



**Universität
Zürich^{UZH}**

Abschlussarbeit

zur Erlangung des
Master of Advanced Studies in Real Estate

Unsicherheiten und Risiken in Immobilienbewertungen: Monte-Carlo-Simulation zur Bewertung von Wohnliegenschaften

Verfasserin:

Denise Fries

denise_fries@hotmail.com

Eingereicht bei:

Dr. Mihnea Constantinescu

Datum:

29. August 2016

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Executive Summary	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Ausgangslage	1
1.1.1 Vor- und Nachteile des Discounted-Cashflow-Verfahrens	2
1.1.2 Liegenschaftswerte steigen trotz schwierigem Marktumfeld	3
1.1.3 Monte-Carlo-Simulation als Lösungsansatz bei Unsicherheiten und Risiken	7
1.2 Zielsetzung	8
1.3 Vorgehen	8
1.4 Aufbau der Arbeit	8
2 Literaturübersicht	9
2.1 Unsicherheiten und Risiken im Zusammenhang mit der Immobilienbewer- tung	9
2.2 Monte-Carlo-Simulation und Immobilienbewertungen	11
3 Methodik	16
3.1 Discounted-Cashflow-Verfahren	16
3.2 Diskontierungssatz	18
3.3 Monte-Carlo-Simulation	19
4 Immobilienportfolio, Annahmen und Festlegung der Zustandsvariablen	20
4.1 Immobilienportfolio	20
4.2 Annahmen	21
4.3 Festlegung der Zustandsvariablen	22

5	Modellspezifikationen	25
5.1	Mietpreiswachstum	25
5.2	Leerstandsnummer	26
5.3	Instandsetzungskosten	27
5.4	Zinssatzmodell	27
5.5	Risikoprämie	29
5.5.1	Immobilienmarktspezifische Risikoprämie	30
5.5.2	Objektspezifische Risikoprämie	30
5.6	Korrelationen	32
5.7	Variablenübersicht	33
5.8	Vorgehen	34
6	Daten und Zwischenergebnisse	35
6.1	Korrelationen	35
6.2	Mietpreisentwicklung	36
6.3	Leerstandsnummer	37
6.4	Instandsetzungskosten	37
6.5	Diskontierungssatz	38
6.5.1	Risikoloser Zinssatz	38
6.5.2	Risikoprämie	43
7	Ergebnisse	44
7.1	Simulationsergebnisse	44
7.2	Risikobeurteilung	45
7.3	Sensitivitätsanalyse des risikolosen Zinssatzes	47
8	Schlussbemerkungen	49
8.1	Fazit	49
8.2	Diskussion	50
8.3	Ausblick	53
	Literaturverzeichnis	54

A Appendix	59
A.1 Daten und Zwischenergebnisse	59
A.1.1 Korrelationen	59
A.1.2 Mietpreiswachstum	59
A.1.3 Leerstandsziffer	60
A.1.4 Instandsetzungskosten	60
A.1.5 Simulation Kurzfristzinsen und Transformation	61
A.1.6 Zusammenfassung Simulationsergebnisse 10-jährige Bundesobli- gation	62
A.1.7 Immobilienmarktspezifische Risikoprämie	62
A.1.8 Objektspezifische Risikoprämie	63
A.2 Ergebnisse	64

Abbildungsverzeichnis

1 Internationaler Wanderungssaldo und Rendite Immobilienfonds vs. 10- jährige Bundesobligation	4
2 Planung neuer Mietwohnungen und Leerstandsziffer Wohnliegenschaften .	6
3 Regionale Übersicht und Anteil der 20 Liegenschaften am Verkehrswert des Portfolios	21
4 Entwicklung der Realzinsen seit 1988	39
5 Simulierte Entwicklung der 10-jährigen realen Bundesobligation	41
6 Dichtefunktion der 10-jährigen realen Bundesobligation	42
7 Dichtefunktion der simulierten Verkehrswerte aller Objekte	44
8 Absolute Häufigkeitsverteilung des simulierten Verkehrswertes des Port- folios	45
9 Absolute Häufigkeitsverteilung des Mietpreiswachstums, Liegenschaft Nr. 13 im Jahr 2019	59

10	Absolute Häufigkeitsverteilung der Leerstandsnummer, Liegenschaft Nr. 20 im Jahr 2022	60
11	Absolute Häufigkeitsverteilung der Instandsetzungskosten, Liegenschaft Nr. 5 im Jahr 2019	60
12	Simulation Kurzfristzinsen, Transformation und Dichtefunktionen	61
13	Absolute Häufigkeitsverteilung der immobilienmarktspezifischen Risikoprämie	62

Tabellenverzeichnis

1	Sensitivitätsanalyse der Inputvariablen	23
2	Übersicht der Inputvariablen für die Monte-Carlo-Simulation	33
3	Übersicht der Zustandsvariablen	34
4	Korrelationen der Zustandsvariablen	36
5	Maximum-Likelihood-Schätzung der Konstanten für das Vasicek-Modell	40
6	Deskriptive Statistik: Simulation der Verkehrswerte des Liegenschaftsportfolios	46
7	Deskriptive Statistik: Sensitivitätsanalyse des risikolosen Zinssatzes	48
8	Deskriptive Statistik: Simulation 10-jährige Bundesobligation	62
9	Zusammensetzung der objektspezifischen Risikoprämien	63
10	Deskriptive Statistik: Simulation der Verkehrswerte für alle 20 Objekte	64

Abkürzungsverzeichnis

APV	Adjusted-Present-Value
bp	Basispunkte
BFS	Bundesamt für Statistik
CIR	Cox-Ingersoll-Ross
DCF	Discounted-Cash-Flow
KAG	Bundesgesetz über die kollektiven Kapitalanlagen
KGAST	Konferenz der Geschäftsführer von Anlagestiftungen
ML	Maximum-Likelihood
MV	Mieterinnen- und Mieterverband
MCS	Monte-Carlo-Simulation
SEM	Staatssekretariat für Migration
SERM	Simulation-Based Excess Return Modell
SFAMA	Swiss Funds & Asset Management Association
SNB	Schweizerische Nationalbank
SEK	Schweizerische Schätzungsexperten-Kammer
SVKG	Schweizerische Vereinigung kantonaler Grundstückbewertungsexperten
SVIT	Schweizerischer Verband der Immobilienwirtschaft
VAR	Value-at-Risk
WACC	Weighted Average Cost of Capital
W&P	Wüest & Partner

Executive Summary

Die Liegenschaftsbewertung anhand der Monte-Carlo-Simulation (MCS) stellt eine bedeutsame Erweiterung der Immobilienbewertung dar. Weil die MCS für die Inputvariablen eine Verteilung zulässt, können Unsicherheiten abgebildet und die daraus resultierenden Risiken quantifiziert werden. Unsicherheiten entstehen, weil die Eingabegrößen in der Discounted-Cash-Flow (DCF)-Methode zukünftige Entwicklungen darstellen und deren Ausgang ungewiss ist. Die Resultate der MCS liegen in der Form einer Verteilung vor, die sich anhand statistischer Kennzahlen auswerten lassen. Dies bringt für den Endnutzer einen erheblichen Mehrwert.

Die Erweiterung der Immobilienbewertung anhand der MCS wurde in dieser Arbeit an einem Immobilienportfolio mit 20 Liegenschaften angewendet. Die Resultate der Simulation liefern Informationen über den Barwert des Portfolios, der sich auf CHF 189 Mio. beläuft. Die Standardabweichung, welche die Streuung der Portfoliowerte um den Erwartungswert angibt, beträgt CHF 37.4 Mio. und es liegt eine Exzess Kurtosis und eine rechtsschiefe Verteilung vor.

Eine der Herausforderung in der MCS liegt neben der Komplexität in der Auswahl der Verteilung der Eingabegrößen. Das Mietpreiswachstum, der Leerstand, die Instandsetzungskosten und die Risikoprämie wurden anhand einer modifizierten Normalverteilung simuliert. Diese wurde von Zahlen aus der ursprünglichen Bewertung und historischen Daten abgeleitet. Der Grund dafür liegt in einer beschränkten Datenlage und den Einschätzungen des Liegenschaftsbewerters, die als wertvoll eingestuft wurden. Für den risikolosen Zinssatz kam ein Simulationsverfahren basierend auf der Vasicek-Methode, ein Short-Term-Modell, zur Anwendung. Eine Sensitivitätsanalyse konnte zudem aufzeigen, wie sich der Portfoliowert verändert, wenn die Konstanten des Vasicek-Modells verändert werden.

Trotz Mehrwert der MCS ist eine Institutionalisierung dieser Methode zur Bewertung von Liegenschaften nicht zu empfehlen. Der Aufwand und die Komplexität sind hierfür zu gross.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Ausgangslage

Die Liegenschaftsbewertung stellt für Immobilieninvestoren eine zentrale Grösse dar. Sie gibt den geschätzten Wert einer Immobilie wieder und bildet die Grundlage für zahlreiche Immobilienkennzahlen (bspw. Renditezahlen). Entsprechend wichtig ist die Liegenschaftsbewertung für Investitions- sowie Desinvestitionsentscheidungen. Die Bewertung dient aber auch als Kontrollinstrument für indirekte Immobilienanlagen. So sind Immobilienfonds in der Pflicht die Verkehrswerte der Grundstücke mittels einer dynamischen Ertragswertmethode in der Jahresrechnung abzubilden.¹

Die zur Bewertung von Renditeliegenschaften etablierten Ansätze sind die Ertragskapitalisierung und das DCF-Verfahren. Während das klassische Ertragswertverfahren bei Mehrfamilienhäusern und vor allem bei kleineren Anlegern zur Anwendung kommt, hat sich das DCF-Verfahren insbesondere bei professionellen Investoren sowie bei der Bewertung von kommerziellen Immobilien durchgesetzt.² Der Grund liegt in der Dynamisierung der Rechnung. Die klassische Ertragswertmethode ist eine statische Berechnung. Die DCF-Methode hingegen hat auch eine dynamische Komponente.³ Damit lassen sich bspw. Sanierungsprojekte und Leerstände für einen bestimmten Zeitraum beliebig modellieren. Das DCF-Verfahren stösst entsprechend in der Praxis bei fachkundigen Personen auf grosse Akzeptanz.⁴ Auch unter Akademikern ist die Bedeutung der Immobilienbewertung mittels DCF-Methode allgemein anerkannt.⁵

¹Vgl. Art. 90 des Bundesgesetz über die kollektiven Kapitalanlagen (KAG) vom 23.6.2006, SR 951.31 und Swiss Funds & Asset Management Association (SFAMA) 2015, S. 3

²Vgl. Schweizerische Vereinigung kantonaler Grundstückbewertungsexperten (SVKG) und Schweizerische Schätzungsexperten-Kammer (SEK)/Schweizerischer Verband der Immobilienwirtschaft (SVIT) 2012, S.107

³Vgl. SVKG und SEK/SVIT 2012, S. 107-108, Fierz 2011, S. 153 und Müller 2000, o.S.

⁴Vgl. Palacios, Streckeisen, Tossut und Wildhaber 2007, S. 21

⁵Vgl. Hoesli, Jani und Bender 2006, S. 102 und Baroni, Barthélémy und Mokrane 2007, S. 462

1.1.1 Vor- und Nachteile des Discounted-Cashflow-Verfahrens

Die allgemeine Akzeptanz der DCF-Bewertungsmethode beruht auf zahlreichen Vorteilen.⁶ Erstens umfasst das DCF-Verfahren im Vergleich zur klassischen Ertragswertmethode eine dynamische Komponente, die periodenspezifische Unterschiede in den Inputfaktoren (bspw. Bewirtschaftungskosten, Leerstände, Mietpreiswachstum) zulässt.⁷ Zudem weist das Verfahren eine klare Definition auf und die Anwendung ist vergleichsweise einfach.⁸ Auch folgt das DCF-Verfahren einfachen ökonomischen Grundsätzen. So wird der Zeitwert des Geldes einbezogen und der aus der Bewertung resultierende Wert ist unabhängig vom Risikoprofil des Investors.⁹ Diesen Vorteilen stehen allerdings auch einige Nachteile gegenüber. Im folgenden werden die in der Literatur am häufigsten erwähnten Nachteile aufgelistet.¹⁰

Die erste Kritik fusst auf der Definition des DCF-Verfahrens.¹¹ Das DCF-Verfahren basiert auf zukünftigen Zahlungsströmen, die dann auf den heutigen Zeitpunkt abdiskontiert werden. Für eine Bewertung mittels DCF sind folglich Prognosen über die zukünftige Entwicklung der Eingabegrößen notwendig, welche jedoch mit Unsicherheiten verbunden sind. Diesen Unsicherheiten kann aufgrund des deterministischen Ansatzes, d.h. jede Inputvariable kann nur einen Wert annehmen, nicht Rechnung getragen werden. Mit den Punktprognosen in der Immobilienbewertung werden Unsicherheiten nicht zugelassen und die daraus resultierenden Risiken für die Immobilienbewertung können nicht berechnet werden. Grundsätzlich gilt: je besser eine Prognose umso verlässlicher die Bewertung. Nimmt eine Inputvariable jedoch einen merklich anderen Wert als in der Bewertung angenommen an, so ist die Immobilienbewertung sozusagen nicht mehr gültig. Dies trifft insbesondere für den Endwert zu, weil dieser oft mehr als die Hälfte des Immobilienwerts ausmacht.

⁶Vgl. Mun 2006, S. 65-69 für eine umfassende Diskussion der Vor- und Nachteile im DCF-Verfahren.

⁷Vgl. SVKG und SEK/SVIT 2012, S. 107 und Müller 2000, o.S.

⁸Vgl. Hoesli et al. 2006, S. 102

⁹Vgl. Mun 2006, S. 65-69

¹⁰Vgl. Hoesli et al. 2006, S.102-103

¹¹Die Kritik gilt allen Bewertungsmethoden, die zukünftige Größen als Inputvariablen haben (z.B. klassische Ertragswertmethode).

An dieser Stelle ist es wichtig, das eben beschriebene Risiko aufgrund des unsicheren Ausgangs der Eingabegrößen nicht mit der Risikoprämie im Diskontierungssatz zu verwechseln. Die Risikoprämie entschädigt den Investor für die eingegangenen Einschränkungen aufgrund der Anlageklasse Immobilien in der Form einer höheren Rendite.¹²

Zudem besteht ein Zirkularitätsproblem, wenn der Diskontierungssatz anhand der Weighted Average Cost of Capital (WACC) abgebildet wird. Denn für die Berechnung des WACC wird der Immobilienwert benötigt, den es ja gerade zu ermitteln gilt.

Als dritter Nachteil wird die Annahme, dass der Diskontierungssatz über die Zeit konstant ist, erwähnt. Dies obwohl bisherige akademische Analysen zeigen, dass die Bewertung und entsprechend auch Renditen mehr auf Änderungen im Diskontierungssatz als auf Änderungen in den Zahlungsströmen reagieren.

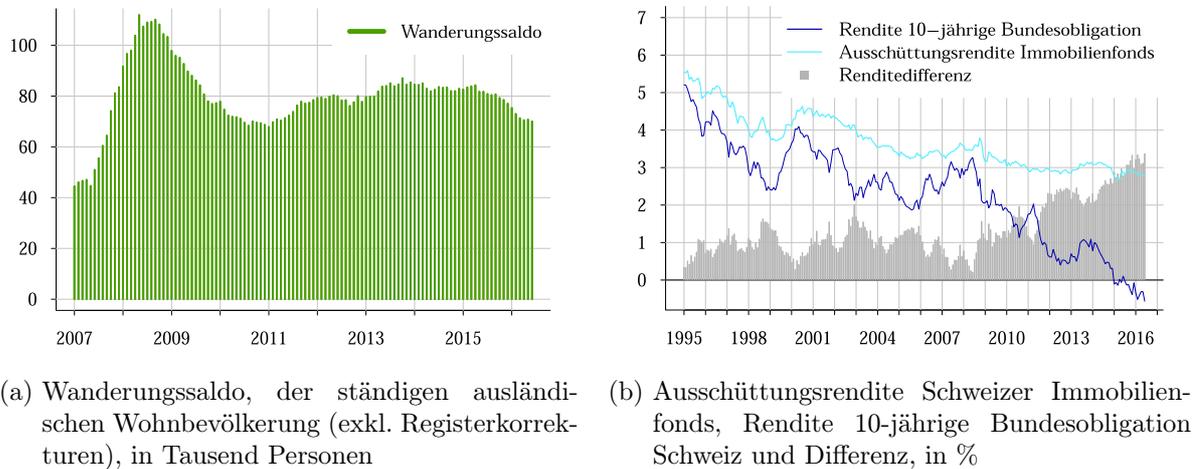
1.1.2 Liegenschaftswerte steigen trotz schwierigem Marktumfeld

Gerade im aktuellen Marktumfeld rücken der Umgang mit Unsicherheiten und daraus folgenden Risiken in der Immobilienbewertung in den Fokus. Denn einerseits deuten die Fundamentaldaten darauf hin, dass das Marktumfeld anspruchsvoller geworden ist, andererseits lässt das aktuelle Tiefzinsumfeld über Anpassungen des Diskontierungssatzes Bewertungsgewinne zu. Beides sind Entwicklungen, die einen Einfluss auf den Ausgang der in die Bewertung einfließenden prognostizierten Inputvariablen haben. Die Unsicherheiten und das damit verbundene Risiko in der Bewertung erhöhen sich.

In den vergangenen Jahren konnte der Mietwohnungsmarkt von einer hohen Nachfrage profitieren. Dies obwohl das seit 2008 herrschende Tiefzinsumfeld die Nachfrage nach Wohneigentum ankurbelte, dadurch viele Mieter ins Eigentumssegment wechselten und gleichzeitig zahlreiche neue Mietwohnungen erstellt wurden. Die hohe Mietwohnungsnachfrage kann insbesondere auf die Einführung der Freizügigkeitsabkommen mit der EU ab 2007 zurückgeführt werden, dank welcher sich die internationale Zuwanderung deutlich erhöhte. Weil die Zuwanderer in einer ersten Phase vor allem in einer Mietwoh-

¹²Vgl. Geltner, Miller, Clayton und Eichholtz 2014, S.241-242

nung wohnen, bescherten diese dem Mietwohnungsmarkt eine hohe Nachfrage.¹³



Quelle: (a) Staatssekretariat für Migration (SEM); (b) Schweizerische Nationalbank (SNB), Credit Suisse, Jahresberichte der Schweizer Immobilienfonds

Abbildung 1: (a) Internationaler Wanderungssaldo und (b) Rendite Immobilienfonds vs. 10-jährige Bundesobligation

In der Zwischenzeit hat sich die Situation auf dem Mietwohnungsmarkt gewendet. Mit der Einführung der Negativzinsen durch die SNB im Januar 2015 hat sich der Anlagedruck der Investoren, der bereits vorher herrschte, verschärft. Trotz sinkender Bruttoanfangsrenditen haben Immobilienanlagen, relativ gesehen, sogar an Attraktivität gewonnen. Dies ist anhand der gestiegenen Renditedifferenz zwischen Immobilienanlagen und einer sicheren Anlage zu entnehmen. Eine 10-jährige Bundesobligation der Schweizerischen Eidgenossenschaft zahlte im ersten Halbjahr 2016 im Durchschnitt einen Zinssatz von -0.06% während sich die Ausschüttungsrendite von Schweizer Immobilienfonds im gleichen Zeitraum im Durchschnitt auf 2.79% belief (vgl. Abb. 1b). Die Folge: Es fließt viel Geld in den Immobilienmarkt - sowohl in indirekte wie auch in direkte Immobilienanlagen.

Auf dem Markt für Direktanlagen ist dies anhand der Planungstätigkeit ersichtlich.

