

HWZ Working Paper Series

Optimale Vermögensaufteilung von
Schweizer Pensionskassen unter
Einbezug ihrer Immobilienanlagen
und Verpflichtungen

2023

Eine empirische Analyse mit Quartalsdaten der Periode 1996 – 2020

Dr. Rudolf Marty
Prof. Dr. Peter Ilg

Hochschule für Wirtschaft Zürich

HWZ

Optimale Vermögensaufteilung von Schweizer Pensionskassen unter Einbezug ihrer Immobilienanlagen und Verpflichtungen

Eine empirische Analyse mit Quartalsdaten der Periode 1996 – 2020

Dr. Rudolf Marty¹

Prof. Dr. Peter Ilg²

¹ Dr. Rudolf Marty ist senior-wissenschaftlicher Mitarbeiter am Swiss Real Estate Institute an der HWZ Hochschule für Wirtschaft Zürich.

² Prof. Dr. Peter Ilg ist Leiter des Swiss Real Estate Instituts und Professor an der HWZ Hochschule für Wirtschaft Zürich.

Abstract

In dieser Studie werden mittels des von Sharpe und Tint (1990) modifizierten Mittelwert-Varianz-Modells von Markowitz (1952) effiziente Portfolios für Schweizer Pensionskassen berechnet. Dabei wird angenommen, dass mit Ausnahme von Gold nur in inländische Finanz- und Immobilienanlagen investiert wird. Die effizienten Portfolios werden für eine reine Rentner- und eine reine Beitragszahlerkasse berechnet. Es zeigt sich erstens, dass im Bereich risikoarmer bis moderat risikobehafteter Portfolios (d. h. annualisierte Volatilitäten bis 4 %) die Geldmarktanlagen und die Rendite-Wohnimmobilien die dominierenden Anlageklassen sind (maximaler Portfolioanteil unter fünf Anlageklassen). Aufgrund der vorteilhaften Diversifikationseigenschaften von Renditeimmobilien resultieren zudem effiziente Portfolios mit für Rentner- und für Beitragszahlerkassen – gemessen an den BVV2-Richtlinien – zu «hohen» optimalen Immobilienquoten. Dieser Befund ist robust in Bezug auf den Rentneranteil und das Optimierungsverfahren (MV vs. S&T).

Schlüsselwörter	Real Estate, Asset Liability Management, Asset Allocation
Reviewed	März 2023
Verfügbar online	Oktober 2023

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1 Fragestellung	1
1.2 Auswahl der bereits durchgeführten Analysen in der Literatur	2
1.2.1 Die Analyse von Booth (2001)	2
1.2.2 Die Analysen von Hoevenaars (2008)	2
2. DREI POPULÄRE ASSET & LIABILITY-MANAGEMENT-ANSÄTZE.....	3
2.1 Das Asset & Liability-Modell (A&L-Modell) von Sharpe und Tint (S&T)	4
2.2 Das A&L-Modell von Leibowitz et al. (1994).....	5
2.3 Lower Partial Moments-Modelle (d. h. asymmetrische Risikobewertung)	5
3. DAS S&T-MODELL FÜR SCHWEIZER PENSIONS-KASSEN	6
3.1 Der gesetzliche BVG-Mindestzins als Verzinsungsfaktor der Passiven.....	6
3.2 Das gesamtwirtschaftliche Lohnwachstum im S&T-Modell.....	6
3.3 Die Inflation im Rahmen des S&T-Modell.....	7
3.4 Der gesetzliche Mindestumwandlungssatz im S&T-Modell	7
3.5 Der technische Zinssatz und Bilanzierungsvorschriften im S&T-Modell	8
3.6 Die BVV2-Anlagerichtlinien im Rahmen des S&T-Modells.....	8
4. DATENBASIS UND DATENTRANSFORMATION	9
4.1 Die Finanz- und Immobiliendaten	9
4.2 Konsumentenpreise, Lohnindex, BVG-Mindestzinssatz	10
4.3 Deskriptive Statistiken	11
4.4 Empirische Bestimmung des Wachstums der Pensionskassen-Passiven	15
5. AUFTEILUNG VON PENSIONS-KASSEN-AKTIVEN MIT S&T-MODELL	17
5.1 Optimale Allokation mit S&T-Modell für Rentnerkasse mit Deckungsgrad 100 Prozent und vollständiger Rentenindexierung.....	17
5.2 Optimale Allokation mit S&T-Modell für Beitragszahler-PK mit Deckungsgrad 100 Prozent und vollständiger Rentenindexierung.....	19

5.3 Optimale Allokation mit S&T-Modell für Rentnerkasse ohne Inflationsindexierung mit 100 Prozent Deckungsgrad 20

6. ZUSAMMENFASSUNG21

ANHANG 122

ANHANG 224

LITERATURVERZEICHNIS25

1. Einleitung

1.1 Fragestellung

Das Ziel dieser Studie ist die Integration von Schweizer Rendite-Wohnimmobilien in ein Modell für die Bilanzsteuerung (d. h. Aktiv- und Passivseite) von Schweizer Vorsorgeeinrichtungen («Asset & Liability»-Management). Basis des A&L-Management-Modells ist ein von Sharpe und Tint (1990, nachfolgend S&T genannt) entwickeltes, um die Verpflichtungen einer Vorsorgeeinrichtung erweitertes und auf dem Markowitz-Ansatz (1952) beruhendes Mittelwert-Varianz-Modell (MV-Modell). Darin steht der Bilanz- bzw. Deckungsüberschuss der Pensionskasse (Marktwert der Aktiven abzüglich Markt- bzw. Buchwert der Passiven), d. h. der sogenannte «surplus» der Vorsorgeeinrichtung, im Zentrum. In diesem von Sharpe und Tint erweiterten MV-Modell minimiert die Pensionskasse die Variabilität der (normierten) Veränderung ihres Bilanz-Überschusses unter der Restriktion, eine bestimmten Mindest-Rendite zu erzielen. Bei diesem Ansatz handelt es sich somit um eine Verallgemeinerung des Markowitz-Modells, das als Spezialfall im S&T-Modell enthalten ist, wenn der Deckungsgrad der Pensionskasse (d. h. das Verhältnis der Aktiven zu den Passiven) sehr gross ist (d. h. die Verpflichtungen fallen im Vergleich zu den Aktiven kaum ins Gewicht) und/oder die Verzinsung der Verbindlichkeiten null ist.

Im Gegensatz zu einer ausschliesslichen MV- bzw. Rendite/Risiko-Optimierung der Bilanz einer Pensionskasse wird beim S&T-Modell die Optimierung der Bilanz einer Vorsorgeeinrichtung durch die optimale Strukturierung der Aktiven unter der gleichzeitigen Berücksichtigung der Passiven, d. h. der Verzinsung der Pensionskassen-Verpflichtungen, durchgeführt. Eine wichtige Verpflichtung von Vorsorgeeinrichtungen ist u. a. die minimale Verzinsung des Sparkapitals ihrer Mitglieder mit dem durch den Bundesrat auf Empfehlung der Eidgenössische Kommission für berufliche Vorsorge festgelegten Mindestzins. Eine weitere Auflage ist der Umwandlungssatz, mit dem der dem Obligatorium unterliegende Teil des angesparten Kapitals der PK-Mitglieder in eine lebenslange Rente umgewandelt werden kann. Daneben existieren pensionskassenspezifische Regulierungen in den Statuten der Vorsorgeeinrichtungen wie z. B. teilweise die vollständige Rentenindexierung. Weiter zeichnen sich Vorsorgeeinrichtungen durch unterschiedliche Deckungsgrade und Rentneranteile aus, die relevant sind in Bezug auf ihre Vermögensaufteilung. Mit Hilfe eines modifizierten S&T-Modells soll für eine Vorsorgeeinrichtung die optimale Aufteilung ihrer Anlagen (d. h. der Aktivseite) unter spezieller Berücksichtigung ihrer Renditeimmobilien berechnet werden. Weiter werden diese auf dem Ansatz von S&T basierenden effizienten Portfolios verglichen mit den mit Hilfe eines Mittelwert-Varianz-Ansatzes berechneten effizienten Portfolios.

1.2 Auswahl der bereits durchgeführten Analysen in der Literatur

1.2.1 Die Analyse von Booth (2001)

Booth (2001) berechnet in seiner Studie mit Hilfe von Finanzanlagen (UK- und US-Aktien, inflationsgeschützte und nicht-inflationsgeschützte UK-Staatsanleihen, UK-Geldmarktanlagen) sowie UK-Immobilienanlagen MV-optimale Portfolios von britischen Pensionskassen ohne Berücksichtigung ihrer Verbindlichkeiten. Diese vergleicht er mit optimierten Portfolios derselben Anlagekategorien, die mit Hilfe des S&T-Modells hergeleitet werden, d. h. unter Einbezug der Verbindlichkeiten von Pensionskassen. Während bei den MV-optimalen Portfolios der Immobilienanteil je nach Volatilität der Erträge (Renditen) der effizienten Portfolios zwischen 15 und 20 Prozent variiert, liegt bei den gemäss S&T optimierten Portfolios der optimale Immobilienanteil überwiegend im einstelligen Bereich. Bei den nicht-inflationsgeschützten UK-Staatsanleihen beträgt bei den mit dem S&T-Modell optimierten Portfolios der optimale Anteil nahezu 60 Prozent, während bei MV-optimalen Portfolios der Anteil nicht-inflationsgeschützter Anleihen nur knapp zweistellig ist. Diese Differenz ist hauptsächlich auf die hohe Korrelation der Rendite nicht-inflationsindexierter Staatsanleihen mit der Verzinsung der Verbindlichkeiten der britischen Pensionskassen zurückzuführen³.

