Szenarien	3	20–22	<code>scenarios.R</code>	1–268

Anmerkungen: Die Angaben beziehen sich auf den Methodenbeschrieb in der Fassung vom 16.05.2025. *Quelle:* BSV, eigene Darstellung.

Beurteilung des Methodenbeschriebs

Der Beschrieb bewegt sich auf konzeptioneller Ebene und setzt thematische Schwerpunkte. Adressaten des Berichts benötigen zum Verständnis fortgeschrittene Kenntnisse der angewandten Statistik sowie genaue Kenntnis der institutionellen Verhältnisse in der AHV. Positiv sehen wir, dass der Aufbau des Beschriebs einer klaren und gut nachvollziehbaren Struktur folgt. Negativ ist für uns, dass die grundlegenden Überlegungen, welche ausschlaggebend für die Wahl der Modellierungsansätze waren (bspw. lineare Extrapolationen statt anderer Ansätze zur Vorhersage von Zeitreihen; Verwendung von Zeitreihen-Modellen statt Modellen mit erklärenden Variablen, siehe Abschnitt 3.1), keine Erwähnung finden. Auch empfehlen wir, zusätzlich zu diesem technischen Methodenbeschrieb drei weitere Dokumente zu erarbeiten: Erstens einen nicht-technischen Modellbeschrieb, der auf intuitiver Ebene die Funktionsweise des Modells wiedergibt und ein Verständnis auch für technisch weniger versierte Personen ermöglicht. Zweitens eine Dokumentation des Codes in Form einer README-Datei, die genauer auf die Struktur des Codes eingeht, ein Mapping der im Code verwendeten Variablenbezeichnungen zu Modellvariablen ermöglicht und Hinweise zur Replikation enthält. Drittens würden Codebooks mit Beschreibungen der verwendeten Variablen und ihrer Ausprägungen zum besseren Verständnis der Rohdaten beitragen; es wäre aus unserer Sicht sinnvoll, das Replikationspaket um diesen Bestandteil zu ergänzen.²

Beurteilung der Code-Kommentare

Die Code-Kommentare unterstützen das Verständnis des Codes ausgezeichnet. Sie geben Hinweise darauf, welcher Modellaspekt im nachfolgenden Code-Abschnitt implementiert wird und helfen bei der Interpretation der Modellierung. Zum Teil scheinen uns Hinweise aus den Code-Kommentaren auch für den Methodenbeschrieb relevant, etwa die implizite Annahme einer gleichverteilten Sterberate über Monate und Rentenhöhen, welche der Schätzung des Liechtenstein-Effekts zugrunde liegt (Skript `proj_out.R`, Zeilen 60–61). Wir würden empfehlen, relevante Code-Kommentare auch in den Methodenbeschrieb aufzunehmen. Die dadurch entstehende Redundanz beurteilen wir nicht als störend.

² Auf Nachfrage hat das BSV uns Codebooks für das Rentenregister bereitgestellt.

2.3 Spezifische Anmerkungen zur Implementierung

Manche Überlegungen scheinen uns auf konzeptioneller Ebene sinnvoll, sie sind aber aus unserer Sicht komplizierter implementiert als notwendig. Dies betrifft zum einen die Art und Weise der Adjustierung der Bevölkerungsszenarien, zum anderen die Verwendung von Regressionsnotation statt der (einfacheren) Beschreibung als durchschnittliche Veränderungen.³ Im Folgenden gehen wir genauer auf diese Anmerkungen ein.

Adjustierung der Bevölkerungsszenarien

In Abschnitt 2.2 des Methodenbeschriebs wird eine Adjustierung der Bevölkerungsszenarien aus zwei Gründen vorgenommen: Erstens soll berücksichtigt werden, dass sich die Anzahl Altersrentenbezügerinnen und -bezüger einer bestimmten Altersklasse im Allgemeinen von der Bevölkerungszahl in derselben Altersklasse unterscheidet. Die Rentenbezugsquote steigt mit dem Erreichen des Referenzalters nicht sprunghaft von 0% auf 100%. Vielmehr führen Rentenvorbezug und Rentenaufschub zu einer stetigen Erhöhung der Bezugsquote, die bereits vor Erreichen des Referenzalters einsetzt. Zweitens spiegeln die BFS-Bevölkerungsszenarien zum Zeitpunkt der Ausgabenprognose nur ausnahmsweise die tatsächliche Entwicklung wider, da die Ausgabenprognose mit einer jährlichen, die Bevölkerungsszenarien hingegen mit einer fünfjährigen Periodizität erstellt werden.

Zur Vereinfachung der Exposition schlagen wir vor, direkt den Bezug zwischen den Bevölkerungswachstumsraten der verwendeten BFS-Szenarien je Altersklasse und den Rentenbeständen in der Schweiz herzustellen. Die tatsächlich beobachteten Rentenbestände in der Schweiz (auf Ebene Geschlecht × Rentenart × Alter) im Jahr t_0 können so direkt mit der Wachstumsrate $r_{t_0, t_0+1} \equiv \frac{n_{BFS, t_0+1}}{n_{BFS, t_0}}$ multipliziert werden, um den Bestand im Jahr $t_0 + 1$ zu schätzen.⁴ Dabei muss noch berücksichtigt werden, dass im Jahr 2025 ausnahmsweise eine additive Adjustierung vorgenommen wird, um einen Sondereffekt zu berücksichtigen. Der nachfolgende blaue Kasten zeigt auf, wie dieser Effekt im Rahmen der von uns vorgeschlagenen Anpassung modelliert werden könnte. Durch die Verwendung von Wachstumsraten ist die Anbindung an das tatsächliche Niveau automatisch gegeben.

Berücksichtigung ukrainischer Flüchtlinge

Zwischen 2022 und 2023 gibt es einen Strukturbruch bei den Rentenbezugsquoten. Das BSV gibt als Grund dafür die Umregistrierung ukrainischer Flüchtlinge in die ständige Wohnbevölkerung an. Das erhöht den Nenner der Rentenbezugsquote – die ständige Wohnbevölkerung – aber nicht den Zähler, da diese Personen (noch) keine Rentenansprüche erworben haben. Das BFS modelliert die ständige Wohnbevölkerung, daher sind die umregistrierten ukrainischen Flüchtlinge in den Bevölkerungsszenarien enthalten. In der Konsequenz sinken die Rentenbezugsquoten.

³ Funktionell sind die beiden Varianten äquivalent, es geht hier nur um die Notation und die Vermittlung des Konzepts.

⁴ Die Verwendung von Wachstumsraten einer Zeitreihe zur Projektion einer anderen Zeitreihe ist ein gängiges Verfahren, das unter anderem beim BFS eingesetzt wird.

Für die Prognose der AHV-Ausgaben ist die zentrale Frage, ob es sich bei dieser Erweiterung der ständigen Wohnbevölkerung um ein transitorisches oder ein permanentes Phänomen handelt.

- Im ersten Fall lautet die Annahme, dass die meisten ukrainischen Flüchtlinge nach Ende des Kriegs wieder in die Ukraine zurückgehen. Sofern sie während ihres Aufenthalts in der Schweiz erwerbstätig sind und AHV-Beiträge zahlen, erwerben sie Rentenansprüche. Sie sind dann aber mit Domizil «Ausland» zu berücksichtigen und sollten nicht dauerhaft in der Bevölkerungsprognose für die Schweiz mitgezogen werden.
- Im zweiten Fall bleiben sie dauerhaft in der Schweiz, erwerben Rentenansprüche und sollten somit in die Bevölkerungsszenarien eingerechnet werden.

Ob es sich um ein transitorisches oder permanentes Phänomen handelt, hängt mit geopolitischen Entwicklungen zusammen. Diese Frage kann unseres Erachtens im Rahmen des Basismodells nicht adäquat beantwortet werden. Die Annahme, den Ukrainekrieg als transitorisches Phänomen zu betrachten, erscheint uns aber plausibel. Um unter diesen Voraussetzungen eine multiplikative Anbindung an die beobachteten Rentenbestände zu erreichen, könnte man wie folgt vorgehen:

- Die Umregistrierung der ukrainischen Flüchtlinge in die ständige Wohnbevölkerung könnte retrospektiv «virtuell» rückgängig gemacht werden. Die ständige Wohnbevölkerung wäre 2023 dann kleiner.
- Unter der Annahme, dass die ukrainischen Flüchtlinge eine ähnliche demographische Struktur wie die übrige Bevölkerung aufweisen, ist dann eine Neuberechnung der BFS-Bevölkerungsszenarien mit den daraus abgeleiteten Wachstumsraten möglich.

Durchschnittliche Veränderungen statt Regressionen

Die Gleichungen 2.2 und 2.3 im Methodenbeschrieb könnten einfacher als durchschnittliche jährliche Veränderungen dargestellt werden. Dies würde den Bericht aus unserer Sicht zugänglicher machen.

3 Methodische Bewertung der Modellarchitektur

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Frage, ob das Basismodell einen möglichst einfachen Projektionsansatz verfolgt, welcher für praktische Zwecke dennoch hinreichend präzise ist. Zur Einordnung gehen wir zunächst auf grundsätzliche Überlegungen ein, die bei der Modellierung eine Rolle spielen. Im Anschluss diskutieren wir zwei Themenkomplexe – die Projektionsmethodik und die Kreuzvalidierung – im Detail.

3.1 Allgemeine Anmerkungen

Auf übergeordneter Ebene besteht das Projektionsproblem darin, die zukünftige Anzahl der Personen mit Rentenanspruch sowie die durchschnittliche Rentenhöhe zu modellieren. Das Produkt dieser beider Grössen ergibt die jährliche Rentensumme.⁵ Dabei existieren diverse Möglichkeiten, diese simple Gleichung zu verfeinern: Die AHV umfasst nicht nur Altersrenten, sondern auch Witwen-, Waisen- und Kinderrenten. Personen mit Rentenanspruch können sich im In- oder im Ausland aufhalten. Frauen haben – durch ihre Erwerbshistorie und gesetzliche Regelungen bedingt – andere durchschnittliche Rentenhöhen als Männer. Hinzu kommen Gesetzesreformen, die entweder den künftigen Rentenbestand (AHV 21) oder die künftige Rentenhöhe (13. AHV-Rente) direkt beeinflussen und deren Nicht-Berücksichtigung grössere Projektionsfehler hervorrufen würde.⁶ Die Modellierung muss also Abwägungen zwischen Einfachheit und Robustheit treffen. Dazu im Einzelnen:

- *Ebene*: Der Begriff der Modellierungsebene bezieht sich auf die Wahl des passenden Differenzierungsgrads. Beispielsweise könnten Rententypen je einzeln modelliert werden oder zu grösseren Gruppen zusammengefasst werden. Auch Geschlecht und Domizil der Personen mit Rentenanspruch kann explizit modelliert werden oder auf übergeordneter Ebene betrachtet werden. Eine Ebene besteht also aus einer Kombination von beobachtbaren Faktoren, anhand derer eine Differenzierung stattfindet, bspw. Domizil × Geschlecht. Typischerweise wird die Wahl der Ebene von drei Faktoren abhängen:
 - Gibt es Hinweise darauf, dass die zu untersuchenden Grössen auf einer bestimmten Ebene abweichende Trends aufweisen?
 - Ist es materiell wichtig, bestimmte Kombinationen separat zu modellieren? Sprich: Sind bestimmte Kombinationen aus einer Gesamtsicht ergebnisrelevant?
 - Ist die Datenlage ausreichend, um die gewünschten Kombinationen abbilden zu können?
- *Daten*: Einerseits bedingen die verwendeten Daten die Ebene, auf der Modellierungen durchgeführt werden können. Beispielsweise ist das Aggregationsniveau ausschlaggebend dafür, wie stark nach Rententypen, Geschlecht, Alter, etc. differenziert werden kann. Andererseits können hier auch weiterführende Überlegungen eine Rolle spielen, zum Beispiel: Wie zuverlässig ist die Datenquelle? Wie gut ist die Abdeckung? Wie häufig wird die Datenquelle aktualisiert? Liegen

⁵ Nebenkosten sind hier noch nicht inkludiert. Sie werden mittels eines geschätzten Aufschlags auf die Rentensumme berücksichtigt.