¹³Vgl. Boppart et al. 2016, S. 8

So verharrte die Bausumme bewilligter neuer Büroflächen auf überdurchschnittlich hohem Niveau¹⁴ und die Planung neuer Mietwohnungen erreichte im 2. Quartal 2016 einen neuen Rekordwert (vgl. Abb. 2a). Mittlerweile übertrifft im Mietwohnungssegment die Angebotsausweitung die Nachfrage, die sich aufgrund eines leicht rückläufigen Wanderungssaldos nicht mehr auf so hohem Niveau wie in den Jahren zuvor bewegt. Entsprechend sind die Leerstände im Mietwohnungssegment am Steigen. Aufgrund der anhaltend hohen Planungstätigkeit muss davon ausgegangen werden, dass sich das bereits abzeichnende Überangebot weiter verschärfen wird. In den Immobilienbewertungen dürfte sich dies früher oder später in einem beschränkten Mietpreiswachstum oder in Form erhöhter Leerstände niederschlagen.

Dass das Interesse auch an indirekten Immobilienanlagen unverändert gross ist, zeigt die Performance der Schweizer Immobilienaktien und Immobilienfonds: Die Schweizer Immobilienaktien wiesen im Vergleich zum Schweizer Aktienbenchmark (SPI Index) und zu den globalen Immobilienaktienindizes seit Jahresbeginn eine deutliche Outperformance aus.¹⁵ Zudem bewegt sich der aktuelle Aktienkurs der Schweizer Immobilienaktien im Vergleich zum Nettoinventarwert mit einer Prämie von über 15%.¹⁶ Die kotierten Immobilienfonds zeugen mit einem Agio von 25% Ende 2015 ebenfalls von einer ausgesprochen hohen Nachfrage.¹⁷

Während die Herausforderungen am Mietwohnungsmarkt grösser geworden sind, können Immobilienbesitzer von steigenden Verkehrswerten profitieren. Im Jahr 2015 betrug die Wertänderungsrendite gemässe IPD/Wüest & Partner Schweizer Immobilien Index im Wohnsegment 4.1%, in allen Segmenten 2.4%.¹⁸ Die im Vergleich zum Vorjahr gestiegene Wertänderungsrendite kann mit dem im Jahr 2015 erneut gesunkenen Zinsumfeld erklärt werden. Dies führte über eine deutliche Senkung der Diskontierungssätze

¹⁴Vgl. Fries, Hürzeler, Maurer, Rieder und Waltert 2016, S. 13

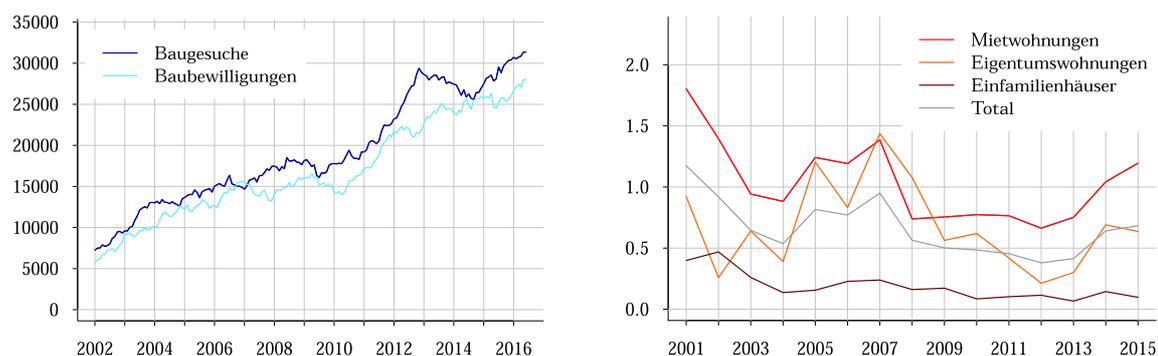
¹⁵Vgl. Fries et al. 2016, S. 14

¹⁶Vgl. Fries et al. 2016, S. 15

¹⁷Vgl. Boppart et al. 2016, S. 71

¹⁸Vgl. MSCI IPD 2016, S. 1

zu einer rekordhohen Wertänderungsrendite.¹⁹ Auch die Immobilienaktiengesellschaften konnten von Bewertungsgewinnen profitieren: Der Anteil der Neuberwertungseffekte am Betriebsgewinn betrug für ausgewählte Immobilienaktiengesellschaften im Jahr 2015 zwischen 10% und 53%.²⁰



(a) Baugesuche, -bewilligungen neuer Mietwohnungen, in Wohneinheiten (12-Monatssumme) (b) Leerwohnungsziffer in % des jeweiligen Wohnungsbestandes

Quelle: (a) Credit Suisse, Baublatt; (b) Credit Suisse, Bundesamt für Statistik (BFS)

Abbildung 2: (a) Planung neuer Mietwohnungen und (b) Leerwohnungsziffer Wohnliegenschaften

Dass die Neubewertungen in jüngster Zeit zu steigenden Verkehrswerten führen, ist in erster Linie auf die Zinskomponente in den Diskontierungssätzen zurückzuführen. Hat sich das Zinsniveau in den letzten Jahren doch deutlich reduziert. Die Frage, die sich dabei stellt, ist, ob das aktuell tiefe Zinsniveau auf einen langfristigen Trend zurückgeht oder ob es sich dabei um eine kurzfristige Abweichung handelt. Hierzu gibt es viele Diskussionen und Forschungsarbeiten, die mehrheitlich zum Schluss kommen, dass das gleichgewichtige Zinsniveau gesunken ist.²¹ Taylor und Wieland (2016) hingegen kommen zum Schluss, dass die kurzfristigen Zinsen zu tief sind. Sie argumentieren, dass bisherige empirische Arbeiten, die folgern, dass das Gleichgewichtsniveau des Zinses gesunken ist, wichtige Faktoren vernachlässigen. Hierzu zählen sie eine veränderte

¹⁹Vgl. Wüest & Partner (W&P) 2016, S. 1

²⁰Vgl. Fries et al. 2016, S. 15

²¹Vgl. Taylor und Wieland 2016, S. 1

Regulierung und Geldpolitik, die den Gleichgewichtszins ebenfalls beeinflussen. Ausserdem gibt es Forschungsarbeiten, die zum Ergebnis kommen, dass der Gleichgewichtszins nicht signifikant gesunken ist. Es sei folglich zu früh, neu vorgeschlagene Methoden in die Geldpolitik einzubeziehen.

1.1.3 Monte-Carlo-Simulation als Lösungsansatz bei Unsicherheiten und Risiken

Angesichts der beschriebenen Markt- und Zinsentwicklungen rücken die Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Festlegung der Eingabegrössen einer Immobilienbewertung ins Zentrum. Als Lösungsansatz schlägt Pyhhr (1973) die Anwendung von Simulationstechniken, wie die MCS eine ist, vor.²² Damit kann dem deterministischen Ansatz der DCF-Methode Abhilfe geschaffen werden. Indem der unsichere Ausgang der Inputvariablen zugelassen wird, können die Risiken quantifiziert werden. Dieses Verfahren wurde zur Bewertung von Liegenschaften in zahlreichen weiteren Beiträgen beigezogen. Beispiele hierfür sind Wofford (1978), Mollart (1988), Li (2000), Kelliher und Mahoney (2000), French und Gabrielli (2005), Hoesli et al. (2006) sowie Baroni et al. (2007).²³ Die oben erwähnten Analysen verwenden für ausgewählte Inputvariablen nicht nur einen bestimmten Wert. Stattdessen sollen die Eingabegrössen durch ein Simulationsverfahren zahlreiche verschiedene Werte annehmen können, die auf einer gegebenen oder geschätzten Wahrscheinlichkeitsverteilung basieren. Das Resultat ist, dass die Immobilienbewertung nicht nur einen einzigen Wert annimmt, sondern durch eine Verteilung möglicher Immobilienwerte dargestellt werden kann. Weil bei der Anwendung der MCS eine Verteilung als Ergebnis vorliegt, können dem Investor Informationen zu dieser Verteilung als Risikomass sowie Risikokennzahlen wie z.B. Value-at-Risk (VAR) zur Verfügung gestellt werden.

²²Vgl. Pyhhr 1973, S. 50

²³Vgl. Wofford 1978, S. 370-394, Mollart 1988, S. 419-433, Li 2000, S. 86-92, Kelliher und Mahoney 2000, S. 44-56, French und Gabrielli 2005, S. 75-89, Hoesli et al. 2006, S. 102-122 und Baroni et al. 2007, S. 462-486

1.2 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit bewertet ein Liegenschaftsportfolio im Besitz institutioneller Investoren anhand der bestehenden Bewerbungsunterlagen und der MCS neu. Das Ziel ist es den Nachteilen der DCF-Methode hinsichtlich fehlender Darstellung der Unsicherheiten gerecht zu werden. Insbesondere stehen die aufgrund des aktuellen Tiefzinsumfeldes herrschenden Unsicherheiten und Risiken im Vordergrund. Es soll aufgezeigt werden, inwiefern eine Liegenschaftsbewertung mittels MCS für Investoren an Aussagekraft gewinnt. Wo sinnvoll, wird zudem auf die Expertise des Liegenschaftsbewerbers zurückgegriffen. Das Ziel ist es nicht nur die MCS anzuwenden, sondern auch eine praxistaugliche Möglichkeit aufzuzeigen, wie die MCS eingesetzt werden kann.

1.3 Vorgehen

Die zugrunde liegende Bewertungsmethode ist die DCF-Methode. Zuerst wird ein Überblick über bisherige Forschungsarbeiten, die Methodik und das Portfolio gegeben. Basierend auf den Erkenntnissen und Annahmen werden die zu simulierenden Eingabegrößen, die Zustandsvariablen, sowie die dazugehörigen Modelle definiert. Unter Berücksichtigung von Korrelationen, wird die Bewertung anhand der MCS 50'000 Mal wiederholt. Das Ergebnis, eine Verteilung möglicher Portfoliowerte, lässt die Berechnung von Risikokennzahlen zu, was der Mehrwert dieser Simulation darstellt.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist folgendermassen aufgebaut: Kapitel 2 gibt einen Überblick zu bisherigen akademischen Arbeiten zur Immobilienbewertung anhand der MCS. Kapitel 3 beschreibt das DCF-Verfahren, den Diskontierungssatz und die MCS. Kapitel 4 stellt das analysierte Immobilienportfolio vor, erklärt grundlegende für diese Arbeit getroffenen Annahmen und legt die zu simulierenden Inputvariablen fest. Die verwendeten Modelle und Verteilungen für die Zustandsvariablen werden in Kapitel 5 präsentiert. Kapitel 6 beschreibt die zugrunde liegenden Daten und berichtet über erste Zwischenergebnisse. Kapitel 7 diskutiert die Ergebnisse und Kapitel 8 beinhaltet die Schlussbemerkungen.

2 Literaturübersicht

Vorliegende Arbeit richtet ihre Aufmerksamkeit explizit auf Unsicherheiten und Risiken im Zusammenhang mit der Immobilienbewertung. Im ersten Unterkapitel wird auf Diskussionen im Zusammenhang mit Unsicherheiten und Risiken bei Immobilienbewertungen eingegangen. In einem zweiten Teil werden bisherige Analysen aufgezeigt, welche die MCS als Lösung für dieses Problem vorschlagen.

2.1 Unsicherheiten und Risiken im Zusammenhang mit der Immobilienbewertung

Bevor das Thema Unsicherheiten und Risiken im Zusammenhang mit der Immobilienbewertung diskutiert wird, werden die beiden Begriffe im Zusammenhang mit der Immobilienbewertung definiert. *Unsicherheiten* liegen dann vor, wenn über den Ausgang der Eingabegrößen zum Zeitpunkt der Bewertung keine Kenntnisse vorhanden sind.²⁴ Während die Unsicherheiten sich auf den Input der Liegenschaftsbewertung beziehen, ist das *Risiko* das Ergebnis bzw. der Output der unsicheren Inputvariablen. Beim Risiko sind zudem im Gegensatz zu den Unsicherheiten die Eintretenswahrscheinlichkeiten bekannt.²⁵ Risiken geben das Mass an, ob ein Wert angenommen wird oder nicht. Diese Definition erlaubt es, das soeben diskutierte Risiko vom Marktrisiko der Immobilie, das anhand eines Aufschlags im Diskontierungssatz in die Bewertung einfließt, zu unterscheiden.²⁶

Unsicherheiten treten auf, wenn ungenügende Kenntnisse, ungenügende oder imperfekte Informationen bezüglich einer oder mehrerer Eingabevariablen vorhanden sind. Sobald der Ausgang einer Inputvariable ungewiss ist, ist das daraus resultierende Ergebnis (bzw. der daraus resultierende Immobilienwert) unsicher.²⁷ Da die Inputvariablen im DCF-Verfahren sich auf die Zukunft beziehen, sind diese mehrheitlich von dieser Problematik betroffen. Das bedeutet, dass jede Immobilienbewertung im Sinne eines unsi-

²⁴Vgl. French und Gabrielli 2005, S. 81

²⁵Vgl. Sloman 1997, S. 7

²⁶Vgl. Byrne 1996, S. 13

²⁷Vgl. French und Gabrielli 2005, S. 81

chenen Ausgangs mit Risiko behaftet ist. Es stellt sich die Frage, wie dieses ausgewertet werden kann.

Marty und Meins (2015b) zählen drei Möglichkeiten auf, wie Risiken im Zusammenhang mit der Immobilienbewertung aufgezeigt werden (können). Als erstes wird die einfache Sensitivitätsanalyse erwähnt, welche aufgrund der einfachen Anwendung in der Praxis weit verbreitet ist. Dabei wird die Immobilienbewertung wiederholt durchgeführt, wobei bei jeder Berechnung eine bestimmte Inputvariable einen anderen Wert annimmt (z.B. Diskontierungssatz). So kann aufgezeigt werden, wie sich der Immobilienwert verhält, wenn der Diskontierungssatz bspw. um 10 Basispunkte (bp) sinkt oder steigt. Wahrscheinlichkeiten werden allerdings hier nicht berücksichtigt, weshalb es sich gemäss obenstehender Definition des Risikos nicht um ein Risikomass handelt.

Eine weitere Möglichkeit stellt die Szenarioanalyse dar, die in der Praxis vermehrt auf Anklang stösst. Hier werden für die Eingabegrössen, die den grössten Einfluss auf den Immobilienwert haben, wenige Szenarien aufgestellt und die Bewertung dann durchgeführt. Typischerweise gibt es jeweils ein Hoch-, Tief- und ein Hauptszenario. Eintretenswahrscheinlichkeiten werden berücksichtigt, in dem diese den Szenarien zugeteilt werden. Die mit der Wahrscheinlichkeit gewichteten Ergebnisse der einzelnen Szenarien (z.B. Barwerte) ergeben den Erwartungswert.

Als letzter Ansatz wird die Bewertung mittels stochastischer Simulation genannt. In den Simulationsverfahren werden für ausgewählte Inputvariablen eine Verteilung definiert, die dann in die Berechnung einfließen.²⁸

Die MCS gehört zu den stochastischen Simulationsverfahren und ist ein Verfahren, das in der Literatur am meisten für den Umgang mit Unsicherheiten in Immobilienbewertungen verwendet wird. Der nächste Abschnitt bietet einen kurzen Überblick über den Ursprung der MCS sowie über die jüngsten Forschungsarbeiten im Zusammenhang mit der Immobilienbewertung.

²⁸Vgl. Marty und Meins 2015b, S. 6-7

2.2 Monte-Carlo-Simulation und Immobilienbewertungen

Die Namensgebung der MCS geht auf die Stadt Monte Carlo in Monaco zurück, wo sich etliche Casinos befinden. In den Casinos werden tagtäglich Glücksspiele gespielt, die einem Zufallsprinzip unterstehen. Das Zufallsprinzip ist es auch, das die MCS aufweist, weshalb es zu dieser Namensgebung kam.²⁹ Weitere Erklärungen zur Funktion der MCS sind dem Kapitel 3.3 (S. 19) zu entnehmen.

Konzeptionell hat die MCS ihren Ursprung in den Naturwissenschaften. Die Grundzüge sind auf den Naturwissenschaftler Enrico Fermi in den 30er-Jahren zurückzuführen. Die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsverteilung als mathematische Grundlage wurde dann 1946 durch John von Neumann und Stanislaw Ulam umgesetzt. Bald wurde die MCS eine etablierte Simulationstechnik in den Bereichen Physik, Medizin, Chemie, Astronomie und Landwirtschaft.³⁰

In den Wirtschaftswissenschaften, die im Vergleich zu den Naturwissenschaften eine deutlich jüngere Disziplin ist, fand die MCS hingegen erst später Anwendung. Erste Ideen sind auf David B. Hertz zurückzuführen, welcher die MCS zur Anwendung von Investitionsanalysen vorschlug.³¹ Er konnte aufzeigen, dass wenn Wahrscheinlichkeitsverteilungen anstatt Einzelschätzungen für die Inputvariablen verwendet werden, der Informationsgehalt der Ergebnisse für eine Investmententscheidung deutlich an Aussagekraft gewinnt. In seiner Analyse vergleicht Hertz zwei Investitionen. Heute findet die MCS vor allem im Teilbereich Finance, zur Berechnung von Optionspreisen oder um zukünftige Aktienpreise oder Zinssätze vorherzusagen, Anwendung.

In der Immobilienforschung kam die MCS erst später zur Anwendung. Pyhhr (1973) setzte hierfür die Grundsteine. Er zeigte auf, wie numerische Methoden in der Immobilienbewertung angewendet werden können, um dem Zielkunden Informationen über die Unsicherheit, Zeitabhängigkeiten und Komplexität bereitstellen zu können.³² Im Folgenden werden Forschungsarbeiten der vergangenen 12 Jahre vorgestellt, welche die MCS

²⁹Vgl. Lorenz, Trück und Lützkendorf 2006, S. 405

³⁰Vgl. Fishman 1996, S. 1-4

³¹Vgl. Hertz 1964, S. 95-106

³²Vgl. Pyhhr 1973, S. 48-78

zur Bewertung von Immobilien angewendet haben.

French und Gabrielli (2005) diskutieren die Erweiterung der DCF-Methode zur Immobilienbewertung unter Berücksichtigung von Unsicherheiten. Dabei betonen Sie den Vorteil, dass für jede Eingabegrösse der unsichere Ausgang einzeln beurteilt werden kann. In ihrer Analyse simulieren sie das Mietpreiswachstum, den Endwert, die Haltedauer im Endwert sowie die berechnete Rendite. Die unsicheren Eingabegrössen simulieren sie anhand einer Dreiecksverteilung. Dies obwohl die Standardnormalverteilung robuste Ergebnisse liefert. Bereits in einer früheren Analyse argumentieren sie, dass die Dreiecksverteilung den Gedankenprozess eines Schätzers am besten widerspiegelt.³³ Denn Schätzer drücken Unsicherheiten typischerweise nicht in der Form einer Normalverteilung aus, sondern in Szenarien: einem “most likely”, einem “best” und einem “worst” Szenario. Daraus resultiert die Dreiecksverteilung. Gemäss French und Gabrielli kann die Einschätzung durchaus mit historischen Daten oder Marktdaten bestätigt werden.

Sie kommen zum Schluss, dass bei der Anwendung der einfachen DCF-Methode in Kombination mit der MCS der unsichere Ausgang für jeden Inputfaktor im Einzelfall beurteilt werden kann. Während der Immobilienwert mittels der MCS in etwa der Bewertung mittels der klassischen DCF-Methode entspricht, liefert die simulierte Bewertung Informationen über die Verteilung des Wertes und somit über das mögliche Risiko.

