

Finanzwissenschaftliches Gutachten

Stadt Linz ./ BAWAG P.S.K.

- Risikoberechnungen im Gerichtsgutachten vom 31.07.2016

07.10.2016

053/0354/20161007

Ansprechpartner:

Jan Hartlieb

Tel.: 0341 / 355 929 30

Dr. Uwe Raabe

Tel.: 0341 / 355 929 44

Dr. Andreas Fichtner

Tel.: 0341 / 355 929 45

David Oberbichler

Tel.: 0341 / 355 929 49

Auftrag	3
1 Zusammenfassung	4
2 Gegenstand der Untersuchung	5
3 Plausibilitätsprüfung	8
3.1 Verluste aus CHF-Anleihe (PF ohne Swap 4175)	9
3.2 PF mit Swap 4175 besser als PF ohne Swap 4175	12
3.3 Außergewöhnliche Wechselkursentwicklung	14
4 Programmierfehler	16
4.1 Fehler im Quellcode	17
4.2 Korrigierte Berechnungen	20
5 Methodische Fehler	22
5.1 Datenbasis	22
5.2 Markterwartungen	23
A Anhang	27
A.1 Währungsnotation	27
A.2 Programmierfehler	27
Gutachter	30
Bearbeiter	31

Haftungshinweis

Die hier vorliegende Analyse wurde über Auftrag der Stadt Linz zu Informationszwecken und zur Vorlage in dem vor dem Handelsgericht Wien anhängigen Zivilprozess gegen die BAWAG P.S.K. Bank für Arbeit und Wirtschaft und Österreichische Postsparkasse Aktiengesellschaft von der SAM Sachsen Asset Management GmbH erstellt und darf für keinen anderen Zweck verwendet werden. Insbesondere ist die sonstige Weitergabe oder eine anderweitige Verwendung nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung der SAM Sachsen Asset Management GmbH erlaubt. Gleiches gilt für eine Textänderung oder eine auszugsweise Verwendung.

Bei der Erstellung dieser Analyse wurden von uns ggf. Informationen von dritten Datenanbietern bzw. Rechenroutinen von dritten Softwareanbietern verwendet, für deren Richtigkeit wir keine Haftung übernehmen. Die SAM Sachsen Asset Management GmbH veröffentlicht ausschließlich produktbezogene Informationen und übernimmt gegenüber Dritten keine Haftung/Gewähr für die Richtigkeit der Angaben.

Auftrag

Auftragsbeschreibung

Die SAM Sachsen Asset Management GmbH („SAM“) wurde durch die Stadt Linz damit beauftragt, die Stadt Linz bei der Auswertung des Gerichtsgutachtens von Prof. Dr. Thorsten Schmidt und Prof. Dr. Uwe Wystup vom 31.07.2016 zu unterstützen. Der Auftrag umfasst insbesondere:

- Die Überprüfung des im Gerichtsgutachten verwendeten Simulationsmodells (Regime-Switching-Modell)
- Die Überprüfung der von den Gerichtsgutachtern durchgeführten Berechnungen.

Ziele der Stadt Linz

Die Stadt Linz befindet sich mit der BAWAG P.S.K. im Rechtsstreit wegen eines Swapgeschäfts. Im Rahmen dieses Rechtsstreits wurde ein Gerichtsgutachten erstellt. Auf Seiten der Stadt Linz ergaben sich erhebliche Zweifel und Bedenken an der Plausibilität und Richtigkeit des von den Gerichtsgutachtern verwendeten Modells, an deren Berechnungen, vor allem aber an den Ergebnissen der Berechnungen.

Sollten sich diese Zweifel und Bedenken aus der Untersuchung bestätigen, so soll dies gutachterlich dokumentiert werden. Das Gutachten soll daher auch der Vorlage bei Gericht dienen.

Verwendete Unterlagen

- Sammelurkunde für eine variable Anleihe der Stadt Linz über 195 Mio. CHF, ISI-Nr. AT0000499819, vom 06.10.2005
- Bestätigung der BAWAG vom 16.02.2007 zum Abschluss einer Transaktion mit „Swap-Ref. Nr. 4175“ (Beilage ./CC)
- Gerichtsgutachten: „In der Rechtssache Stadt Linz gegen BAWAG P.S.K. Handelsgericht Wien 48 CG 218/11k-339“ von Prof. Dr. Thorsten Schmidt und Prof. Dr. Uwe Wystup vom 31.07.2016, nachfolgend kurz „*Gerichtsgutachten*“

1 Zusammenfassung

Am 31.07.2016 legten im Verfahren Linz gegen BAWAG die vom Gericht bestellten Gutachter Prof. Dr. Thorsten Schmidt und Prof. Dr. Uwe Wystup („Gerichtsgutachter“) ein Gutachten zum Swap 4175 vor („Gerichtsgutachten“). In diesem Gerichtsgutachten untersuchen sie unter anderem, ob der Swap 4175 geeignet war, eine Anleihe der Stadt Linz über 195 Mio. CHF („CHF-Anleihe“) zu optimieren. Dabei stützen sich die Gerichtsgutachter hauptsächlich auf die Ergebnisse eines Simulationsmodells, bei dessen Implementierung ihnen jedoch gravierende Fehler unterlaufen sind. Zentrale Aussage der Gerichtsgutachter zu Chancen und Risiken des Swaps 4175 sind daher nicht nur unbegründet, sondern wären bei fehlerfreier Umsetzung des Simulationsmodells zu revidieren.

Plausibilität

In ihren Simulationen vergleichen die Gerichtsgutachter die CHF-Anleihe (*PF ohne Swap 4175*) mit einem Portfolio aus CHF-Anleihe und Swap 4175 (*PF mit Swap 4175*). Neben dem Swap 4175 ist also in den Simulationen auch die CHF-Anleihe relevant. Für diese CHF-Anleihe musste Linz 2007 laut Gerichtsgutachten mit Belastungen von (im Mittel) 256 Mio. EUR bis zu deren Fälligkeit 2017 rechnen. Angesichts dessen, dass Linz 2007 die CHF-Anleihe aber auch für 120 Mio. EUR hätte sofort tilgen können, waren somit laut Gerichtsgutachten Mehrkosten von durchschnittlich 136 Mio. EUR¹ bei Fortführung der CHF-Anleihe zu erwarten. Eine absehbare Kostensteigerung um 113%² ist nicht plausibel. Bei derart desaströsen Aussichten hätte die CHF-Anleihe sofort getilgt werden müssen. Außerdem ist so unverständlich, wieso 2007 in Deutschland und Österreich noch zahlreiche CHF-Finanzierungen mit dem Ziel einer Kostenersparnis abgeschlossen wurden. Bereits einfache Beispielrechnungen zeigen folglich, dass die Ergebnisse der Gerichtsgutachter außerhalb aller Vorstellungen liegen.