1.2.2 Die Analysen von Hoevenaars (2008)

In seiner Arbeit «Strategic Asset Allocation & Asset Liability Management» berechnet Hoevenaars optimale Vermögensaufteilungen für Vorsorgeeinrichtungen mit einer Vielzahl von Anlagekategorien (Finanzanlagen, Immobilien, Rohwaren, Hedge-Funds etc.) unter Berücksichtigung ihrer Verbindlichkeiten. Er stellt dazu eine Grösse ins Zentrum seiner Analyse, die in der Literatur als logarithmierte Deckungsgrad-Rendite bezeichnet wird, definiert als Logarithmus des Quotienten aus den Aktiven und Passiven der aktuellen Periode abzüglich des Logarithmus dieses Quotienten aus der Vorperiode. Diese Grösse («**funding ratio log return**») entspricht der Differenz der kaufkraftbereinigten (kontinuierlichen) Renditen des Portfolios der Aktiven abzüglich der realen (kontinuierlichen) Verzinsung der Passiven einer Vorsorgeeinrichtung. Hoevenaars geht davon aus, dass die Pensionskassen die Variabilität dieser inflationsbereinigten Überschussrendite (reale Rendite des Portfolios der Aktiven minus reale Verzinsung der Passiven) minimiert bei gleichzeitiger Erzielung einer bestimmten langfristigen

³ Die Regulierung britischer Pensionskassen mit dem Schwerpunkt auf der möglichst risikoarmen Finanzierung der Verpflichtungen von britischen Vorsorgeeinrichtungen bewog das Management von Pensionskassen, ihre Vermögensaufteilung weg von Realwertanlagen (z. B. Aktien) vermehrt in britische Staatsanleihen umzuschichten (u. a. auch in inflationsgeschützte Anleihen). Diese Anlagestrategie wird in der Praxis auch als «Liability-Driven Investment» (LDI) bezeichnet.

realen Überschussrendite. Mit Hilfe eines Datensatzes bestehend aus Zeitreihen von US-Finanzanlagen (US-Aktien, nominell risikolose Geldmarkt- und langfristige Staatsanleihen, US-Unternehmensanleihen, US-Immobilienanlagen («REITS») und Anlagen in Rohstoffen) stellt er einen «Asset-only»-Ansatz der optimalen Vermögensaufteilung dem obigen «A&L»-Ansatz mit unterschiedlichen Anlagehorizonten gegenüber. Auch er stellt klare Differenzen fest in der MV-optimierten Vermögensaufteilung im Vergleich zu den A&L-optimierten Auffächerungen fest. Wie in der Studie von Booth (2001) ist der Anteil nominell risikoloser Staatsanleihen im Vergleich zur MV-optimierten Vermögensaufteilung wegen der Absicherungseigenschaften der letzteren hinsichtlich der Verpflichtungen deutlich höher. Ein signifikanter Anteil der A&L-optimierten Vermögensaufteilung ist zudem in Rohstoffanlagen investiert aufgrund von deren positiven Absicherungseigenschaften gegenüber den mittel- und langfristigen Inflationsrisiken. Die Analyse von Hoevenaars zeigt, dass die Vernachlässigung von Mindestverzinsungsverpflichtungen bei Verwendung eines MV-Ansatzes dazu führt, dass «zu wenig» in risikoarme nominelle Anlagen wie Staatsanleihen investiert wird (d. h. die MV-optimalen Anleihenanteile sind zu tief).

2. Drei populäre Asset & Liability-Management-Ansätze

Grundsätzlich können A&L-Modelle in Ein-Perioden-Modelle analog zum MV-Modell des «Asset-only»-Ansatzes und in Mehr-Perioden-Modelle, in denen die Pensionskasse einen mehrere Perioden umfassenden Anlagehorizont optimiert, eingeteilt werden. Aufgrund der technisch aufwendigeren Mehrperioden-Modelle und ihrer intuitiv schwierigen Interpretierbarkeit sollen in dieser Studie mit den A&L-Modellen von Leibowitz et al. (1994) und von S&T (1990) nur die beiden populärsten A&L-Management-Einperioden-Modelle vorgestellt werden. Weiter wird mit den «Lower partial moments»-Ansätzen eine Modellklasse erwähnt mit einer asymmetrischen Risikoeinschätzung (d. h. vom Anleger wird nur die Unterschreitung einer vorgegebenen Zielrendite (d. h. «target return») eines Portfolios bestraft, während beim MV-Ansatz Unter- und Überschreitungen der Zielrendite symmetrisch bestraft werden)⁴.

⁴ In jüngster Zeit haben die Ansätze der «Lower partial moments»-Modellklasse unter dem Begriff «Liability-Driven-Investment»-Ansätze in der Praxis an Popularität gewonnen.

2.1 Das Asset & Liability-Modell (A&L-Modell) von Sharpe und Tint (S&T)

Das von Sharpe und Tint, nachfolgend S&T genannt, vorgeschlagene Modell orientiert sich am Überschuss der Aktiven gegenüber den Passiven, d. h. am «surplus» S_t bzw. an dessen Veränderung, d. h. $S_t - S_{t-1}$. Diese ist definiert als die Veränderung der Differenz der Marktwerte des Portfolios der Aktiven A_t abzüglich der Marktwerte bzw. Buchwerte der Passiven bzw. der Verpflichtungen von Vorsorgeeinrichtungen L_t , d. h. $\Delta S_t = (S_t - L_t) - (S_{t-1} - L_{t-1})$. Um die in Geldeinheiten ausgedrückte Variable ΔS_t zu standardisieren, haben Sharpe und Tint vorgeschlagen, dass die Vorsorgeeinrichtungen als Zielgrösse die normierte Veränderung ihres Bilanzüberschuss, d. h. $\Delta S_t / A_{t-1}$, als Zielgrösse definieren soll. Diese wird bei Praktikern auch als ökonomischer Deckungsgrad einer Vorsorgeeinrichtung bezeichnet. Ausgehend von einem vorgegebenen Deckungsgrad einer Pensionskasse in Periode $t-1$, A_{t-1} / L_{t-1} , sollen damit die Vorsorgeeinrichtungen gemäss S&T die bedingte Variabilität bzw. Varianz Var_{t-1} ihres standardisierten «surplus» minimieren:

$$(1a) \min_{\omega_t} (A_t - L_t) / A_{t-1} = \text{Var}_{t-1}[\hat{R}_t^A - \hat{R}_t^L * L_{t-1} / A_{t-1}], \text{ wobei } \hat{R}_t^A = A_t / A_{t-1} - 1, \hat{R}_t^L = L_t / L_{t-1} - 1$$

unter folgenden Restriktionen:

$$(1b) E_{t-1}[\hat{R}_t^A(\omega_t) - \hat{R}_t^L * L_{t-1} / A_{t-1}] = \mu^S$$

$$(1c) 1 = \sum_{n=1}^N \omega_n, \omega_n > 0 \text{ für } n=1, \dots, N > 0 \text{ (keine Leerverkäufe),}$$

wobei Var_{t-1} bzw. E_{t-1} die bedingte Varianz bzw. der bedingte Erwartungswert in Periode t , \hat{R}_t^A bzw. \hat{R}_t^L die stochastische reale Rendite des Portfolios der Aktiven (abhängig vom Vektor der Portfoliogewichte ω_t) bzw. die reale Verzinsung der Passiven (d.h. $L_t / L_{t-1} - 1$) der Pensionskasse und ω_n die relativen Portfolio-Anteile der n -ten Anlageklasse des Portfolios der Aktiven ist. Die reale Portfoliorendite der Aktiven ist damit $\hat{R}_t^A(\omega_t) = \sum_{n=1}^N \omega_n * \hat{R}_t^i$, wobei \hat{R}_t^i die reale Rendite der i -ten Anlagekategorie der Vorsorgeeinrichtung darstellt. Die Verzinsung des standardisierten Pensionskassen-Überschusses μ^S ist durch die vom Bundesrat festgesetzte Mindestverzinsung gegeben.

Das Optimierungsproblem (1a) – (1c) lässt sich als das folgendes konvexe quadratische Optimierungsproblem darstellen:

$$(2a) \min_{\omega_t} \omega_t^T * \text{Cov}_{t-1}[\hat{R}_t^A] * \omega_t - L_{t-1} / A_{t-1} * \text{Cov}_{t-1}[\hat{R}_t^A, \hat{R}_t^L]^T \omega_t \text{ unter folgenden Nebenbedingungen:}$$

$$(2b) \omega_t^T * E_{t-1}[\hat{R}_t^A - L_{t-1} / A_{t-1} * \hat{R}_t^L] = \mu^S, 1 = \sum_{n=1}^N \omega_n \text{ (Gleichheits-Restriktion)}$$

$$(2c) \text{ gemäss BVV2-Leerverkaufsverbot (Ungleichheits-Res.): } 0 < \omega_n < 1 \text{ für alle } n = 1, \dots, N,$$

wobei $\text{Cov}_t[\hat{R}_t^A, \hat{R}_t^L]$ die Kovarianz der realen Rendite der Aktiven mit der Passiv-Verzinsung der Vorsorgeeinrichtung ist. Analog zum MV-Ansatz von Markowitz (1952) besitzt das quadratische Minimierungsproblem 2a-2c eine eindeutige Lösung für ω_t . Diese lässt sich mit Hilfe der analytischen Lösung unter Vorgabe einer bestimmten realen Überschussrendite μ^S und einem vorgegebenem Deckungsgrad L_{t-1}/A_{t-1} der Pensionskasse berechnen (für die Herleitung der Effizienz-Grenze des A&L-Ansatzes des S&T-Modelles siehe Anhang 1).

2.2 Das A&L-Modell von Leibowitz et al. (1994)

Beim Ansatz von Leibowitz et al. (1994) steht anstelle des standardisierten «surplus» bzw. Überschusses der Vorsorgeeinrichtung die reale Überschussrendite der Pensionskassen-Aktiva über der stetigen (realen) Verzinsung der Pensionskassen-Passiva («**funding ratio log return**») im Zentrum. Diese Überschussrendite entspricht der Differenz der Logarithmen des Verhältnisses der Aktiven zu den Passiven von Pensionskassen (F_t : «funding ratio»):

$$(3) \quad \Delta F_t = \ln(A_t/A_{t-1}) - \ln(L_t/L_{t-1}) = \ln(A_t/L_t) - \ln(A_{t-1}/L_{t-1}) = \ln(F_t/F_{t-1}),$$

wobei die stetige reale Verzinsung der Pensionskassen Aktiven, $\ln(A_t/A_{t-1})$, dem Logarithmus der Linearkombination der diskreten Renditen der einzelnen Anlagekategorien der Vorsorgeeinrichtung entspricht, d. h. $\ln(A_t/A_{t-1}) = \ln(\hat{R}_t^A(\omega_t)) = \ln(\sum_{i=1}^N \omega_n \cdot \hat{R}_t^i)$. Ein Nachteil der Analyse mit stetigen Portfolio-Renditen ist, dass sie nicht als Linearkombinationen der stetigen Renditen ihrer Einzelanlagen wiedergegeben werden können⁵. Zwar wurde in der Literatur diesem Nachteil durch eine von Campbell und Viceira (2002) vorgeschlagene log-lineare Approximation Rechnung getragen⁶. Dennoch soll in dieser Arbeit nur auf den Ansatz von S&T Bezug genommen werden, u. a. weil er in der Praxis eine gewisse Verbreitung gefunden hat.

2.3 Lower Partial Moments-Modelle (d. h. asymmetrische Risikobewertung)

Bei den sogenannten «lower partial moments»-Modellen handelt es sich um ein statistisches Konzept, das die wichtigsten nach unten gerichteten Risikomassen («downside risk») in einen einheitlichen Rahmen integriert. In diesem werden beispielsweise im Rahmen von Kapitalmarktanlagen nur die negativen Abweichungen der Realisationen von Portfoliorenditen von einer vorgegebenen Schranke bzw. von einem unteren Schwellenwert erfasst und als Risiko bewertet. In der Kapitalanlage wird dann von einem «shortfall» gesprochen, wenn eine Min-

⁵ Mit zunehmenden Schwankungen der Renditen der Einzelanlagen steigt die Differenz zwischen der Linearkombination der diskreten Renditen der Einzelanlagen und der Linearkombination der stetigen Renditen der Einzelanlagen.