Hoesli et al. (2006) analysieren das Portfolio eines institutionellen Investors, das 30 Liegenschaften im Raum Genf umfasst und für welches die hedonischen Schätzungen zur Verfügung standen.³⁴ Als zugrunde liegende Bewertungsmethode kommt das Adjusted-Present-Value (APV)-Verfahren³⁵ in Kombination mit der MCS zur Anwendung, weil

³³Vgl. French und Gabrielli 2004, S. 484-500

³⁴Vgl. Hoesli et al. 2006, S. 102-122

³⁵Das APV-Verfahren, oder Verfahren des angepassten Barwerts, gehört zu den DCF-Verfahren und zeichnet sich dadurch aus, dass die Bewertung in Abwesenheit einer Fremdfinanzierung vorgenommen wird (vgl. Koller, Goedhart und Wessels 2010, S. 103-122). Es löst das Zirkulationsproblem, ist simpler, weil es keine iterativen Prozesse benötigt, und liefert unter bestimmten Annahmen dieselben Resultate wie das DCF-Verfahren (vgl. Hoesli et al. 2006, S. 102-122 und Fernandez 2005, S. 14-15).

die APV-Methode das Zirkulationsproblem löst. Zur Berechnung der Verteilung der Eingabegrößen verwenden Hoesli et al. für die Mieteinnahmen und Leerstände historische Werte. Allerdings verwenden sie für das Mietpreiswachstum die Immobilienpreisentwicklung, damit die regionale Entwicklung abgebildet werden kann. Den risikoarmen Zinssatz schätzen sie anhand des Short-Term-Modells Cox-Ingersoll-Ross (CIR).³⁶ Die objektspezifische Prämie im Diskontierungssatz basiert auf ausgewählten hedonischen Merkmalen. Auf regionale Unterschiede geht die Analyse nicht ein, weil die Liegenschaften allesamt aus dem Raum Genf stammen.

Die Ergebnisse aus der MCS ergibt ähnliche, jedoch leicht tiefere Erwartungswerte im Vergleich zu den hedonischen Werten. Ausserdem betonen Hoesli et al. (2006), dass die Erweiterung mittels MCS interessante Zusatzinformationen für die Risikobeurteilung liefern.

Baroni et al. (2007) schätzen die Zahlungsströme eines Immobilienportfolios, das Wohnliegenschaften im Raum Paris enthält.³⁷ Die Analyse umfasst die Modellierung der Mieten, der Ausgaben sowie der Preisdynamik. Neu an dieser Analyse ist wie der Endwert, welcher die Bewertung wertmässig massgeblich beeinflusst, berechnet wird. Anstatt bei den Zahlungsströmen im Endwert von einer unendlichen Wachstumsrate auszugehen, wie es im DCF-Verfahren üblich ist, simulieren sie den Endwert anhand eines stochastischen Modells (geometrische Brownsche Bewegung). Dieses baut auf einem Anfangswert auf, dessen Entwicklung anhand der Volatilität und Trends von Immobilienpreisen geschätzt wird. Daneben simulieren Baroni et al. auch die Mieteinnahmen. Basierend auf der Volatilität und des Trends des Mietpreisindex kommt erneut die geometrische Brownsche Bewegung zum Einsatz. Analog zu früheren Analysen stellen Baroni et al. fest, dass die Bewertung eines Immobilienportfolios anhand der MCS robustere Ergebnisse als eine klassische DCF-Bewertung liefert. Dies weil das Simulationsverfahren Informationen über die Verteilung der Portfoliowerte liefert und sich damit

³⁶Das CIR-Verfahren ist ein dynamisches Zinssatzmodell, das auf Cox, Ingersoll und Ross zurückgeht (vgl. Cox et al. 1985, S. 94-111).

³⁷Vgl. Baroni et al. 2007, S. 462-482

auch Risikokennzahlen berechnen lassen. Allerdings benötigen simulationsbasierte Bewertungsverfahren genügend statistisches Know-how, was die Umsetzung erschwert.

Marty und Meins (2015b) zeigen an einer Beispiel-Wohnliegenschaft, wie das systematische Risiko³⁸ in einer Immobilienbewertung anhand der MCS erfasst werden kann. Anhand eines stochastischen Modells wird die Zinsentwicklung im Diskontierungssatz simuliert. Hierfür wird der Mittelwert, die Standardabweichung und die Korrelation zwischen den Kurzfristzinsen und der Inflation verwendet. Die übrigen Komponenten hingegen werden nicht simuliert. In einem weiteren Schritt stellen sie eine Methode vor, wie auch das unsystematische Risiko simuliert werden kann. Letzteres basiert auf einer Analyse von Meins und Sager (2015). Die Analyse berechnet anhand eines Scoring-Modells den Einfluss von 42 objektspezifischen Nachhaltigkeitskriterien auf die Immobilienbewertung.³⁹ Meins und Sager können aufzeigen, dass der Gebrauch von thermaler Energie, gefolgt von Erreichbarkeit des öffentlichen Verkehrs, Tageslicht und Stockwerkhöhe den höchsten Einfluss auf den Immobilienwert haben. Als Bewertungsverfahren kommt die DCF-Bewertung zum Zuge, bewertet wurden Wohnimmobilien aus der Schweiz.

Neben der Immobilienbewertung bestehender Liegenschaften sind in der akademischen Literatur auch zahlreiche Analysen zu finden, in welchen die Bewertung von neuen Immobilienprojekten simuliert wird. Auch diese Bewertung ist mit zahlreichen Risiken verbunden, weil zahlreiche Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Inputvariablen vorliegen. Beispielsweise mangelt es gerade bei neuen Projekten an historischen Daten und entsprechend ist die Bewertung mit noch grösseren Unsicherheiten verbunden. Entsprechend finden Atherton, French und Gabrielli (2008), dass wenn diesen Risiken Rechnung getragen wird, dem Entscheidungsträger ein besseres

³⁸Das systematische oder spezifische Risiko wird durch Gegebenheiten beeinflusst, die alle Immobilien betreffen. Dazu zählen die Zinsen, Inflation und Bevölkerungsentwicklung. Von unsystematischen bzw. unspezifischen Risiken wird hingegen gesprochen, wenn nur einzelne Immobilien davon betroffen sind (vgl. Marty und Meins 2015b, S. 6-7).

³⁹Vgl. Meins und Sager 2015, S. 66-84

Verständnis über die Realisierbarkeit des Projektes geliefert wird.⁴⁰ Gimpelevich (2011) wendet ein Simulation-Based Excess Return Modell (SERM) an, eine Methode, die auf der MCS basiert. Diese Methode ist für Praktiker einfacher zu realisieren und liefert gegenüber der klassischen DCF-Methode einen Mehrwert.⁴¹ Loizou und French finden, dass der Mensch im Projektentwicklungsprozess als Entscheidungsträger und möglicher Risikofaktor einen grossen Einfluss ausübt. Dem Faktor Mensch sollte in einer MCS im Besonderen Rechnung getragen werden, damit die Analyse effektiver wird.⁴²

⁴⁰Vgl. Atherton et al. 2008, S. 162-182

⁴¹Vgl. Gimpelevich 2011, S. 115-144

⁴²Vgl. Loizou und French 2012, S. 199

3 Methodik

In diesem Kapitel wird die zugrunde liegende Methodik in drei Abschnitten beschrieben. Der erste Abschnitt erklärt das DCF-Verfahren. Der zweite Abschnitt erläutert den Diskontierungssatz und wie dieser definiert wird. Im letzten Abschnitt wird die MCS vorgestellt.

3.1 Discounted-Cashflow-Verfahren

Die DCF-Methode gehört zu den Ertragswertverfahren und geht aus der Investitionsrechnung hervor.⁴³ Sie gehört zu den verbreitetsten Methoden zur Bewertung von Unternehmen und Liegenschaften. Nachfolgende Ausführungen konzentrieren sich auf die Anwendung bei Immobilien.⁴⁴

Das DCF-Verfahren kann als 1- oder 2-Phasen-Modell angewendet werden. Beim 2-Phasen-Modell gibt es eine dynamische Komponente, die erwarteten Zahlungsströme FCF , und eine statische Komponente, der End- oder Restwert EW . Dynamisch heisst, dass für eine bestimmte Anzahl Jahre t die in die FCF einflussenden Grössen beliebig modelliert werden können. Meist wird dies für eine Dauer von 5-20 Jahren angewendet.⁴⁵

Im 1-Phasen-Modell werden die Zahlungsströme hingegen über die gesamte Lebensdauer der Immobilie prognostiziert und weist damit lediglich eine dynamische Komponente auf.⁴⁶

Nachfolgende Ausführungen konzentrieren sich auf das 2-Phasen-Modell, da dieses in der vorliegenden Analyse zur Anwendung kommt. Der Verkehrswert der Immobilie BW zum Zeitpunkt $i = 0$ setzt sich aus den abdiskontierten Zahlungsströmen und dem abdiskontierten Endwert zusammen

$$BW = \sum_{i=1}^t \frac{FCF_i}{(1+r)^i} + \frac{EW_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

⁴³Vgl. SVKG und SEK/SVIT 2012, S. 45, 107

⁴⁴Vgl. Fierz 2011, S. 161-165

⁴⁵Vgl. SVKG und SEK/SVIT 2012, S. 107

⁴⁶Es ist zu vermerken, dass oftmals auch das 1-Phasen-Modell zweigeteilt wird. Dabei werden in einem ersten Teil die Zahlungsströme im Detail prognostiziert und in einem zweiten Teil anhand vereinfachter Annahmen die erwartete Entwicklung fortgeführt.

Durch das Abdiskontieren der Zahlungsströme und des Endwerts mit dem Diskontierungssatz r auf den Zeitpunkt $i = 0$ fließt der Zeitwert der erwarteten Zahlungsströme in die Berechnung ein.

Die erwarteten Zahlungsströme FCF eines Jahres i setzen sich aus den Einnahmen abzüglich der Ausgaben eines Jahres zusammen

$$FCF_i = \underbrace{MS_i * (1 - lsz_i) + \ddot{U}E_i}_{\text{Einnahmen}} - \overbrace{BK_i - IH_i - IS_i - \ddot{U}K_i}^{\text{Ausgaben}} \quad (2)$$

wobei MS_i die Soll-Mieterträge, lsz_i die Leerstandsnummer, $\ddot{U}E_i$ der Saldo aus übrigen Erträgen und Mietertragsausfällen, BK_i die Betriebskosten, IH_i die Instandhaltungskosten, IS_i die Instandsetzungskosten und $\ddot{U}K_i$ die übrigen Kosten zum Zeitpunkt i darstellen. Die Soll-Mieterträge MS_i wachsen jeweils mit einem Faktor gm_i gegenüber dem Vorjahreswert MS_{i-1} .

Der End- oder Restwert ist die statische Komponente und setzt sich bei zeitlich unbegrenzten Zahlungsströmen folgendermassen zusammen

$$EW_t = \frac{FCF_{t+1}}{r - g} \quad (3)$$

wobei g , die Wachstumsrate der Zahlungsströme FCF_{t+1} darstellt. Dieser Wachstumsfaktor setzt sich typischerweise aus der Inflation π und einer Gewichtung α zusammen, die anhand der Indexierung der Mieten an die Inflation festgelegt wird. $(r - g)$ kann auch als Nettokapitalisierungssatz bezeichnet werden.

Wenn die Zahlungsströme im Endwert zeitlich begrenzt sind, dann

$$EW = FCF_{t+1} * \frac{1 - \left(\frac{1+g}{1+r}\right)^{T-t}}{r - g} \quad (4)$$

wobei T die Anzahl Jahre der gesamten Nutzung darstellt.

3.2 Diskontierungssatz

Zur Ermittlung des Diskontierungssatzes sind in der Schweiz drei Verfahren verbreitet.⁴⁷ Der WACC berücksichtigt die durchschnittlichen Kapitalkosten für das Fremd- und Eigenkapital. Dabei werden für das Fremd- und das Eigenkapital objektübliche Zinssätze angenommen und gemäss dem jeweiligen Anteil gewichtet. In der zweiten Methode, der Vergleichswertmethode, werden die Diskontsätze aus Transaktionen von Vergleichsobjekten ermittelt. Hier besteht jedoch häufig das Problem, dass zu wenige Vergleichsdaten verfügbar sind. Die dritte Methode beruht auf dem Konzept der Opportunitätskosten und Risikokomponenten. Damit soll dem Investor aufgezeigt werden, wie hoch sich die erwartete Rendite einer Investition mit vergleichbaren Risiken beläuft.⁴⁸ Vorliegende Analyse stützt sich auf die letzte Methode, weshalb nachfolgend nur dieses Konzept vorgestellt wird.

Der Diskontierungssatz dient zur Berechnung des Zeitwertes der erwarteten Zahlungsströme. Er hat damit einerseits den Zeitwert des Geldes zu berücksichtigen. Dies erfolgt mit dem risikolosen Zinssatz r_f . Andererseits soll das Risiko der erwarteten Zahlungsströme, das aus der Immobilie resultiert, abgebildet werden, was die Risikoprämie RP macht. Wie bereits in der Einführung erläutert, ist die Riskoprämie RP vom Risiko aufgrund des unsicheren Ausgangs der Eingabegrössen, das Hauptgegenstand dieser Arbeit ist, zu differenzieren.⁴⁹

Es gilt

$$r = r_f + RP \quad (5)$$

Weitere Details wie die einzelnen Komponenten im Diskontierungssatz hergeleitet werden folgen in Kapitel 5.4 und 5.5 ab S. 27.

⁴⁷Vgl. SVKG und SEK/SVIT 2012, S. 110-111

⁴⁸Vgl. Geltner et al. 2014, S. 242

⁴⁹Vgl. Geltner et al. 2014, S. 87-88

3.3 Monte-Carlo-Simulation

Die MCS ist ein Simulationsverfahren, welche diesselbe Berechnung etliche Male ausführt. Als Inputvariablen fließen nicht vordefinierte Einzelwerte in die Berechnung ein, sondern eine Wahrscheinlichkeitsverteilung. Je nach Einschätzung kann die Verteilung unter anderem eine Normalverteilung, eine Gleichverteilung, logarithmische Verteilung oder eine Dreiecksverteilung sein und steiler oder flacher ausfallen. Im Normalfall kommt eine Normalverteilung zur Anwendung. In der MCS wird dann für jede Inputvariable, die simuliert wird, aus ihrer zugehörigen Verteilung eine zufällige Zahl gezogen und die Berechnung durchgeführt. Dieser Schritt wird dann viele, meist mehrere 10'000 Male wiederholt, wobei in jedem Berechnungsschritt die zu simulierenden Inputvariablen zufällig gezogen werden.

Am Schluss resultieren zahlreiche mögliche Ergebnisse. Keines der Ergebnisse hat einen sicheren Ausgang, aber es resultieren Immobilienwerte die wahrscheinlicher sind, weil diese häufiger auftreten als andere. Aus der Verteilung der Werte können Informationen über den Erwartungswert, die Standardabweichung und weitere statistische Kennzahlen gezogen werden, die ausgewertet werden können. Um Abhängigkeiten zwischen den Variablen zuzulassen, können zudem Korrelationen in die Simulation eingebaut werden.⁵⁰

Grundsätzlich liessen sich alle Inputvariablen in einer MCS simulieren. Im Sinne des Kosten-Nutzen-Verhältnisses ist es jedoch sinnvoll, sich auf die Eingabegrößen zu konzentrieren, die das Gesamtergebnis bzw. den Immobilienwert am stärksten beeinflussen.⁵¹ Um den Einfluss der Inputvariablen abschätzen zu können, können die Inputvariablen einer einfachen Sensitivitätsanalyse unterzogen werden.

⁵⁰Vgl. Lorenz et al. 2006, S. 405 und French und Gabrielli 2005, S. 82

⁵¹Vgl. Pyhhr 1973, S. 58

4 Immobilienportfolio, Annahmen und Festlegung der Zustandsvariablen

Die zur Verfügung gestellten Bewertungen des Liegenschaftsportfolios dienen als Grundlage der Analyse. Deshalb wird im folgenden Kapitel das Portfolio vorgestellt, wichtige grundlegende Annahmen erläutert sowie die Kontroll- und Zustandsvariablen definiert. Für letzteres wird auch eine Sensitivitätsanalyse beigezogen.

4.1 Immobilienportfolio

Die MCS wird an einem für diese Analyse zusammengestellten Immobilienportfolio angewendet. Die Liegenschaften stammen aus verschiedenen Portfolios institutioneller Investoren. Das Portfolio, wie es in dieser Arbeit analysiert wird, gibt es in dieser Zusammensetzung folglich nicht. Die einzelnen Immobilien sind vollumfänglich im Eigenbesitz. Da es sich um Liegenschaften im Besitz institutioneller Investoren handelt, werden zur Vereinfachung Steuern und Fremdkapitalkosten vernachlässigt. Weisen doch institutionelle Investoren üblicherweise eine hohe Eigenkapitalquote auf. Dadurch fällt das Zirkularitätsproblem weg.

Das analysierte Portfolio umfasst 20 Liegenschaften, die sich über die ganze Schweiz verteilen (vgl. Abb 3a). Es werden nur reine Wohnliegenschaften berücksichtigt. Der Grund liegt in der Verfügbarkeit von statistischen Daten, die für den Wohnimmobilienmarkt umfangreicher sind (bspw. Leerstände).

Per Ende 2015 bewegten sich die Verkehrswerte der 20 Liegenschaften zwischen CHF 3.6 Mio. und CHF 17.9 Mio. Dies entspricht einem Anteil von 2.1% bis 10.3% am gesamten Portfolio (vgl. Abb. 3b). Es hat damit keines der 20 Liegenschaften einen grossen Anteil und entsprechend einen massgeblichen Einfluss auf den Barwert des Portfolios. Insgesamt beläuft sich der Verkehrswert des gesamten Immobilienportfolios auf CHF 173.6 Mio. Grundlage für die Berechnung ist ein Auszug aus der letzten Bewertung per Ende 2015.

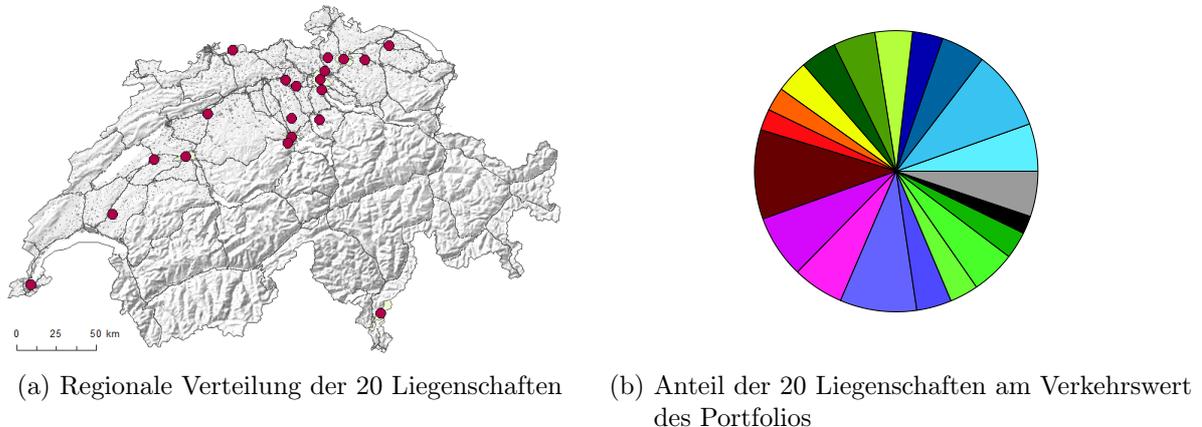


Abbildung 3: Regionale Übersicht und Anteil der 20 Liegenschaften am Verkehrswert des Portfolios

4.2 Annahmen

Im folgenden Abschnitt werden die Annahmen und Spezifikationen diskutiert, die aus den zur Verfügung gestellten Liegenschaftsbewertungen resultieren.