Aber nicht nur die absoluten Werte sind nicht plausibel, sondern auch die Relation der Werte zwischen den beiden Portfolios *PF ohne Swap 4175* und *PF mit Swap 4175*. In den statistischen Auswertungen der Gerichtsgutachter ist das *PF mit Swap 4175* durchweg besser,³ obgleich sie anhand eigener Textpassagen und Grafiken zu einem anderen Schluss hätten kommen müssen. Zudem sind die Ausführungen der Gerichtsgutachter zum Risikomanagement des Swaps 4175 überflüssig, wenn er nach ihren Berechnungen risikomindernd auf die CHF-Anleihe wirkt, mithin bereits selbst ein Sicherungsgeschäft ist.

Programmierfehler

Die nicht einleuchtenden Ergebnisse lassen sich auf Fehler im Quellcode zurückführen, der dem Gerichtsgutachten beiliegt. Zuvorderst werden hier CHF-Zahlungen falsch in EUR umgerechnet, indem mit dem EUR/CHF-Wechselkurs multipliziert anstatt durch ihn dividiert wird, bisweilen wird auch die Umrechnung ganz vergessen.⁴ Zudem werden einige Zinszahlungen für nur 60 Tage statt 180 Tage⁵ berechnet und sind so um zwei Drittel zu niedrig. Die Programmierfehler bei CHF-Anleihe und Swap 4175 wirken überdies

¹ 256 Mio. EUR minus 120 Mio. EUR

² 136 Mio. EUR / 120 Mio. EUR

³ Dies meint, dass die statistischen Kenngrößen durchweg besser sind, nicht dass das PF mit Swap bei jeder Realisierung besser abschneidet.

⁴ Letzteres entspricht einem Umrechnungskurs von 1 CHF/EUR.

⁵ Genauer 182 bzw. 183 Tage wegen der Tageszählkonvention act/360.

in entgegengesetzte Richtung. Der CHF-Anleihe werden durch die Programmierfehler zu Unrecht hohe Verluste und dem Swap 4175 zu Unrecht Vorteile für Linz zugeschrieben.

Behebt man diese Fehler, erscheint der Swap 4175 nicht mehr als Sicherungsgeschäft, sondern erhöht das Risiko der Stadt aus der CHF-Anleihe um 29 bzw. 83 Mio. EUR.⁶ Infolgedessen ist der Swap 4175 auch nicht mehr als Optimierung für die CHF-Anleihe anzusehen, da die Gerichtsgutachter dies maßgeblich mit der vermeintlichen Risikominderung durch den Swap 4175 begründeten. Zudem sinkt das Risiko der CHF-Anleihe bei Korrektur der Programmierung beträchtlich. Mehrkosten drohten Linz damit unter der korrigierten Programmierung nicht vorrangig aus der CHF-Anleihe, sondern aus dem Swap 4175.

Methodische Fehler

Gleichwohl können auch die korrigierten Ergebnisse der Gerichtsgutachter nicht überzeugen, insbesondere wenn man sie an den Ansprüchen der Gerichtsgutachter misst. So bemängeln die Gerichtsgutachter an den von ihnen geprüften Parteigutachten, dass eine Datenhistorie von acht Jahren zur Beurteilung eines Geschäfts mit über zehn Jahren Laufzeit zu kurz sei, greifen aber selbst auf eine achtjährige Historie zurück. Die von ihnen quasi mit null angesetzte Drift gilt ihnen bei Beurteilung anderer Arbeiten als „*fragwürdiges Verfahren*“. Eine Drift von null bei Risikoberechnungen über eine lange Zeitspanne ist zudem nicht Industriestandard.

Passt man den (korrigierten) Quellcode der Gerichtsgutachter dahingehend an, dass er eine längere Datenhistorie⁷ auswertet, zeigt der Swap 4175 nicht nur eine Risikoausweitung um mehrere 100 Mio. EUR, sondern bringt auch im Mittel Nachteile von über 40 Mio. EUR. Ein ähnliches Resultat liefert die Anpassung der Drift an die Markterwartungen.⁸ Auch hier musste Linz also mit hohen Verlusten aus dem Swap rechnen und war zudem der Gefahr ausgesetzt, dass die Verluste aus dem Swap 4175 sogar ein Vielfaches des Werts der CHF-Anleihe betragen. Die tatsächliche Entwicklung des Swaps 4175 spiegelt sich also bei diesen Anpassungen auch im Risiko wider.

Nimmt man die beschriebenen Anpassungen vor, erscheint zudem der tatsächliche Rückgang des EUR/CHF-Wechselkurses seit 2007 um bis zu 40% nicht mehr als einzigartiges Ereignis, mit dem 2007 nicht zu rechnen war. Auch dies ist ein beachtliches Manko des Gerichtsgutachtens - schließlich ist die Finanzkrise nicht die erste Krise, die die Devisenmärkte erschütterte.⁹ Zudem sind derartige Kursbewegungen über einen so langen Zeitraum in allen wichtigen Wechselkurszeitreihen zu sehen.

2 Gegenstand der Untersuchung

Den Gerichtsgutachtern wurden verschiedene Fragen zu einem zwischen der Stadt Linz und der BAWAG P.S.K. streitigen Swapgeschäft, dem sogenannten Swap 4175 vorgelegt.

⁶ Die Gerichtsgutachter messen das Risiko anhand des Value-at-Risk (95%) und des Value-at-Risk (99%).

⁷ 15 Jahre statt 8 Jahre

⁸ Beide Änderungen lassen sich sehr leicht umsetzen. Die Verlängerung der Datenhistorie erfordert quasi gar keinen Eingriff in die Programmierung.