⁶ Beim Ansatz von Campbell und Viceira (2002) werden die diskreten Renditen approximiert durch die stetigen Renditen und zusätzlich einen Annäherungsterm zweiter Ordnung, was die Approximation präziser macht.

destrendite in einer bestimmten Periode nicht erreicht wird («shortfall-Risiko»). Der «lower partial moments»-Ansatz ist vor allem relevant bei kurzfristigen Anlagen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt liquidiert werden müssen. Er ist damit von geringerer Bedeutung im Zusammenhang mit Vorsorgeeinrichtungen, bei denen die Versicherten während 20 Jahren und mehr ansparen und ihre Rentenleistungen während einer überschaubaren Periode beziehen.

3. Das S&T-Modell für Schweizer Pensionskassen

Gemäss (2a) unterscheidet sich die zu minimierende Funktion im S&T-Modell durch den Ausdruck $A_{t-1}/L_{t-1} * \text{Cov}_t[\hat{R}_t^i, \hat{R}_t^L]^T \omega_t$ in der Zielfunktion von dem auf Markowitz (1952) beruhenden Mittelwert-Varianz-Ansatz. Dieser Ausdruck ($A_{t-1}/L_{t-1} * \text{Cov}_t[\hat{R}_t^i, \hat{R}_t^L]^T \omega_t$) ist eine Linearkombination der Kovarianzen der realen Renditen der N Anlagekategorien des Portfolios der Aktiven mit der realen Verzinsung der Verbindlichkeiten der Vorsorgeeinrichtung. Ist diese Grösse null, d. h. die reale Verzinsung der Passivseite ist unkorreliert mit den Realrenditen der einzelnen Anlagekategorien der Aktivseite und/oder die Realverzinsung der Passiven ist null, dann entspricht die optimale Vermögensaufteilung gemäss S&T gerade der Mittelwert-Varianz-Optimierung des Markowitz-Ansatzes. Im Folgenden werden deshalb ausgewählte Bestimmungsfaktoren der Verzinsung der Pensionskassen-Passiva näher erläutert.

3.1 Der gesetzliche BVG-Mindestzins als Verzinsungsfaktor der Passiven

Die Pensionskassen sind dazu verpflichtet, die von ihren Mitgliedern angehäuften Sparguthaben mit einem von den Aufsichtsbehörden (Kommission für berufliche Vorsorge) bestimmten nominellen Mindestzinssatz zu verzinsen («BVG-Mindestzinssatz»), der periodisch den sich ändernden Marktbedingungen angepasst wird. Da sich im Rahmen des Modells von S&T die Pensionskassen am inflationsbereinigten Überschuss bzw. «surplus» orientieren, soll der nominelle Mindestzinssatz um die Inflationsrate bereinigt und zur Verzinsung der Pensionskassen-Passiva eingesetzt werden.

3.2 Das gesamtwirtschaftliche Lohnwachstum im S&T-Modell

Das angesparte Kapital der Pensionskassen-Versicherten wächst neben dem Mindestzins im Ausmass der gesamtwirtschaftlichen (nominellen) Lohnsumme. Je tiefer der Rentner- und Rentnerinnenanteil einer Pensionskasse ist, desto mehr fällt dieses Lohnwachstum als Verzinsungsfaktor der angesparten Vorsorgeguthaben zusätzlich zur Mindestverzinsung ins Gewicht. Im Extremfall einer nur aus Erwerbstätigen bestehenden Vorsorgeeinrichtung ergibt sich die Verzinsung der Altersguthaben mindestens im Ausmass der Summe aus inflationsbereinigtem Mindestzinssatz und realem Lohnwachstum. Handelt es sich um eine Pensionskasse

bestehend nur aus Rentnerinnen und Rentnern, so müssen die angesparten Altersguthaben lediglich mit dem durchschnittlichen realen Mindestzinssatz verzinst werden (ohne Berücksichtigung des realen Lohnwachstums)⁷. Im Rahmen des S&T-Modells sollte damit die Verzinsung der Passiven negativ vom Rentner- und Rentnerinnenanteil der Pensionskasse abhängen.

3.3 Die Inflation im Rahmen des S&T-Modell

In dem in Abschnitt 2.1 aufgeführten S&T-Modell, in dem sich die Vorsorgeeinrichtung an der inflationsbereinigten Veränderung ihres Deckungsüberschusses orientiert, entspricht der kaufkraftbereinigte erwartete Rentenbarwert eines in die Pensionierungsphase eintretenden PK-Mitgliedes gerade seinem inflationsbereinigten angesparten Alterskapital (versicherungstechnisches Äquivalenzprinzip). Durch den gesetzlich nicht vorgeschriebenen Teuerungsausgleich von Pensionskassen-Renten kann damit die Vorsorgeeinrichtung beim Auftreten von (nicht-antizipierter) Inflation einen (unerwarteten) Vermögenstransfer von der rentenbeziehenden Person realisieren, sofern ihre Rentenzahlungen nicht an den Konsumentenpreisindex gebunden sind (das Gegenteil gilt beim Auftreten von unerwarteter Deflation)⁸. Bei vollumfänglich inflationsindexierten Rentenzahlungen muss damit das in Abschnitt 2.1 dargestellte S&T-Modell nicht modifiziert werden. Bei nicht oder nur teilindexierten Rentenzahlungen und dem Auftreten einer Teuerungsphase sollte damit die Verzinsung der Pensionskassen-Passiven um die (geschätzte bzw. erwartete) jährliche Inflationsrate korrigiert bzw. bereinigt werden.

3.4 Der gesetzliche Mindestumwandlungssatz im S&T-Modell

Die Vorsorgeeinrichtungen sind gesetzlich verpflichtet, die angesparten Altersguthaben ihrer Beitragszahlenden (auf dem gesetzlichen Obligatorium) mit einem bestimmten Mindestumwandlungssatz in lebenslange Renten umzuwandeln (zum Zeitpunkt der Publikation dieser Studie beträgt der Umwandlungssatz auf dem obligatorischen Teil des Altersguthabens 6.8 %). Die Pensionskassen sind damit nicht völlig frei, die Pensionskassen-Renten an ihre Mitglieder gemäss dem versicherungstechnischen Äquivalenzprinzip festzulegen. Übersteigt z. B. der gesetzliche Mindest-Umwandlungssatz denjenigen gemäss versicherungstechnischem Äquivalenzprinzip (was in der Negativ-Zinsphase von 2015 bis 2022 zweifelsfrei der

⁷ Liegen die ausbezahlten Renten einer Vorsorgeeinrichtung über dem Wert gemäss versicherungstechnischem Äquivalenzprinzip, zeigt sich die Verzinsung der Altersguthaben (d. h. die «ex-post»-Nettoverzinsung) selbstverständlich unter den Bruttorenditen des Anlageportfolios der Pensionskasse.

⁸ Verdoppelt sich beispielsweise unerwarteterweise das Preisniveau im ersten Jahr der Pensionierung eines PK-Mitglieds, entspricht dies real einer Halbierung seiner Altersrente, d. h. die Vorsorgeeinrichtung muss weniger vom angesparten Alterskapital der PK-berenteten Person für die Finanzierung der inflationsbereinigten Rentenleistungen aufwenden.

Fall war), kommt es zu einer (partiellen) Subventionierung der laufenden Pensionskassenrenten durch die erwerbstätigen Versicherten (d. h. das BVG-Kapitaldeckungsverfahren wird teilweise durch ein Umlageverfahren ergänzt). Im Rahmen des S&T-Modells lässt sich dieses (zumindest partielle) Umlageverfahren nicht abbilden.

3.5 Der technische Zinssatz und Bilanzierungsvorschriften im S&T-Modell

Eine schweizerische Pensionskasse ist gesetzlich verpflichtet, periodisch (d. h. mindestens alle drei Jahre) von einer Fachperson der beruflichen Vorsorge eine versicherungstechnische Bilanz erstellen zu lassen und zudem jährlich eine kaufmännische Bilanz zu erstellen. In der versicherungstechnischen Bilanz werden die Verpflichtungen mit einem fixen, nicht markabhängigen Zinssatz abdiskontiert. Der technische Zinssatz wird während Jahren konstant belassen, damit die Vergleichbarkeit der Bilanz im Zeitablauf gewährleistet ist. Der technische Zinssatz hat einen grossen Einfluss auf die Bilanz einer Vorsorgeeinrichtung. Er geht in Form des Deckungsgrades (Verhältnis der Pensionskassen-Aktiven zu Pensionskassen-Passiven) in das S&T-Modell ein.

3.6 Die BVV2-Anlagerichtlinien im Rahmen des S&T-Modells

Die BVV2-Richtlinien können im S&T-Modell als zusätzliche Restriktionen im Optimierungsproblem berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Anlagerichtlinien gemäss Verordnung für Berufliche Vorsorge (BVV 2)

Anlagekategorie	Sub-Anlagekategorie	Begrenzung (100 %)	BVV2-Artikel
Nominalwertanlagen		100	
börsennotiert	<i>Obligationen in CHF und Fremdwährung</i>	100	55
Nicht börsennotiert (privat gehalten)	<i>Grundpfandtitel CH</i>	75	55 a., 55 d.
Beteiligungsanlagen			
Börsennotierte Aktien	Aktien, In-, Ausland	50	55 c.
Privat gehaltene Aktien	Private Equity	(0)	55 d.
Sonstige Beteiligungen (Immobilie, Infrastruktur)			
börsennotiert	Immobilien In-, Ausland	30 / 10	55 c.
nicht börsennotiert (privat gehalten)	Immobilien In, Ausland, Infrastruktur	30 / 10	55 c., 55 d.
Rohwaren, Trading			
Trading	Hedge-Fonds	15	55 d.
Rohwaren	Rohstoffe	15	55 d.
Fremdwährungen ohne Absicherung		30	55 e.

Quellen: Schweizerische Bankiervereinigung (2017); Verordnung für Berufliche Vorsorge Alters-, Hinterlassenen- und Invalidenvorsorge (BVV2, Stand 1.1.2022)

4. Datenbasis und Datentransformation

Die Ausführungen in diesem Abschnitt stützen sich teilweise auf die Arbeit von Marty (2022), weshalb sich bei einzelnen Textstellen in dieser Arbeit Ähnlichkeiten zur obigen Studie ergeben können.