Bewertungsexpertise: Wo der Mehrwert der Bewertungsexpertise höher als die Konsultation eines empirischen Modells oder historischer Daten eingestuft wird, wird in Anlehnung an French und Gabrielli (2005) mit den Daten aus der bestehenden Bewertung gearbeitet. Wurden doch die Eingabegrößen in der Bewertung von Experten festgelegt, die sich im Detail mit der Liegenschaft auseinandergesetzt haben. Zudem soll die Arbeit nicht nur die Anwendung von Unsicherheiten und Risiken in der Immobilienbewertung im Allgemeinen beleuchten. Vielmehr soll auch eine praxistaugliche Möglichkeit aufgezeigt werden, wie die MCS unter Berücksichtigung von Expertenwissen der Liegenschaftsbewerter durchgeführt werden kann.

Realer Ansatz: Die Daten der zur Verfügung gestellten Bewertungen sind preisbereinigt. Die gesamte Analyse wird folglich mit realen Werten durchgeführt. Dies ist für die Simulation der preisrelevanten Zustandsvariablen bedeutsam. Es sind dies das Mietpreiswachstum und der Diskontierungssatz. Weil die Berechnung mit einem realen Diskontierungssatz durchgeführt wird, kann der Wachstumsfaktor g im Endwert ver-

nachlässigt werden (vgl. Formel (4), S. 17). Dies führt allerdings auch zur Annahme, dass die Mieten im Endwert zu 100% an die Inflation indexiert sind.

2-Phasen-Modell: Aufgrund der zur Verfügung gestellten Daten wird der Liegenschaftswert anhand eines 2-Phasen-Modells berechnet. Dabei dauert die dynamische Komponente des DCF-Verfahrens zehn Jahre. Ab dem elften Jahr kommt der Endwert zum Tragen, der eine Restlebensdauer von 90 Jahren aufweist. Dies wurde aus der ursprünglichen Bewertung entnommen. Weil in den zur Verfügung gestellten Bewertungen hingegen ein 1-Perioden-Modell zur Anwendung kommt, in welchem für die gesamte Lebensdauer der Immobilie die Zahlungsströme simuliert werden, können die Werte nicht direkt miteinander verglichen werden. Es resultieren aber ähnlich hohe Werte mit einer negativen Abweichung von rund 1%-2%.

Diskontierungssatz: Im Gegensatz zur vorliegenden Bewertung wird analog zu Hoesli et al. (2006) ein über die Jahre variabler Diskontierungssatz verwendet. Dies ist sinnvoll, wenn davon ausgegangen wird, dass sich das Zinsniveau in der mittleren bis langen Frist wieder erhöhen wird. So können bspw. die FCF, die in diesem Jahr fließen, zu einem tieferen Zinssatz abdiskontiert werden als diejenigen des Endwertes. Dies ganz im Sinne der Vergleichsrendite.

4.3 Festlegung der Zustandsvariablen

Weil die Simulation der Zustandsvariablen aufwändig ist, fließen im Sinne des Kosten-Nutzen-Verhältnisses nicht alle Inputvariablen als variable Grösse in die Simulation ein. Analog zu Pyhhr (1973) werden die Inputvariablen, die simuliert werden, als *Zustandsvariablen* bezeichnet. Die Inputvariablen, die nicht simuliert werden, werden hingegen *Kontrollvariablen* genannt. Dies entweder weil sie gut geschätzt werden können, deren Einfluss auf die Bewertung nicht ins Gewicht fällt oder nicht im Fokus der Analyse stehen. Die Kontrollvariablen nehmen einen einzigen Wert an, genau wie im einfachen DCF-Modell.⁵²

Eine Sensitivitätsanalyse soll aufzeigen, wie stark der Barwert des Portfolios auf Ab-

⁵²Vgl. Pyhhr 1973, S. 56

weichungen in den Inputvariablen reagiert. Hierfür wurde der Wert des Portfolios von CHF 173.6 Mio. dem Barwert gegenübergestellt, der aus einer Abweichung in den Eingabegrößen von $\pm 10\%$ resultiert.⁵³ Der Diskontierungssatz hat mit Abstand den stärksten Einfluss auf den Portfoliowert. Bis zu 10% höhere Verkehrswerte resultieren, wenn der Diskontierungssatz um 10% gesenkt wird. Die übrigen Eingabegrößen liegen nahe beieinander. Den zweitgrössten Einfluss haben die Instandsetzungskosten, die bei einer $\pm 10\%$ -Abweichung den Portfoliowert um $\pm 2.4\%$ verändern. Zwar fallen die Instandsetzungskosten nur sporadisch an, haben allerdings aufgrund der Höhe des Investitionsvolumens einen stärkeren Einfluss als die Betriebs- oder Instandhaltungskosten, die den Portfoliowert jeweils um $\pm 1.1\%$ verändern. Eine Abweichung in der Leerstandsnummer verändert den Portfoliowert um $\pm 0.5\%$, eine Abweichung im Mietpreiswachstum um $\pm 1.4\%$.

Inputvariable	Inputvariable mit Abschlag von 10%	Inputvariable mit Zuschlag von 10%
Mietpreiswachstum	-1.4%	1.4%
Leerstandsnummer	0.5%	-0.5%
Betriebskosten	1.1%	-1.1%
Instandhaltungskosten	1.1%	-1.1%
Instandsetzungskosten	2.3%	-2.3%
Diskontierungssatz	10.9%	-9.2%

Tabelle 1: Sensitivitätsanalyse: Einfluss einer $\pm 10\%$ Abweichung in den Inputvariablen auf den Barwert des Portfolios

Der Diskontierungssatz wird aufgrund des hohen Einflusses auf den Barwert als Zustandsvariable behandelt. Dabei wird dieser anhand der in Kapitel 3.2 beschriebenen Zusammensetzung neu geschätzt, wobei einzelne Bestandteile als Zustandsvariablen, andere als Kontrollvariablen einfließen. Details dazu sind in Kapitel 5.5 (ab S. 29) zu finden.

⁵³Da die übrigen Einnahmen, Ertragsausfällen und Kosten ohnehin in den meisten Fällen keinen Wert aufweisen, wurden diese nicht der Sensitivitätsanalyse unterzogen.

Die Betriebskosten und die Instandhaltungskosten dürften über die Zeit vergleichsweise konstant und gut prognostizierbar sein. Weil zudem keine Vergleichswerte vorliegen, werden diese als Kontrollvariablen behandelt.

Bei den Instandsetzungskosten hingegen sieht es anders aus. Diese sind einerseits schwierig vorherzusagen und andererseits mit grossen Unsicherheiten verbunden. Zudem zeigt die Sensitivitätsanalyse, dass die Instandsetzungskosten den zweitgrössten Einfluss auf den Barwert haben. Allerdings sind hierzu ebenfalls keine Vergleichsdaten vorhanden. Trotz schwieriger Datenlage werden die Instandsetzungskosten als Zustandsvariablen in die Analyse eingebaut.

Die zwei letzten verbleibenden Eingabegrössen, die Leerstände und Mietpreisentwicklung fliessen als Zustandsvariablen in die Simulation ein. Es bestehen Unsicherheiten hinsichtlich der weiteren Entwicklung im Mietwohnungssegment, weshalb für diese Variablen ebenfalls Unsicherheiten zugelassen werden sollen.

Eine Übersicht über die in die Simulation einflussenden Eingabegrössen und ob sie als Zustands- oder als Kontrollvariablen behandelt werden, ist in Tabelle 2 (S. 33) gegeben.

5 Modellspezifikationen

5.1 Mietpreiswachstum

Die Entwicklung der Soll-Mieterträge werden in der Bewertung anhand des Marktpotenzials festgelegt, das vom lokalen und regionalen Mietwohnungsmarkt abgeleitet wird. Es handelt sich hierbei um Einschätzungen eines Liegenschaftsbewerter, der auf Basis von statistischen Vergleichswerten das Potenzial auf Objektebene definiert. Mit in die Beurteilung fliessen auch geplante Instandsetzungen, die oftmals dazu führen, dass mehr Mietverträge zu höheren Mietniveaus abgeschlossen werden können, was in einem höheren Mietpreiswachstum resultiert.

Bisherige Forschungsarbeiten simulieren die Mietpreisentwicklung anhand eines dynamischen Prozesses⁵⁴, anhand einer auf historischen Werten basierten Normalverteilung⁵⁵ oder anhand einer Dreiecksverteilung⁵⁶, die auf Expertenwissen basiert. Das in den Liegenschaftsbewertungen vorliegende Mietpreiswachstum wird im Informationsgehalt als wertvoller eingestuft als das Beiziehen von historischen Daten. Der Grund liegt in der fehlenden Verfügbarkeit von lokalen oder regionalen Mietpreisdaten, welche die Verteilung definieren sollen. Es müsste also auf Indizes auf Stufe Kanton, Grossregion oder die gesamte Schweiz zurückgegriffen werden, die aber den Eigenschaften eines regionalen bzw. lokalen Mietwohnungsmarktes nicht gerecht werden - die Einschätzung des Experten jedoch schon. Ausserdem ist es schwierig bei der Verwendung von historischen Daten Sanierungen zu berücksichtigen. Die Verteilung des Mietpreiswachstum wird deshalb in Anlehnung an French und Gabrielli (2004)⁵⁷ nicht mit rein historischen Daten definiert, sondern verwendet die vom Liegenschaftsbesitzer definierten Wachstumsraten. Weil aber die Dreiecksverteilung aufgrund ihrer Einfachheit auch Nachteile aufweist⁵⁸, kommt eine Normalverteilung zur Anwendung. Es wird von der Dreiecksverteilung ab-

⁵⁴Vgl. Baroni et al. 2007, S. 372-376

⁵⁵Vgl. Hoesli et al. 2006, S. 110-112

⁵⁶Vgl. French und Gabrielli 2005, S. 82-84

⁵⁷Vgl. French und Gabrielli 2004, S. 493-499

⁵⁸Vgl. French und Gabrielli 2004, S. 493

gewichen, weil die Werte unmittelbar in der Nähe des Erwartungswertes eine höhere Eintretenswahrscheinlichkeit erhalten sollen, als dies in der Dreiecksverteilung der Fall ist. Das vorliegende Mietpreiswachstum fließt im Sinne eines “most likely”-Wertes als Erwartungswert in die Bewertung ein. Weil in den Bewertungen jeweils nur ein Wert vorliegt, wird die Standardabweichung, die für die Verteilung benötigt wird, der Einfachheit halber von historischen Daten abgeleitet. Das Minimum sowie das Maximum werden beim Mietpreiswachstum nicht begrenzt.

In der Praxis würde der Liegenschaftsbewerter die Verteilung auf Basis von Einschätzungen und vergangenen Daten festlegen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass es eine Möglichkeit darstellt, wie die MCS in der Praxis unter Einbindung von Expertenwissen angewendet werden kann.

5.2 Leerstandsnummer

Bei den Leerständen liegt eine ähnliche Problematik vor. Die Liegenschaften weisen Leerstände auf, die auf Einschätzungen der Liegenschaften im Detail beruhen. Die Verwendung von historischen Daten wird als Informationsverlust eingestuft, weil die Beurteilung nicht auf Objektebene durchgeführt werden kann. Ausserdem zeigt sich, dass die publizierten Leerstandszahlen des BFS im Vergleich zu den Leerstandsziffern in den Bewertungen in 80% der Fälle zu tief ausfallen.⁵⁹ Bei einer Verwendung von ausschliesslich historischen Daten würden die Ertragsausfälle aufgrund des Leerstands unterschätzt werden. Der daraus resultierende Liegenschaftswert wäre zu hoch. Deshalb wird für die Verteilung der Leerstandsnummer der Erwartungswert im Sinne eines “most-likely”-Szenario aus den Liegenschaftsbewertungen entnommen. Die Verteilung wird von statistischen Daten abgeleitet, wobei für die Verteilung der Leerstandsnummer ein Minimum und ein Maximum definiert wird (mehr dazu im Kapitel 6.3, S. 37).

⁵⁹Für 14 der 20 Liegenschaften liegen Informationen zu den Zahlungsströmen der vergangenen fünf Jahre vor, welche den Leerstandszahlen der jeweiligen Gemeinde für denselben Zeitraum gegenübergestellt wurden.

5.3 Instandsetzungskosten

Für die Instandsetzungskosten liegen keine Vergleichsdaten vor. Weil aber die Sensitivitätsanalyse gezeigt hat, dass die Instandsetzungskosten in Bezug auf ihren Einfluss auf den Portfoliowert an zweiter Stelle stehen, soll diese Eingabegrösse trotzdem simuliert werden. Ausgangspunkt ist erneut der Erwartungswert sowie eine modifizierte Normalverteilung. Das Minimum, das Maximum und die Standardabweichung werden wie folgt vom Erwartungswert abgeleitet: Das Minimum liegt 10% unterhalb des Erwartungswertes, das Maximum 10% darüber und die Standardabweichung entspricht 5% des Erwartungswertes.

5.4 Zinssatzmodell

Die Simulation des risikolosen Zinssatzes r_f wird auf Basis des Vasicek-Modells durchgeführt. Das Vasicek-Modell ist ein Short-Rate-Modell, welches auf den Mathematiker Oldrich Vasicek zurückgeht. Es ist eine Erweiterung des Ornstein-Uhlenbeck-Prozesses und gehört neben dem CIR-Modell zu den prominentesten Short-Rate-Modellen. Im Gegensatz zum CIR-Modell können die Zinssätze im Vasicek-Modell auch negative Werte annehmen, was in der Literatur als Nachteil beschrieben wird. Da die Analyse mit realen Werten durchgeführt wird und das aktuelle Zinsumfeld in der Schweiz zeigt, dass Negativzinsen durchaus möglich sind, ist dies in der vorliegenden Analyse weniger problematisch.⁶⁰

Im Vasicek Modell wird die Zinsentwicklung von den Faktoren gleichgewichtiges Niveau, einer Anziehungskraft, Marktrisiko und Zeit definiert. Der Zinssatz konvergiert in der langen Frist zu einem Gleichgewichtsniveau dem sogenannten Mean Reversion Level.⁶¹ Die Geschwindigkeit, mit welcher der Zinssatz zum Mean Reversion Level tendiert, wird durch die Mean Reversion Speed beschrieben. Letztlich hat die Zinsentwicklung auch eine Zufallskomponente, welche das Marktrisiko widerspiegelt. Diese wird durch den Wiener Prozess definiert und fliesst mit einer Intensität in der Höhe der Volatilität

⁶⁰Vgl. Benninga und Wiener 1998, S. 5-6

⁶¹Vgl. Vasicek 1977, S. 177-188 und Hull 2012, S. 683-689

in den Prozess ein.

Der Short-Rate-Prozess im Vasicek-Modell ist die Lösung der stochastischen Differentialgleichung, welche sich aus einem Drift- und einem Diffusionsterm zusammensetzt.

$$dr(t) = \underbrace{a(b - r(t))}_{\text{Drift}} dt + \overbrace{\sigma}^{\text{Diffusion}} dz(t) \quad (6)$$

wobei b das Mean Reversion Level, a die Mean Reversion Speed, σ die Volatilität, $z(t)$ ein Wiener Prozess und dt das Zeitintervall $(t - s)$ mit $0 \leq s < t$ darstellen. Liegt der Zinssatz r im Zeitpunkt t unter dem Mean Reversion Level b , so ist der Drift $(b - r(t))$ positiv und wird mit der Geschwindigkeit in der Höhe von a nach oben zum Mean Reversion Level angezogen. Wenn hingegen r_t grösser als b ist, dann ist der Driftterm kleiner als Null und tendiert mit der Anziehungskraft a nach unten. a , b sowie σ sind Konstanten, die mittels historischer Daten geschätzt werden und nur positive Werte annehmen können.

Der (standard) Wiener Prozess, auch Brownsche Bewegung genannt, ist ein stochastischer Prozess, dessen Entwicklung über die Zeit einem Zufallsprozess unterstellt wird.⁶² Dieser Zufallsprozess soll im Modell das zufällige Marktrisiko widerspiegeln. Die Zuwächse im Wiener Prozess $dz(t)$ mit der Länge dt sind normalverteilt, unabhängig und haben den Erwartungswert 0 und die Volatilität dt

$$dz(t) = z(t) - z(s) \sim N(0, dt) \quad (7)$$

Daraus folgt

$$dz(t) = \sqrt{dt}N(0, 1) \quad (8)$$

Die Entwicklung der Short-Rate folgt im Zeitpunkt t dem Pfad

$$r(t) = r(t - 1) + dr(t) \quad (9)$$

⁶²Vgl. Hull 2012, S. 282-284, 817 und Dixit, Avinash K. and Pindyck, Robert S. 1994, S. 63-65

Am Startpunkt $t = 0$ nimmt die Short-Rate $r(t)$ den Anfangswert $r(0)$ an. Die Entwicklung der Short-Rate ist normalverteilt.

Mit den Konstanten b , a und σ und $r(t)$ lässt sich der Preis $P(t, T)$ einer Nullkupon-Anleihe mit Laufzeit T berechnen⁶³

$$P(t, T) = A(t, T)e^{-B(t, T)r(t)} \quad (10)$$

wobei $B(t, T)$ und $A(t, T)$ zwei Konstanten sind

$$B(t, T) = \frac{1 - e^{-a(T-t)}}{a} \quad (11)$$

und

$$A(t, T) = e^{\frac{(B(t, T) - T + t)(a^2 b - \sigma^2)}{a^2} - \frac{\sigma^2 B(t, T)^2}{4a}} \quad (12)$$

Es resultiert die Long-Term-Rate mit Fälligkeit T zum Zeitpunkt t

$$R(t, T) = \frac{-\ln(P(t, T))}{T} \quad (13)$$

5.5 Risikoprämie

Die Risikoprämie stellt einen Zuschlag dar, der aufgrund der Anlageklasse Immobilie und den liegenschaftsspezifischen Gegebenheiten zustande kommt. Die Prämie setzt sich aus zwei Komponenten zusammen.⁶⁴

$$RP = RP_1 + RP_2 \quad (14)$$

RP_1 widerspiegelt das Illiquiditätsrisiko der Anlageklasse Immobilie. Die objektspezifische Risikoprämie RP_2 enthält Zuschläge für die Art der Nutzung, den Objektzustand, und für die Mikro- und Makrolage. Die Risikoprämie RP kann nur positive Werte annehmen.

⁶³Vgl. Hull 2012, S. 684-685

⁶⁴Vgl. Hoesli et al. 2006, S. 108-109

5.5.1 Immobilienmarktspezifische Risikoprämie

Die immobilienmarktspezifische Prämie RP_1 widerspiegelt das Illiquiditätsrisiko der Anlageklasse Immobilie. Dies weil Immobilien schwieriger zu handeln sind als bspw. Aktien. Die immobilienmarktspezifische Risikoprämie fließt als Zustandsvariable in die Analyse ein. Es wird demzufolge unterstellt, dass diese in Abhängigkeit der anderen Zustandsvariablen unterschiedliche Werte annehmen kann. Die Verteilung wird anhand einer modifizierten Normalverteilung dargestellt. Die genauen Werte werden in Kapitel 6.5.2 präsentiert.