⁹ Allein in den 1990er-Jahren gab es drei große Währungskrisen (Tequilla-Krise, Asienkrise, Brasilienkrise) sowie die Spekulation von George Soros, die zum Ausscheiden des britischen Pfunds aus dem Europäischen Währungssystem (EWS) führte. Des Weiteren gab es im gleichen Zeitraum zahlreiche Wirtschaftskrisen (z.B. Asienkrise, Russland-Krise, Nordische Bankenkrise), die ebenfalls Auswirkungen auf Wechselkurse hatten.

Einige dieser Fragen beantworten die Gerichtsgutachter anhand einer numerischen Simulation, indem sie diverse statistische Größen bestimmen und interpretieren. Hierbei stehen die mit dem Abschluss des Swaps 4175 einhergehenden Änderungen der statistischen Größen im Zentrum. Infolgedessen beziehen die Gerichtsgutachter in ihre Simulationen auch das dem Swap 4175 zugeordnete Grundgeschäft, nachfolgend CHF-Anleihe, ein und vergleichen zwei Portfolien:

<i>Portfolio (PF) ohne Swap</i>	<i>Portfolio (PF) mit Swap</i>
<ul style="list-style-type: none"> • CHF-Anleihe 	<ul style="list-style-type: none"> • CHF-Anleihe • Swap 4175

Für diese Portfolien untersuchen die Gerichtsgutachter den Geschäftsausgang im Rahmen ihres Simulationsmodells. Auf Basis der bei Abschluss des Swaps 4175 Anfang 2007 bekannten Marktdaten simulieren sie dabei die zukünftige Entwicklung von EUR/CHF-Wechselkurs, 6-Monats-CHF-Libor und 6-Monats-Euribor von Anfang 2007 bis zum Laufzeitende der Portfolien Ende 2017.¹⁰ Innerhalb eines Simulationslaufs erhalten sie anhand des 6-Monats-CHF-Libors eine mögliche Sequenz von Zinszahlungen¹¹ in Schweizer Franken (CHF). Diese Zinszahlungen werden mit der zugleich simulierten Sequenz von EUR/CHF-Wechselkursen sofort in Euro (EUR) konvertiert, so dass eine Folge von EUR-Zahlungen verbleibt.¹² Mit Hilfe des 6-Monats-Euribors werden diese EUR-Zahlungen schließlich auf den Beginn der Simulation¹³ diskontiert und addiert.¹⁴ Es verbleibt damit für jeden Simulationslauf eine Zahl, genauer ein EUR-Betrag, der nachfolgend als EUR-Realisierung bezeichnet werden soll. Da die einzelnen Entwicklungen von EUR/CHF-Wechselkurs, 6-Monats-CHF-Libor und 6-Monats-Euribor zufällig erzeugt („ausgewürfelt“) werden, unterscheiden sich auch die EUR-Realisierungen.

Für die weitere Diskussion der Simulation ist damit zwischen zwei Begriffen zu unterscheiden. Als Pfad wird nachfolgend eine zufällig erzeugte (gemeinsame) Entwicklung von EUR/CHF-Wechselkurs, 6-Monats-Euribor und 6-Monats-CHF-Libor bezeichnet. Das Ergebnis eines solchen Pfades, d.h. der in EUR ausgedrückte Vor- oder Nachteil von Linz, wenn sich die Zukunft tatsächlich so entwickeln würde, heißt EUR-Realisierung.

Ihre statistischen Aussagen treffen die Gerichtsgutachter über 3.000 EUR-Realisierungen.¹⁵ Hierzu berechnen sie aus den 3.000 Realisierungen verschiedene Kenngrößen:

Median	Mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% ist eine EUR-Realisierung besser als der Median. ¹⁶
---------------	---

¹⁰ Die CHF-Anleihe endet am 14.10.2017, der Swap 4175 am 15.04.2017.

¹¹ Zahlungen der Stadt haben dabei negatives, Zahlungen der Bank positives Vorzeichen.

¹² Im Falle des Swap 4175 ergeben sich die CHF-Zinszahlungen sowohl aus der Entwicklung des 6-Monats-CHF-Libors als auch der des EUR/CHF-Wechselkurses („FX-Adjustment“).

¹³ Abschlusszeitpunkt des Swaps 4175, d.h. Anfang 2007

¹⁴ Die Schlussstilgung der CHF-Anleihe wird ebenfalls mit für das Laufzeitende der CHF-Anleihe simulierten EUR/CHF-Wechselkurs in EUR konvertiert und danach auf den Simulationsbeginn diskontiert.

¹⁵ Gerichtsgutachten S.34

¹⁶ Die 3.000 EUR-Realisierungen werden der Größe nach geordnet. Der 1.500ste Wert dieser geordneten EUR-Realisierungen ist der Median.

Mittelwert	Durchschnittswert aller 3.000 EUR-Realisierungen. ¹⁷
Varianz	Streuung der EUR-Realisierungen. Je höher die Varianz, desto deutlicher weichen einzelne EUR-Realisierungen vom Mittelwert ab.
Value-at-Risk (95%)	5% aller EUR-Realisierungen sind schlechter als der Value-at-Risk (95%). ¹⁸
Value-at-Risk (99%)	1% aller EUR-Realisierungen sind schlechter als der Value-at-Risk (99%). ¹⁹

Den Value-at-Risk (95%) und (99%) geben die Gerichtsgutachter dabei mit positivem Vorzeichen an.²⁰ Diese Werte werden daher von den Gerichtsgutachtern so verstanden, dass in 5% bzw. 1% aller EUR-Realisierungen der Verlust der Stadt höher als der Value-at-Risk ist.²¹ Einige der Kennzahlen illustriert Abbildung 1.

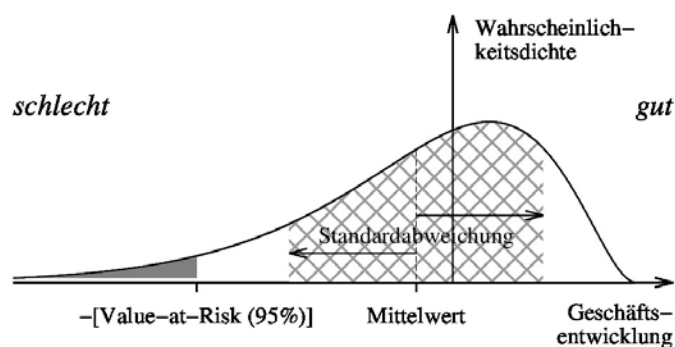


Abbildung 1: Statistische Kennzahlen - Illustration.