⁶ Streng genommen beeinflusst auch die AHV 21 die Rentenhöhen aufgrund der Sonderregeln für die Übergangsgenerationen der Frauen der Jahrgänge 1961–1969.

den ausgewiesenen Variablen datenquellenübergreifend die gleichen Definitionen zugrunde oder ist eine Harmonisierung erforderlich?

- *Scope*: Schliesslich muss definiert werden, welche Einflussfaktoren Eingang in die Modellierung finden und welche aussen vor bleiben. Dabei ist sowohl an einmalige Effekte als auch an dauerhafte Entwicklungen zu denken. Ein Beispiel für einmalige Effekte sind Gesetzesreformen, die sich über einen bestimmten, klar definierten Zeitraum, erstrecken. Dauerhafte Entwicklungen sind zum Beispiel Verschiebungen in der Zusammensetzung der anspruchsberechtigten Personen mit ausländischem Domizil.

Bei der Entwicklung des Modells haben diese Überlegungen sicher eine Rolle gespielt. Sie wirken sich implizit auf die gewählten Ansätze aus, sind aber nicht explizit festgehalten. Aus unserer Sicht wäre es wünschenswert, nicht nur den finalen Ansatz, sondern auch die zugrundeliegenden Überlegungen zu dokumentieren.

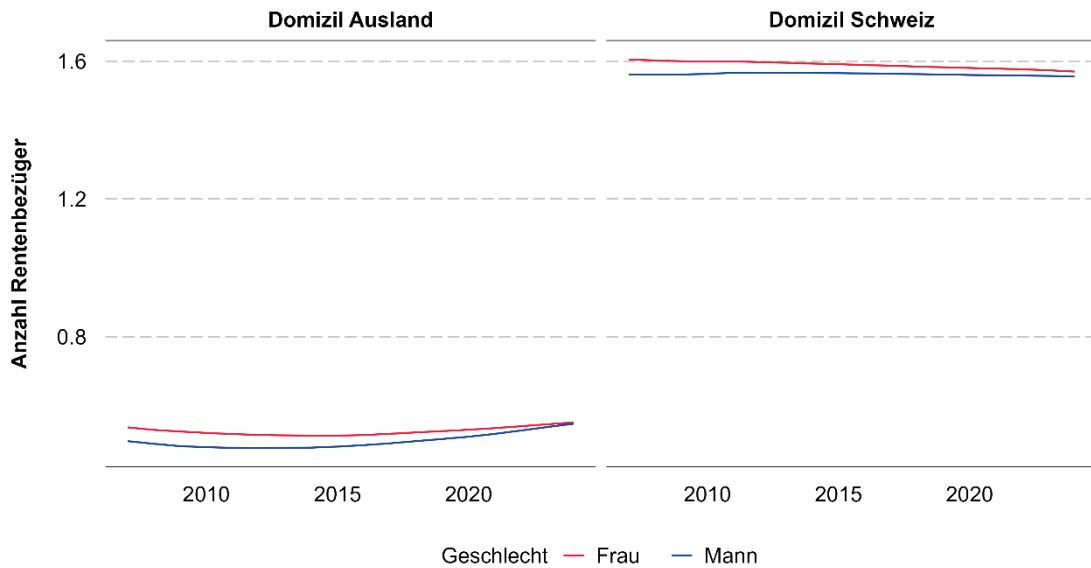
3.2 Anmerkungen zur Wahl der Projektionsmethodik

Gleiches gilt für die übergeordnete Frage nach der Wahl der Projektionsmethodik. In der Forecasting-Literatur wird zwischen *erklärenden Modellen* und *Zeitreihen-Modellen* unterschieden. Erstere nutzen Vorhersagevariablen, die mit der vorherzusagenden Grösse korreliert sind. Zweitere nutzen ausschliesslich die Informationen, die in der Zeitreihe selbst enthalten sind. Auch eine dritte Form ist gebräuchlich, bei der sowohl Informationen aus der Zeitreihe als auch Vorhersagevariablen genutzt werden (vgl. Hyndman & Athanasopoulos, 2021).

Im Basismodell wird für die Bestandteile der Rentensumme, die als erklärende Variablen für die Projektion der Gesamtausgaben verwendet werden, ein reiner Zeitreihen-Ansatz gewählt. Als Vorteil ergibt sich daraus, dass aggregierte, öffentlich verfügbare Datensätze genutzt werden können und die Projektionsmethodik selbst relativ einfach ausfallen kann (siehe aber die Kritik im folgenden Abschnitt 3.3). Zeitreihenbasierte Projektionen sind nach unserer Erfahrung dann gut geeignet, wenn (i) möglichst viele historische Datenpunkte vorliegen, (ii) die historischen Daten empirische Regelmässigkeiten (wie Trends oder Saisonalität) erkennen lassen und (iii) der Projektionshorizont verhältnismässig kurz ist.

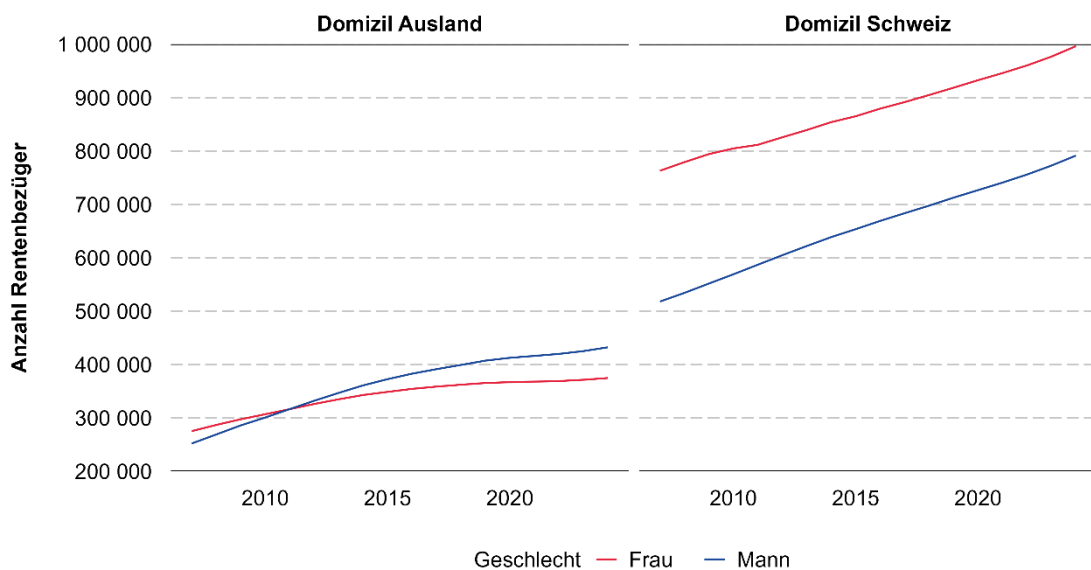
Diese Voraussetzungen sind jedoch nur teilweise erfüllt: Betrachtet man das in Abbildung 1 dargestellte Verhältnis von Durchschnittsrente zu Minimalrente, das hier in die Zukunft projiziert werden soll, ist unmittelbar ersichtlich, dass die Zeitreihen (i) Trends aufweisen und (ii) dass die Trends nicht in allen Fällen linear verlaufen. Insbesondere bei den im Ausland domizilierten Rentenberechtigten verläuft die Zeitreihe in Form einer «Wanne», das Verhältnis sinkt also zunächst etwas ab, bevor es wieder ansteigt. Ähnliches gilt für die in Abbildung 2 dargestellten Rentenbestände. Es ist also schwierig, aus den historischen Verläufen verlässliche Trends abzuleiten, ohne zugrundeliegende Dynamiken und Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Das BSV ist sich dieser Problematik bewusst. Die Nicht-Linearität der Trends ist die wesentliche Motivation für die Schiebefenster-Kreuzvalidierung, die in Abschnitt 3.3 genauer besprochen wird. Dadurch wird sichergestellt, dass nur einige Datenpunkte der jüngeren Vergangenheit für die Projektion verwendet werden.

Abbildung 1: Relative Rentenhöhe nach Domizil und Geschlecht, Altersrenten, 2007–2024



Anmerkungen: Die Abbildung zeigt die relative Rentenhöhe (Verhältnis von Durchschnittsrente zu gesetzlicher Minimalrente) nach Domizil und Geschlecht für die Jahre 2007–2024. *Quelle:* BSV, eigene Berechnung.

Abbildung 2: Rentenbestand nach Domizil und Geschlecht, Altersrenten, 2007–2024



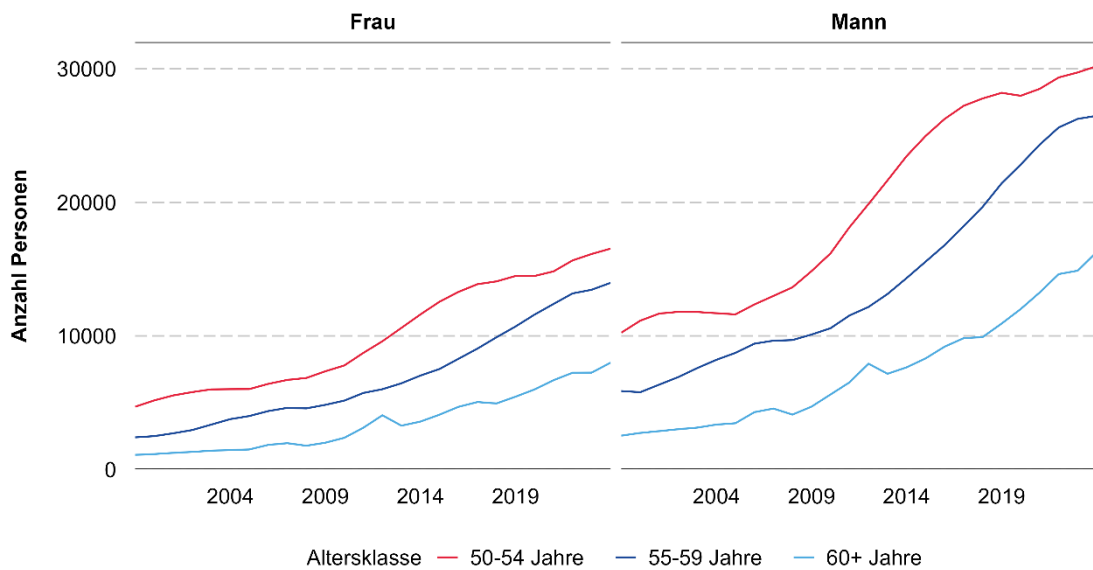
Anmerkungen: Die Abbildung zeigt den Rentenbestand nach Domizil und Geschlecht für die Jahre 2007–2024 (ohne Verschiebung der Rentenbezugsquoten aufgrund der AHV 21-Reform). *Quelle:* BSV, eigene Berechnungen.