5.5.2 Objektspezifische Risikoprämie

Während die bereits vorgestellten Komponenten des Diskontierungssatzes sich auf die Anlageklasse Immobilie im Allgemeinen beziehen, kommen die lage-, objekt-, und nutzungsspezifischen Eigenschaften in der objektspezifischen Risikoprämie zum Tragen. Diese setzt sich aus einem Zuschlag für die Makrolage RP_{2a} , einem Zuschlag für die Mikrolage RP_{2b} und einem Zuschlag für die Art der Nutzung RP_{2c} zusammen. Dieser Bestandteil des Diskontierungssatzes wird individuell für jede Liegenschaft definiert.

Für die Makro- und Mikrolage sowie der Zustand der Liegenschaft liegen Ratings aus der Bewertung vor. Analog zu Hoesli et al. (2006) wird der Zuschlag anhand einer einfachen, linearen Umrechnung berechnet. Dabei wird unterstellt, dass der Zusammenhang zwischen dem Rating und der Höhe des Zuschlags negativ ist. Liegenschaften von hoher Qualität oder die sich an einem guten Standort oder in einer attraktiven Gemeinde befinden, erhalten einen kleineren Zuschlag, als wenn die Beurteilung einer der eben genannten Einflussgrößen weniger gut ausfällt. Dies beruht auf der Annahme, dass qualitativ gute Liegenschaften (bzgl. Lage sowie Zustand) Mieter mit einer höheren Bonität aufweisen, und deshalb von Investoren als weniger risikobehaftet eingestuft werden.⁶⁵

Makrolage: Der Makrolagezuschlag wird anhand des Makrolageratings, das in den Bewertungsunterlagen vorliegt, definiert. Das Rating umfasst Werte von 1 bis 5, wobei

⁶⁵Vgl. Gunnelin, Hoesli, Hendershott und Söderberg 2004, S. 225

1 einer sehr guten und 5 einer sehr schlechten Lage gleichkommt. Es wird ein linearer Zusammenhang zwischen dem Makrolagerating B_{2a} und dem Zuschlag RP_{2a} unterstellt: je tiefer das Rating (= je besser die Makrolage), desto tiefer der Zuschlag. Weiter wird angenommen, dass der Makrolagezuschlag Werte zwischen 0% und 1.5% annehmen kann. Daraus folgt der Zusammenhang, der sich folgendermassen definiert

$$RP_{2a} = -0.375 + 0.375 * B_{2a} \quad (15)$$

Ein Beispiel veranschaulicht die Berechnung: Eine Liegenschaft, die in einer Gemeinde mit einem guten Rating (=2) liegt, erhält einen Zuschlag von 0.375%.

Die Makrolage ist eine strukturelle Grösse, die sich über die Jahre nur wenig und selten verändern dürfte. Beispiele für eine Veränderung im Makrolagerating sind eine Senkung der Steuern oder eine bessere Erschliessung an den öffentlichen Verkehr oder ans Nationalstrassennetz. Das dürfte jedoch nur selten vorkommen, weshalb diese Komponente der Risikoprämie als Kontrollvariable (=Punktprognose) in die Bewertung einfließt.

Mikrolage und Zustand des Objektes: In einem ersten Schritt wird ein Mikrolage-/Objektzustands-Rating definiert. Dieses setzt sich aus der Mikrolage der Liegenschaft, der Nutzbarkeit (innerhalb der jeweiligen Nutzung), des Standards und des Zustands des Objektes zusammen. Auch hier liegen jeweils Ratings in der Höhe von 1 bis 5 vor, wobei 1 dem besten und 5 dem schlechtesten Rating entspricht. Die jeweilige Gewichtung kann Werte zwischen 15% und 35% annehmen.

$$B_{2b} = 35\% * B_{Mikrolage} + 25\% * B_{Nutzbarkeit} + 15\% * B_{Standard} + 25\% * B_{Zustand} \quad (16)$$

In einem zweiten Schritt wird der Mikrolage- und Objektzuschlag RP_{2b} in Anlehnung an die Berechnung des Makrolagezuschlags definiert. Der Zuschlag kann Werte zwischen 0% bis 1% annehmen, wobei erneut ein linearer Zusammenhang zwischen dem Rating B_{2b} und dem Zuschlag p_{2b} angenommen wird.

$$RP_{2b} = -0.25 + 0.25 * B_{2b} \quad (17)$$

Daraus folgt: Eine Immobilie mit guter Mikrolage/hoher Qualität weist ein Rating von 1.5 auf und erhält einen Zuschlag von 0.1275%.

Auch für den Mikrolage-/Objektzuschlag wird ein konstanter Wert angenommen. Diese Risikoprämie wird auch als Kontrollvariable behandelt.

Nutzung: Der Zuschlag für die Nutzung widerspiegelt die unterschiedliche Handelbarkeit der Liegenschaften, was ein Ergebnis von Angebot und Nachfrage ist. Nutzungen wie z.B. das Mietwohnungssegment, die eine hohe und vergleichsweise stabile Nachfrage aufweisen, sind bei Investoren beliebter. Damit erhalten Mietwohnungsobjekte keinen oder nur geringen Aufschlag. Dagegen stehen Nutzungen, die eine kleine und volatile Nachfrage aufweisen (bspw. kommerzielle Nutzungen) weniger in der Gunst der Investoren. Es wird angenommen, dass die Unterschiede zwischen den Nutzungen über den gesamten Zeitpunkt konstant sind. Pro Nutzung kann RP_{2c} für den gesamten Zeitraum nur einen einzigen Wert annehmen, weshalb dieser Zuschlag als Kontrollvariable in die Berechnung einfließt. Der Zuschlag kann Werte zwischen 0% und 1% annehmen.

5.6 Korrelationen

Die Grosszahl der Eingabegrößen sind nicht unabhängig. Die Leerstände bspw. dürften mit dem Mietpreiswachstum negativ korreliert sein. Steigen die Leerstände, so ist davon auszugehen, dass die Mieten tendenziell sinken, damit die leerstehenden Flächen wieder vermietet werden. Deshalb ist es wichtig Korrelationen zwischen den einzelnen Zustandsvariablen zu berücksichtigen. Die Korrelationen werden anhand historischer Daten definiert. Sind keine oder zu wenig Daten vorhanden, wird mit Proxy-Variablen gearbeitet oder Annahmen auf Basis bisheriger Forschungsarbeiten getroffen.

Formal fließt die Korrelation bei der zufälligen Komponente der Zustandsvariablen ein. In einem ersten Schritt wird die Korrelationsmatrix von m Zustandsvariablen berechnet. Die aus der Cholesky-Zerlegung der Korrelationsmatrix resultierende untere Dreiecksmatrix a_{ij} mit $i=1\dots m$ und $j=1\dots m$ wird dann mit einer Matrix unabhängiger normalverteilter Zufallsvariablen z_{jk} mit $j=1\dots m$ und $k=1\dots n$ multipliziert, wobei n die Anzahl

benötigter Zufallsvariablen ist (=Anzahl Simulationen). Das Ergebnis ist eine Matrix ϵ_{ij} der Dimension $[m \times n]$ mit m korrelierten Zufallsvariablen und n Beobachtungen, die dann in die Simulation einfließen.⁶⁶

$$\epsilon_{ik} = \sum_{i=1}^m a_{ij} * z_{jk} \quad (18)$$

5.7 Variablenübersicht

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über alle Eingabegrößen, die in die Analyse einfließen und ob sie als Zustands- oder Kontrollvariablen behandelt werden.

	Inputvariable	Abkürzung	Kontrollvariable	Zustandsvariable
	Soll-Mietertrag ^a	<i>MS</i>	x	
	Mietpreiswachstum ^a	<i>gm</i>		x
	Leerstandsnummer	<i>lsz</i>		x
	Saldo übrige Einnahmen/Ertragsausfälle	<i>ÜE</i>	x	
	Betriebskosten	<i>BK</i>	x	
	Instandhaltungskosten	<i>IK</i>	x	
	Instandsetzungskosten	<i>IS</i>		x
	Übrige Kosten	<i>ÜK</i>	x	
	Risikoloser Zinssatz	<i>r_f</i>		x
	Immobilienmarktspezifische Risikoprämie	<i>RP₁</i>		x
	Risikoprämie Makrolage	<i>RP_{2a}</i>	x	
	Risikoprämie Mikrolage/Objekt	<i>RP_{2b}</i>	x	
	Risikoprämie Nutzung	<i>RP_{2c}</i>	x	

^a Soll-Mietertrag: Jahr 1; Mietpreiswachstum: ab 2. Jahr

Tabelle 2: Übersicht der Inputvariablen für die MCS

Für die Zustandsvariablen gibt Tabelle 3 zudem eine Aufstellung, was für eine Verteilung einfließt und wie die der Verteilung zugrunde liegenden Daten euriert werden.

⁶⁶Vgl. Hull 2012, S. 450

Zustandsvariable	Verteilung	Beschreibung der Parameter ^a
Mietpreiswachstum	Normal	μ aus Bewertung, σ basierend auf historischen Daten
Leerstandsnummer	Normal (modifiziert)	μ aus Bewertung, σ , min , max basierend auf historischen Daten
Instandsetzungskosten	Normal (modifiziert)	μ aus Bewertung, σ : $5\% * \mu$, min : $90\% * \mu$, max : $110\% * \mu$
Risikoloser Zinssatz	Normal	Simulation auf Basis des Vasicek-Modells; Definition der Konstanten anhand historischer Werte (Maximum-Likelihood (ML)-Schätzung)
Immobilienmarktspezifische Risikoprämie	Normal (modifiziert)	μ : 1.25%, σ : 0.25%, min : 0.5%, max : 2%

^a μ : Erwartungswert, σ : Standardabweichung, min : Minimum, max : Maximum

Tabelle 3: Übersicht der Zustandsvariablen

5.8 Vorgehen

Die Simulation der Barwerte des Portfolios erfolgt in den folgenden Schritten:

1. Simulation der Entwicklung des risikolosen Zinssatzes
2. Erstellen der Zufallsvariablen für das Mietpreiswachstum, die Leerstandsnummer, die Instandsetzungskosten und die Risikoprämie auf Basis der definierten Parameter
3. Definition der Korrelationen zwischen den Zustandsvariablen
4. Berechnung der korrelierten unabhängigen normalverteilten Zufallsvariablen
5. Berechnung des Diskontierungssatzes (Summe des risikolosen Zinssatzes und der Risikoprämie)
6. Berechnung des Barwerts

Der 6. Schritt, die Berechnung des Barwertes, wird für jedes der 20 Objekte 50'000 Mal durchgeführt. Aufsummiert ergeben die Barwerte der 20 Objekte eine Verteilung möglicher Werte des Immobilienportfolios.

Die Simulation wird mit dem Programm R durchgeführt. Alle dafür relevanten Rechenschritten wurden unter Einbindung verfügbarer Pakete eigenständig programmiert.

6 Daten und Zwischenergebnisse

Im folgenden werden die Ergebnisse der Simulation der Zustandsvariablen, die im Kapitel 4.3 definiert und in Kapitel 5 spezifiziert wurden, aufgezeigt. Die objektspezifische Risikoprämie, die zwar als Kontrollvariable in die Analyse einfließt, aber definiert werden muss, wird ebenfalls kurz diskutiert. Die übrigen Eingabegrößen werden in diesem Abschnitt nicht besprochen, weil sie den Wert der ursprünglichen Liegenschaftsbewertungen annehmen.

6.1 Korrelationen

Der Einfachheit halber wurden die Korrelationen auf Ebene Schweiz berücksichtigt. Es weisen folglich alle Objekte dieselbe Korrelationsmatrix auf. Die in die Simulation einfließenden Korrelationen der Zustandsvariablen sind in Tabelle 4 dargestellt. Sind zwei Zustandsvariablen perfekt positiv miteinander korreliert, so beträgt die Korrelation 1. Bei perfekt negativer Korrelation beträgt sie -1. Wenn die Zustandsvariablen unabhängig sind, dann liegt die Korrelation bei 0.

Für die Korrelationen zwischen dem realen risikolosen Zinssatz (reale 10-jährige Bundesobligation), dem realen Mietpreiswachstum und den Leerständen wurden historische Daten für die Schweiz verwendet.⁶⁷ Es resultiert eine leicht positive Korrelation zwischen dem risikolosen Zinssatz und dem realen Mietpreiswachstum, eine negative Korrelation zwischen den realen Zinsen und der Leerstandsziffer sowie zwischen dem realen Mietpreiswachstum und der Leerstandsziffer. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit den Ergebnissen von Hoesli et al. (2006).⁶⁸

Für die immobilienmarktspezifische Risikoprämie sind hingegen keine historischen Daten verfügbar. Analog zu Hoesli et al. (2006)⁶⁹ wird von einer negativen Korrelation von -0.5 mit dem risikolosen Zinssatz ausgegangen. Gegenüber den übrigen Zustandsvaria-

⁶⁷Dabei hat sich die Wahl der Korrelation zwischen dem risikolosen Zinssatz und dem Mietpreiswachstum als Herausforderung herausgestellt. Dies weil der Vergleich verschiedener Indices unterschiedliche Korrelationen produziert hat. Die Diskussion dazu befindet sich im Appendix A.1.1 (S. 59).

⁶⁸Vgl. Hoesli et al. 2006, S. 113

⁶⁹Vgl. Hoesli et al. 2006, S. 113

blen wird angenommen, dass diese mit der immobilienmarktspezifischen Risikoprämie unkorreliert sind.

Weil für die Instandsetzungskosten keine historischen Daten verfügbar sind, werden die Baupreise für Renovationen von Mehrfamilienhäuser des BFS als Proxy-Variablen zugezogen. Es resultiert eine positive Korrelation von 0.5 zwischen den Baupreisen und dem risikolosen Zinssatz (reale 10-jährige Bundesobligation), die so übernommen wird. Für die übrigen Zustandsvariablen wird hingegen angenommen, dass diese unabhängig von den Instandsetzungskosten sind.

Zustandsvariablen	r_f	RP_1	gm	lsz	IS
r_f	1.0	-0.5	0.013	-0.436	0.549
RP_1	-0.5	1.0	0.0	0.0	0.0
gm	0.013	0.0	1.0	-0.502	0.0
lsz	-0.436	0.0	-0.502	1.0	0.0
IS	0.549	0.0	0.0	0.0	1.0

^a r_f : Risikoloser Zinssatz (reale 10-jährige Bundesobligation, Monatsdaten, 1989-2016, SNB);
 RP_1 : immobilienmarktspezifische Risikoprämie;
 gm : Mietpreiswachstum, Schweiz (Angebotsmietindex (preisbereinigt), Quartalsdaten, 1989-2016, Schweiz, SNB);
 lsz : Leerstandsziffer, Schweiz (Jahresdaten, 1989-2015, BFS);
 IS : Instandhaltungskosten (Proxy-Variablen: Baupreise, Halbjahresdaten, 1989-2016, BFS)

Tabelle 4: Korrelationen der Zustandsvariablen^a

6.2 Mietpreisentwicklung

Das vom Liegenschaftsbewerter festgelegte reale Mietpreiswachstum, das auf Basis des Marktpotenzials prognostiziert wird, fließt im Sinne des “most-likely“-Szenario als Erwartungswert in die Verteilung ein. Die Standardabweichung wird anhand der Verteilung verfügbarer Daten abgeleitet. Hierfür liegen im Gegensatz zu den Leerstandsziffern keine Daten auf Gemeindeebene vor. Auch auf regionaler Ebene (Mobilité Spatiale) sind für die Mietentwicklung keine Daten verfügbar. Für die Preisentwicklung von Eigentumswohnungen und Einfamilienhäuser hingegen schon. Im Gegensatz zu Hoesli et al. (2006) werden jedoch die Preisindizes nicht als Proxy-Variablen verwendet, weil die Streuung

der Verteilung als zu hoch eingestuft wird. Stattdessen wird mit den preisbereinigten Angebotsmieten⁷⁰ von Homegate gearbeitet. Zwar sind die Daten erst ab 2009 verfügbar dafür für eine Auswahl an Kantonen. Dadurch kann die Streuung des kantonalen Mietpreiswachstums in der Verteilung berücksichtigt werden. Im Portfolio sind lediglich für drei Liegenschaften keine Kantonsdaten (Zug und Fribourg) vorhanden. In dem Fall wurde der Einfachheit halber mit dem Schweizer Indizes gearbeitet. Im Appendix ist für eines der Objekte eine Verteilung des Mietpreiswachstums als Beispiel dargestellt (vgl. Abb. 9, S. 59).

6.3 Leerstandsnummer

Die Verteilung der Leerstandsnummer wird analog zur Mietpreisentwicklung aufgebaut. Der Erwartungswert der jeweiligen Leerstandsnummer entstammt aus den Liegenschaftsbewertungen. Die Werte für die Verteilung (Minimum, Maximum und Standardabweichung) werden von den Leerstandsdaten auf Gemeindeebene des BFS von 2000-2015 festgelegt. Die Standardabweichung wird direkt aus den vergangenen Daten verwendet. Das Minimum und Maximum hingegen wurde basierend auf dem 10%- und 90%-Perzentil der Daten auf das Niveau des Erwartungswertes transformiert. Die 10%- und 90%-Perzentile werden verwendet, um mögliche Ausreisser in der Zeitreihe zu eliminieren.

Eine Beispielsverteilung der Leerstandsnummer ist im Appendix zu finden (vgl. Abb. 10, S. 60). Es handelt sich hierbei um die geschätzte Leerstandsnummer der Liegenschaft Nr. 20 im Jahre 2022.

6.4 Instandsetzungskosten

Die Instandsetzungskosten werden anhand der in der Liegenschaftsbewertung vorliegenden Werte simuliert. Der Erwartungswert entspricht dem vom Liegenschaftsbewerter definierten Wert. Die jeweilige Verteilung weist eine Standardabweichung von 5% des Erwartungswertes auf, das Minimum liegt 10% unterhalb des Erwartungswertes und das

⁷⁰Die Mieten werden zu 40% preisbereinigt, weil die Inflation in der Schweiz zu höchstens 40% an die Mieter abgewälzt werden kann (vgl. Mieterinnen- und Mieterverband (MV) o.J., o.S.).

Maximum 10% darüber. Im Appendix ist ein Beispiel für eine Verteilung der Instandsetzungskosten einer Liegenschaft dargestellt (vgl. Abb. 11, S. 60).

6.5 Diskontierungssatz

Weil die Bewertung in realen Werten vorgenommen wird, muss für die Bewertung der reale Diskontierungssatz berechnet werden. Dieser setzt sich aus dem risikolosen Zinssatz (nominal), der Risikoprämie und der Inflation zusammen. Zur Einfachheit wird in einem ersten Schritt der preisbereinigte risikolose Zinssatz simuliert. In einem zweiten Schritt werden die Risikoprämien eruiert, die dann aggregiert mit dem realen risikolosen Zinssatz den realen Diskontierungssatz ergeben.⁷¹

6.5.1 Risikoloser Zinssatz

Weil Immobilien typischerweise eine lange Haltedauer aufweisen, die meist mehrere Jahre bis Jahrzehnte beträgt, wird für die Schätzung des risikolosen Zinssatz eine langjährige Bundesobligation verwendet.⁷² Während hierfür mehrheitlich die 10-jährige Bundesobligation zum Tragen kommt, empfiehlt Fierz (2011) sogar die Verwendung der Bundesobligation mit einer Laufzeit von 20-30 Jahren.⁷³ In dieser Arbeit wird für die Simulation des risikolosen Zinssatzes die 10-jährige Schweizer Bundesobligation verwendet.