Abbildung 2 zeigt für typische Zahlenwerte,²² ob es für Linz von Vorteil (grün) oder Nachteil (rot) ist, wenn die Kenngrößen größer (rechts) oder kleiner (links) werden.

¹⁷ Die 3.000 EUR-Realisierungen werden addiert. Die Summe wird durch 3.000 geteilt.

¹⁸ Die 3.000 EUR-Realisierungen werden der Größe nach geordnet, von klein nach groß. Der 150ste Wert dieser geordneten EUR-Realisierungen ist der (negative) Value-at-Risk (95%).

¹⁹ Die 3.000 EUR-Realisierungen werden der Größe nach geordnet, von klein nach groß. Der 30ste Wert dieser geordneten EUR-Realisierungen ist der (negative) Value-at-Risk (99%)

²⁰ Die EUR-Realisierungen der Portfolios sind hingegen (fast) alle negativ, vgl. Gerichtsgutachten S.41, Grafik 2.6

²¹ Typischerweise werden bei Risikountersuchungen nur unerwartete Verluste betrachtet. Im vorliegenden Fall würde also die Tilgung der CHF-Anleihe von 120 Mio. abgezogen, da die Anleihe zu tilgen kein Risiko darstellt. Riskant ist lediglich, dass Mehrkosten gegenüber der sofortigen Tilgung entstehen.

²² Median, Mittelwert und Value-at-Risk werden von den Gerichtsgutachtern durchweg in Mio. EUR angeben. Die Einheit der Varianz ist 10^{14} EUR².

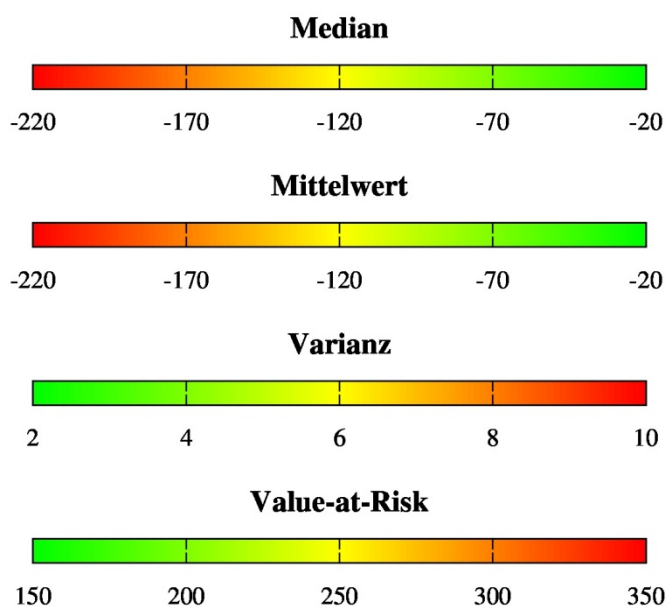


Abbildung 2: Auswirkungen auf Linz, wenn die Kenngrößen sinken oder steigen, am Beispiel typischer Zahlenwerte. Grün bedeutet besser, rot bedeutet schlechter.

Zusätzlich zu diesen Kenngrößen, die für jedes Portfolio allein berechnet werden können, geben die Gerichtsgutachter auch die *Outperformance* an. Hierbei simulieren sie das *PF ohne Swap 4175* und das *PF mit Swap 4175* gemeinsam, und vergleichen für jede EUR-Realisierung, ob das *PF mit Swap 4175* für die Stadt besser ist.²³ Da sich beide Portfolios gerade um den Swap 4175 unterscheiden, gibt die Outperformance zugleich die Wahrscheinlichkeit an, dass eine EUR-Realisierung des Swaps 4175 allein im Plus endet.

Die von den Gerichtsgutachtern herangezogenen Größen sind zwar üblich, dennoch werden sie von den Gerichtsgutachtern ungewöhnlich definiert. Typischerweise werden bei Risikountersuchungen nur unerwartete Verluste betrachtet. Im vorliegenden Fall würde also die Tilgung der CHF-Anleihe von 120 Mio. abgezogen, da die Anleihe zu tilgen kein Risiko darstellt. Riskant ist lediglich, dass Mehrkosten gegenüber der sofortigen Tilgung entstehen. Wären die Gerichtsgutachter so vorgegangen, hätten beide Portfolios einen um 120 Mio. EUR höheren Mittelwert und Median sowie einen um 120 Mio. EUR niedrigeren Value-at-Risk, als die Gerichtsgutachter ausweisen. Für die qualitative Untersuchung des *PF ohne Swap 4175* im Vergleich zum *PF mit 4175* hat dies zwar keine Auswirkungen, allerdings erschiene die CHF-Anleihe nicht mehr unnötig gefährlich. Zudem wäre den Gerichtsgutachtern dann womöglich aufgefallen, dass ihre Ergebnisse nicht plausibel sind, da sich nach ihren Simulationen die CHF-Anleihe immer zum Nachteil von Linz entwickelt,²⁴ wie u.a. in Abschnitt 3 aufgezeigt wird.

3 Plausibilitätsprüfung

Die von den Gerichtsgutachtern berechneten Kenngrößen zeigt Tabelle 1. Das *PF mit Swap 4175* ist danach in allen Belangen besser als das *PF ohne Swap 4175*.²⁵ Durch den

²³ Gerichtsgutachten S.38

²⁴ Normalerweise müsste es ab und zu von Vorteil sein, die CHF-Anleihe nicht sofort zu tilgen, d.h. bspw. durch eine festverzinsliche EUR-Anleihe über 120 Mio. EUR abzulösen.

²⁵ Vorteilhaft für Linz sind: hoher Median, hoher Mittelwert, kleiner Value-at-Risk. Oft gilt auch eine kleine Varianz als vorteilhaft, hierzu sind allerdings keine Pauschalaussagen möglich.

Swap 4175 werden nicht nur die Belastungen reduziert, sondern auch das Risiko gemindert.