Die Alternative besteht, wie oben erwähnt, in der Verwendung erklärender Modelle. Es wäre beispielsweise zu prüfen, ob Korrelationen zwischen den Auswanderungen in verschiedenen Altersklassen genutzt werden können, um die ausländischen Rentenbestände zu modellieren. Auch die Entwicklung der Anzahl Grenzgänger nach Altersklasse (siehe Abbildung 3) könnte diesbezüglich weitere Hinweise liefern. Einschränkend sei allerdings angemerkt, dass dies die Komplexität des

Modells zweifellos erhöht und es a priori nicht klar ist, ob die Vorhersagequalität dadurch gewinnt.⁷ Auch gilt es zu berücksichtigen, dass nur 10.8% der gesamten AHV/IV-Leistungszahlungen im Jahr 2023 auf im Ausland domizilierte Personen entfallen.⁸ Der potenzielle Fehler, der durch möglicherweise nicht optimale Projektionsmethoden entsteht, ist also gemessen an den Gesamtausgaben klein.

Zur Verwendung der BFS-Bevölkerungsszenarien merken wir an: Grundsätzlich erscheint uns diese Vorgehensweise sehr sinnvoll, da das BFS sämtliche relevanten Informationen berücksichtigt, die sich auf das Wachstum der ständigen Wohnbevölkerung auswirken (Migration, Geburtenziffer, Sterbeziffer, konjunkturelle Entwicklung, etc.) und somit mindestens theoretisch einem reinen Zeitreihen-Modell überlegen ist. Es gilt allerdings anzumerken, dass das Bevölkerungswachstum in der Vergangenheit mehrheitlich unterschätzt wurde.⁹ Daher könnte es angemessen sein, das hohe Szenario als Basis zu verwenden. Vorab wäre jedoch zu prüfen, ob die Unterschätzung auch bei den über-65-Jährigen erkenntlich ist. Da das Basismodell 16 Jahre in die Zukunft projiziert, entstünde vor allem dann ein Problem, wenn die Migration bei den über-50-jährigen systematisch unterschätzt würde.

Abbildung 3: Entwicklung der Anzahl Grenzgänger nach Altersklasse, 1999–2024



Anmerkungen: Die Abbildung zeigt die Anzahl Grenzgänger nach Geschlecht und Altersklasse für den Zeitraum 1999–2024. Quelle: Grenzgängerstatistik (BFS), eigene Berechnung.

⁷ Abgesehen davon können erklärende Variablen mit extremen Lags auch eine Gefahr für die Robustheit darstellen.

⁸ <https://www.bsv.admin.ch/bsv/de/home/sozialversicherungen/int/leistungen-mit-bezug-zum-ausland.html>

⁹ Siehe den Bericht der Parlamentarischen Verwaltungskontrolle zuhanden der Geschäftsprüfungskommission des Ständerats «Zweckmässigkeit der Bevölkerungsszenarien des Bundesamts für Statistik», verfügbar unter <https://www.parlament.ch/centers/documents/de/bericht-pvk-2018-02-08-d.pdf>.

3.3 Kreuzvalidierung

Zur Vorhersage der inländischen und ausländischen Rentenniveaus (im Verhältnis zur gesetzlichen Minimalrente) sowie der ausländischen Rentenbestände und zur Schätzung des Aufschlags auf die Rentensumme, der zu den gesamten AHV-Ausgaben führt, nutzt das Basismodell ein Kreuzvalidierungsverfahren. Konkret wird mit diesem Verfahren bestimmt, wie viele historische Beobachtungen (ausgehend vom Referenzjahr) zur Vorhersage genutzt werden sollen.

Kreuzvalidierung wird bei der Vorhersage unbekannter Werte häufig angewendet, nicht nur im Zeitreihenkontext. Es existieren verschiedene Spielarten, die jedoch alle eine Gemeinsamkeit aufweisen: Der Datensatz wird in einen Trainings- und einen Testdatensatz aufgeteilt. Das Vorhersagemodell kennt nur Informationen aus dem Trainingsdatensatz. Auf dieser Basis generiert es Vorhersagewerte für bestimmte Variablenkombinationen des Testdatensatzes. Die Differenz zwischen den vorhergesagten und den tatsächlich realisierten Werten wird genutzt, um eine Fehlermetrik zu berechnen. Im Zeitreihenkontext spricht man von Time Series Cross Validation (TSCV). Typische Anwendungsfälle sind wie folgt:

- Schätzung von Parametern eines Vorhersagemodells
- Selektion eines Vorhersagemodells
- Bestimmung des Prognosehorizonts, in dem das Modell akzeptable Vorhersagen macht

Im Methodenbescrib wird die Nutzung dieses Verfahrens damit motiviert, dass die Wahl der Trendpunkte aufgrund des nicht-linearen historischen Trendverlaufs je unterschiedliche Schätzungen der durchschnittlichen Trendsteigungen impliziert. Es soll also ein Steigungsparameter bestimmt werden, der auf Basis der historischen Daten die beste Vorhersagegüte aufweist. Wir erachten diesen Schritt ebenfalls als sehr wichtig. Die Nutzung von TSCV stellt den state of the art dar und ist sehr zu begrüßen. Die konkrete Implementierung kann in unseren Augen jedoch noch verbessert werden:

- Der primäre Zweck der TSCV besteht nach unserem Verständnis darin, die Vorhersagegüte verschiedener *Modelle* gegeneinander zu testen. Vorliegend wird bereits zum Vorhinein ein linearer Trend festgelegt, die Kreuzvalidierung beschränkt sich also darauf, den besten Steigungsparameter zu finden. Es existieren jedoch noch zahlreiche weitere Projektionsmethoden – beispielsweise Exponential Smoothing oder ARIMA – die im Basismodell unberücksichtigt bleiben.¹⁰ Wir würden also ein zweischrittiges Vorgehen vorschlagen: In einem ersten Schritt können die Parameter verschiedener Modellklassen durch TSCV bestimmt werden, in einem zweiten Schritt treten die besten Spezifikationen der Modellklassen aus Schritt 1 gegeneinander an.
- Für Zwecke der Kreuzvalidierung werden die entsprechenden Zeitreihen zunächst auf die Jahre 2005 bis 2024 beschränkt, umfassen also 20 Datenpunkte.¹¹ Im Anschluss wird eine Bruchpunktanalyse der AHV-Gesamtausgaben (skaliert mit der Minimalrente, um die

¹⁰ Prima vista scheint uns ein Exponential-Smoothing-Ansatz aufgrund der Anzahl verfügbarer historischer Datenpunkte und des relativ langen Prognosehorizonts deutlich geeigneter als ein ARIMA-Modell. Statt bestimmte Modelle zum Vorhinein auszuschliessen, würden wir aber auch hier eine Modellselektion durch TSCV bevorzugen.

¹¹ Der Startpunkt 2005 wird gewählt, um Verunreinigungen aufgrund der Einpflegung der Übergangskohorte von Frauen, die von der schrittweisen Anhebung des Rentenalters von 62 auf 64 Jahre im Zuge der 10. AHV-Reform von 1997 betroffen waren, zu vermeiden. Anzumerken ist, dass der Bruchpunkt sensitiv auf die Vorselektion der Daten reagiert: Berücksichtigt man die gesamte Zeitreihe ab 1979, ergibt die Analyse einen Bruchpunkt im Jahr 2005 (nicht 2007); dies auch, wenn mehrere Bruchpunkte zugelassen werden.

charakteristischen Stufen zu glätten) durchgeführt, die einen Bruchpunkt im Jahr 2007 ergibt. Effektiv stehen somit 18 Datenpunkte zur Verfügung. Diese 18 Datenpunkte werden genutzt, um 16 Datenpunkte (2025–2040) vorherzusagen. Dies erscheint wenig historische Information im Verhältnis zum Prognosehorizont.

Wir merken an, dass als Fehlermetrik der Mean Absolute Error (MAE) verwendet wird (siehe Gleichungen 2.8 und 2.9 im Methodenbeschrieb). Eine Alternative wäre die Verwendung des Root Mean Squared Errors (RMSE). In der Literatur herrscht aber keine letztgültige Übereinkunft, welche Metrik unter welchen Bedingungen bevorzugt werden sollte. Daher scheint uns die Verwendung des MAE angemessen – auch im Hinblick auf die Zielsetzung der «Einfachheit».

4 Methodische Bewertung des Szenarien-Ansatzes

Die Vorhersage der zukünftigen AHV-Ausgaben ist mit einer gewissen Projektionsunsicherheit behaftet. Diese Unsicherheit kann im Normalfall mittels einer Wahrscheinlichkeitsverteilung quantifiziert werden. Es resultieren Vorhersageintervalle, die angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit zukünftige Realisationen einer Zeitreihe innerhalb eines bestimmten Bereichs zu liegen kommen. Ein gängiges Mass – das auch im vorliegenden Modell verwendet wird – ist das 90%-Vorhersageintervall; theoretisch kann das Intervall aber beliebig gewählt werden.

Eine Komplikation entsteht vorliegend dadurch, dass die BFS-Bevölkerungsszenarien lediglich Punktvorhersagen ausweisen und keine Angaben zu den Vorhersageintervallen enthalten. Zusammengefasst ergeben die drei Szenarien («Referenz», «Hoch» und «Tief») zwar eine Bandbreite an möglichen zukünftigen Realisationen. Dieser Bandbreite liegt aber keine probabilistische Logik zugrunde. Vielmehr beruhen die verschiedenen Szenarien auf Parametrisierungen, die aus Expertenschätzungen abgeleitet wurden. *Innerhalb* einzelner Szenarien ist keine Aussage zur Projektionsunsicherheit möglich, lediglich *szenarienübergreifend*.

Daraus ergibt sich die Frage, wie diese verschiedenen Arten, die Projektionsunsicherheit auszuweisen, miteinander kombiniert werden können. Das Basismodell wählt folgenden Ansatz:

1. Projiziere die AHV-Ausgaben konditional auf eines der beiden Bevölkerungsszenarien «Hoch» oder «Tief». Ermittle die 90%-Vorhersageintervalle konditional auf dieses Szenario.
2. Wiederhole Schritt 1 für das verbleibende Bevölkerungsszenario.
3. Ermittle für jedes prognostizierte Jahr das Maximum und das Minimum über beide Vorhersageintervalle. Diese beiden Werte ergeben die Extrempunkte für die Verteilung der Projektionsunsicherheit.