Bei den in dieser Studie verwendeten Daten handelt es sich ausschliesslich um Zeitreihen von repräsentativen Indizes des Schweizer Aktienmarktes (MSCI Performanceindex gross- und mittelkapitalisierter Schweizer Aktien (S_t)), des Marktes für risikolose Schweizer Staatsanleihen (SWX Performance-Index inländische Staatsanleihen aller Laufzeiten (B_t); Kürzel: SBIDGT) und des Schweizer Renditeimmobilienmarktes (SWX IAZI Investment Real Estate Performance Index (RE_t), Valor: IREALC). Zusätzlich zum nationalen Renditeimmobilien-Index von IAZI werden regionale Renditeimmobilienindizes von Fahrländer Partner AG verwendet (FPRE). Zudem findet der in London täglich festgelegte Goldpreis in USD, umgerechnet mit dem entsprechenden CHFUSD-Wechselkurs, als Edelmetallpreis Verwendung. Als Rohstoffpreisindex wird der in CHF umgerechnete Goldman Sachs Commodity Index, bestehend 24 Rohstoffen, verwendet. Schliesslich gehen ausgewählte makroökonomische Zeitreihen (risikoloser dreimonatiger Geldmarktzins (ln_t : in % pro Jahr), d. h. Rendite dreimonatiger Geldmarktbuchforderungen des Bundes, der Konsumentenpreisindex (CP_t) und der Reallohnindex (W_t^r), publiziert vom Bundesamt für Statistik) in die Studie ein.

4.1 Die Finanz- und Immobiliendaten

Ausgehend von den im obigen Abschnitt für den Schweizer Aktien-, Anleihen- und Renditeimmobilienmarkt berücksichtigten Indizes und dem in CHF ausgedrückten Goldpreis müssen diese in (diskrete) inflationsbereinigte Rendite-Zeitreihen umgerechnet werden. Die inflationsbereinigte (diskrete) Aktienrendite R_{t+1}^{sr} während des Quartals t berechnet sich folgendermassen:

$$(4) R_{t+1}^{sr} = (S_t/CP_t - S_{t-1}/CP_{t-1}) / (S_{t-1}/CP_{t-1}),$$

wobei S_t bzw. CP_t den Aktienindex⁹ bzw. den Konsumentenpreisindex am Quartalsende t wiedergibt.

Die um die Teuerungsrate bereinigte Rendite des Anleihenmarktes am Quartalsende t ist folgendermassen definiert:

$$(5) R_t^{br} = (B_t/CP_t - B_{t-1}/CP_{t-1}) / (B_{t-1}/CP_{t-1}),$$

⁹ Beim MSCI-Aktienindex der mittel- und grosskapitalisierten Schweizer Unternehmungen handelt es sich um einen Performance-Index, d. h. die Dividendenzahlungen werden reinvestiert.

wobei B_t der risikolose Anleihenindex (inklusive Couponzahlungen) am Ende des Quartals t ist¹⁰.

Die kaufkraftbereinigte Rendite der Anlage in Mehrfamilienhäusern während des Quartals t lässt sich folgendermassen berechnen:

$$(6) R_t^{hr} = (RE_t/CP_{t-1} - RE_{t-1}/CP_{t-1})/(RE_{t-1}/CP_{t-1}),$$

wobei RE_t der Wert des Wohnimmobilienportfolios inklusive der während des Quartals t aufgelaufenen Mieterträge ist¹¹.

Die reale (diskrete) Rendite der Geldmarktanlage während des Quartals t ist folgendermassen definiert:

$$(7) R_t^{ir} = (1 + In_{t-1}/100)^{0.25} * CP_{t-1}/CP_t - 1,$$

wobei In_t der nominelle Zins auf Geldmarktbuchforderungen der Eigenossenschaft am Ende des Quartals t ist (in % pro Jahr).

Die inflationsbereinigte diskrete Rendite einer Anlage in Gold (in CHF) wird analog definiert:

$$(8) R_t^{gr} = (CHFUSD_t * Gold_t/CP_t - CHFUSD_{t-1} * Gold_{t-1}/CP_{t-1})/(Gold_{t-1}/CP_{t-1} * CHFUSD_{t-1}),$$

wobei $Gold_t$ der Goldpreis (in USD pro Unze) am Quartalsende (London Fixing) und $CHFUSD_t$ der CHFUSD-Wechselkurs (d. h. Zahl der CHF pro 1 US-Dollar) am Ende des Quartals t ist.

Die diskreten Renditen der fünf Anlagekategorien sind somit alle deflationiert und basieren ausschliesslich auf Transaktionspreisen (d. h. keine Marktwertschätzungen). Sie geben damit die realen Aktien-, Anleihen-, Immobilien-, Geldmarkt- und Goldrenditen während eines Quartals wieder.

4.2 Konsumentenpreise, Lohnindex, BVG-Mindestzinssatz

Aufgrund des Ziels der Pensionskasse, die Schwankungen des realen und standardisierten Bilanzüberschusses bei gleichzeitiger Erzielung einer (langfristigen) realen Mindestverzinsung zu minimieren, wird der Landesindex der Konsumentenpreise (CP) vom BfS als relevanter Preisindex verwendet. Ebenfalls vom BfS wird jährlich ein inflationsbereinigter Lohnindex (W_t^l) publiziert, der die Entwicklung eines repräsentativen Gehalts (Vollzeit-Äquivalent) im Dienst-

¹⁰ Beim SWX Performance Index inländischer Staatsanleihen werden die Couponzahlungen reinvestiert.

¹¹ Der SWX IAZI Investment Real Estate Performance Index beruht ausschliesslich auf Transaktionspreisen (d. h. er enthält keine geschätzten Marktwerte). Die Nettomietträge werden bei diesem Index reinvestiert.

leistungs- und Industriesektor abbildet. Dieser wird in dieser Studie interpoliert zu Quartalsdaten mittels des Chow-Lin-Verfahrens¹². Schliesslich wird der vom Bundesamt für Sozialversicherung (BVS) publizierte BVG-Mindestzinssatz ($R_t^{BVG,r}$) inflationsbereinigt und als relevanter Mindest-Verzinsungsfaktor verwendet¹³.

4.3 Deskriptive Statistiken

In den Tabellen 2a und 2b werden ausgewählte univariate Statistiken der Renditen von fünf Anlagekategorien für die Periode 1996 Q1–2000 Q4 aufgeführt¹⁴. Zusätzlich sind der Tabelle 1a deskriptive Statistiken von zwei Passiv-Verzinsungsfaktoren aufgeführt. Bemerkenswert an den durchschnittlichen Renditen im Quervergleich ist, dass die letzteren bei den Wohnimmobilien nur gut 1%-Punkt unter den Aktienrenditen an zweiter Stelle und deutlich vor der realen Anleihenrendite liegen. Die Volatilität der Immobilienrendite¹⁵ mit annualisiert knapp 4 % beträgt hingegen nur ein Viertel der Aktienrendite, die mit annualisiert knapp 17 % mit Abstand den höchsten Wert aller fünf untersuchten Anlagekategorien aufweist. Im internationalen Vergleich mit anderen Industrieländern zählt die Schweizer Aktienrendite in Tabelle 2a zu den höchsten und ihre Volatilitäten entsprechen denjenigen anderer Industrieländer¹⁶. Die Schweizer Wohnimmobilienrenditen liegen hingegen in der Gruppe von Ländern mit eher tiefen Wertzunahmen inklusive Mieterträgen¹⁷. Schliesslich geht aus Tabelle 2a hervor, dass die inflationsbereinigten Preisänderungen des GS-Rohwarenindex während der Untersuchungsperiode negativ waren, weshalb diese Anlagekategorie in der Analyse nicht weiter Berücksichtigung findet.

¹² Mit Hilfe des Chow-Lin-Interpolationsverfahrens wird mittels einer vierteljährlich verfügbaren Indikatorzeitreihe (im vorliegenden Fall mit der Erwerbslosenquote) die jährliche Zeitreihe (realer Lohnindex) zu einer Quartalszeitreihe interpoliert.

¹³ Der BVG-Mindestzinssatz wird jährlich vom Bundesrat im 4. Quartal für das nachfolgende Jahr auf Empfehlung der Kommission für berufliche Vorsorge festgelegt.

¹⁴ Die Renditen der fünf Anlagekategorien werden in annualisierter Form wiedergegeben, d. h. das geometrische Mittel der in Abschnitt 3.1 berechneten Quartalsrenditen wird mit 4 multipliziert, um annualisierte Mittelwerte (in Dezimalform) zu erhalten. Um die in der Tabelle 1 aufgeführten annualisierten Standardabweichungen (in Dezimalform) zu berechnen, müssen die Standardabweichungen der in Abschnitt 3.1 berechneten vierteljährlichen Renditen mit 2 multipliziert werden.

¹⁵ Historische Zeitreihen der Renditen von Mehrfamilienhäusern, basierend auf Transaktionspreisen, reichen nur bis maximal Anfang 1996 zurück. Bis Anfang der achtziger Jahre reichen Wohnimmobilienpreis-Indizes (im allgemeinen qualitätsbereinigt und auf Transaktionspreisen beruhend) von selbstgenutztem Wohneigentum (Einfamilienhäuser und Eigentumswohnungen), berechnet von privaten Immobilienberatungsfirmen (Wuest Partner, IAZI), zurück. So beträgt die durchschnittliche Preisänderung und deren Standardabweichung des IAZI-Einfamilienhausindex bzw. des IAZI-Eigentumswohnungsindex seit 1982 2.9 % und 3.6 % bzw. 3.0 % und 3.6 %. Nicht berücksichtigt in diesen Preisindizes sind die Netto-Mieterträge der erfassten Objekte.

¹⁶ So wie z. B. der MSCI-Aktienindex «World» (in CHF) für die Jahre 2013 bis 2022 eine mittlere (nominelle) Rendite jährlich von 6.5 % und eine annualisierte Standardabweichung von 13.5 % auf.

¹⁷ Für eine Übersicht über Immobilienrenditen und Mietzins-Wachstumsraten siehe Engsted und Pedersen (2016).

Tab. 2a: Statistiken der realen Aktien-, Anleihen-, Immobilien- Geldmarkt, Goldrendite, BVG-Mindestzins, Wachstum jährlicher BfS-Lohnindex, alle inflationsbereinigt und annualisiert 1996 Q1 – 2020 Q4

Statistiken	Aktiv-Anlagekategorie					Passiv-Verzinsung	
	$R_{t^{sr}}$ in % Aktienrendite	$R_{t^{br}}$ in % (risikolose Staatsanleihen)	$R_{t^{cr}}$ in % GS-Rohstoffindex-Rendite (in CHF)	$R_{t^{ir}}$ in % Geldmarkrendite	$R_{t^{gr}}$ in % Rendite Goldpreis (in CHF)	$R_{t^{BVG,r}}$ %, BVG-Mindestzins	$\hat{R}_{t^{W,r}}$ Lohn-Wachstum, % (interp.)
$\bar{\mu}^1$ (geometrisches Mittel)	6.79	3.57	-0.46	0.06	4.92	2.04	0.62
σ^2 (Rendite-Volatilität)	16.77	5.65	17.69	1.12	14.99	1.16	0.55
$\rho(1)^3$ (Autokorrelation Rendite)	0.038	0.067	0.14	-0.237*	-0.17	-0.17	0.62**
Kurtosis ⁴ (Ausreisser)	1.47	-0.37	5.93	-0.27	4.51	-0.09	0.75
Schiefe ⁵ (asymmetrische Renditeverteilung)	-0.64	-0.002	-1.22	-0.192	-0.47	-0.52	0.52
Jarque-Bera-Test (Normalvert.)	15.95***	0.88	60.13***	0.94	13.13***	4.60	7.21**
Stationarität ⁶ (ADF-t-Statistik)	-4.13***	-4.67***	-4.33***	-3.97**	-4.57***	4.09***	-4.61***
Bemerkungen: 1) geometrisches Mittel 2) Standardabweichung 3) Autokorrelation 1. Ordnung (signifikant von Null abweichender Wert widerspricht der Annahme zeitlich voneinander unabhängiger Renditen) 4) Kurtosis (Werte zwischen minus 2 und 2 widersprechen der Normalverteilung nicht) 5) Schiefe (Werte zwischen -2 und 2 widersprechen Normalverteilung nicht) 6) Dickey-Fuller t-Test (Stationarität); t/ADF: kritischer Wert von Dickey-Fuller Statistik (Drift and 4 Lags) (signifikante Abweichung von Null widerspricht Normalverteilung mit zeitunabhängigem Mittelwert nicht).							