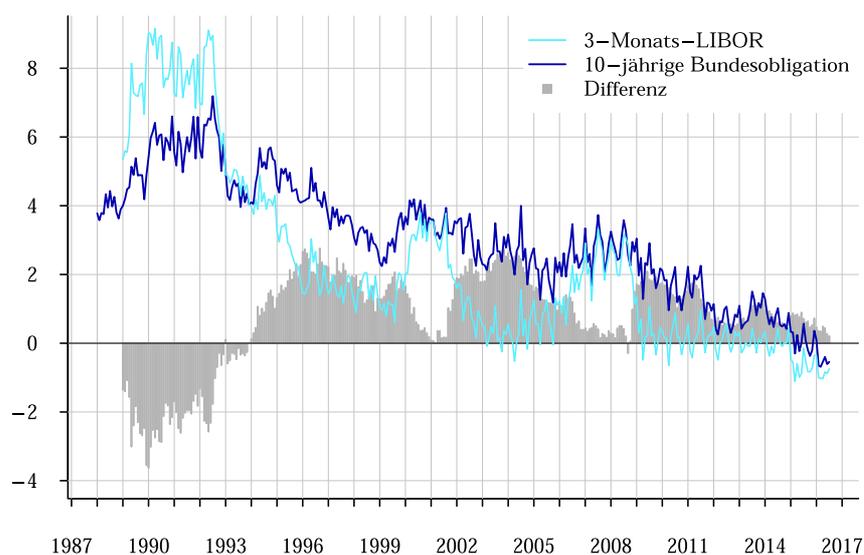
Für die Simulation des realen risikolosen Zinssatzes wird der Einfachheit halber direkt mit realen Eingabegrößen gearbeitet. Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder werden die realen Kurzfristzinsen (3-Monats-LIBOR) in einem ersten Schritt simuliert und dann mittels linearer Transformation, wie sie in Kapitel 5.4 (Formeln 10-17, S. 29) beschrieben wurde, in langfristige Zinsen umgerechnet. Alternativ kann auch das

⁷¹Weil für die Risikoprämie keine (historischen) Daten zur Verfügung stehen, wurde diese auf Basis des verfügbaren Datenmaterials, Beispielen in der Literatur (vgl. Meins und Burkhard 2014, S. 102) und nach eigenem Ermessen festgelegt. Da keine Erfahrungen in der Liegenschaftsschätzung vorhanden sind, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Größen von Experten auf einem anderen Niveau festgelegt würden. Das Niveau soll auch nicht zentraler Gegenstand dieser Arbeit sein, sondern vielmehr das Abbilden der Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Festlegung der Eingabegrößen.

⁷²Vgl. SVKG und SEK/SVIT 2012, S. 110

⁷³Vgl. Fierz 2011, S. 67

Vasicek-Modell direkt für die langfristigen Zinsen angewendet werden. In dieser Analyse wird mit der zweiten Variante gearbeitet. Der Grund liegt in der Differenz zwischen der 10-jährigen Bundesobligation und den Kurzfristzinsen, die über die Zeit stark variiert und kaum durch eine Formel dargestellt werden kann (vgl. Abb. 4). Ausserdem schlägt die Simulation der Kurzfristzinsen und anschliessende Transformation Erwartungswerte für den realen risikolosen Zinssatz vor, die als zu tief erachtet werden. Die Resultate der Variante 1 sind in Abbildungen 12a und 12b im Appendix (S. 61) ersichtlich.



Quelle: SNB, BFS

Abbildung 4: Entwicklung der Realzinsen, 01/1988-06/2016, in %

Als Eingabegrössen für die Simulation müssen die drei Konstanten Mean Reversion Level, Mean Reversion Speed und Volatilität anhand historischer Daten geschätzt werden. Dies erfolgt mittels einer ML-Schätzung. Als Basis hierfür dienen historische Daten der 10-jährigen Bundesobligation. Weil die drei Grössen die Simulationsergebnisse massgeblich beeinflussen (vgl. Kap. 7.3), muss der Zeitraum der Daten mit Vorsicht gewählt werden. Der Startpunkt der Daten wird auf Januar 1993 gesetzt, damit das hohe Zinsniveau der Jahre zuvor (1989-1992) im Nachgang der Immobilienkrise in der Schweiz nicht miteinfliesst (vgl. Abb. 4). Es wird damit unterstellt, dass ein signifikant

höheres Zinsniveau wenig wahrscheinlich ist bzw. dass das gleichgewichtige Zinsniveau - zumindest in gewissem Masse - gesunken ist. Weil aber die Realzinsen in der mittleren bis langen Frist wieder (leicht) steigen können - womit wieder höhere Zinsniveaus als seit 2006 als wahrscheinlich erachtet werden -, wird die Zeitspanne ab 1993 berücksichtigt.⁷⁴

Die Ergebnisse der ML-Schätzung für die drei Konstanten θ , κ sowie σ sind in Tabelle 5 dargestellt. Das Mean Reversion Level beträgt 2.23%, die Mean Reversion Speed 5.3% und die Volatilität 0.47%. Wird das Datensample für die ML-Schätzung ab 1988 verwendet, würde die nachfolgende Simulation gegen ein Mean Reversion Level von 2.72% tendieren, bei einem Datensample ab 2006 hingegen gegen 1.25%. Die Wahl des Datensamples ist demnach zentral.

Konstante	Mean Reversion Level (b)	Mean Reversion Speed (a)	Volatilität (σ)
ML-Schätzung	2.23%	5.20%	0.47%

^a Sample: 10-jährige Bundesobligation (preisbereinigt), 01/1993-06/2016 (monatliche Daten; SNB, BFS)

Tabelle 5: Ergebnisse der ML-Schätzung der Konstanten für das Vasicek-Modell^a

Im zweiten Schritt werden 50'000 verschiedene Zeitreihen der monatlichen Zinsen für den Zeitraum von 2016-2115 anhand des Vasicek-Modells und der MCS simuliert. Der lange Zeitraum resultiert aus der Lebensdauer der Liegenschaften, die sich für alle Liegenschaften auf 100 Jahre beläuft. Weil davon ausgegangen wird, dass die aktuellen Kurzfristzinsen zu tief sind⁷⁵, fließt als Startpunkt für die Simulation nicht das aktuelle Zinsniveau der 10-jährigen Bundesobligation ein. Stattdessen wird das gemäss Taylor Rule⁷⁶ geschätzte Zinsniveau des 3-Monats-LIBOR verwendet.⁷⁷ Anhand der linearen Transformation (Formeln 10-17, S. 29) kann der Startpunkt für die 10-jährige Bunde-

⁷⁴Vgl. Carnazzi und Dumanskaya 2016, S. 18-21

⁷⁵Vgl. Taylor und Wieland 2016, S. 14-17

⁷⁶Die Taylor-Rule ist ein Schätzverfahren um den für die Geldpolitik der Zentralbanken relevanten Gleichgewichtszins zu schätzen. Die hier verwendete Regression schätzt den Zins in Abhängigkeit von Realzinsen, erwarteter Inflation, gleichgewichtige Inflation, BIP, gleichgewichtiges BIP und Außenhandelsverflechtung (vgl. Markov und Nitschka 2013, S. 1-41).

⁷⁷Die Schätzung des aktuellen kurzfristigen Zinsniveaus anhand der Taylor Rule wurde vom Economic Research der Credit Suisse zur Verfügung gestellt.

sobligation berechnet werden. Es resultiert ein Startpunkt von 0.24%.

Abbildung 5 zeigt den Verlauf der realen 10-jährigen Bundesobligation von Anfang 2016 bis Ende 2115 für zehn zufällig gewählte Simulationen. In der Grafik ist auch das Mean Reversion Level, der Erwartungswert und das Konfidenzintervall der Simulation abgebildet. Gut ersichtlich ist wie der Erwartungswert der 50'000 simulierten Zeitreihen in der langen Frist gegen das Mean Reversion Level konvergiert

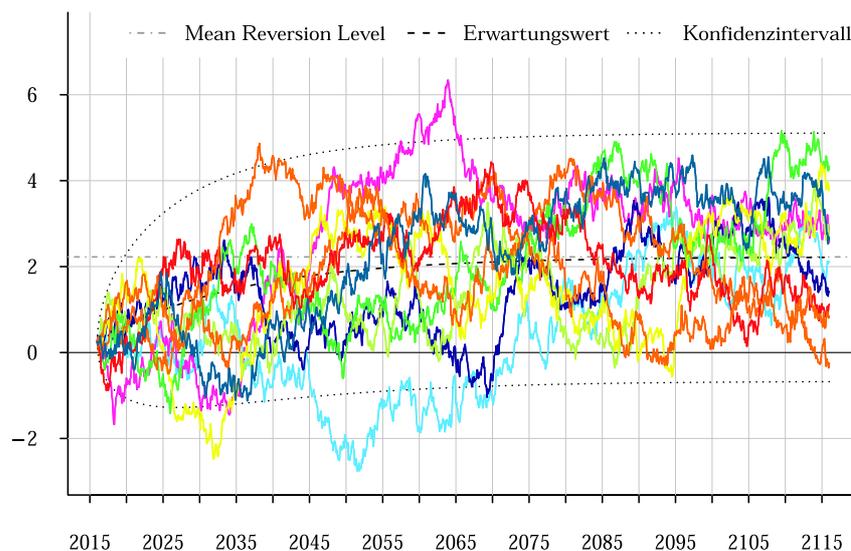


Abbildung 5: Simulierte Entwicklung der 10-jährigen realen Bundesobligation, 2016-2115

Damit die monatlichen Ergebnisse in die Bewertung einfließen können, werden die Werte aus der Simulation zu Jahreswerten aggregiert. Für die Jahre 2016 bis 2025 werden die mittleren Jahreswerte der Simulation berechnet. Für den Endwert werden dagegen die simulierten Zeitreihen der Jahre 2026 bis 2115 aggregiert. Die Dichtefunktion des risikolosen Zinssatzes für die Jahre 2016 bis 2025 sowie für den Endwert (2026-2115) ist in Abbildung 6 dargestellt. Weil der Zinssatz in der langen Frist gegen das Mean Reversion Level konvergiert, verschiebt sich die Verteilung des simulierten realen Zinssatzes - je weiter in die Zukunft geschaut wird - nach rechts in Richtung Mean Reversion Level. So beträgt der Erwartungswert des risikolosen Zinssatzes im Jahr 2017 noch 0.39%,

im Jahr 2025 1.01% und für den Endwert beläuft sich der Erwartungswert auf 1.98%. Ausserdem widerspiegelt die Standardabweichung die Unsicherheiten, die aufgrund der Prognostizierung des risikolosen Zinssatzes auftreten. Für die ersten zehn Jahre gilt: je später die Prognose, desto unsicherer das Ergebnis, desto grösser das Risiko, was sich in einer höheren Standardabweichung widerspiegelt. Im Endwert ist die Standardabweichung wieder etwas kleiner, weil diese im Quadrat (=Volatilität) in der langen Frist der aus der ML-Schätzung eruierten Volatilität entspricht.

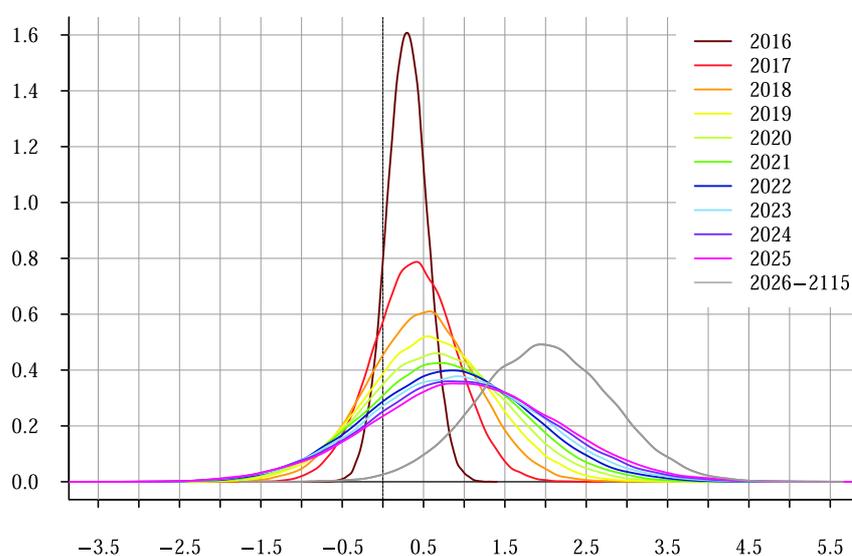


Abbildung 6: Dichtefunktion der simulierten zukünftigen Entwicklung der 10-jährigen realen Bundesobligation, in %

Die Ergebnisse der Simulation des risikolosen Zinssatzes verdeutlichen einerseits, wie wichtig es ist, dass der Zinssatz und damit der Diskontsatz über die Jahre unterschiedliche Werte annehmen kann. Andererseits kann aufgezeigt werden, dass sich die Unsicherheiten mit steigender Jahreszahl erhöhen, was sich in einer höheren Standardabweichung, je weiter es in die Zukunft geht, widerspiegelt. Wird bei einer Immobilienbewertung nur mit dem Erwartungswert ohne Berücksichtigung der Abweichung gearbeitet, so kann dieses Risiko nicht abgebildet werden.

Gemäss Fierz (2011) sollte zur Ermittlung des Basiszinssatzes dem aus der Bundes-

anleihe resultierenden Zinssatz eine Prämie von 0.5%-1.5% addiert werden, weil private Anleger über eine tiefere Bonität als der Staat verfügen.⁷⁸ Da die untersuchten Liegenschaften im Besitz institutioneller Anleger sind, die einen hohen Eigenkapitalanteil haben, dürften diese eine vergleichsweise hohe Bonität aufweisen. Der Zuschlag wird deshalb auf einem Minimum von 0.5% festgelegt und der in Abbildung 6 dargestellten Verteilungen der Zinssimulation aufgeschlagen.

6.5.2 Risikoprämie

Immobilienmarktspezifische Risikoprämie

Es wird unterstellt, dass die immobilienmarktspezifische Risikoprämie Werte zwischen 0.5% und 2% annehmen kann. Die zugrunde liegende Verteilung ist eine Normalverteilung, die allerdings modifiziert wird. Der Erwartungswert wird auf 1.25% festgelegt, die Standardabweichung auf 0.25%, das Minimum auf 0.5% und das Maximum auf 2%. Aus dieser Verteilung werden 50'000 Zufallszahlen gezogen. Die Häufigkeitsverteilung der zufällig gezogenen Werte unter Berücksichtigung der in Abschnitt erläuterten Korrelationen sind in Abbildung 13 im Appendix (S. 62) dargestellt.

Objektspezifische Risikoprämie

Alle drei Komponenten der objektspezifischen Risikoprämie fließen als Kontrollvariable in die Simulation ein. Für die Makro- und Mikrolage wurden lineare Zusammenhänge zwischen den in den Liegenschaftsbewertungen vorhandenen Ratings und dem daraus resultierenden Zuschlag definiert. Die Resultate sind in Tabelle 9 im Appendix (S. 63) dargestellt.

Weil es sich bei allen Objekten um Mietwohnungsliegenschaften handelt, die vergleichsweise eine stabile Nachfrage aufweisen, wird der Zuschlag für die Nutzung auf 0.0% festgelegt.

⁷⁸Fierz 2011, S. 67

7 Ergebnisse

7.1 Simulationsergebnisse

Nachdem alle Zustandsvariablen und ihre Verteilung definiert wurden, kann die Simulation des Barwerts mit 50'000 Wiederholungen jeweils für jedes der 20 Objekte durchgeführt werden. Das Resultat ist 50'000 Barwerte für jeweils 20 Liegenschaften. Abbildung 7 zeigt die relative Häufigkeitsverteilung der 20 Liegenschaften, wobei jede Dichtefunktion ein Objekt darstellt. Die Erwartungswerte der Objekte bewegen sich zwischen CHF 3.6 Mio. und CHF 20.1 Mio.

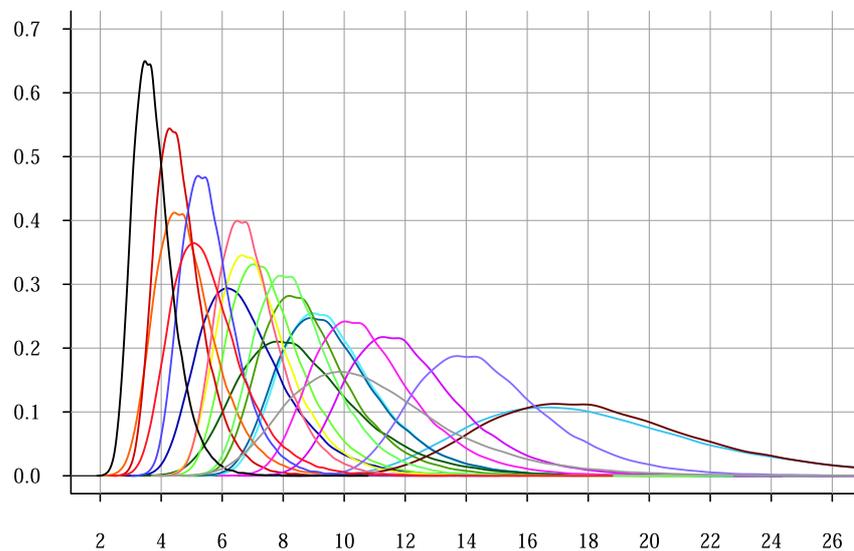


Abbildung 7: Relative Dichtefunktion der simulierten Verkehrswerte aller Objekte, in CHF Mio.

Damit Aussagen auf Portfolioebene möglich sind, werden nun die simulierten Verkehrswerte der 20 Liegenschaften aufsummiert. Das Ergebnis ist erneut eine Häufigkeitsverteilung mit 50'000 Verkehrswerten (vgl. Abb 8). Der Erwartungswert des Liegenschaftsportfolios beträgt CHF 188.9 Mio.

Der anhand der zur Verfügung gestellten Bewertungen errechnete Wert des Portfolios

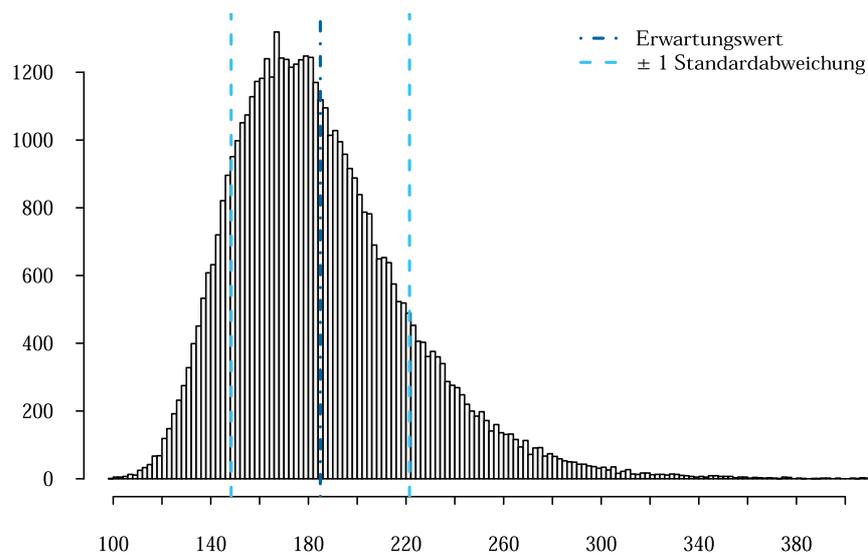


Abbildung 8: Absolute Häufigkeitsverteilung der simulierten Verkehrswerte des Portfolios, in CHF Mio.

liegt mit CHF 173.6 Mio. unter dem simulierten Barwert. Weil für die Mieterträge und Kosten im Erwartungswert mit den Zahlen aus den Bewertungen gearbeitet wurde, dürfte diese Differenz auf die Berechnung des Diskontierungssatzes zurückzuführen sein. Weitere Aussagen, wie diese Differenz zustande kommt, sind jedoch nicht möglich, da der in der Bewertung vorliegende Diskontierungssatz nicht in seine Bestandteile aufgeteilt und entsprechend mit den Annahmen in dieser Arbeit verglichen werden kann.