Im Methodenbeschrieb wird erläutert, dass dem so berechneten Unsicherheitsband keine Interpretation im Sinne einer Konfidenzintervalls zukommt, da den BFS-Szenarien keine Eintrittswahrscheinlichkeiten zugrunde liegen.

Beurteilung

Der gewählte Ansatz zur Quantifizierung der Unsicherheit ist auf übergeordneter konzeptioneller Ebene sehr gut nachvollziehbar.

Bemerkungen:

- Für die Szenarien wird die Unsicherheit unter der Annahme modelliert, dass das Projektionsmodell gegeben ist. Interessant ist aber auch: Wie gross ist die Modellunsicherheit? Welche Projektionen würden bei anderen Vorhersagemodellen resultieren? Dies könnte eine Weiterentwicklung darstellen.

- Die implizite Annahme ist, dass die Projektionsunsicherheit primär durch die Bevölkerungsentwicklung getrieben wird – daher wird auf die BFS-Szenarien konditioniert. Dies ist sicherlich der grösste Treiber. Andere Unsicherheiten können u.a. resultieren aus:
 - Einem anderen Vor- und Nachbezugsverhalten von Frauen aufgrund der Reform AHV 21.
 - Einer anderen Entwicklung der Verwitwetenrenten.

Im Prinzip tragen auch Annahmen über die Entwicklung des Konsumentenpreisindex sowie des Lohnwachstums zur Projektionsunsicherheit bei, da sie sich auf die Minimalrente auswirken und somit auf das projizierte Verhältnis zwischen Durchschnittsrente und Minimalrente. Das Basismodell wählt jedoch den Ansatz, ein reines Zeitreihenmodell zu verwenden, ohne potenzielle erklärende Variablen explizit einzubeziehen. Daher kann die Projektionsunsicherheit der Minimalrente, die wiederum auf Konsumentenpreisindex und Lohnwachstum basiert, nicht explizit in das Modell aufgenommen werden. Allerdings wird die Projektionsunsicherheit der Minimalrente unseres Wissens derzeit vom SECO nicht ausgewiesen, sodass dieser Anpassungsvorschlag in der Praxis ohne Konsequenzen bliebe. Auch unter dem Gesichtspunkt der Einfachheit scheint uns eine zeitreihenbasierte Extrapolation angemessen.

5 Struktur und Nachvollziehbarkeit des Codes

Zuletzt widmen wir uns der Frage, ob der Code im Zusammenhang mit der vorhandenen Dokumentation übersichtlich strukturiert ist und mit angemessenem Aufwand nachvollzogen werden kann.

5.1 Datei- und Ordnerstruktur

Tabelle 2: Validierte R-Skripte

Bezeichnung	Beschreibung	Anzahl Codezeilen
base_par.R	Initialisierung von Parametern	73
aux_fun.R	Definition von Hilfsfunktionen	74
prepare_inputs.R	Aufbereitung der verwendeten Datensätze	215
cv_out.R	Schiebfenster-Kreuzvalidierung zur Bestimmung der Trendpunkte	149
proj_out.R	Punktvorhersagen der AHV-Gesamtausgaben	238
scenarios.R	Berechnung von prädiktiven Unsicherheitsbändern	268
trigger.R	Master-File, das die Skripte in der korrekten Reihenfolge einliest und ausführt	31

Quelle: Eigene Darstellung.

Zur Validierung wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Skripte bereitgestellt. Die zur Ausführung des Modells benötigten Skripte sind nicht nummeriert. Anhand des Master-Files `trigger.R` lässt sich aber die Ausführungsreihenfolge nachvollziehen. Die Skripte sind modular aufgebaut, was die Validierung und Wartung erleichtert. Die Länge der einzelnen Skripte ist angemessen, die Struktur folgt im Wesentlichen dem Schema «Inputs – Outputs». Allenfalls können die Skripte noch sprechender benannt werden, etwa `initialize_parameters.R` statt `base_par.R` oder `scenarios_out.R` statt `scenarios.R`. Dies, um bereits in der Bezeichnung auf die Funktion des Skripts hinzuweisen. Auch eine Nummerierung der Skripte würde die Orientierung verbessern.

Der Projektordner enthält die beiden Unterordner `data/` und `scripts/`. Weitere Unterteilungen wurden nicht vorgenommen. Angesichts des Umfangs der benötigten Daten und Skripte bleibt die Übersichtlichkeit gewahrt. Dennoch wäre zu überlegen, zumindest den Datenordner noch nach Input- und Outputdaten zu unterteilen, um die Orientierung zu erleichtern.

5.2 Allgemeine Anmerkungen

Allgemein kann festgehalten werden, dass der Code sauber formatiert und gut gegliedert ist. Aussagekräftige Kommentare in den Dateikopfzeilen und gute Inline-Kommentare zu komplexeren Operationen sind hilfreich für das Verständnis. Auch die konsistente Verwendung von Präfixen (`n_` für Anzahl, `m_` für Mittelwerte) ist positiv hervorzuheben. Durch die Verwendung der «pipe»-Syntax entstehen jedoch zum Teil sehr umfangreiche, monolithische Code-Abschnitte, die mit einer eingeschränkten Lesbarkeit einhergehen. Die Alternative besteht darin, Objekte schrittweise aufzubauen. Dies bedeutet zwar, dass entweder intermediäre Objekte definiert werden müssen oder Objekte mehrfach auf sich selbst referenzieren. Aus unserer Sicht ist das aber eine Lösung, die zur besseren Verständlichkeit beiträgt.

Eine weitere Verbesserungsmöglichkeit besteht darin, wiederkehrende Muster als Funktionen zu abstrahieren. Der zentrale Vorteil dieser Art der Programmierung besteht darin, dass spätere Anpassungen nur an einer Stelle vorgenommen werden müssen und das Potenzial für Copy-Paste-Fehler minimiert wird (Wickham et al., 2023).

Der Code ist im `{tidyverse}`-Dialekt geschrieben, der mittlerweile weit verbreitet ist und so für ein breites Publikum zugänglich sein dürfte. Dies ist positiv zu werten. Nachteilig kann allenfalls die hohe Anzahl abhängiger R-Pakete sein, die mit der Auswahl der verwendeten R-Pakete einhergeht.

Tabelle 3 zeigt auf, dass im Ganzen 9 Pakete verwendet werden, welche wiederum Funktionen aus 193 anderen Paketen importieren (die Summe der einzelnen Abhängigkeiten entspricht nicht dem Total, da sich die Abhängigkeiten zum Teil überschneiden). Das Risiko besteht hier in der Replikationsfähigkeit des Codes: Je mehr Pakete (direkt oder indirekt) verwendet werden, desto grösser ist die Gefahr, dass Updates einzelner Pakete zu Fehlern im Code führen.¹² Im Prinzip lässt sich diese Gefahr auf zwei Arten adressieren, die auch kombiniert werden können:

1. *Reproduzierbare Umgebungen verwenden:* im R-Ökosystem existieren verschiedene Ansätze, um Projekte reproduzierbar zu machen. Einer davon ist `{renv}`: Hier ist die Idee, den Stand der verwendeten Pakete «einzufrieren», sobald die Programmierung abgeschlossen ist. Externe Nutzerinnen und Nutzer können diesen Stand exakt reproduzieren, wenn sie den Code auf ihrem eigenen Rechner ausführen. Das Paket `{rix}` wählt einen ähnlichen Weg, stellt aber zusätzlich sicher, dass auch die R-Version und Abhängigkeiten des Betriebssystems reproduzierbar sind.
2. *Abhängigkeiten minimieren:* Gerade bei Paketen mit vielen Abhängigkeiten ist es lohnend, mögliche Alternativen zu prüfen. Auch bei sogenannten «Meta-Paketen» wie `{tidyverse}` oder `{tidymodels}` bietet es sich an, zu prüfen, ob Funktionen aus allen oder nur aus einzelnen Paketen benötigt werden.¹³ Ist letzteres der Fall, reicht es aus, das entsprechende Einzelpaket zu verwenden und auf die Installation des Meta-Pakets zu verzichten.

Wir würden empfehlen, primär den ersten Weg zu beschreiten und reproduzierbare Umgebungen zu verwenden. Da a priori unsicher ist, *welche* Abhängigkeiten bei Updates zu Fehlern führen

¹² Beispielsweise ist bei vorliegender Validierung ein Fehler aufgetreten, der mit hoher Wahrscheinlichkeit auf ein Update des `{collapse}`-Pakets zurückzuführen ist.

¹³ Unsere Prüfung hat ergeben, dass lediglich die Funktion `initial_time_split()` aus dem Paket `{rsample}` verwendet wird, das Teil des Meta-Pakets `{tidymodels}` ist. Die Verwendung von `{rsample}` würde somit ausreichen.

können, sind Aussagen zur «optimalen» Anzahl verwendeter Pakete schwierig. Daher sehen wir dies als ergänzende Anregung.

Tabelle 3: Verwendete R-Pakete und Abhängigkeiten

R-Paket	Anzahl Abhängigkeiten
{tidyverse}	100
{magrittr}	1
{simputation}	87
{readxl}	13
{tidymodels}	93
{collapse}	2
{dqrng}	2
{ggshadow}	26
{strucchange}	4
Total	193

Anmerkungen: Die Anzahl der Abhängigkeiten wurde mit der Funktion `pkg_deps()` aus dem Paket {pak} ermittelt.
Quelle: Eigene Darstellung.

5.3 Spezifische Anmerkungen zu den Skripten

Nachfolgend gehen wir auf die einzelnen Skripte detaillierter ein.

5.3.1 base_par.R

Im ersten Skript (`base_par.R`) werden sämtliche Parameter definiert, die zur Modellierung erforderlich sind. Die Bedeutung der einzelnen Parameter wird jeweils in einem Code-Kommentar erläutert. Die Bezeichnung der Parameter ist knapp und nur zum Teil sprechend, führt aber insgesamt zu einem konzisen Code. Wir begrüssen diese Initialisierung an zentralem Ort ausdrücklich. Somit ist klar, dass sämtliche Nutzerinputs an einem Ort zu tätigen sind. Darüber hinaus ermöglicht diese Struktur, unterschiedlich parametrisierte Modelle auf einfache Art und Weise gegenüberzustellen (siehe Funktion `compare_projections()` in `aux_fun.R`). Die Kollektion der Parameter in einer Liste ist überzeugend.

Beurteilung

Zweckmässig. Allenfalls könnte die Benennung der Parameter verbessert werden.

5.3.2 aux_fun.R

Im Skript `aux_fun.R` werden einige Hilfs- und Bequemlichkeitsfunktionen definiert. Deren Funktion ist mittels Code-Kommentaren erklärt. Die Funktionen sind gut nachzuvollziehen.