Quellen: MSCI, SWX, IAZI, SNB, BfS, BVS, Nasdaq sowie eigene Berechnungen

Aus der nachfolgenden Tabelle 2b geht hervor, dass die regionalen Wertentwicklungen von Wohnimmobilien sich während der (relativ) kurzen Periode 2010 – 2020 deutlich voneinander unterscheiden, wobei die Region Zürich mit einem mittleren jährlichen Wertzuwachs inklusive der Mieterträge von 5.4 % den höchsten Wert aufwies. Während die Veränderungen des IAZI-Indexes für die gesamte Schweiz relativ gut durch eine Normalverteilung approximiert werden können, scheinen die Veränderungen der regionalen FPRE-Renditeimmobilien-Indizes während der relativ kurzen Periode von 2010 – 2020 weniger gut durch eine Normalverteilung beschrieben werden zu können.

Tab. 2b: Statistiken von sechs regionalen und einem schweizweiten Immobilienindex, inflationsbereinigt und annualisiert, 2010 Q1 – 2020 Q4 (regionale Indizes) bzw. 1996 Q1 – 2020 Q4 (nationaler Index)

Statistiken	Regionaler Renditeimmobilien-Index (FPRE), 2010 Q1 – 2020 Q4 (Regionen gemäss FPRE)						Rendite-Immobilien-Index (IAZI), R_t^{hr}	
	Zürich	Espace Mittelland	Ost- schweiz	Nordwest- schweiz	Genfer- see	Jura	Schweiz	
							96–20	10–20
$\bar{\mu}^1$ (geometrisches Mittel)	5.40	3.52	4.04	4.64	3.95	3.50	5.59	6.46
σ^2 (Rendite-Volatilität)	5.11	4.59	4.86	5.00	4.72	5.27	3.97	3.77
$\rho(1)^3$ (Autokorrelation)	-0.12	-0.02	-0.5	-0.08	-0.05	-0.27	0.179	-0.06
Kurtosis ⁴⁾ (Rendite-Ausreisser)	5.68	8.37	8.44	5.30	7.47	5.94	1.67	2.96
Schiefe ⁵⁾ (asymmetrische Renditeverteilung)	1.79	2.08	2.13	1.60	2.03	1.19	-0.467	0.15
Jarque-Bera-Test	35.86***	87.70***	85.48***	27.79***	68.22***	25.63***	15.32	0.14
Stationarität ⁶⁾ (ADF-t-Statistik)	-4.10**	-3.97*	-3.92*	-3.83**	-4.36***	2.23	4.25***	-2.91

Bemerkungen:
1) geometrisches Mittel 2) Standardabweichung 3) Autokorrelation 1. Ordnung (signifikant von Null abweichender Wert widerspricht der Annahme zeitlich voneinander unabhängiger Renditen) 4) Kurtosis (Werte zwischen minus 2 und 2 widersprechen der Normalverteilung nicht) 5) Schiefe (Werte zwischen -2 und 2 widersprechen Normalverteilung nicht) 6) Dickey-Fuller t-Test (Stationarität); t/ADF: kritischer Wert von Dickey-Fuller Statistik (Drift and 4 Lags) (signifikante Abweichung von Null widerspricht Normalverteilung mit zeitunabhängigem Mittelwert nicht)

Quellen: Fahrländer Partner AG (FPRE), IAZI sowie eigene Berechnungen

Die in den Tabellen 2a und 2b aufgeführten deskriptiven Statistiken bestätigen weitgehend die Ergebnisse früherer Studien von Schweizer Kapitalmarkt- und Immobilienrenditen (siehe z. B. Otruba, 1998; Scheiber, 1998), wenngleich frühere Studien nominelle Anlagerenditen analysierten. Die beim S&T-Ansatz unterstellte Annahme normalverteilter Renditen kann bis auf die Geld- und Anleihenrendite, wo die Normalverteilung nicht verworfen werden kann, im engeren Sinne nicht aufrechterhalten werden. Die Annahme zeitinvarianter Mittelwerte kann hingegen bei allen Anlagekategorien aufrechterhalten werden. Dies bedeutet, dass sowohl das MV- als auch das S&T-Modell nur approximativ gelten, d. h. insbesondere in Stressphasen können – verglichen mit der Normalverteilung – zu häufig «Ausreisser»-Renditen auftreten.

Tab. 3: Varianzen (Diagonale), Kovarianzen (über Diagonale) und Korrelationen der Renditen, 96–20, ann.

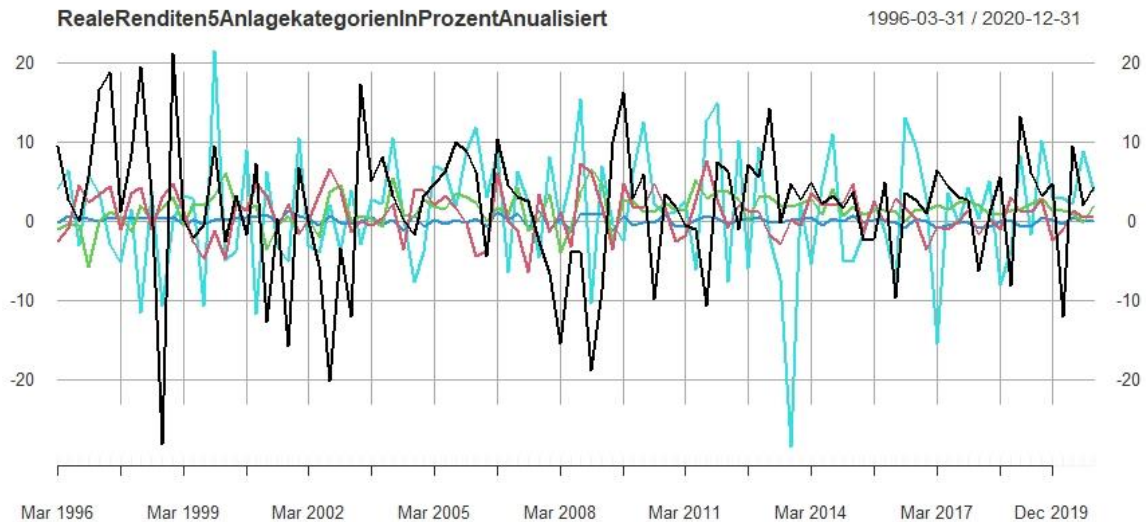
Renditen	R_t^{sr} in % (Aktien)	R_t^{br} in % (risikolose Anleihen)	R_t^{hr} in % (Mietimmobilien)	R_t^{ir} in % (Geldmarkt, risikofrei)	R_t^{gr} in % Änderung Goldpreis (in CHF)
R_t^{sr} in % (Aktien)	281.23	-8.33	-1.11	-1.23	18.76
R_t^{br} in % (Staatsanleihe)	-0.09	31.90	0.98	0.82	-0.33
R_t^{hr} in % (Mietimmobilie)	-0.02	0.17	15.74	0.17	0.02
R_t^{ir} in % (Geldmarkt)	0.07	0.52	0.11	1.26	0.08
R_t^{gr} %, Änderung Goldpreis (in CHF)	0.07	-0.02	0.00	0.02	224.73

Bemerkung:
Die annualisierten Standardabweichungen der Renditen der vier Anlagekategorien ergeben sich aus den Quadratwurzeln der Hauptdiagonal-Elemente der Kovarianz-Matrix.

Quellen: MSCI, SWX, IAZI, SNB, BfS, Nasdaq sowie eigene Berechnungen

Die in Tabelle 3 aufgeführten Varianzen und Kovarianzen bzw. Korrelationen der Renditen der fünf untersuchten Anlagekategorien stimmen hinsichtlich der Grössenordnungen der Varianzen mit früheren Untersuchungen zu den Schweizer Kapitalmarkt- und Immobilienrenditen in etwa überein (siehe z. B. Hoesli et al. (2004)). In Bezug auf die Vorzeichen der Kovarianzen bzw. Korrelationen der Immobilienrendite mit der Anleihen- bzw. Geldmarktrendite sind hingegen Unterschiede zu früheren Studien (siehe z. B. Otruba (1998), Hoesli et al. (2004)) auszumachen. Während z. B. bei Hoesli et al. (2004) die Korrelation zwischen den nominellen Immobilienrenditen und den Geldmarkt- bzw. Anleihenrenditen negativ ist, sind diese in der vorliegenden Studie positiv, wobei es sich in dieser Analyse um die teuerungsbereinigten Renditen handelt. Auch die Diversifikationseigenschaft von Immobilien scheint entsprechend den Resultaten der vorliegenden Studie gegenüber Aktien weniger ausgeprägt zu sein. Während in früheren Studien (Otruba (1998), Hoesli et al. (2004)) Immobilien eine leicht negative Korrelation mit Aktien aufwiesen, scheinen diese gemäss Tabelle 3 praktisch null zu sein, d. h. das Diversifikationspotential von Immobilien gegenüber Aktien, Obligationen- und Geldmarktanlagen scheint (leicht) abgenommen zu haben.