	PF ohne Swap 4175	PF mit Swap 4175
Median	- 255 Mio EUR	- 237 Mio EUR
Mittelwert	-256 Mio EUR	-235 Mio EUR
Varianz	$8,8 * 10^{14}$	$6,7 * 10^{14}$
Value-at-Risk (95%)	306 Mio EUR	283 Mio EUR
Value-at-Risk (99%)	331 Mio EUR	306 Mio EUR
Anzahl Outperformances (mit Konfidenzintervall)		87,8 % (86,7 – 89,1 %)

Tabelle 1: Statistische Kenngrößen, Gerichtsgutachten, Seite 37. ²⁶

3.1 Verluste aus CHF-Anleihe (PF ohne Swap 4175)

Vergleicht man diese Zahlen mit anderen Angaben im Gerichtsgutachten, so fällt zuvorderst die Diskrepanz zum Wert der CHF-Anleihe auf. Die CHF-Anleihe hat bei Simulationsbeginn einen Wert von rund -195 Mio. CHF bzw. -120 Mio. EUR aus Sicht der Stadt.²⁷ Mit diesem Betrag bewertete der Markt die in der CHF-Anleihe ausstehenden Zahlungen der Stadt bei Simulationsbeginn. Im Simulationsmodell entspricht das *PF ohne Swap 4175* der CHF-Anleihe. Anhand der Zahlen von Tabelle 1 sind damit die auf Linz zukommenden Belastungen aus der CHF-Anleihe im Simulationsmodell im Schnitt mehr als doppelt so hoch wie ihr Marktwert. Nach dem Simulationsmodell der Gerichtsgutachter musste also Linz bei Abschluss des Swaps 4175 damit rechnen, im Mittel noch 256 Mio. EUR Zins und Tilgung für die CHF-Anleihe zu zahlen, während sich Linz sogleich hätte für 120 Mio. EUR von der CHF-Anleihe lösen können. Die Wahrscheinlichkeit, dass die CHF-Anleihe während der Restlaufzeit Kosten unter ihrem Marktwert verursacht, ist laut Gerichtsgutachten praktisch null.²⁸ Laut den Ergebnissen der Gerichtsgutachter wäre es also immer besser gewesen, die CHF-Anleihe sofort zu tilgen, d.h. durch eine risikofreie EUR-Anleihe abzulösen.

Auch mit den Zwischenergebnissen ihrer Simulation sind die Werte der Gerichtsgutachter in Tabelle 1 nicht in Einklang zu bringen. Über alle 3.000 Simulationen²⁹ und die gesamte

²⁶ Die Ergebnisse in Abschnitt 2.6.2 des Gerichtsgutachtens sind zum Teil bereits in sich widersprüchlich. So beträgt gemäß Grafik 2.2 auf Seite 34 der Median für das Portfolio ohne Swap -280 Mio. EUR, und für den Value-at-Risk (95%) und den Value-at-Risk (99%) ergibt sich ein Wert von -337 Mio. EUR bzw. -362 Mio. EUR. Dies widerspricht den Angaben in der Tabelle auf Seite 37 des Gerichtsgutachtens. Abweichende Zahlen finden sich auch auf Seite 46 des Gerichtsgutachtens.

²⁷ Der Nennbetrag der CHF-Anleihe ist 195 Mio. CHF. Da die CHF-Anleihe variabel verzinst ist, ihre Konditionen also fortlaufend an Marktveränderungen angepasst werden, entspricht ihr Marktwert jederzeit in etwa ihrem Nennbetrag. Da der Nennbetrag am Abschlussstag des Swaps 4175 einen Gegenwert von 120 Mio. EUR hatte (Gerichtsgutachten S.120), hätte Linz folglich damals die CHF-Anleihe für 120 Mio. EUR sofort tilgen können.

Vgl. u.a. aus John C. Hull: „Optionen, Futures und andere Derivate“, 7. Auflage, Pearson (2009), S.208

²⁸ Mit einer Wahrscheinlichkeit von 1% liegen die Kosten unter 193 Mio., vgl. Gerichtsgutachten S.36

²⁹ Die Zahl der von den Gerichtsgutachtern durchgeführten Simulationen ist angesichts der Streuung der EUR-Realisierungen ausgesprochen niedrig, immerhin wird der Value-at-Risk (99%) so vom 30. Wert der der Größe nach geordneten EUR-Realisierungen bestimmt. Mit einem handelsüblichen Arbeitsplatzrechner sind leicht 50.000 Simulationen möglich. Zudem könnte die

Laufzeit der Portfolien hinweg liegt der EUR/CHF-Wechselkurs im Mittel bei 1,64 CHF/EUR. Der 6-Monats-CHF-Libor beträgt bei den Simulationen im Mittel 3,1% p.a., der 6-Monats-Euribor 4,6% p.a. Nimmt man diese Werte als einen Pfad, wie er in der Simulation hätte auftreten können, ergibt sich Tabelle 2. Dort wird jede einzelne Zahlung der CHF-Anleihe bis zu deren Laufzeitende berechnet und auf Anfang 2007 diskontiert. Die einzelnen Spalten ergeben sich unter Beachtung des Nennbetrags der CHF-Anleihe von 195 Mio. CHF wie folgt:

$$[\text{Zahlung in Mio. CHF}] = \left[\frac{\text{Zinsperiode}}{\text{Dauer}} \right] \times \left[\frac{6 - \text{Monats}}{\text{Zinssatz CHF}} \right] \times \text{Nennbetrag}$$

In der letzten Periode kommt noch der Nennbetrag hinzu. Zusätzlich ist beim Zinssatz ein kleiner Aufschlag von 0,049% p.a. zu beachten.³⁰ Dividiert durch EUR/CHF-Wechselkurs folgt der EUR-Gegenwert der CHF-Zahlungen.

$$[\text{Zahlung in Mio. EUR}] = \frac{[\text{Zahlung in Mio. CHF}]}{\left[\frac{\text{EUR}}{\text{CHF}} - \text{Wechselkurs} \right]}$$

Diese EUR-Zahlungen werden auf den Simulationsbeginn Anfang 2007 diskontiert.³¹

$$[\text{Zahlung in Mio. EUR disk.}] = [\text{Zahlung in Mio. EUR}] \times [\text{Diskontfaktor}]$$

Die Summe dieser diskontierten EUR-Zahlungen, unten rechts in Tabelle 2, stellt das Ergebnis dieses Pfades, sprich die EUR-Realisierung, dar.