Gewisse Vereinfachungen sind möglich, etwa bei der Funktion `refage_table()`: Hier kann die Code-Zeile 26 (`impute_shd(refage ~ 1, backend = "VIM")`) durch das einfachere `fill(refage, .direction = "down")` ersetzt werden.

Beurteilung

Zweckmässig. Verbesserungen hinsichtlich Effizienz sind möglich, aber für den Output nicht relevant.

5.3.3 prepare_inputs.R

Der Zweck dieses Skripts besteht darin, die benötigten Daten aufzubereiten und bereinigte Daten zu erzeugen, die im weiteren Verlauf genutzt werden. Der Aufbau des Skripts ist klar, die einzelnen Datenquellen und ihre jeweilige Funktion werden durch Code-Kommentare angemessen beschrieben. Wie oben erwähnt können Codebooks mit Beschreibungen der verwendeten Variablen und ihrer Ausprägungen dabei das Verständnis der Rohdaten unterstützen.

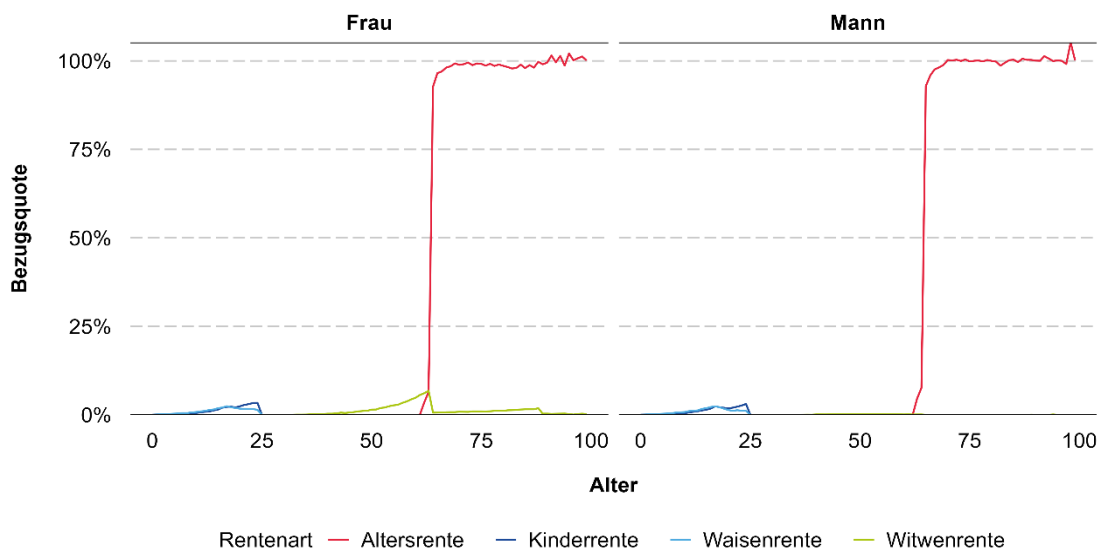
Inhaltlich merken wir an: Die Veränderung der Bezugsquoten aufgrund der Anpassung des Referenzalters bei den Frauen im Rahmen der Reform AHV 21 wird in `prepare_inputs.R` ausgeführt (Zeilen 94–113). Somit werden modellierungsrelevante Aspekte vorweggenommen. Es würde sich aus unserer Sicht anbieten, diesen Code-Abschnitt in ein separates Modul auszulagern, das nur bei Bedarf ausgeführt wird. Dadurch würde der Code auch zukunftssicherer – denn die schrittweise Anhebung des Referenzalters wird 2028 abgeschlossen sein, sodass die Anpassung ab diesem Zeitpunkt nicht mehr vonnöten sein wird.

Zur Berechnung der Bezugsquote in diesem Skript haben wir folgenden Hinweis: Die Bezugsquote wird auf Ebene $\text{Geschlecht} \times \text{Nationalität} \times \text{Rentenart} \times \text{Alter}$ berechnet. Ein Austausch mit dem BSV ergab, dass die Differenzierung nur zur Anbindung der Bevölkerungsszenarien genutzt wird. Die Projektion der Gesamtausgaben erfolgt hingegen – wie auch in der Dokumentation beschrieben – auf der Ebene $\text{Geschlecht} \times \text{Domizil} \times \text{Rentenart}$. Unsere Anregung, diese Vorgehensweise zu dokumentieren, wurde vom BSV in der aktuellen Version des Methodenbeschriebs vom 22.07.2025 bereits umgesetzt.

Des Weiteren sind uns hier empirische Besonderheiten aufgefallen, die einer Erklärung bedürfen. Abbildung 4 stellt die Bezugsquote von Schweizerinnen und Schweizern nach Geschlecht, Rentenart und Alter im Jahr 2023 dar.

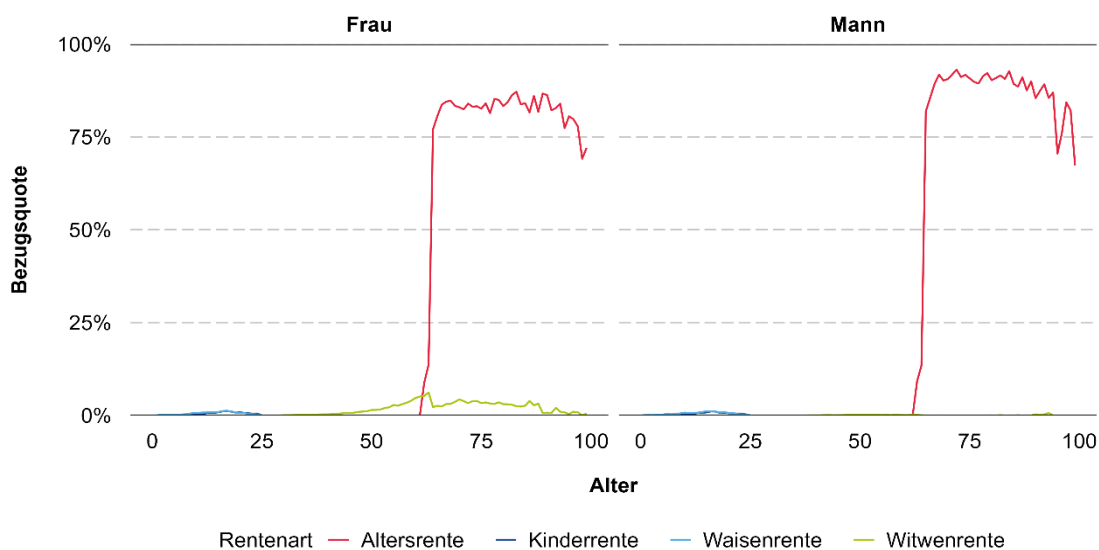
- *Bezugsquoten über 100%*: Auffällig ist zunächst, dass die in rot dargestellten Altersrenten-Bezugsquoten sowohl bei Frauen (linkes Panel) als auch bei Männern (rechtes Panel) über 100% betragen können. Gemäss BSV hängt dies mit unterschiedlichen Messzeitpunkten im Rentenregister (zu Beginn des Monats Dezember) und in der STATPOP (zum Ende des Jahres) zusammen. Da Altersrenten zu Beginn des Monats ausbezahlt und erfasst werden, im Laufe des Monats aber Personen sterben, ins Ausland ziehen oder Geburtstag haben, kann der Bestand an Rentenbezügerinnen und Rentenbezügern höher ausgewiesen werden als der am Ende des Monats gemessene Bevölkerungsstand (diese Mechanik wird im aktualisierten Methodenbeschrieb vom 22.07.2025 erläutert). Eine Bereinigung (etwa eine Beschränkung der Bezugsquote auf 100%) ist theoretisch möglich, erscheint uns aber nicht sinnvoll: Dies würde den projizierten Bestand unterschätzen, da bereits ausgezahlte Renten nicht berücksichtigt würden.
- *Diskrete Sprünge bei der Witwenrente*: Die in hellblau dargestellte Bezugsquote der Witwenrenten nimmt bei Frauen bis zum Alter von 64 Jahren zu und geht dann mit 65 Jahren fast auf 0% zurück. Dies liegt in der Wahlmöglichkeit zwischen Witwen- und Altersrente begründet und stellt insofern keine Besonderheit dar. Es gibt noch einen weiteren diskreten Sprung zwischen 88 und 89 Jahren. Gemäss BSV liegt der Grund für diesen Sprung in der 10. AHV-Revision. Man beobachtet, dass der Jahrgang 1935 plötzlich wesentlich mehr Witwenrenten bezieht als noch die Jahrgänge 1934 und früher. Das liegt daran, dass deren Rentenberechnung erstmals neuen Regeln folgte. Unter diesen neuen Regeln fiel die Witwenrente wesentlich öfter höher aus als der Altersrentenanspruch bei Frauen, und wurde deshalb *anstelle* der Altersrente ausbezahlt.

Abbildung 4: Bezugsquote (Geschlecht × Rentenart × Alter), Schweizer, 2023



Anmerkungen: Die Abbildung zeigt Rentenbezugsquoten der in der Schweiz domizilierten Bevölkerung nach Geschlecht und Rentenart (alt = Altersrente, kin = Kinderrente, wai = Waisenrente, wit = Witwenrente) für verschiedene Altersjahre im Jahr 2023. *Quelle:* BSV, eigene Berechnung.

Abbildung 5: Bezugsquote (Geschlecht × Rentenart × Alter), Ausländer, 2023



Anmerkungen: Die Abbildung zeigt Rentenbezugsquoten der in der Schweiz domizilierten ausländischen Bevölkerung nach Geschlecht und Rentenart (alt = Altersrente, kin = Kinderrente, wai = Waisenrente, wit = Witwenrente) für verschiedene Altersjahre im Jahr 2023. *Quelle:* BSV, eigene Berechnung.

Betrachtet man die Bezugsquote der Ausländerinnen und Ausländer in Abbildung 5 (Nationalität, nicht Domizil), fällt zunächst auf, dass die Altersrenten-Bezugsquote deutlich unter 100% liegt und mit steigendem Alter abnimmt. Das mag damit zusammenhängen, dass nicht alle in der Schweiz wohnhaften Ausländerinnen und Ausländer Rentenansprüche erworben haben. Auch hier wäre eine kurze Erläuterung in der Dokumentation wünschenswert.

Beurteilung

Im Ganzen zweckmässig. Verbesserungen können erzielt werden, indem Variablenbeschreibungen und Angaben zu den möglichen Ausprägungen (Codebooks) ergänzt werden und eine klare inhaltliche Trennung zwischen Datenaufbereitung und Modellierung etabliert wird. Zudem erkennen wir Bedarf, die Dokumentation um Erläuterungen zu den zugrundeliegenden Datenquellen zu erweitern, um mehr Transparenz und Legitimität zu schaffen.

5.3.4 cv_out.R

Dieses Code-Skript korrespondiert inhaltlich mit der Konzeption der Schiebefenster-Kreuzvalidierung, die in Abschnitt 2.3 des Methodenbeschreibs ausführlich beschrieben ist.¹⁴ Die Implementierung erfolgt mittels eines relativ komplexen Loops, der über mögliche Ausprägungen der Anzahl Trendpunkte (zwischen 4 und 6), der betrachteten Zeitfenster und der Kombinationen aus Geschlecht, Domizil und Rentenart iteriert.