Abbildung 1: Aktienrendite (-), Wohnimmobilienrendite (-), Staatsanleihenrendite (-), Geldmarktrendite (-), Goldrendite (-)



Quellen: MSCI, SWX, IAZI, SNB, BfS, Nasdaq sowie eigene Berechnungen

4.4 Empirische Bestimmung des Wachstums der Pensionskassen-Passiven

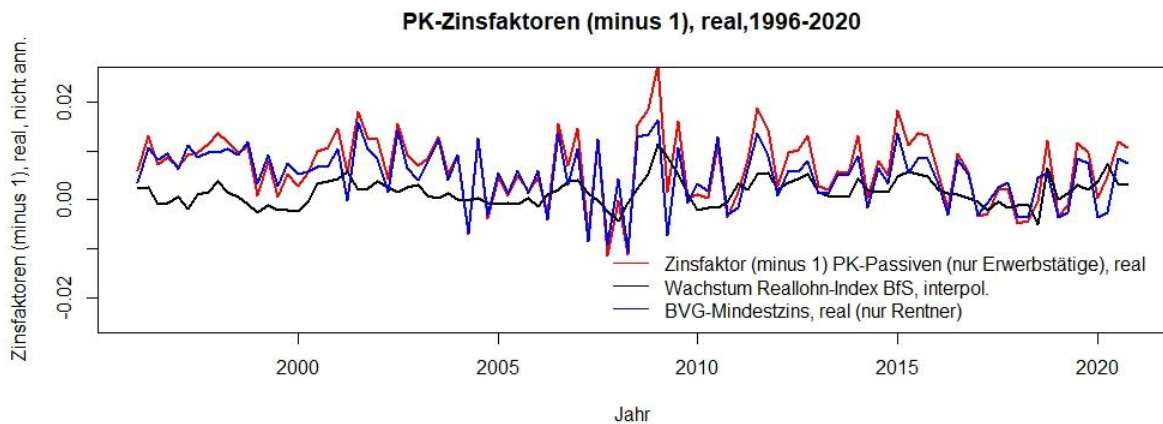
Im Gegensatz zu den Renditen der Pensionskassen-Aktiva, die insbesondere für auf Finanzmärkten gehandelte Aktiva (Anleihen, Aktien, Edelmetalle, Geldmarkt) relativ einfach bestimmt werden können, ist die Abschätzung der Verzinsung der Pensionskassen-Passiva mit Ausnahme des vom Bundesrat definierten Mindestzinssatzes schwieriger, u. a. weil das Wachstum der Verpflichtungen von Vorsorgeeinrichtungen einerseits von einer Vielzahl makroökonomischer Faktoren abhängig ist (u. a. Lohn- und Beschäftigungswachstum). Andererseits können die Pensionskassen das Wachstum ihrer Verpflichtungen bzw. Rentenzahlungen durch die Ausgestaltung ihrer Statuten vermehrt selbst beeinflussen (im Gegensatz zu den Anlagerenditen insbesondere bei Aktien und festverzinslichen Anlagen). Vereinfachend wird in dieser Studie unterstellt, dass die Verzinsung der Pensionskassen-Verpflichtungen durch folgende lineare Struktur approximiert werden kann (siehe z. B. Keel und Müller (1995) für eine Begründung dieser Annahme):

$$(9) \quad \hat{R}_t^L = c_0 + \hat{R}_t^{BVG,r} + c_1 * \hat{R}_t^{W,r} \text{ mit } c_1 = \text{Quotient aus Leistungsempfänger zu Beitragszahler,}$$

wobei $\hat{R}_t^{BVG,r}$ bzw. $\hat{R}_t^{W,r}$ der erwartete reale Mindestzins bzw. das erwartete reale Lohnwachstum zu Beginn der Periode t ist. Gemäss (9) sollte die Verzinsung der Passiven von Pensionskassen bei positivem Reallohnwachstums bei Vorsorgeeinrichtungen mit Beitragszahlenden stets

grösser sein als bei reinen Rentnerkassen. Diese Annahme wurde u. a. von Keel (2006)¹⁸ in einer Entwicklungssimulation der Verpflichtungen von identischen Pensionskassen bis auf den Rentneranteil bestätigt, d. h. mit steigendem Rentneranteil sinkt das Wachstum der Pensionskassen-Verpflichtungen.

Abb. 2: Zinsfaktoren von Rentnerkasse (blau) und Erwerbstätigenklasse (rot) sowie Reallohnwachstum



Quellen: BfS, BVS sowie eigene Berechnungen

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, weist der teuerungsbereinigte Mindestzinssatz deutlich geringere Schwankungen auf als die zu Quartalsdaten interpolierte Wachstumsrate des BfS-Reallohnindex¹⁹, weil der nominelle Mindestzinssatz (diskretionär) maximal einmal jährlich angepasst werden kann (oft blieb er auch während einiger Jahre konstant, so dass die Variabilität ausschliesslich durch die Veränderung der Teuerungsrate verursacht wurde). Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, weisen sowohl das Wachstum des Reallohn-Indexes als auch die teuerungsbereinigte Mindestverzinsung ein gewisses zyklisches Muster auf (unter- bzw. überdurchschnittliches Wachstum bzw. Verzinsung in Rezessionen bzw. Aufschwungphasen). Im Unterschied zu anderen Industrieländern lag in der Schweiz das langfristige reale Lohnwachstum unter der teuerungsbereinigten Mindestverzinsung der Altersguthaben. Eine reine Rentnerkasse musste damit im Untersuchungszeitraum ihre Verpflichtungen im Mittel real mit gut

¹⁸ Keel (2006) untersucht in seiner Analyse die erwartete Entwicklung des Deckungsgrades zweier identischer Pensionskassen, die sich nur durch den Rentneranteil unterscheiden. Ausgehend von einem einheitlichen Deckungsgrad entwickelt sich der erwartete Deckungsgrad über einen 15-jährigen Anlagehorizont derjenigen Vorsorgeeinrichtung schlechter, die bei identischer Entwicklung der Aktiven über einen tieferen Renteranteil verfügt (die Quote der aktuellen Leistungsempfängenden zu den aktuellen Beitragszahlenden ist tiefer).

¹⁹ Für die Interpolation der Jahrs- zu Quartalsdaten wurde das Interpolationsverfahren von Chinn und Linn (1971) verwendet.

2 % verzinsen, während eine ausschliesslich aus Erwerbstätigen bestehende Pensionskasse ihre Verpflichtungen im Durchschnitt real mindestens mit 2.6 % verzinsen musste, um ihren Deckungsgrad stabil zu halten.

5. Aufteilung von Pensionskassen-Aktiven mit S&T-Modell

Im vorliegenden Abschnitt wird eine Mittelwert-Varianz-optimale Vermögensaufteilung mit zwei auf dem Sharpe-Tint-Ansatz (S&T) beruhenden Vermögensallokationen verglichen. Die optimalen S&T-Vermögensaufteilungen werden für eine Rentnerkasse (d. h. Rentneranteil 100 %) und eine Erwerbstätigenkasse (Anteil Beitragszahler 100 %) ohne Berücksichtigung der BVV2-Anlagerichtlinien berechnet.

5.1 Optimale Allokation mit S&T-Modell für Rentnerkasse mit Deckungsgrad 100 Prozent und vollständiger Rentenindexierung

In Tabelle 4a werden die mit Hilfe einer Markowitz-Optimierung hergeleiteten Portfolioanteile mit den mit Hilfe einer S&T-Optimierung berechneten Portfoliogewichte verglichen für eine nur aus Rentnern und Rentnerinnen bestehenden Vorsorgeeinrichtung²⁰. Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die dominierenden Anlagekategorien bei der MV- und S&T-optimale Vermögensallokationen dieselben sind (Geldmarktanlagen (bis knapp 2 % annualisierte Standardabweichung) und Renditeimmobilien (über 2.5 % annualisierte Standardabweichung, d. h. moderate Risiken)).

Tab. 4a: Optimale Vermögensaufteilung mit und ohne Berücksichtigung von Pensionskassen-Passiven

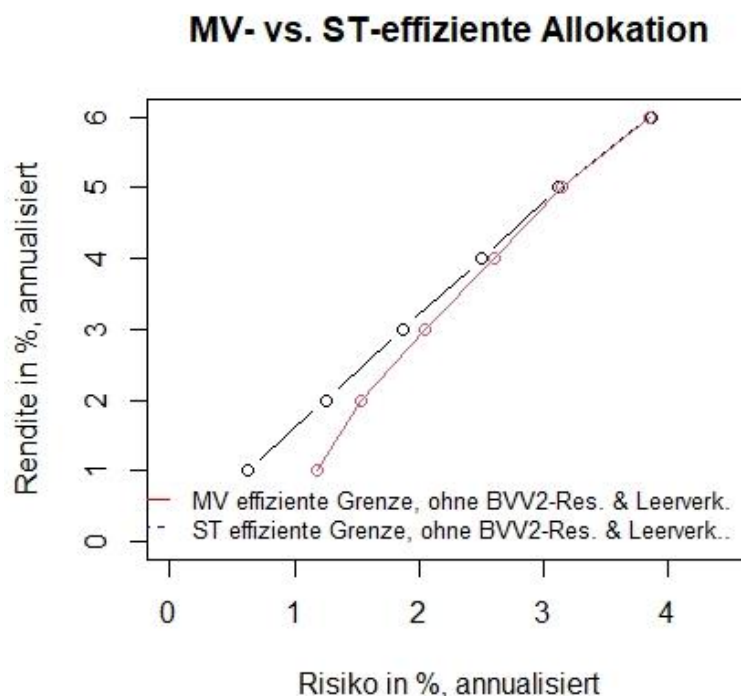
Anlagekategorie	Portfolio-Anteile in Prozent, Asset-only (Markowitz), ohne BVV2-Restriktion und Leerverkäufe						Portfolio-Anteile in Prozent, Asset & Liability (Sharpe & Tint): Deckungsgrad 100 %, reine Rentnerkasse, Rente indexiert, ohne BVV2-Restriktion und Leerverkäufe					
Rendite, ann.	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Risiko, ann.	0.62	1.25	1.87	2.50	3.12	3.87	0.83	1.37	1.95	2.55	3.15	3.90
Aktienindex	1.0	3.0	4.0	5.0	7.0	10.0	1.00	2.0	4.0	5.0	6.0	11.0
Anleihe ¹⁾	4.0	8.0	12.0	14.0	20.0	0.00.	7.0	13.0	23.0	26.0	32.0	1.0
Immobilie ²⁾	13.0	26.0	38.0	47.0	64.0	83.0	11.0	23.0	34.0	46.0	58.0	84.0
Geldmarkt	81.0	62.0	44.0	31.0	5.0	0	81.0	61.0	38.0	22.0	2.0	0.0
Gold in CHF	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	7.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0
Bemerkung:												
Fett: dominierende Anlagekategorie												
1) risikofreie Staatsanleihen												
2) Rendite-Wohnimmobilien												

Quellen: MSCI, SIX, IAZI, SNB, BfS, Nasdaq sowie eigene Berechnungen

²⁰ Die Optimierungen wurden mit Leerverkaufsrestriktionen (minimaler Portfolio-Anteil Null) für sämtliche Anlagekategorien durchgeführt.

In Tabelle 4a zeigt sich zweitens, dass der in Staatsanleihen investierte Anteil der Aktiva bei der Asset & Liability-effizienten Vermögensaufteilung durchweg mindestens 3 Prozentpunkte über den entsprechenden MV-effizienten Portfoliogewichten liegt. Diese Übergewichtung von Anleihen bei A&L-effizienten Allokationen im Verhältnis zu MV-optimalen Allokationen kommt teilweise durch eine – im Vergleich zu MV-Allokationen – Untergewichtung der in Geldmarktanlagen investierten Portfoliogewichte zustande. Die durch die S&T-effizienten Portfolios generierten höheren Anleihenanteile können durch die relativ tiefere Korrelation der Renditen dieser Anlageklasse mit der Mindestverzinsung der Altersguthaben erklärt werden. In Abbildung 3a zeigen sich die grössten Differenzen der Rendite-Risiko-Profile zwischen den MV-effizienten und der S&T-effizienten Portfolios im unteren Risikobereich (d. h. bei einer annualisierten Standardabweichung zwischen 1 % bis knapp 2 %). Schliesslich überschreitet der optimale S&T-Immobilienanteil bei Portfolios mit Volatilitäten ab 3 % den maximalen BVV2-Anteil dieser Anlagekategorie (30 %) deutlich.