Rechenzeit durch Ein-Schritt-Simulationen zwischen den Zins- und Switching-Terminen erheblich beschleunigt und die Zahl der verwendeten Pseudozufallszahlen beträchtlich reduziert werden.

³⁰ Der Zinssatz für die erste Zinszahlung wurde bereits im Oktober 2006 festgestellt (1,94% p.a. zzgl. 0,049% p.a.). Damit stand die Höhe der ersten Zinszahlung der Anleihe in CHF bei Abschluss des Swaps 4175 bereits fest. Dies wurde in Tabelle 2 berücksichtigt.

³¹ Der Diskontfaktor ergibt sich aus dem 6-Monats-Euribor.

Zinsperiode		6-Monats-Zinssatz		Diskont- faktor	EUR/CHF- Wechselkurs	Zahlung in Mio.		
Nr.	Dauer	CHF	EUR			CHF	EUR	disk.
1	0,50	3,1%	4,6%	0,9924	1,64	-1,9	-1,2	-1,2
2	0,50	3,1%	4,6%	0,9701	1,64	-3,1	-1,9	-1,8
3	0,50	3,1%	4,6%	0,9483	1,64	-3,1	-1,9	-1,8
4	0,50	3,1%	4,6%	0,9269	1,64	-3,1	-1,9	-1,7
5	0,50	3,1%	4,6%	0,9061	1,64	-3,1	-1,9	-1,7
6	0,50	3,1%	4,6%	0,8857	1,64	-3,1	-1,9	-1,7
7	0,50	3,1%	4,6%	0,8658	1,64	-3,1	-1,9	-1,6
8	0,50	3,1%	4,6%	0,8464	1,64	-3,1	-1,9	-1,6
9	0,50	3,1%	4,6%	0,8273	1,64	-3,1	-1,9	-1,5
10	0,50	3,1%	4,6%	0,8087	1,64	-3,1	-1,9	-1,5
11	0,50	3,1%	4,6%	0,7905	1,64	-3,1	-1,9	-1,5
12	0,50	3,1%	4,6%	0,7728	1,64	-3,1	-1,9	-1,4
13	0,50	3,1%	4,6%	0,7554	1,64	-3,1	-1,9	-1,4
14	0,50	3,1%	4,6%	0,7384	1,64	-3,1	-1,9	-1,4
15	0,50	3,1%	4,6%	0,7218	1,64	-3,1	-1,9	-1,4
16	0,50	3,1%	4,6%	0,7056	1,64	-3,1	-1,9	-1,3
17	0,50	3,1%	4,6%	0,6897	1,64	-3,1	-1,9	-1,3
18	0,50	3,1%	4,6%	0,6742	1,64	-3,1	-1,9	-1,3
19	0,50	3,1%	4,6%	0,6591	1,64	-3,1	-1,9	-1,2
20	0,50	3,1%	4,6%	0,6442	1,64	-3,1	-1,9	-1,2
21	0,50	3,1%	4,6%	0,6298	1,64	-3,1	-1,9	-1,2
22	0,50	3,1%	4,6%	0,6156	1,64	-198,1	-120,8	-74,3
Diskontierter Wert von Zins und Tilgung der CHF-Anleihe in Mio. EUR:								-105,0

Tabelle 2: Summe aller (diskontierten) Zahlungen der CHF-Anleihe unter den im Mittel von den Gerichtsgutachtern simulierten Zinssätzen und Wechselkursen.³²

Da in Tabelle 2 die Durchschnittswerte der von den Gerichtsgutachtern simulierten Zinssätze und Wechselkurse angesetzt wurden, sollten die zugehörige EUR-Realisierung von -105 Mio. EUR auch in etwa dem Mittelwert des *PF ohne Swap 4175* entsprechen. Den Mittelwert des *PF ohne Swap 4175* geben die Gerichtsgutachter aber mit -256 Mio. EUR an. Um auf den Mittelwert der Gerichtsgutachter zu kommen, benötigte man hingegen sehr unrealistische Zinssätze oder Wechselkurse:

- Beließe man EUR/CHF-Wechselkurs und 6-Monats-Euribor wie in Tabelle 2, d.h. bei den Durchschnittswerten der Gerichtsgutachter, müsste der 6-Monats-CHF-Libor durchweg **18,6% p.a.** betragen.
- Beließe man die Zinssätze wie in Tabelle 2, d.h. bei den Durchschnittswerten der Gerichtsgutachter, wäre ein EUR/CHF-Wechselkurs von durchweg **0,67CHF pro EUR** nötig.

³² Die Dauer der Zinsperiode ist damit in Jahren angegeben, die Zinssätze verstehen sich p.a., der Wechselkurs in CHF pro EUR.

Innerhalb der Simulation kommen diese Werte praktisch nicht vor. In weniger als 1% aller Simulationsläufe sinkt der EUR/CHF-Wechselkurs überhaupt unter 1,26 CHF pro EUR.³³ Auch Zinssätze über 10% sind sehr selten, wie Abbildung 3 illustriert.

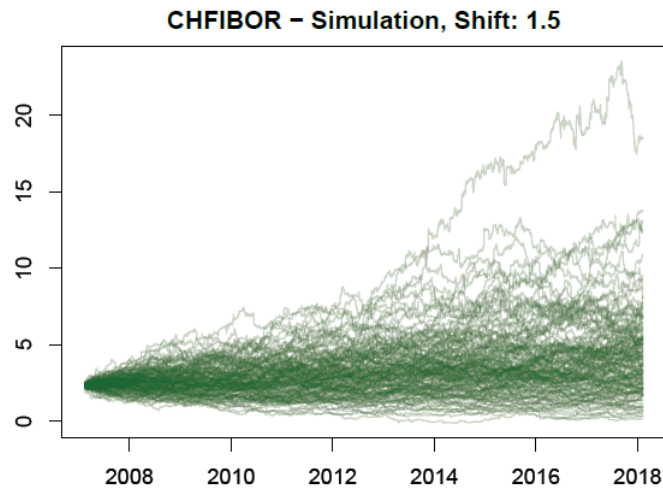


Abbildung 3: 150 simulierte Pfade des 6-Monats-CHF-Libors (Einheit % p.a.) auf Basis des im Gerichtsgutachten verwendeten Simulationsmodells. Es wurde die im Gerichtsgutachten verwendete Datenhistorie ab 04.01.1999 zugrunde gelegt. Die Berechnungen und die Erzeugung der Grafik erfolgten mit Hilfe des R-Quellcodes des Gerichtsgutachtens.