Der innere Loop (Zeilen 53–97) bestimmt für jede Kombination aus Geschlecht, Domizil und Rentenart und jedes Zeitfenster – das wiederum unterteilt werden kann in Daten, die zur Vorhersage und Daten, die für die Berechnung des Vorhersagefehlers genutzt werden – die vorhergesagten kontrafaktischen historischen Werte.

Im äusseren Loop werden die Vorhersagen aggregiert und die Daten wiederum aufgesplittet. Als Projektionsvariable werden nun die Gesamtausgaben festgelegt (Summe aus Rentenbestände \times Durchschnittsrenten über alle Kombinationen). Der Split in Trainings- und Testdaten erfolgt so, dass ein Projektionshorizont von 10 Jahren erreicht wird; bei insgesamt 14 Datenpunkten – um eine der getesteten Kombinationen von Trendpunkten herauszugreifen – ist das Verhältnis also 4:10. Wiederum werden die historischen Ausgabenniveaus (unter Berücksichtigung eines Diskontierungsfaktors) projiziert.¹⁵ Anhand der in den Gleichungen 2.8–2.11 beschriebenen Annahmen wird im Anschluss eine Fehlermetrik bestimmt.

Nach unserer Einschätzung ist die technische Implementierung der Schiebefenster-Kreuzvalidierung korrekt. Wir würden jedoch anregen, den recht verschachtelten Loop mittels Inline-Kommentaren besser zugänglich zu machen. Auch andere Stellen würden von einer etwas extensiveren Kommentierung profitieren, so zum Beispiel die Zeilen 143–147, die in der linken Spalte von Tabelle 4 im Original abgebildet sind. In der rechten Spalte schlagen wir eine Variante vor, bei der zum einen dieselbe Funktion für dieselbe Operation verwendet wird (`dplyr::summarize()`) und zum anderen Inline-Kommentare eingefügt sind, um die einzelnen Schritte besser nachvollziehen zu können.

¹⁴ Der Code erforderte minimale Anpassungen für die fehlerfreie Ausführung. Aufgrund von Problemen mit `collapse::slice()` wurde auf `dplyr::slice()` zurückgegriffen.

¹⁵ Der Diskontierungsfaktor bewirkt, dass Ausgaben, die weiter in der Zukunft liegen, zunehmend schwächer gewichtet werden. Er entspricht der empirisch abgeleiteten Renditeerwartung des im AHV-Fonds angelegten verzinslichen Kapitals. Somit ist das Modell auf die Projektion des AHV-Fondsstands kalibriert.

Tabelle 4: Beispiel für Code-Verbesserung

Original	Verbesserungsvorschlag
<pre>bind_rows(e1) %>% dplyr::summarize(err = par\$glo(err), .by = c("ran", "k")) %>% pivot_wider(names_from = ran, values_from = err) %>% dplyr::summarize(across(-1, par\$glo)) %>% which.min() %>% as.numeric()</pre>	<pre>bind_rows(e1) %>% # average over ranges and projection horizons dplyr::summarize(err = par\$glo(err), .by = c("ran", "k")) %>% # average over ranges dplyr::summarize(err = par\$glo(err), .by = "ran") %>% # find index of range combination with the smallest error pull(err) %>% which.min()</pre>

Quelle: BSV, eigene Darstellung.

Um der Replikatorin oder dem Replikator den Aufwand zu ersparen, eine grosse Menge von Objekten zu memorisieren, könnte man zusätzlich bestimmte wiederkehrende Zeitperioden, wie zum Beispiel (`tmax - rant$mau + 1`):`tmax`) an einer zentralen Stelle als Objekte definieren und diesen sprechende Namen zuweisen.

Zu prüfen gilt es auch die Möglichkeit, auf etablierte Pakete wie `{forecast}` oder `{fable}` zurückzugreifen oder – wie in Abschnitt 5.2 angesprochen – eigene Funktionen zu schreiben. Das Detailverständnis für die Mechanik der Schiebefenster-Kreuzvalidierung würde beim Rückgriff auf bestehende Pakete eventuell leiden. Dafür wären eine höhere Zugänglichkeit und Lesbarkeit sichergestellt. Dies aber ausdrücklich unter dem Vorbehalt, dass sich die komplexe Mechanik (die nicht der Standard-Kreuzvalidierung entspricht) überhaupt mittels der angesprochenen Pakete abbilden lässt.¹⁶

Beurteilung

Dieses Skript erfordert fortgeschrittene Kenntnisse sowohl im Bereich der R-Programmierung als auch in angewandter Zeitreihenstatistik. Es ist nach unserer Einschätzung auch für ambitionierte Laien nur mit hohem Aufwand nachzuvollziehen. Der Code könnte wie folgt verbessert werden:

- Auslagerung wiederkehrender Muster in Funktionen
- Zentrale Definition wiederkehrender Zeitperioden
- Erklärung einzelner Schritte mittels Inline-Kommentaren

Die inhaltliche Implementierung der Schiebefenster-Kreuzvalidierung erscheint uns hingegen korrekt.

¹⁶ Die Fehlermetrik bezieht sich auf die Präzision der Gesamtausgabenprojektion, nicht der einzelnen erklärenden Variablen. Diese Komplikation ist nach unserem Verständnis in den gängigen Paketen zur Vorhersage-Modellierung nicht standardmässig enthalten und müsste individuell ergänzt werden.

5.3.5 proj_out.R

Dieses Skript erzeugt Projektionen für künftige AHV-Ausgaben. Basierend auf den mittels Kreuzvalidierung gewonnenen Trendpunkten werden Rentenbestände und Rentenniveaus projiziert, um die Entwicklung der Gesamtausgaben darzustellen. Die Gesamtausgaben der AHV in einem bestimmten Prognosejahr entsprechen dem Produkt der prognostizierten Rentenbezüger und der prognostizierten durchschnittlichen Rentenhöhe, summiert über alle Renten- und Rentnertypen, und mit den Nebenkosten beaufschlagt. Um das Problem etwas greifbarer zu machen, sind diese Grössen in Tabelle 5 übersichtlich dargestellt. Aus der Tabelle geht auch die jeweils verwendete Quelle für die Projektion hervor.

Tabelle 5: Übersicht Projektionsquellen (Geschlecht × Domizil), Altersrenten

Variable	Geschlecht	Domizil	Quelle für Projektion
Anzahl Rentenbezüger	M	CH	BFS Bevölkerungsszenario
	F	CH	BFS Bevölkerungsszenario
	M	AU	Vorhersage auf Basis historischer Daten
	F	AU	Vorhersage auf Basis historischer Daten
Durchschnittliche Rentenhöhe	M	CH	Vorhersage auf Basis historischer Daten
	F	CH	Vorhersage auf Basis historischer Daten
	M	AU	Vorhersage auf Basis historischer Daten
	F	AU	Vorhersage auf Basis historischer Daten

Quelle: Eigene Darstellung.

Das Skript berücksichtigt die in Abschnitt 2.4 des Methodenbeschriebs dokumentierten Gesetzesreformen. Schliesslich wird auch die Berechnung des multiplikativen Aufschlags (Nebenkosten) in diesem Skript vorgenommen. Die Struktur ist dank der Code-Kommentare gut ablesbar. Um die Orientierung zu erleichtern und gleichzeitig die Möglichkeit zu schaffen, obsoleete Gesetzesreformen zu entfernen resp. neu hinzukommende Reformen zu berücksichtigen, wäre es aus unserer Sicht jedoch wünschenswert, den Code stärker zu modularisieren.

Bei der kritischen Durchsicht sind uns folgende Aspekte aufgefallen, die keine unmittelbare Relevanz für die Funktion des Skripts haben und daher lediglich als Anregungen zur Verbesserung der Nachvollziehbarkeit dienen sollen:

- Die Variablen `range[1]` und `range[2]` (Zeile 17) werden aus der Kreuzvalidierung übernommen, aber die Zuordnung zu `nau`, `mau` etc. ist nicht klar dokumentiert.
- Das Verhältnis zwischen Durchschnittsrente und Minimalrente wird auf Werte zwischen 0 und 2 eingeschränkt (Zeile 30). Diese Einschränkung ist sinnvoll, da die Maximalrente doppelt so hoch ausfällt wie die Minimalrente. Der entsprechende Code-Abschnitt könnte aber besser dokumentiert werden, um diesen Zusammenhang deutlich zu machen.

Eher kritisch beurteilen wir die Nachvollziehbarkeit des Liechtenstein-Modells bzw. des Spareffekts, der sich aus diesem Modell ergibt (der Methodenbeschrieb verweist allerdings darauf, dass nähere Informationen auf Nachfrage bereitgestellt werden). Eine aus unserer Sicht logische Herangehensweise wäre die Partition des Rentenbestands in drei Gruppen: Neurentnerinnen und

-rentner, die unterjährig eintreten und die 13. Altersrente nur anteilig ausbezahlt bekommen (bei Annahme einer uniformen Verteilung würde die Summe der 13. Altersrenten dann nur zur Hälfte gewichtet); Bestandsrentnerinnen und -rentner, deren 13. Altersrente voll zu den Ausgaben beiträgt; und unterjährig Verstorbene, für die keine Ausgaben anfallen. Im Code ist für uns nicht erkennbar, ob dies so umgesetzt wird. Weitere Anmerkungen zu diesem Code-Abschnitt:

- Die eingelesenen Rohdaten (`par$in_lim`) enthalten noch Informationen zum «Code de sortie» (4 = rente éteinte, aucune rente l'année suivante (i.e. `ctyrente_det_new` = missing), 9 = rente éteinte suite au décès du bénéficiaire (i.e. `ctyrente_det_new` = 999)). Da nicht nach diesen Ausprägungen differenziert wird, könnte bereits vorab darüber aggregiert werden. Dann entspräche die tatsächliche Grösse des Datenrahmens der erwarteten (2 Geschlechter × 2 Domizile × 6 Jahre = 24 Beobachtungen).
- Zeile 90 (`save_tot * (1 - mean(1:11) / 12)`) erschliesst sich nicht.

Beurteilung

Das Skript ist logisch aufgebaut, könnte aber stärker modularisiert werden. Dies würde zum einen die Orientierung erleichtern und zum anderen die Zukunftsfähigkeit des Modells verbessern. Ob der Spareffekt durch Anwendung des Liechtenstein-Modells im Code korrekt abgebildet ist, können wir auf Basis der Dokumentation nicht nachvollziehen. Die übrigen Code-Bestandteile sind aus unserer Sicht korrekt.