Abb. 3a: MV- bzw. ST-Effizienzgrenze mit BVG-Mindestzins, Rentnerkasse mit Deckungsgrad 100 %, historische Renditen 1996–2020



Quellen: MSCI, SIX, IAZI, SNB, BfS, Nasdaq sowie eigene Berechnungen

5.2 Optimale Allokation mit S&T-Modell für Beitragszahler-PK mit Deckungsgrad 100 Prozent und vollständiger Rentenindexierung

Die untenstehende Tabelle 4b zeigt die Gegenüberstellung der mit Hilfe einer MV-Optimierung berechneten optimalen Portfoliogewichte mit den optimalen Portfolioanteilen, die mittels einer A&L-Optimierung (S&T-Modell) hergeleitet werden für eine nur aus Beitragszahlenden bestehenden Pensionskasse. Analog zu einer Rentnerkasse sind bei einer Beitragszahlerkasse die dominierenden Anlagekategorien bei tiefen und moderaten Anlagerisiken die Geldmarktanlagen und Rendite-Wohnimmobilien, d. h. die Optimierungsmethode ist irrelevant hinsichtlich der dominierenden Anlagekategorie. Noch ausgeprägter als bei den Rentnerkassen ist bei den Beitragszahlerkassen die Differenz der optimalen Portfoliogewichte, die in Anleihen investiert sind, zwischen den beiden Optimierungsverfahren (MV vs. S&T). Die optimalen Anleihengewichte liegen bei den mit A&L-Verfahren berechneten Anteilen mindestens 4 Prozentpunkte unter den MV-optimalen Portfoliogewichten. Da die durchschnittliche Verzinsung der Verbindlichkeiten bei den Beitragszahlerkassen um einen halben Prozentpunkt über derjenigen einer Rentnerkasse liegt, muss dementsprechend auch die Absicherungsposition (Geldmarktanlage) höher sein. Analog zu den Rentnerkassen liegt auch bei den Beitragszahlerkassen der optimale Immobilienanteil ab einer annualisierten Standardabweichung ab 2.5 % über dem gemäss BVV2-Vorschriften zugelassenen Maximum von 30 % unabhängig vom Optimierungsverfahren.

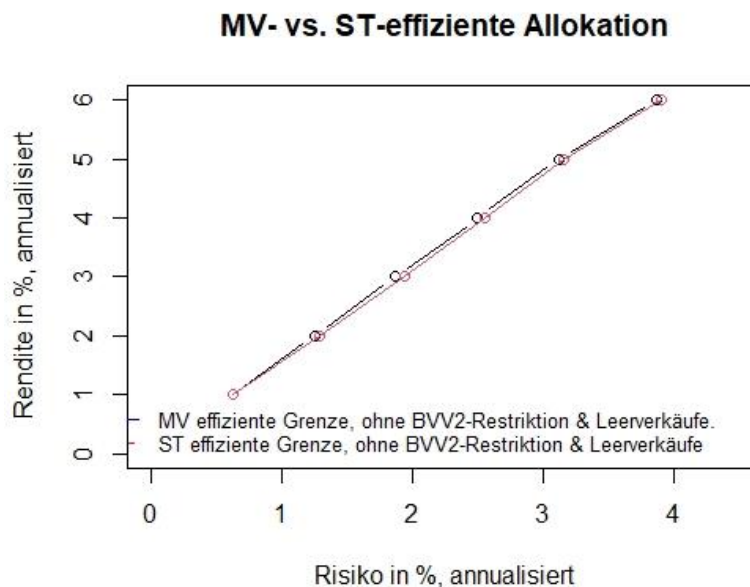
Tab. 4b: Optimale Vermögensaufteilung mit und ohne Berücksichtigung von Pensionskassen-Passiven

Anlagekategorie	Portfolio-Anteile in Prozent, Asset-only (Markowitz), ohne BVV2-Restriktion und Leerverkäufe						Portfolio-Anteile in Prozent, Asset & Liability (Sharpe & Tint): Deckungsgrad 100 %, reine Beitragszahlerkasse, Rente indexiert, ohne BVV2-Restriktion und Leerverkäufe					
	Rendite, ann.	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	1.00	2.00	3.0	4.0	5.0
Risiko, ann.	0.62	1.25	1.87	2.50	3.12	3.87	0.62	1.29	1.94	2.56	3.16	3.90
Aktienindex	1.0	3.0	4.0	5.0	7.0	10.0	2.0	3.0	4.0	6.0	7.0	11.0
Anleihe ¹⁾	4.0	8.0	12.0	14.0	20.0	0.00	0.0	0.0	0.0	2.0	6.0	0.0
Immobilie ²⁾	13.0	26.0	38.0	47.0	64.0	83.0	13.0	28.0	43.0	56.0	69.0	82.0
Geldmarkt	81.0	62.0	44.0	31.0	5.0	0.00	84.0	67.0	50.0	32.0	13.0	0.0
Gold in CHF	1.0	1.0	2.0	3.0	4.0	7.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0

Bemerkung:
Fett: dominierende Anlagekategorie
 1) risikofreie Staatsanleihen
 2) Rendite-Wohnimmobilien

Quellen: MSCI, SIX, IAZI, SNB, BfS, Nasdaq sowie eigene Berechnungen

Abb. 3b: MV- bzw. ST-Effizienzgrenze mit BVG-Mindestzins, Beitragszahlerkasse mit Deckungsgrad 100 %, historische Renditen 1996–2020



Quellen: MSCI, SIX, IAZI, SNB, BfS, Nasdaq sowie eigene Berechnungen

5.3 Optimale Allokation mit S&T-Modell für Rentnerkasse ohne Inflationsindexierung mit 100 Prozent Deckungsgrad

Wie bereits in Abschnitt 3.3 erwähnt, bewirkt das Auftreten Veränderungen des allgemeinen Preisniveaus (d. h. Inflation bzw. Deflation) bei nicht-indexierten Rentenzahlungen einen Vermögenstransfer zwischen den PK-Versicherten und den Pensionskassen (im Ausmass der Inflationsrate). Überproportional betroffen z. B. von einem Anstieg des Preisniveaus sind die Pensionskassen-Rentner und -Rentnerinnen, da ihre Renten im allgemeinen nicht teuerungsindexiert sind und sie keine indexierten Lohneinkommen mehr haben. Insofern würde es für die Pensionskassen Sinn machen, in ihrer Vermögensaufteilung dem Inflationsrisiko besondere Beachtung zu schenken. In einer Reihe von Industrieländern haben sich denn auch inflationsindexierte Staatsanleihenmärkte etabliert, die einen nahezu 100-prozentigen Inflationschutz garantieren können. In der Schweiz sind die Staatsanleihen jedoch ohne Teuerungsindexierung, weshalb es den Pensionskassen zurzeit nicht möglich ist, die Vermögenswerte ihrer Versicherten vollständig gegen das Inflationsrisiko abzusichern. Dementsprechend macht es keinen Sinn, zwischen einer optimalen Vermögensaufteilung einer Vorsorgeeinrichtung mit bzw. ohne indexierte Rentenzahlungen zu unterscheiden.

6. Zusammenfassung

Gegenstand dieser Arbeit ist die Berechnung effizienter Portfolios von Schweizer Pensionskassen unter Berücksichtigung ihrer Anlagen in Renditeimmobilien und unter Einhaltung der regulatorischen Anforderungen, insbesondere der Mindestverzinsung der Altersguthaben ihrer Mitglieder sowie der BVV2-Anlagerichtlinien. Als theoretischer Rahmen dient das von Sharpe und Tint (1990) um Passiven erweiterte Mittelwert-Varianz-Modell von Markowitz (1952). Es geht davon aus, dass Pensionskassen die Schwankungen ihres (standardisierten) Bilanzüberschusses minimieren bei gleichzeitiger Erzielung einer durch den Regulator vorgegebenen Mindestrendite. Mit Hilfe von Renditezeitreihen des Schweizer Aktien-, Staatsanleihen- und Wohnimmobilienmarktes sowie mittels Zeitreihen von Franken-Geldmarktzinsen und der Entwicklung des Goldpreises in Schweizer Franken werden effiziente Portfolios für eine reine Rentner- und eine reine Beitragszahlerkasse berechnet. Es zeigt sich erstens, dass die dominierenden Anlagekategorien – unabhängig vom Optimierungsverfahren (MV vs. S&T) – bei risikoarmen Portfolios die Geldmarktanlagen und bei moderat risikobehafteten Portfolios die Rendite-Wohnimmobilien sind. Zweitens weisen Asset-Liability-effiziente Portfolios im Vergleich zu MV-effizienten Allokationen einen substantiell abweichenden Anleihenanteil sowohl bei Beitragszahler- als auch bei Rentnerkassen auf. Schliesslich kommt es bei beiden ab einem bestimmten Anlagerisiko (d. h. ab einer annualisierten Standardabweichung von 2.5 %) zu einer substantiellen Überschreitungen des maximal möglichen BVV2-Immobilienanteils (30 %) von mindestens 15 Prozentpunkten. Dies weist auf die zentrale Bedeutung von Renditeimmobilien für Vorsorgeeinrichtungen hin.

Anhang 1: Herleitung der S&T-Effizienzgrenze

Im Folgenden wird die Effizienz-Grenze für S&T-effiziente Portfolios hergeleitet (siehe auch Keel & Müller, 1995):

$$(A1.a) \quad \min_{\omega_t} \text{Var}_{t-1}[\hat{R}^A_t(\omega_t) - L_{t-1}/A_{t-1} \hat{R}^L_{t-1}] = \text{Var}_{t-1}[\hat{R}^A_t(\omega_t)] - 2 * \text{Cov}_{t-1}[\hat{R}^A_t(\omega_t), \hat{R}^L_{t-1}] * (L_{t-1}/A_{t-1} \hat{R}^L) + \text{Var}_{t-1}[\hat{R}^L_{t-1}] * (L_{t-1}/A_{t-1})^2$$

unter folgenden zwei Nebenbedingungen:

$$(A1.b) \quad \omega_t' * E_{t-1}[\hat{R}^S_t] = E_{t-1}[\hat{R}^A_t(\omega_t) - L_{t-1}/A_{t-1} \hat{R}^L_{t-1}] = \mu^S$$

$$(A1.c) \quad \omega_t' * \bar{I} = 1,$$

wobei \hat{R}^S_t die (stochastische) Überschuss- bzw. «suplus»-Rendite und $\hat{R}^A_t(\omega_t) = \sum_{n=1}^N \omega_n * \hat{R}^i_t$ die (stochastische) Rendite des Anlagevermögens der Pensionskasse ist. Die Lagrange-Funktion für das obige Problem ist:

$$(A2) \quad L(\omega_t, \lambda) = 2 * t * \bar{\mu}^A * \omega_t + 2 * (A_0/L_0) * \text{Cov}_{t-1}[\sum_{n=1}^N \omega_n * \hat{R}^i_t, \hat{R}^L_{t-1}] - \omega_t' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t] \omega_t + \lambda * (\omega_t' * \bar{I} - 1),$$

wobei t der Risikotoleranz-Parameter (Kehrwert des Risikoaversions-Parameters, ≥ 0) ist und $\bar{\mu}^A$ der Vektor der Erwartungswerte der N Anlagekategorien der Pensionskasse wiedergibt.