3.2 PF mit Swap 4175 besser als PF ohne Swap 4175

Aber auch der Umstand, dass das *PF mit Swap 4175* in allen Größen aus Tabelle 1 besser abschneidet als das *PF ohne Swap 4175*, ist nicht plausibel. Nach den Gerichtsgutachtern dominiert die Schlusszahlung der CHF-Anleihe das Risiko.³⁴ Diese Schlusszahlung kommt aber offenkundig sowohl in *PF ohne Swap 4175* als auch in *PF mit Swap 4175* vor, schließlich ist die CHF-Anleihe in beiden Portfolien enthalten. Der Logik der Gerichtsgutachter zufolge werden somit die besonders schlechten EUR-Realisierungen beider Portfolien (weitgehend) durch hohe Belastungen aus der Tilgung der CHF-Anleihe bestimmt. Da die Tilgung ein feststehender CHF-Betrag ist, gehen hohe Belastungen mit einem niedrigen EUR/CHF-Wechselkurs einher, wie sich leicht an Zahlenbeispielen verdeutlichen lässt:

$$\frac{195 \text{ Mio. CHF}}{1,64 \frac{\text{CHF}}{\text{EUR}}} \approx 119 \text{ Mio. EUR} \quad , \quad \frac{195 \text{ Mio. CHF}}{1,00 \frac{\text{CHF}}{\text{EUR}}} = 195 \text{ Mio. EUR}$$

Die Zinssätze sind hingegen irrelevant.³⁵ Bei niedrigem EUR/CHF-Wechselkurs sind aber zugleich die Zahlungen der Stadt im Swap 4175 besonders hoch.³⁶ Ergo sollte in den Pfaden, in denen die Belastungen aus der CHF-Anleihe besonders hoch sind, das *PF mit*

³³ Gerichtsgutachten S.142, Angabe für das Laufzeitende 2017

³⁴ Gerichtsgutachten S.37

³⁵ Über die Diskontierung wächst zwar auch die Belastung aus der Schlussstilgung mit fallendem 6-Monats-Euribor, für einen hohen Schaden aus der Diskontierung wären aber negative Sätze des 6-Monats-Euribors nötig, was die Gerichtsgutachter durch die Wahl ihrer Parameter faktisch ausgeschlossen haben.

³⁶ Linz hat aus dem FX-Adjustment Zahlungen ab einem EUR/CHF-Wechselkurs unter 1,54 CHF pro EUR leisten. Mit fallendem EUR/CHF-Wechselkurs steigt das FX-Adjustment schnell an, vgl. Gerichtsgutachten S.49.

Swap 4175 schlechter als das PF ohne Swap 4175 abschneiden - schließlich kommen beim PF mit Swap 4175 die dann ebenfalls hohen Lasten aus dem Swap 4175 noch hinzu. Gerade in diesen Fällen zeigt das Gerichtsgutachten jedoch immer ein besseres Ergebnis für das PF mit Swap 4175.³⁷

Bei der Begründung ihrer Ergebnisse verheddern sich die Gerichtsgutachter folgerichtig in Widersprüche. So schreiben sie:

„Die Fälle, in welchen das Portfolio mit Swap [4175] schlechter abschneidet, sind durchaus vorhanden und deutlich sichtbar, aber nicht durch das Value-at-Risk messbar. Es scheint plausibel, dass auch andere übliche Risikomaße dieses Risiko nicht erfassen[.]“³⁸

Das heißt aber mit einfachen Worten, dass der Swap 4175 das Risiko senkt. Wenn sich mit üblichen Methoden kein höheres Risiko messen lässt, ist das PF mit Swap 4175 risikoärmer. Dem widersprechen die Gerichtsgutachter aber mehrfach andernorts, wenn sie den Begriff Risiko allgemein³⁹ gebrauchen, z.B. unmittelbar vor Tabelle 1, wo von zusätzlichen Risiken mit dem Swap 4175 die Rede ist:

„Allerdings zeigt die Grafik auch deutlich, dass sich durch diese Strategie ein zusätzliches Risiko erkaufte wird[.]“⁴⁰

„[...] dass das Portfolio mit Swap 4175 einen höheren Wert in vielen Szenarien aufweist, diese bessere Performance aber mit einem zusätzlichen Risiko erkaufte wird.“⁴¹

Eklatant wird jedoch der Widerspruch auf S.50 des Gerichtsgutachtens. Zieht man dort in Grafik 3.4, hier wiedergegeben als Abbildung 4, eine Linie bei einem sehr schlechten Wert für Linz - je tiefer ein Punkt in Abbildung 4, desto schlechter für Linz - liegen für das PF mit Swap 4175⁴² sichtlich mehr Punkte unter der Linie. Das PF mit Swap 4175 zeigt also mehr sehr schlechte Ausgänge für Linz, was aber gerade mit dem Value-at-Risk erfasst wird. Im Value-at-Risk muss sich dieses Bild also auch niederschlagen, was aber die Ergebnisse der Gerichtsgutachter nicht zeigen.

³⁷ In der linken unteren Ecke von Grafik 2.3, Gerichtsgutachten S.35, gibt es keine Punkte rechts der Diagonalen. Bei einem Punkt rechts der Diagonalen ist das PF ohne Swap 4175 besser als das PF mit Swap 4175.