5.3.6 scenarios.R

Dieses Skript ist logisch in `proj_out.R` integriert und kann bei Bedarf ausgeführt werden, um prädiktive Unsicherheitsbänder zu generieren. Es folgt in seiner Grundstruktur den Schritten im Methodenbeschrieb: Zunächst werden die Momente der prädiktiven Verteilungen für die Anzahl Rentenbeziehende und die Rentenhöhe definiert (Mittelwerte und Standardabweichungen); anschliessend werden aus diesen Verteilungen je 20'000 Realisationen gezogen. Die Simulationsläufe werden kombiniert und mit historischen Daten angereichert. Nach der Integration der 13. AHV-Rente wird die Unsicherheit berücksichtigt, die aus der separaten Schätzung des multiplikativen Faktors für die Nebenkosten resultiert. Schliesslich werden 90%-Konfidenzbänder für alle drei BFS-Szenarien berechnet.

Ex-post-Korrekturen (Liechtenstein-Effekt, AHV 21, Verwitwetenmodul) werden bewusst erst anschliessend und somit ausserhalb der Unsicherheitsquantifizierung vorgenommen. Im Ergebnis liefert dieses Skript eine Hülle für mögliche Realisationen der projizierten AHV-Gesamtausgaben, wobei die obere Begrenzung der Hülle aus Szenario B-00 (hoch), die untere Begrenzung aus Szenario C-00 (tief) abgeleitet wird.

Zur Struktur merken wir an:

- Die im Methodenbeschrieb erläuterte logische Abfolge spiegelt sich im Aufbau des Codes wider.

- Die Code-Kommentare sind umfangreich und erläutern die Abfolge klar und nachvollziehbar. Allenfalls könnten noch Verweise auf die entsprechenden Formeln oder Abschnitte im Methodenbeschrieb ergänzt werden.

Weiter sind uns folgende Aspekte aufgefallen:

- Das `set.seed()` im eigentlichen Simulationslauf ermöglicht die Reproduzierbarkeit dieses Teils. Das `set.seed()` im Abschnitt zur Ziehung von Zufallsvariablen aus der Student-t-Verteilung ist so implementiert, dass die Variable zur Setzung des seeds selbst eine Zufallsvariable ist. Diese Herangehensweise führt nur dann zur Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, wenn der Output dieses Code-Abschnitts der Analystin oder dem Analysten zur Verfügung gestellt wird – was angesichts der Grösse der resultierenden Daten nicht praktikabel sein dürfte.
- Der Code für die Prädiktions-Standardabweichung der Rentenhöhe müsste korrekterweise folgendermassen lauten: `mom %<>% mutate(mu_m = predict(fit_m, p_dat), sd_m = psd(fit_m, p_dat$t_m))`. Aktuell ist als zweites Argument der Funktion `psd()` der Wert `p_dat$t_n` angegeben.

Beurteilung

Nach einer kleinen Korrektur (`psd`-Argument) ist der Code dokumententreu, übersichtlich und für mit R vertraute Leserinnen und Leser ohne übermässigen Aufwand prüfbar. Nach Anpassung des `set.seed()` ist auch die Reproduzierbarkeit im Hinblick auf die Simulation gegeben.

6 Fazit

Die Projektion der jährlichen AHV-Ausgaben stellt ein komplexes Unterfangen dar. Das BSV begegnet dieser Herausforderung, indem es zwei verschiedene Modelle entwickelt, die unterschiedliche Ansprüche befriedigen: Ein kohortenbasiertes, internes Modell und ein auf aggregierten Daten beruhendes, öffentlich verfügbares Basismodell. Diese Unterscheidung ist wichtig, denn sie wirkt sich direkt auf die Beurteilung der Zweckmässigkeit aus. Die Entwicklung des Basismodells erfolgt unter bestimmten Beschränkungen: Es soll simpel, robust und offen sein. Folglich gilt es Abwägungen zu treffen: Welche Einflüsse sollen explizit modelliert werden? Wenn ja, in welchem Detailgrad? Welche transitorischen Einflüsse sollen berücksichtigt werden? Welches Aggregationsniveau ist angemessen?

All diese Überlegungen sind erkenntlich in die Konzeption dieses Modells eingeflossen. Im Hinblick auf die Desiderata der Einfachheit und Robustheit beurteilen wir die Modellierung mehrheitlich als ausgezeichnet. Auf einer übergeordneten konzeptionellen Ebene gibt es hier keine Aspekte, die nach unserer Einschätzung zwingend anders gelöst werden müssten. Die Verwendung eines reinen Zeitreihenansatzes für die Extrapolation von aus- und inländischen Durchschnittsrenten sowie ausländischen Rentenbestände ist mit Blick auf die Einfachheit angemessen. Die Schiebefenster-Kreuzvalidierung entspricht dem ökonomischen Stand der Technik und führt zu einer methodisch validen Trendextrapolation. Auch die Berechnung der prädiktiven Unsicherheitsintervalle ist konzeptionell gut nachvollziehbar und korrekt implementiert.

Dennoch gibt es Aspekte, bei denen wir Potenzial zur Weiterentwicklung sehen. Zum einen betrifft dies die Dokumentation selbst. Es wäre aus unserer Sicht wünschenswert, nicht nur die final gewählte Modellvariante zu beschreiben, sondern auch den Weg dorthin – welche Überlegungen sind in den Ansatz eingeflossen, welche alternativen Pisten wurden verfolgt und wieder verworfen? Zweitens kann die Transparenz erhöht werden, indem der Aufbau des Codes noch besser dokumentiert wird, beispielsweise mittels einer README-Datei und ergänzender Angaben zu den verwendeten Rohdaten (Codebooks). Drittens enthält der Methodenbeschrieb noch kleinere Dokumentationslücken, die sich erst bei Durchsicht des Codes erschliessen. Der aktualisierte Methodenbeschrieb vom 23. Juli 2025 schliesst viele dieser Lücken aber bereits.

Auf inhaltlicher Ebene würden wir empfehlen, das Potenzial alternativer Projektionsmethoden auszuloten und Modellvergleiche anzustellen. Sofern exogene Informationen, die mit den Rentenbeständen oder Rentenhöhen korrelieren, unter Wahrung der Einfachheit in das Modell eingebaut werden können, wäre dies aus unserer Sicht ein vielversprechender Weg zur Erhöhung der Vorhersagequalität. Wenn der aktuell verwendete Zeitreihenansatz beibehalten wird – was im Sinne der Einfachheit und Robustheit zu begrüssen ist – sollte der Vorhersagehorizont kürzer ausfallen. Der maximale Vorhersagehorizont könnte sich zum Beispiel an den im Rahmen der Kreuzvalidierung verwendeten Horizont von 10 Jahren anlehnen.

Schliesslich kann der bereits sehr gut strukturierte Code noch weiter verbessert werden, indem einzelne Abschnitte in separate Skripte ausgelagert (Modularisierung) und die zum Teil recht umfangreichen Codeblöcke aufgetrennt werden. Im Sinne der Replikationsfähigkeit wäre die Verwendung reproduzierbarer Umgebungen wünschenswert.

7 Conclusion

La projection des dépenses annuelles de l'AVS est une opération complexe. L'OFAS relève ce défi en s'appuyant sur le développement de deux modèles distincts, répondant chacun à des exigences différentes : un modèle interne, basé sur des cohortes, et un modèle de base accessible au public, fondé sur des données agrégées. Cette distinction a toute son importance, puisqu'elle a un impact direct sur la pertinence des modèles. Le développement du modèle de base est soumis à certaines limitations : il doit être simple, robuste et transparent. Il y a donc lieu de procéder à une mise en balance : quelles influences seront explicitement modélisées ? Si une influence est retenue dans la modélisation se pose alors la question du degré de détail de ladite modélisation. Quelles sont, par ailleurs, les influences transitoires à prendre en compte ? Et quel est le niveau d'agrégation approprié ?

Ces considérations ont toutes été prises en compte dans la conception du modèle. Au vu des critères souhaités de simplicité et de robustesse, nous estimons que la modélisation est globalement excellente. À un plus haut degré de conceptualisation, il n'y a, selon nous, aucun aspect qu'il aurait impérativement fallu résoudre différemment. S'agissant d'extrapoler les rentes moyennes en Suisse et à l'étranger, de même que les effectifs des rentes versées à l'étranger, une approche basée sur des séries purement chronologiques s'avère appropriée en termes de simplicité. La validation croisée à fenêtre coulissante répond aux dernières avancées en économétrie et permet une extrapolation des tendances parfaitement valable sur le plan méthodologique. De même, le calcul des intervalles d'incertitude prédictive est facile à comprendre du point de vue conceptuel et son implémentation est bien exécutée.

Il reste néanmoins des aspects qui nous semblent receler un potentiel de développement. Premièrement, la documentation elle-même. À notre sens, il serait souhaitable de ne pas se contenter de décrire le modèle finalement retenu, mais de détailler aussi le parcours suivi pour y parvenir : quelles réflexions sont entrées dans la balance, quelles pistes alternatives ont été explorées puis écartées ? Deuxièmement, la transparence peut être améliorée en documentant encore mieux la structure du code, par exemple à l'aide d'un fichier README et d'informations complémentaires sur les données brutes utilisées (codebooks). Troisièmement, la description méthodologique, qui comporte encore, au niveau de la documentation, de petites lacunes qui n'apparaissent qu'à l'examen du code. Bon nombre d'entre elles ont toutefois été comblées dans la version actualisée du 30 septembre 2025.

Sur le fond, nous recommanderions d'explorer le potentiel d'autres méthodes de projection et d'effectuer des comparaisons entre les modèles. Dans la mesure où il est possible d'intégrer des informations exogènes, corrélées aux effectifs ou aux montants des rentes, tout en préservant la simplicité, cette piste serait à notre avis prometteuse pour améliorer la qualité des prévisions. Maintenir l'approche des séries chronologiques utilisée – ce qui est souhaitable en termes de simplicité et de robustesse – devrait raccourcir l'horizon de prévision. La période prévisionnelle maximale devrait s'inspirer, par exemple, de l'horizon de dix ans utilisé dans la validation croisée.

Enfin, le code, déjà très bien structuré, pourra encore être amélioré en transférant certaines sections dans des scripts séparés (modularisation) et en séparant les blocs de code, parfois passablement volumineux. En termes de répliquabilité, il serait en outre souhaitable d'utiliser des environnements reproductibles.

8 Conclusioni

La proiezione delle uscite annuali dell'AVS è un'impresa complessa. L'UFAS affronta questa sfida sviluppando due modelli distinti, che soddisfano esigenze diverse: un modello interno basato sulle coorti e un modello di base, accessibile al pubblico, basato su dati aggregati. Questa distinzione è importante, perché influisce direttamente sulla valutazione dell'adeguatezza del modello. Lo sviluppo del modello di base sottostà a determinate restrizioni, ovvero che esso deve essere semplice, robusto e aperto. Di conseguenza, occorre porsi alcune domande: quali influenze vanno esplicitamente considerate nel modello e con quale grado di dettaglio? Quali influenze temporanee devono essere prese in considerazione? Qual è il livello di aggregazione adeguato?