7.2 Risikobeurteilung

Während bei einer herkömmlichen DCF-Bewertung nur der Barwert der Einzelobjekte und des Portfolios vorliegen, lassen sich nun aufgrund der Verteilung weitere Kennzahlen berechnen. Diese können zusätzlich ausgewertet werden, so dass die Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Prognose der Einflussgrößen und die daraus resultierenden Risiken quantifiziert werden können.

Tabelle 6 enthält die deskriptive Statistik auf Ebene Portfolio. Die deskriptive Statistik für die einzelnen Liegenschaften sind in Tabelle 10 im Appendix (S. 64) nachzulesen.

	min^b	μ^b	max^b	σ^b	Kurtosis	Schiefe
Portfolio	99.9	188.9	586.5	37.4	5.8	1.1

^a min : Minimum, μ : Erwartungswert, max : Maximum, σ : Standardabweichung

^b In CHF Mio.

Tabelle 6: Deskriptive Statistik: Simulation der Verkehrswerte des Liegenschaftsportfolios

Die Standardabweichung, welche die Streuung der Portfoliowerte um den Erwartungswert angibt, beträgt CHF 37.4 Mio.

Die Kurtosis beläuft sich auf 5.8, womit das Portfolio eine Exzess Kurtosis aufweist. Das heisst, dass die Verteilung steiler als die der Normalverteilung ist. Investoren bevorzugen dies, weil die Werte in der Nähe des Erwartungswertes häufiger vorkommen als in einer Normalverteilung. Die Schiefe, ein Mass für die Asymmetrie der Verteilung, beträgt 1.1. Es handelt sich hierbei also um eine rechtsschiefe Verteilung.

Neben den Angaben über die Streuung, die Kurtosis und Schiefe bietet sich gemäss Hoesli et al. (2006)⁷⁹ die Berechnung des VAR als Risikomass an. Der VAR ist ein Risikomass, welches das asymmetrische Risiko misst.⁸⁰ Die asymmetrischen Risikomasse basieren auf der Verlustaversion: Investoren versuchen eine negative Abweichung möglichst zu vermeiden, positive Abweichungen nicht.⁸¹ Ausserdem fliesst die Risikoaversion des Investors in die Zahl ein, weil die Grenze, für welche die VAR-Kennzahl berechnet wird, vom Investor festgelegt wird. Der VAR mit einer vordefinierten Wahrscheinlichkeit gibt an, welcher Barwert nach einer bestimmten Periode nicht unterschritten werden darf. Bei einer Wahrscheinlichkeit von 5% beträgt der VAR für das vorliegende Portfolio CHF 139.2 Mio.

⁷⁹Vgl. Hoesli et al. 2006, S. 114-115

⁸⁰Vgl. Hull 2012, S. 471-473

⁸¹Vgl. Tversky und Kahneman 1979, S. 263

7.3 Sensitivitätsanalyse des risikolosen Zinssatzes

Weil die zukünftige Entwicklung der Zinsen grosse Fragen aufwirft und der Diskontierungssatz den grössten Einfluss auf den Portfoliowert hat, wird die Simulation des risikolosen Zinssatzes in der Analyse einer Sensitivitätsanalyse unterzogen.⁸² Hierfür werden ausgewählte Eingabegrössen des Vasicek-Modells verändert. Tabelle 7 zeigt die Resultate.

Variationen im Vasicek-Modell		min^{ab}	μ^{ab}	max^{ab}	σ^{ab}	Kurtosis	Schiefe
Startpunkt	+100 bp ^c	91.0	173.5	504.1	33.5	5.6	1.1
	-100 bp ^c	101.7	201.1	500.5	41.3	5.6	1.1
Mean Reversion Level (<i>b</i>)	+25%	95.2	169.3	449.9	31.0	5.4	1.1
	-25%	100.2	208.3	946.5	45.5	7.3	1.3
Mean Reversion Speed (<i>a</i>)	+25%	104.7	183.6	421.6	30.8	4.7	0.9
	-25%	90.5	197.4	741.0	50.0	7.6	1.5
Datensample ML-Schätzung	1988-2016	88.2	185.1	840.3	49.9	10.7	1.8
	2006-2016	127.7	212.1	428.5	32.4	4.1	0.8

^a *min*: Minimum, μ : Erwartungswert, *max*: Maximum, σ : Standardabweichung

^b In CHF Mio.

^c bp: Basispunkte

Tabelle 7: Deskriptive Statistik: Sensitivitätsanalyse des risikolosen Zinssatzes

Es zeigt sich, dass eine Erhöhung des Startpunktes des langfristigen Zinssatzes im Vasicek-Modell zu einer deutlichen Reduktion des Portfoliowertes führt. Liegt der Startpunkt bei 1.25%, sinken die Barwerte des Portfolios um CHF 15.5 Mio. oder 8%. Bei einem um 100 Basispunkte (bp) tieferen Startpunkt hingegen erhöht sich der Barwert des Portfolios um CHF 12.2 Mio. bzw. 6%.

Auch eine Veränderung im Gleichgewichtszins (Mean Reversion Level) hat deutliche Auswirkungen auf den Wert des Liegenschaftsportfolios. Wird der Gleichgewichtszins um 25% auf ein Niveau von 2.8% angehoben, so sinkt der Wert des Portfolios um CHF

⁸²Hoesli et al. (2006) weist die Sensitivitätsanalyse auch für die Risikoprämien, das Wachstum der Bruttoeinkommen sowie die Wachstumsrate des Endwertes aus. Es zeigt sich dass Veränderungen im risikolosen Zinssatz und in der Wachstumsrate des Endwertes den grössten Einfluss auf den Immobilienwert haben. Veränderungen in den Risikoprämien oder im Wachstum der Bruttoeinkommen hingegen weniger (vgl. Hoesli et al. 2006, S. 116-119).

19.7 Mio. bzw. 10%. Bei einem um 25% tieferen Gleichgewichtszins (1.7%) steigt der Portfoliowert um CHF 19.3 Mio. bzw. 10%.

Wird die Anziehungskraft des Driftterms im Vasicek-Modell, die Mean Reversion Speed, variiert, fallen die Zu- und Abschläge im Portfoliowert hingegen geringer aus. Die Mean Reversion Speed beeinflusst nicht das Niveau des Zinssatzes sondern die Geschwindigkeit, mit welcher der Zinssatz zum Gleichgewichtszins tendiert. Bei einer um 25% höheren Mean Reversion Speed sinkt der Barwert (-3%) und die Standardabweichung der Portfoliowerte, bei einer tieferen Mean Reversion Speed hingegen erhöhen sich sowohl der Wert als auch die Standardabweichung.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, wie stark sich die Barwerte des Portfolios verändern, wenn die Inputvariablen in der Vasicek-Zinssimulation variieren. Während der Startpunkt der Zinssimulation in den Händen der Zentralbanken liegt, werden die übrigen zwei untersuchten Eingabegrößen durch die Wahl des Datensamples beeinflusst. Je nachdem, was für ein Datensample für die Schätzung der drei Konstanten a , b sowie σ gewählt werden, resultieren andere Werte. Wird bspw. das hohe Zinsniveau der Jahre 1988-1993 berücksichtigt, so resultiert ein Mean Reversion Level von 2.72%, was zu einem um 2% geringeren Portfoliowert von CHF 185.1 Mio. führt. Bei einem Datensample ab 2006 reduziert sich der Gleichgewichtszins hingegen auf 1.25%. Es resultiert ein um CHF 23.2 Mio bzw. 12.3% höherer Portfoliowert.

8 Schlussbemerkungen

8.1 Fazit

Die Bewertung anhand des DCF-Verfahrens hat sich insbesondere bei professionellen und institutionellen Investoren durchgesetzt. Hauptgrund hierfür ist die Dynamisierung der Rechnung: Die Eingabegrößen können in einem bestimmten Zeitraum individuell definiert werden (z.B. grössere Investitionen). Die Festlegung der Eingabegrößen stellt allerdings eine Herausforderung dar. Weil die Inputvariablen zukünftige Entwicklungen abbilden, sind hierfür Prognosen notwendig, welche mit Unsicherheiten verbunden sind. Diesen Unsicherheiten kann aufgrund des deterministischen Ansatzes des klassischen DCF-Verfahrens nicht Rechnung getragen werden. Die daraus resultierenden Risiken können nicht quantifiziert werden.

Die MCS bietet hierfür eine Lösung: Weil ausgewählten Eingabegrößen eine Verteilung unterstellt wird, lässt die MCS Unsicherheiten in den Inputvariablen zu. Damit können die mit den Unsicherheiten verbundenen Risiken quantifiziert und interpretiert werden. Die MCS erlaubt folglich die Barwerte in einem breiteren Kontext zu beurteilen. Dies konnte in der vorliegenden Arbeit bestätigt werden, indem ein Immobilienportfolio mit Hilfe der MCS neu bewertet wurde. Das Portfolio umfasste 20 Wohnliegenschaften im Besitz verschiedener institutioneller Investoren.

Weil die Simulation der Eingabegrößen aufwändig ist, wurde nur eine Auswahl der Inputfaktoren als Zustandsvariablen behandelt. Diese wurden unter Berücksichtigung einer Sensitivitätsanalyse definiert. Hierbei handelt es sich um die Leerstandsnummer, das Mietpreiswachstum, die Instandsetzungskosten, die Risikoprämie und der risikolose Zinssatz. Die übrigen Eingabegrößen flossen als Kontrollvariablen in die Bewertung ein. Damit Abhängigkeiten zwischen den Eingabegrößen möglich sind, wurden zudem Korrelationen in die Analyse eingebaut.

Vier von fünf Zustandsvariablen wurden eine modifizierte Normalverteilung unterstellt. Die Verteilung basiert auf Zahlen aus der ursprünglichen Bewertung und aus verfügbaren Daten. Damit wurde eine Möglichkeit aufgezeigt, wie die Expertise von

Liegenschaftsbewerter in ein Simulationsverfahren in Kombination mit historischen Daten eingebaut werden kann. Die Zinsentwicklung hingegen wurde anhand des Vasicek-Modells, einem Short-Term-Zinsmodell, simuliert.

Die Simulation der Barwerte ergab einen Erwartungswert von CHF 188.9 Mio. Dieser Wert liegt über dem Ergebnis der klassischen Bewertung. Eine Interpretation der Differenz ist aufgrund fehlender Informationen zum Diskontierungssatz nicht möglich. Weil die Resultate der Simulation als Verteilung vorliegen, können aber weitere Informationen heraus gelesen werden. Die Standardabweichung, welche die Streuung der Portfoliowerte um den Erwartungswert angibt, beträgt CHF 37.4 Mio. und es liegt eine Exzess Kurtosis und eine rechtsschiefe Verteilung vor. Die Immobilienbewertung anhand der MCS liefert damit gegenüber der klassischen DCF-Bewertung einen Mehrwert.

Zudem zeigte die Sensitivitätsanalyse, wie sich der Immobilienwert verändert, wenn ein höherer Startpunkt in die Simulation einfließt oder der Gleichgewichtszins auf einem höheren Niveau liegt. Bei einem um 100 bp höheren Startpunkt bspw. sinken die Barwerte des Portfolios um 8%.

8.2 Diskussion

Wie in der klassischen DCF-Methode sind auch die Resultate der MCS stark von den getroffenen Annahmen abhängig. Deshalb gilt es, die Verteilung der Zustandsvariablen mit Vorsicht festzulegen.

In folgenden Fällen ist es zu empfehlen, die Verteilung der Eingabegrößen nicht auf rein historischen Daten zu basieren: Erstens, wenn die Datenlage ungenügend ist, das heisst, wenn keine, zu wenig oder ungeeignete Daten vorhanden sind. Dies traf in dieser Arbeit für die Instandsetzungskosten, die immobilienmarktspezifische Risikoprämie und bedingt auch für das Mietpreiswachstum zu. Zweitens, wenn die Einschätzungen der Liegenschaftsbewerter einen höheren Informationsgehalt liefern als bei Verwendung von rein historischen Daten. Dies kann begründet werden, dass der Liegenschaftsbewerter sich im Detail mit der Immobilie befasst und die Entwicklung besser einschätzen

kann. Dieses Vorgehen wurde für die Leerstände und das Mietpreiswachstum angewendet. In eben genannten zwei Fällen ist es ratsam, die Verteilung anhand der Expertise der Liegenschaftsbewerter zu definieren. Dabei ist zu empfehlen, zum Expertenwissen zusätzlich verfügbares Datenmaterial beizuziehen.

Für die Festlegung der Verteilung durch Experten eignen sich einfache Methoden wie die Dreiecksverteilung.⁸³ Die Lösung, die in dieser Arbeit vorgestellt wurde, stellt eine zusätzliche Möglichkeit dar, wie die Verteilung der Zustandsvariablen in Kombination mit Expertenwissen und historischen Daten festgelegt werden kann. Dieses Vorgehen liefert zwar im Vergleich zur Normalverteilung aus rein historischen Daten nicht die gleichen robusten Ergebnisse. Als Alternative hätte auf die Expertise des Bewerter verzichtet werden müssen, was in der vorliegenden Arbeit als grösseren Qualitätsverlust eingestuft wird.

Für andere Variablen, wie z.B. der risikolose Zinssatz, ist es hingegen ratsam auf komplexere Modelle zurückzugreifen. Allerdings benötigen auch solche Modelle Expertenwissen, wie in einer Sensitivitätsanalyse gezeigt wurde. Der Gleichgewichtszins dürfte - zumindest in gewissem Masse - gesunken sein. Das Datensample als Input für die ML-Schätzung und das Vasicek-Modell konnte entsprechend gewählt werden. Ausserdem wurde in dieser Arbeit aufgrund der Ergebnisse der Taylor Rule angenommen, dass das Niveau der aktuellen Kurzfristzinsen wie auch der Zins der 10-jährigen Bundesobligation zu tief sind. Der Startpunkt der Simulation wurde deshalb leicht angehoben.

Die Vorteile der Liegenschaftsbewertung anhand der MCS haben zwei Aspekte. Einerseits ermöglicht die MCS, dass der Schätzer die Eingabegrössen hinterfragen und den Grössen Wahrscheinlichkeiten zuordnen kann. Andererseits können dem Endnutzer Informationen über die Risiken zur Verfügung gestellt werden, wodurch die Bewertung einen Mehrwert erhält. Weshalb die Liegenschaftsbewertung mittels MCS in der Praxis kaum zur Anwendung kommt, ist auf den ersten Blick nicht ersichtlich.

Einer der Hauptgründe dürfte die Komplexität des Simulationsverfahren und die ho-

⁸³French und Gabrielli 2004, S. 484-500

hen mathematischen und statistischen Anforderungen sein. Softwarelösungen wie Crystal Ball oder @Risk machen es allerdings möglich die MCS vergleichsweise einfach zu implementieren. Zudem stellt die Anwendung von Dreiecksverteilungen trotz ihrer Nachteile eine einfache Möglichkeit dar, das Expertenwissen der Liegenschaftsschätzer in die Bewertung einzubauen. Sobald mit komplexeren Modellen gearbeitet wird, was z.B. bei der Simulation der Zinsentwicklung empfehlenswert ist, ist jedoch entsprechendes Know-How erforderlich.

Nachfrageseitig stehen folgende Gründe im Zentrum. In der Praxis werden von Endnutzer sowie Stakeholder z.B. bei Kreditanträgen, Performance-Aussagen oder Bilanzierung der Immobilien mehrheitlich Punktbewertungen und keine Verteilung verlangt.⁸⁴ In den vergangenen Jahren mussten sich zudem viele Investoren kaum Gedanken über Wertverluste machen. Dies zeigt sich anhand der Entwicklung diverser Indizes. So stieg der von IAZI berechnete Transaktionspreisindex für Wohnrenditeliegenschaften seit dem 1. Quartal 2006 bis zum 2. Quartal 2016 um 3.5% pro Jahr an. Der Immobilienindex der Konferenz der Geschäftsführer von Anlagestiftungen (KGAST)⁸⁵ wies sogar von Januar 2006 bis Juni 2016 ein durchschnittliches Jahreswachstum von 5.4% auf.⁸⁶

Von einer Institutionalisierung der MCS zur Bewertung von Immobilien ist trotz der Vorteile dieses Verfahrens insbesondere aufgrund der Komplexität abzuraten.

Es ist jedoch denkbar, dass die MCS in der Zukunft vermehrt von Investoren nachgefragt wird. Dies gilt sowohl für bestehende Liegenschaften wie auch für Projektentwicklungen. Im Kontext der sich abzeichnenden Überangebote dürften die Zusatzinformationen, welche die MCS liefert, sowohl von Investoren wie auch von Stakeholdern geschätzt werden. So ist es möglich, dass Kreditgeber in Zukunft für Finanzierungsanfragen von Grossprojekten bspw. auch Kennzahlen aus der Verteilung der Bewertung nachfragen.

⁸⁴Vgl. French und Gabrielli 2005, S. 85

⁸⁵Der KGAST Immo-Index beinhaltet die Entwicklung direkter Immobilienanlagen Schweiz der KGAST-Mitglieder, wobei nur Direktanlagen in der Schweiz berücksichtigt sind (vgl. KGAST 2016, o.S.).

⁸⁶Vgl. KGAST 2016, o.S.

8.3 Ausblick

Aufgrund fehlender Daten konnte auf regionale Unterschiede nur beschränkt eingegangen werden. Auf eine Interpretation regionaler Unterschiede wurde deshalb verzichtet. Eine regionale Analyse wäre eine interessante Erweiterung, die allerdings nur Sinn macht, wenn genügend Datenmaterial auf lokaler und regionaler Ebene zur Verfügung steht. Bei einem regionalen Fokus der Analyse könnte nicht nur die Leerstandsziffer und das Mietpreiswachstum, sondern auch die objektspezifische Risikoprämie simuliert werden.

Literaturverzeichnis

- SFAMA. (2015). Richtlinie für die Immobilienfonds, 20.4.2015. Online verfügbar unter: www.sfama.ch/de/selbstregulierung-musterdokumente/immobilienfonds-1; [abgerufen am 23.07.2016]. S. 3-10.
- Atherton, E., French, N. & Gabrielli, L. (2008). Decision theory and real estate development: a note on uncertainty. *Journal of European Real Estate Research*, 1(2008)2, S. 162-182.
- Baroni, M., Barthélémy, F. & Mokrane, M. (2007). Using rents and price dynamics in real estate portfolio valuation. *Property Management*, 25(2007)5, S. 462-286.
- Benninga, S. & Wiener, Z. (1998). Term Structure of Interest Rates. *Mathematics in Education and Research*, 7(1998)2, S. 1-9.
- Boppart, S., Fries, D., Hasenmaile, F., Hürzeler, F., Kaufmann, P., Lüthi, M., Rieder, T. & Waltert, F. (2016). *Schweizer Immobilienmarkt 2016: Vertreibung aus dem Paradies*. Credit Suisse, Investment Solutions and Products. Zürich 2016.
- Byrne, P. (1996). *Risk, Uncertainty and Decision-Making in Property Development, second edition*. New York 1996.
- Carnazzi, S. & Dumanskaya, J. (2016). *Monitor Schweiz: Ein Jahr Negativzinsen*. Credit Suisse, Investment Solutions and Products. Zürich 2015.
- Cox, J. C., Ingersoll, J. E. & Ross, S. A. (1985). A Theory of the term Structure of Interest Rates. *Econometrica*, 53(1985)2, S. 385-407.
- DiPasquale, D. & Weahton, W. C. (1996). *Urban Economics and Real Estate Markets*. New Jersey 1996.
- Dixit, Avinash K. and Pindyck, Robert S. (1994). *Investment under Uncertainty*. New Jersey 1994.