Die Optimalitätsbedingungen (Kuhn-Tucker) für ein globales Optimum lauten:

$$(A3a) \quad 2 * t * \bar{\mu}^A + 2 * (A_0/L_0) * \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t, \hat{R}^L_{t-1}] - 2 * \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t] \omega_t + \lambda * \bar{I} = 0$$

$$(A3b) \quad \omega_t' * \bar{I} = 1$$

Falls $\text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]$ positiv definit ist, lassen sich die effizienten Portfolios $\omega_t(t)$ und die Lagrange-Multiplikatoren $\lambda(t)$ folgendermassen bestimme mit $\vec{\gamma} = A_0/L_0 * \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t, \hat{R}^L_{t-1}]$:

$$(A4a) \quad \lambda(t) = \theta * \bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I} * (1 - \bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \vec{\gamma} - t * \bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{\mu}^A)$$

$$(A4b) \quad \omega_t^* = (\bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I})^{-1} * \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I} + (\text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \vec{\gamma} - (\bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I})^{-1} * \bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{\mu}^A * \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I}) + t * (\text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{\mu}^A - (\bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I})^{-1} * \bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{\mu}^A * \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I})$$

Falls die Risikotoleranz null ist (d. h. $t = 0$), lässt sich das Minimum-Varianz-Portfolio unter Berücksichtigung der Verbindlichkeiten der Pensionskasse folgendermassen bestimmen:

$$(A5) \quad \omega_t^{\min, S\&T} = (\bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I})^{-1} * \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I} + (\text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \vec{\gamma} - \bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{\mu}^A) / (\bar{I}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I} * \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \bar{I})$$

Der erste Ausdruck von (A5) ist das Minimum-Varianz-Portfolio ϖ_t des Asset only-Ansatzes von Markowitz (1952). Der zweite Ausdruck in (A5) hängt u. a. von den Kovarianzen der Renditen der Anlagekategorien des Anlagevermögens der Pensionskasse und dem Verzinsungsfaktor der Verpflichtungen der Vorsorgeeinrichtung ab. Das Minimum-Varianz-Portfolio gemäss dem S&T-Modell lässt sich somit folgendermassen ausdrücken:

$$(A6) \quad \varpi_t^{\min, S\&T} = \varpi_t^{\min, MV} + \varpi_t^L,$$

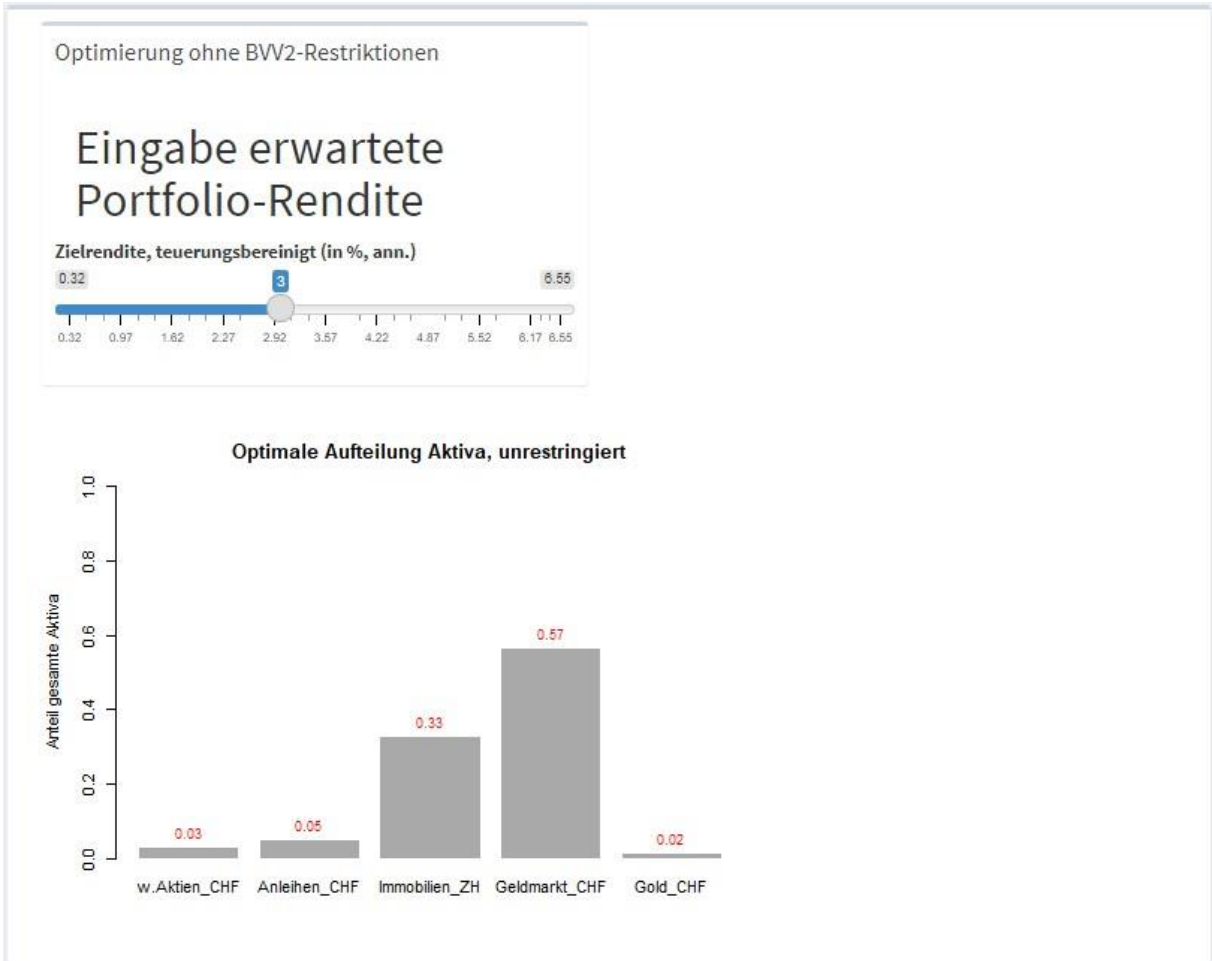
wobei $\varpi_t^{\min, MV}$ das optimale MV-Portfolio gemäss Markowitz (1952) und ϖ_t^L ein «Korrektur»-Portfolio ist²¹, in das die Kovarianzen der Renditen der Anlageklassen der Aktiven und dem Verzinsungsfaktor der Pensionskassen-Verpflichtungen eingehen («Liability-Heding»-Portfolio). Die Effizienzgrenze der S&T-Portfolios ist durch folgenden Ausdruck gegeben:

$$(A7) \quad \varpi_t^{S\&T} = t * (\text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} \vec{\mu}^A - (\vec{1}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \vec{1})^{-1} * \vec{1}' \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} \vec{\mu}^A * \text{Cov}_{t-1}[\vec{R}_t]^{-1} * \vec{1}) + \varpi_t^{\min, S\&T},$$

wobei $t \geq 0$ der Risikotoleranz-Parameter ist (Kehrwert der Risikoaversion). Zu beachten ist, dass der erste Ausdruck in (A7) abhängig von den erwarteten Anlagerenditen der Vorsorgeeinrichtung, jedoch unabhängig von den Kovarianzen der Anlagerenditen mit der Passiv-Verzinsung der Pensionskasse ist.

²¹ Das Korrektur-Portfolio ϖ_t^L ist ein sogenanntes «Null investment Portfolio», dessen Portfolio-Anteile sich auf Null summieren, d. h. «Long»- und «Short»-Positionen heben sich gegenseitig auf.

Anhang 2: Beispiel Benutzerschnittstelle für Modul zur Berechnung der optimalen PK-Vermögensaufteilung (Anwendung für PK-Stiftungsrate)



Literaturverzeichnis

- Booth, P. (2002). Real Estate Investment in an Asset/Liability Modeling Context. *Journal of Real Estate Portfolio Management*, 8(3), 183-198.
- Campbell, J., & Viceira, L. (2002). *Strategic Asset Allocation: Portfolio Choice for Long-Term Investors*. Claredon Lectures in Economics, Oxford Economic Press.
- Chow, G., & Lin, A.-L. (1971). Best linear unbiased interpolation, distribution, and extrapolation of time series by related series. *The Review of Economics and Statistics* 53(4), 80-83.
- Hoesli, M., Lekander, J., & Witkiewicz, W. (2004). International Evidence on Real Estate as a Portfolio Diversifier. *Journal of Real Estate*, 26(2), 161-206.
- Hoevenaars, P. (2008). *Strategic Asset Allocation and Asset & Liability Management*. Universiteit Maastricht
- Jondeau, E., & Rockinger, M. (2014). *Optimal Long-Term Allocation with Pension Fund Liabilities*. University of Lausanne Working Paper.
- Keel, A. (2006, 29. Juni). Asset Liability Management und Asset Allocation von Pensionskassen. Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften. <https://docplayer.org/15833112-Asset-liability-management-und-asset-allocation-von-pensionskassen.html>
- Keel, A., & Müller, H. (1995). Efficient Portfolios in the Asset Liability Context. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*, 25(1), 33-48.
- Leibowitz, M., Kogelman, S., & Bader, L. (1994). Funding Ratio Return. *The Journal of Portfolio Management*, 21(1), 39-47.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Marty, R. (2022). *Optimale Vermögensaufteilung von Vorsorgeeinrichtungen unter Einbezug von Schweizer Renditeimmobilien*. HWZ Hochschule für Wirtschaft Zürich. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6521190>
- Otruba, S. (1998). *Integration von Immobilien in ein Asset-Liability-Modell*. Paul Haupt.
- Scheiber, M. (1998). *Empirische und theoretische Untersuchung Asset-Liability-effizienter Portfolios*. Difo-Druck GmbH.

Schweizerische Bankiervereinigung. (2017). Der 3. Beitragszahler der beruflichen Vorsorge - Impulse zur Optimierung.

<https://www.swissbanking.ch/de/medien/statements-und-medienmitteilungen/pensionskassen-weniger-leistungskuerzungen-durch-bessere-anlageergebnisse>

Sharpe, W., & Tint, L. (1990). Liabilities - A new approach. *Journal of Portfolio Management* 16(2), 5-10.