Tutte queste riflessioni sono state chiaramente considerate in sede di concezione del modello in esame. Per quanto riguarda le auspiccate caratteristiche della semplicità e della robustezza, riteniamo che la modellazione sia perlopiù eccellente. A livello di concezione generale, non vi sono aspetti che, a nostro avviso, dovrebbero essere assolutamente risolti in modo diverso. Il ricorso a un approccio basato esclusivamente su serie temporali per l'estrapolazione delle rendite medie nazionali ed estere e degli effettivi delle rendite all'estero è adeguato dal punto di vista della semplicità. La convalida incrociata a finestra mobile corrisponde allo stato della tecnica dell'econometria e porta a un'estrapolazione di tendenza metodologicamente valida. Anche il calcolo degli intervalli d'incertezza delle previsioni è concettualmente comprensibile e correttamente implementato.

Tuttavia, vi sono aspetti che riteniamo possano essere ulteriormente sviluppati. Il primo è la documentazione: a nostro avviso, sarebbe auspicabile che si descrivesse non soltanto la variante del modello scelta, ma anche il percorso che ha portato a tale scelta, ovvero quali considerazioni sono confluite nell'approccio adottato e quali alternative sono state vagliate e poi scartate. Il secondo è la trasparenza, che può essere aumentata documentando ancora meglio la struttura del codice, ad esempio mediante un file README e informazioni supplementari sui dati grezzi utilizzati (*code-book*). Il terzo sono le piccole lacune di documentazione ancora presenti nella descrizione del metodo, che emergono soltanto dopo aver esaminato il codice. Molte di queste lacune sono già state colmate con l'aggiornamento della descrizione del metodo del 30 settembre 2025.

A livello di contenuto, raccomandiamo di sondare metodi di proiezione alternativi per valutarne il potenziale e di effettuare confronti tra modelli. A nostro avviso, un modo promettente per aumentare la qualità delle previsioni sarebbe quello di integrare informazioni esogene correlate agli effettivi delle rendite o al loro ammontare nel modello, preservando però la semplicità di quest'ultimo. Se si mantenesse l'attuale approccio basato sulle serie temporali, il che sarebbe positivo in termini di semplicità e robustezza del modello, occorrerebbe ridurre l'orizzonte temporale delle previsioni. L'orizzonte di previsione massimo potrebbe, ad esempio, basarsi su quello di dieci anni utilizzato per la convalida incrociata.

Infine, il codice, già molto ben strutturato, potrebbe essere ulteriormente migliorato trasferendo singole sezioni in script separati (modularizzazione) e separando i blocchi di codice, talvolta molto ampi. Ai fini della replicabilità, sarebbe auspicabile l'utilizzo di ambienti riproducibili.

9 Conclusion

Projecting annual AHV spending is a complex undertaking. The FSIO is tackling this challenge by developing two different models that satisfy varying needs: a cohort-based, internal model and a publicly available basic model based on aggregate data. This distinction is important as it has a direct impact on the evaluation of expediency. The basic model is being developed subject to certain restrictions: it should be simple, durable and open. The following points therefore need to be considered: which factors should be explicitly modelled? And to what level of detail? Which transitory factors need to be taken into account? Which level of aggregation is appropriate?

All these considerations have been recognisably incorporated into this model. Given the desired factors of simplicity and durability, we rate the model as generally excellent. At a higher conceptual level there are no aspects which we believe would have to be resolved differently. The use of a pure time series approach for extrapolating international and domestic average pensions and international pension portfolios is appropriate, in terms of simplicity. The sliding window cross-validation corresponds to the econometric state of the technology and results in a methodically valid trend extrapolation. Likewise, the calculation of the prediction intervals is well designed and correctly implemented.

Nevertheless, we see that certain aspects have potential for further development. One of these is the documentation itself. In our view, it would be desirable for not only the ultimately selected model variant to be described but also the path that led to this selection – which considerations were integrated into the approach, which alternative routes were followed and rejected? Secondly, transparency could be increased by providing better documentation of the code structure, for example in the form of a README file and supplementary details of the raw data used (codebooks). Thirdly, the method description still contains minor gaps in the documentation which only become apparent when looking at the code. The updated method description of 30 September 2025 goes a long way towards closing these gaps.

At the content level we would recommend exploring the potential of alternative projection methods and making model comparisons. To the extent that exogenous information that correlates to the pension portfolios or pension amounts can be integrated into the model while preserving its simplicity, this would, in our view, be a promising way of increasing the prediction quality. If the currently used time series approach is retained – which would make sense in terms of simplicity and durability – the prediction horizon should be shorter. The maximum prediction horizon could be geared, for example, to the 10-year horizon used in the cross-validation.

Finally, the code, which is already very well structured, can be further improved by moving individual sections to separate scripts (modularisation) and breaking up the code blocks, some of which are very long. For the purpose of replicability, the use of reproducible environments would be desirable.

A Alternative Projektionsmethoden

Der Methodenbeschrieb befasst sich ausführlich mit der Selektion von Trendpunkten für die lineare Extrapolation der Anzahl ausländischer Rentenbezügerinnen und -bezüger und der (aus- und inländischen) durchschnittlichen Rentenniveaus – oder genauer gesagt, dem Verhältnis von Durchschnittsrente zu gesetzlicher Minimalrente. Abbildung 1 illustriert die historischen Beobachtungen dieser Grössen für die Altersrenten, differenziert nach Geschlecht und Domizil.

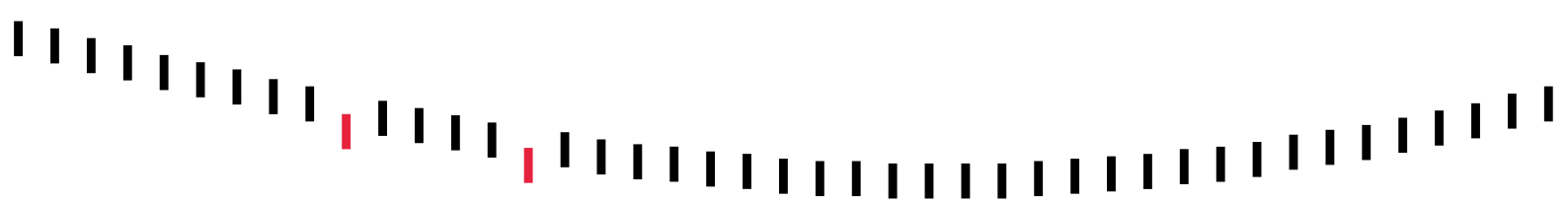
Das Basismodell nimmt nun die lineare funktionale Form als gegeben und versucht durch die Auswahl passender Trendpunkte eine gute Vorhersagekraft zu erreichen. Alternativ könnte man verschiedene funktionale Formen gegenüberstellen und anhand eines Modellvergleichs die beste Variante auswählen. Dazu zwei Überlegungen:

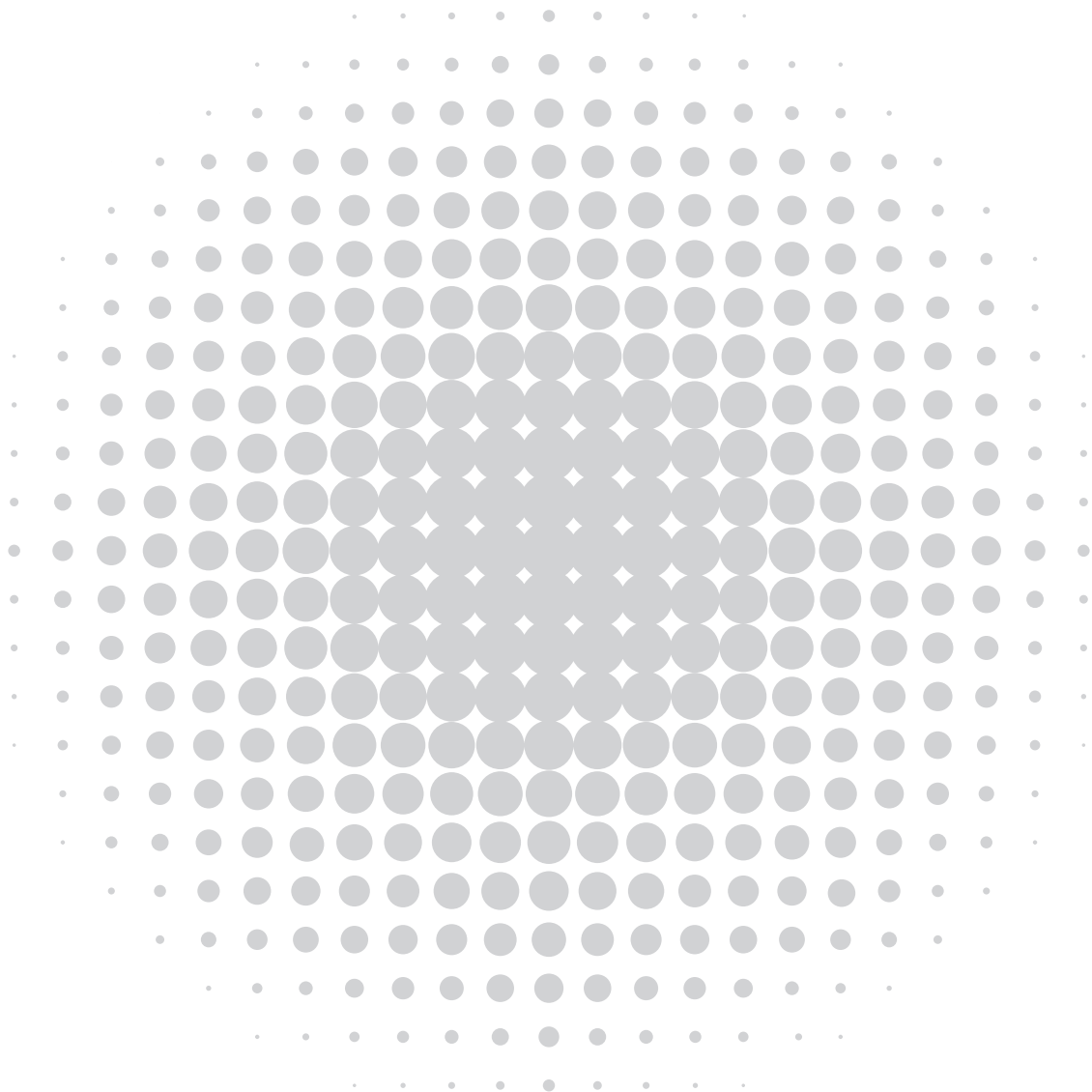
- Quadratische Trendfortschreibungen führen schnell zu extremen und unrealistischen Vorhersagen, wie auch interne Tests des BSV zeigten. Sie werden daher nicht empfohlen.
- Anstatt eine lineare Regression zur Fortschreibung der Werte zu nutzen, könnten andere Modelle zur Anwendung gelangen. Vielversprechend scheint uns der «Exponential Smoothing»-Ansatz.

Bibliographie

Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice* (3. Aufl.). OTexts. <https://otexts.com/fpp3/>

Wickham, H., Cetinkaya-Rundel, M., & Golemund, G. (2023). *R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data*. O'Reilly Media.





bsv.admin.ch



Forschungspublikationen – «Beiträge zur Sozialen Sicherheit»