- Fernandez, P. (2005). Equivalence of Ten Different Methods for Valuing Companies by Cash Flow Discounting. *International Journal of Finance Education*, 1(2005)1, S. 141-168.
- Fierz, K. (2011). *Immobilienökonomie und Bewertung von Liegenschaften*. Zürich, Basel, Genf 2011.
- Fishman, G. S. (1996). *Monte Carlo: Concepts, Algorithms, and Applications*. New York 1996.
- French, N. & Gabrielli, L. (2004). The uncertainty of valuation. *Journal of Property Investment & Finance*, 22(2004)6, S. 484-500.
- French, N. & Gabrielli, L. (2005). Discounted cash flow: accounting for uncertainty. *Journal of Property Investment & Finance*, 23(2005)1, S. 75-89.
- Fries, D., Hürzeler, F., Maurer, T., Rieder, T. & Waltert, F. (2016). *Immobilienmonitor Schweiz: Weitere Senkung des Referenzzinssatzes 2017*. Credit Suisse, Investment Solutions and Products. Zürich 2016.
- Geltner, D. M., Miller, N. G., Clayton, J. & Eichholtz, P. (2014). *Commercial Real Estate Analysis and Investments, Third Edition*. Mason 2014.
- Gimpelevich, D. (2011). Simulation-based excess return model for real estate development. *Journal of Property Investment & Finance*, 29(2011)2, S. 115-144.
- Gunnelin, A., Hoesli, M., Hendershott, P. & Söderberg, B. (2004). Determinants of Cross-Sectional Variation in Discount Rates, Growth Rates and Exit Cap Rates. *Journal of Real Estate Economics*, 32(2004)2, S. 217-237.
- Hertz, D. B. (1964). Risk analysis in capital investment. *Harvard Business Review*, 42(1964)1, S. 95-106.
- Hoesli, M., Jani, E. & Bender, A. (2006). Monte Carlo simulations for real estate valuation. *Journal of Property Investment & Finance*, 24(2006)2, S. 102-122.

- Hull, J. C. (2012). *Options, Futures, And Other Derivatives*. Essex 2012.
- Kelliher, C. F. & Mahoney, L. S. (2000). Using Monte Carlo Simulation to Improve Long-Term Investment Decisions. *The Appraisal Journal*, 68(2000)1, S. 44-56.
- KGAST. (2016). KGAST - Immo Index. Online verfügbar unter: <http://www.kgast/immo-index> [abgerufen am 24.07.2016].
- Koller, T., Goedhart, M. & Wessels, D. (2010). *Valuation - Measuring and Managing the Value of Companies*. New York 2010.
- Li, L. H. (2000). Simple computer applications improve the versatility of discounted cash flow analysis. *The Appraisal Journal*, 68(2000)1, S. 86-92.
- Loizou, P. & French, N. (2012). Risk and uncertainty in development: A critical evaluation of using the Monte Carlo simulation method as a decision tool in real estate development projects. *Journal of Property Investment & Finance*, 30(2012)2, S. 198-210.
- Lorenz, D., Trück, D. & Lützkendorf, T. (2006). Addressing risk and uncertainty in property valuations: a viewpoint from Germany. *Journal of Property Investment & Finance*, 24(2006)5, S. 400-433.
- Markov, N. & Nitschka, T. (2013). Estimating Taylor Rules for Switzerland: Evidence from 2000 to 2012. *SNB Working Paper*, 8(2013), S. 1-41.
- Marty, R. & Meins, E. (2015b). Rendite- und Risiko-Kennzahlen für Immobilien aus Nachhaltigkeitssicht. Online verfügbar unter: www.ccrs.uzh.ch/de/Veranstaltungen/vergangene-anlaesse/rendite-und-risikokennzahlen.html [abgerufen am 06.05.2016].
- Meins, E. & Burkhard, H.-P. (2014). *Nachhaltigkeit und Risiken bei Immobilieninvestitionen: Konzepte und Entscheidungsgrundlagen für die Praxis*. Zürich 2014.

- Meins, E. & Sager, D. (2015). Sustainability and Risk: Combining Monte Carlos Simulation and DCF for Swiss residential buildings. *Journal of European Real Estate Research*, 8(2015a)1, S. 66-84.
- Mollart, R. G. (1988). Monte Carlo simulations using LOTUS 123. *Journal of Property Valuation*, 6(1988)4, S. 419-433.
- MSCI IPD. (2016). IPD/Wüest & Partner Schweizer Immobilienindex, 22.03.2016. Online verfügbar unter: www.msci.com/www/ipd-factsheets/ipd-wuest-partner-switzerland/0164581460 [abgerufen am 31.07.2016].
- Müller, P. (2000). Bewertung von Liegenschaften: Vor- und Nachteile der Discounted Cash-Flow-Methode, in: fuw.ch, 29.03.2000. Online verfügbar unter: <http://www.fuw.ch/article/bewertung-von-liegenschaften-ndash-vor/>; [abgerufen am 23.07.2016].
- Mun, J. (2006). *Real Option Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions, Second Edition*. New Jersey 2006.
- MV. (o.J.). Ratgeber Mietrecht: Teuerung. Online verfügbar unter: <https://www.mieterverband.ch/mv/mietrecht-beratung/ratgeber-mietrecht/unterlagen-tools/teuerung.html> [abgerufen am 15.08.2016].
- Palacios, E., Streckeisen, M., Tossut, R. & Wildhaber, M. (2007). Wie genau ist die DCF-Methode? *Immobilien*, (2007)Dezember, S. 21-22.
- Pyhhr, S. (1973). A computer simulation model to measure risk in real estate investment. *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association*, 1(1973)1, S. 48-78.
- Sloman, J. (1997). *Economics, third edition*. Hertfordshire 1997.
- SVKG und SEK/SVIT. (2012). *Das Schweizerische Schätzerhandbuch*. Aarau 2012.

-
- Taylor, J. B. & Wieland, V. (2016). Finding the Equilibrium Real Interest Rate in a Fog of Policy Deviations. *Centre for Economic Policy Research, Discussion Paper*, DP11264(2016)Mai, S. 1-18.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(1979)2, S. 263-292.
- Vasicek, O. (1977). An Equilibrium characterization of the term structure. *Journal of Financial Economics*, 5(1977)2, S. 177-188.
- Wofford, L. E. (1978). A simulation approach to the appraisal of income producing real estate. *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association*, 6(1978)4, S. 370-394.
- W&P. (2016). Medienmitteilung: Immobilienanlagen Schweiz 2015: IPD/Wüest Partner Schweizer Immobilienindex, 22.03.2016. Online verfügbar unter: www.wuestundpartner.com/publikationen/publikationen-schweiz/schweizer-immobilienindex.html [abgerufen am 31.07.2016].

A Appendix

A.1 Daten und Zwischenergebnisse

A.1.1 Korrelationen

Für die Berechnung der Korrelationen wurden verschiedene Mietpreisindizes beigezogen. Es sind dies die hedonischen Transaktionsindizes von Fahrländer Partner AG und W&P sowie die Angebotsmietindizes der SNB und von Homegate. Für die Korrelation zwischen dem (realen) risikolosen Zinssatz und dem (realen) Mietpreiswachstum resultiert mit den Daten von Fahrländer Partner AG, Homegate und der SNB eine schwach positive Korrelationen, bei der Verwendung der W&P- und Homegate-Daten hingegen eine negative. Gemäss dem 4-Quadranten-Modell⁸⁷ führt eine Zinserhöhung über die steigenden Kapitalkosten zu steigenden Mieten, was für eine positive Korrelation spricht. Entsprechend fiel die Wahl auf den Angebotsmietindex der SNB, der eine schwach positive Korrelation aufweist und gleichzeitig die längste Zeitreihe aufweist.

A.1.2 Mietpreiswachstum

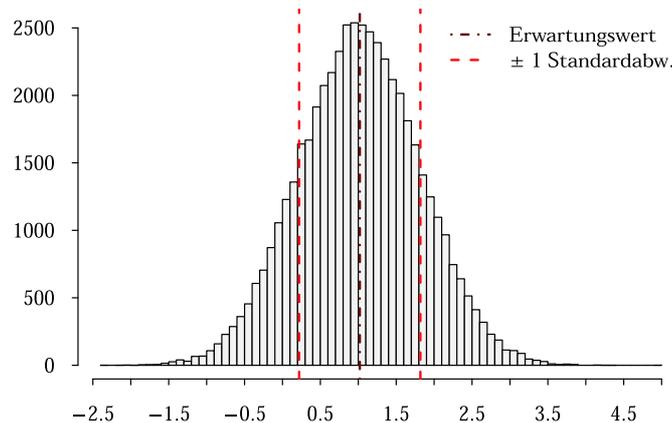


Abbildung 9: Absolute Häufigkeitsverteilung des Mietpreiswachstums, in %, Liegenschaft Nr. 13 im Jahr 2019

⁸⁷Vgl. DiPasquale und Weahton 1996, S. 13-14

A.1.3 Leerstandsnummer

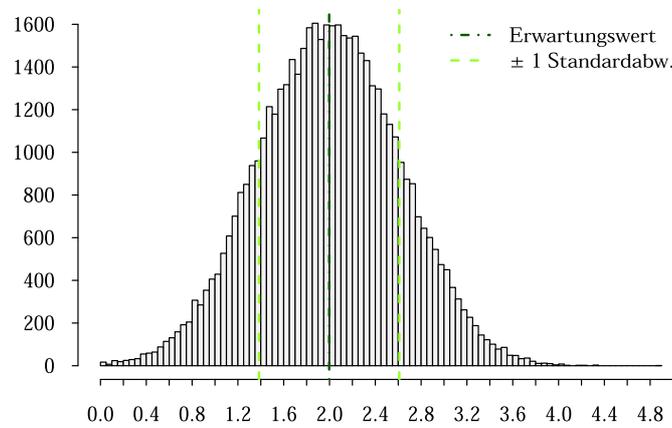


Abbildung 10: Absolute Häufigkeitsverteilung der Leerstandsnummer, in %, Liegenschaft Nr. 20 im Jahr 2022

A.1.4 Instandsetzungskosten

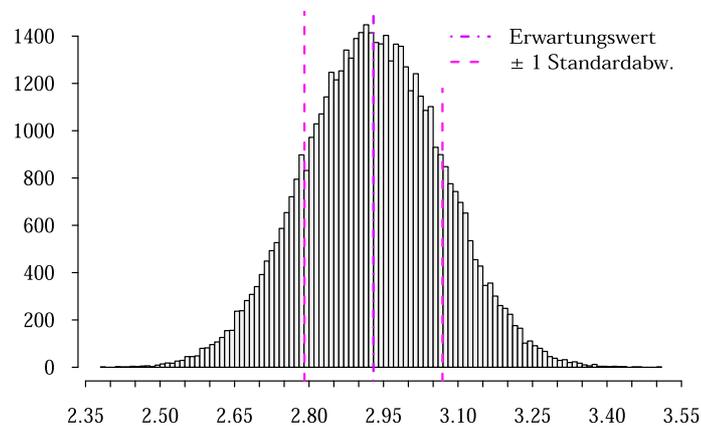
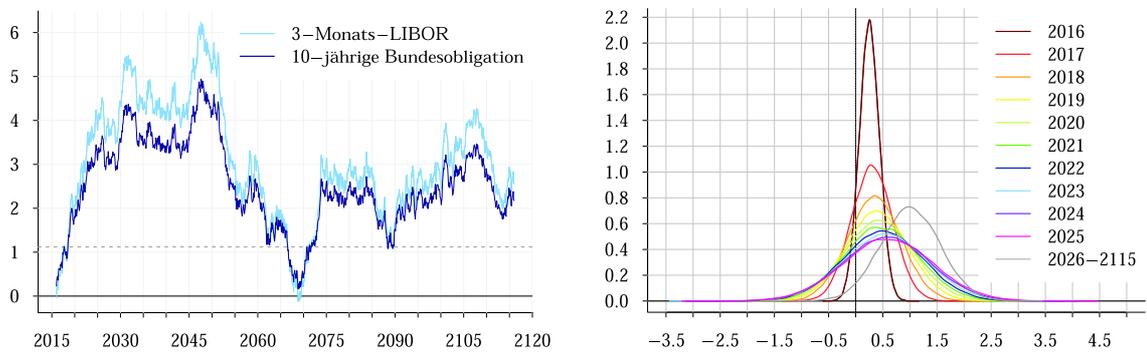


Abbildung 11: Absolute Häufigkeitsverteilung der Instandsetzungskosten, in CHF Mio., Liegenschaft Nr. 5 im Jahr 2019

A.1.5 Simulation Kurzfristzinsen und Transformation

Die zwei Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Simulation der realen Kurzfristzinsen und anschliessenden Transformation. Der Erwartungswert für die 10-jährige Bundesobligation liegt in der langen Frist (Endwert) auf einem Wert von 1.01%. Das auf diese Weise simulierte Zinsniveau wird als zu tief erachtet, weshalb diese Ergebnisse nicht in die Simulation einfließen und stattdessen die 10-jährige Bundesobligation direkt simuliert wird.



(a) Zinsentwicklung gemäss einer Simulationsreihe: 3-Monats-LIBOR und 10-jährige Bundesobligation, in %

(b) Dichtefunktion der Langfristzinsen mit 10-jähriger Laufzeit mittels Transformation der Kurzfristzinsen, in %

Abbildung 12: Simulation Kurzfristzinsen, Transformation und Dichtefunktionen

A.1.6 Zusammenfassung Simulationsergebnisse 10-jährige Bundesobligation

Jahr	Minimum	Erwartungswert	Maximum	Standardabweichung	Kurtosis	Schiefe
2016	-0.90%	0.30%	1.32%	0.25%	3.04	-0.58
2017	-2.15%	0.39%	2.54%	0.51%	3.04	0.09
2018	-2.69%	0.49%	3.34%	0.66%	3.02	-0.16
2019	-2.68%	0.58%	3.82%	0.77%	3.04	-0.82
2020	-3.03%	0.66%	4.39%	0.86%	3.03	0.68
2021	-3.27%	0.74%	5.00%	0.94%	3.02	0.66
2022	-3.07%	0.81%	5.36%	1.00%	3.00	0.74
2023	-3.01%	0.88%	6.17%	1.05%	3.01	1.58
2024	-3.41%	0.95%	6.31%	1.10%	3.02	1.59
2025	-3.86%	1.01%	6.23%	1.13%	3.03	1.26
Endwert	-1.51%	1.98%	5.41%	0.81%	2.99	-0.08

^a Datensample: 10-jährige Bundesobligation (preisbereinigt), 01/1993 - 06/2016, monatliche Daten (SNB, BFS), n = 50'000

Tabelle 8: Deskriptive Statistik: Simulation 10-jährige Bundesobligation ^a

A.1.7 Immobilienmarktspezifische Risikoprämie

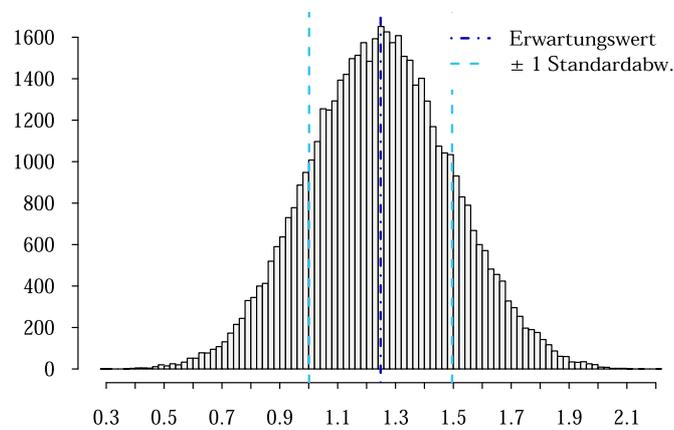


Abbildung 13: Absolute Häufigkeitsverteilung der immobilienmarktspezifischen Risikoprämie, in %

A.1.8 Objektspezifische Risikoprämie

Liegenschaft	Makrolage- rating	Makrolage- zuschlag	Mikrolage-/ Objektrating	Mikrolage-/ Objektzuschlag	Nutzungs- zuschlag
1	1.2	0.3%	1.5	0.1%	0.0%
2	1.2	0.3%	2.0	0.3%	0.0%
3	1.1	0.2%	2.4	0.4%	0.0%
4	1.0	0.2%	3.0	0.5%	0.0%
5	1.5	0.4%	2.4	0.4%	0.0%
6	1.0	0.2%	2.6	0.4%	0.0%
7	1.0	0.2%	2.8	0.5%	0.0%
8	1.3	0.3%	2.0	0.3%	0.0%
9	2.4	0.7%	2.7	0.4%	0.0%
10	1.1	0.2%	2.6	0.4%	0.0%
11	1.9	0.5%	3.0	0.5%	0.0%
12	1.9	0.5%	2.5	0.4%	0.0%
13	1.3	0.3%	2.9	0.5%	0.0%
14	2.7	0.8%	1.9	0.2%	0.0%
15	2.5	0.7%	2.9	0.5%	0.0%
16	2.5	0.7%	3.0	0.5%	0.0%
17	2.5	0.7%	2.5	0.4%	0.0%
18	2.2	0.6%	2.8	0.5%	0.0%
19	2.2	0.6%	2.8	0.4%	0.0%
20	1.2	0.3%	2.4	0.4%	0.0%

Tabelle 9: Zusammensetzung der objektspezifischen Risikoprämien

A.2 Ergebnisse

Liegenschaft	min^b	μ^b	max^b	σ^b	Kurtosis	Schiefe	Schiefe
1	5.6	10.0	30.2	1.8	6.0	1.2	
2	9.2	20.1	73.3	4.8	6.3	1.2	
3	5.4	9.7	29.4	1.8	6.0	1.2	
4	3.4	7.2	25.4	1.6	6.3	1.2	
5	3.7	8.6	30.5	2.1	5.8	1.1	
6	5.4	9.5	28.6	1.8	6.0	1.2	
7	4.4	7.7	22.9	1.4	5.9	1.2	
8	4.2	7.5	22.6	1.4	5.9	1.1	
9	2.1	4.8	15.8	1.1	5.4	1.0	
10	2.7	4.8	14.1	0.9	5.9	1.1	
11	9.3	19.2	61.0	4.1	5.5	1.1	
12	7.2	12.2	33.7	2.1	5.6	1.1	
13	6.5	11.2	31.6	1.9	5.8	1.1	
14	9.3	15.6	41.3	2.6	5.4	1.0	
15	4.1	6.7	17.4	1.1	5.3	1.0	
16	3.3	5.6	15.0	0.9	5.3	1.0	
17	4.6	7.8	20.5	1.3	5.3	1.0	
18	2.7	5.8	19.4	1.3	5.9	1.2	
19	2.0	3.6	10.4	0.7	5.5	1.1	
20	4.7	11.3	43.5	2.9	6.2	1.2	
Portfolio	99.9	188.9	586.5	37.4	5.8	1.1	

^a min : Minimum, μ : Erwartungswert, max : Maximum, σ : Standardabweichung

^b In CHF Mio.

Tabelle 10: Deskriptive Statistik: Simulation der Verkehrswerte für alle 20 Objekte^a

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema

„Unsicherheiten und Risiken in Immobilienbewertungen: Monte-Carlo-Simulation zur Bewertung von Wohnliegenschaften“

selbständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Falle durch Angabe der Quelle (auch der verwendeten Sekundärliteratur) als Entlehnung kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen und wurde auch noch nicht veröffentlicht.

Zürich, 29. August 2016

Denise Fries