³⁸ Gerichtsgutachten S.37

³⁹ d.h. ohne Bezug auf ein konkretes Risikomaß

⁴⁰ Gerichtsgutachten S.36

⁴¹ Gerichtsgutachten S.37

⁴² dort „Anleihe + Swap 4175“ genannt

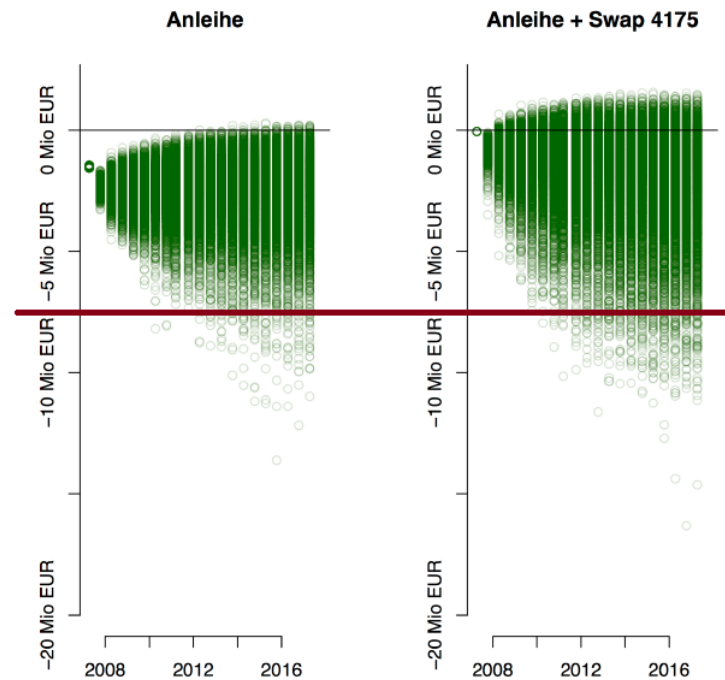


Abbildung 4: Grafik 3.4, Gerichtsgutachten S.50. Die rote Linie wurde ergänzt. „Anleihe“ steht für PF ohne Swap 4175, „Anleihe + Swap 4175“ für PF mit Swap 4175.

Zur Grafik 3.4. erklären die Gerichtsgutachter entsprechend im direkten Widerspruch zu Tabelle 1:

„Allerdings erhöht sich im Gegenzug die Schwankungsbreite und das Risiko, teils sogar extreme Verluste zu erleiden, steigt.“⁴³

Wenig konsequent wirken zudem vor dem Hintergrund von Tabelle 1 die Einlassungen der Gerichtsgutachter dazu, ob und wie Linz die Risiken aus dem Swap 4175 hätte handhaben können. Wenn schließlich für die CHF-Anleihe allein kein Risikomanagement nötig war, dann erst recht nicht mit Swap 4175 - immerhin ist mit Swap 4175 laut den Gerichtsgutachtern das Risiko niedriger. Die Gerichtsgutachter hätten sich daher nicht fragen dürfen, ob Linz das Risiko aus dem Swap 4175 tragen konnte, sondern ob der Swap 4175 das Risiko der CHF-Anleihe so weit minderte, dass Linz deren Risiko verkräftete.

3.3 Außergewöhnliche Wechselkursentwicklung

Neben den Risikoergebnissen sind aber auch die von den Gerichtsgutachtern simulierten Wechselkurse nicht plausibel. Immerhin kann das Modell der Gerichtsgutachter die tatsächliche Entwicklung des EUR/CHF-Wechselkurses ab 2007 nicht abbilden. Dies wird anhand ihrer Diskussion in Abschnitt 6.4⁴⁴ deutlich. Danach liegt die tatsächliche Entwicklung des EUR/CHF-Wechselkurses außerhalb aller Modellerwartungen. Lediglich mit einer Wahrscheinlichkeit von 1% konnte laut Modell der EUR/CHF-Wechselkurs bis 2012 unter 1,33 CHF pro EUR sinken. 2017 lag diese 1%-Grenze noch bei 1,26 CHF pro

⁴³ Gerichtsgutachten S.50. Im Gegensatz zum Zitat ist die sich in der Varianz ausdrückenden Schwankungsbreite in Tabelle 1 für das PF mit Swap 4175 niedriger also für das PF ohne Swap 4175.

⁴⁴ Gerichtsgutachten S.143-144

EUR, während der EUR/CHF-Wechselkurs tatsächlich Mitte 2011 auf 1,2 CHF pro EUR fiel und 2015 sogar die Parität⁴⁵ erreichte.

Nimmt man die Zahlen der Gerichtsgutachter, so hätte nur einmal alle 1.000 Jahre⁴⁶ der EUR/CHF-Wechselkurs über einen Zeitraum von 10 Jahren um 23%⁴⁷ sinken dürfen. Die Wahrscheinlichkeit, dass der EUR/CHF-Wechselkurs während der Laufzeit von zehn Jahren⁴⁸ unter 1 CHF pro EUR fällt, liegt sogar unter 0,01%.⁴⁹ Ein Kursrückgang um 38%⁵⁰, wie er tatsächlich zwischen 2007 und 2015 zu verzeichnen war, hätte demnach nur alle 100.000 Jahre auftreten dürfen. Diese Zahlen könnten durchaus Zweifel am Modell wecken, die Gerichtsgutachter folgern allerdings:

„Der tatsächliche Kursverlauf erscheint unter dem Modell allerdings als außergewöhnlich. Insofern scheint eine Verwendung eines solchen Modells (ohne die ex-post-Kenntnis des Verlaufs) als realistisch aus dem Blickwinkel eines Marktteilnehmers im Jahr 2007.“⁵¹

Darin, dass ihr Modell nicht die Wirklichkeit beschreibt, sehen die Gerichtsgutachter also gerade eine Bestätigung ihres Modells. Davon abgesehen, dass dieser Schluss nicht gerade stringent ist, widerspricht er auch der Standardmethode zur Prüfung von Simulationsmodellen, dem Backtesting. In den Worten der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) bedeutet dies:

„Die modellmäßig ermittelten Risikowerte sind fortlaufend mit der tatsächlichen Entwicklung zu vergleichen.“⁵²

Banken müssen also ihre Modellwerte ständig dahingehen prüfen, ob ihre Vorhersagen zur Wirklichkeit passen. Zeigen sich hier Diskrepanzen, ist das Modell nicht mehr adäquat und muss durch ein geeigneteres ersetzt werden. Schwerer als Diskrepanzen beim Backtesting wiegt allerdings ein Blick auf die wichtigsten Wechselkurszeitreihen in Abbildung 5, in der die Entwicklung des EUR/CHF-Wechselkurses ab 2007 keineswegs außergewöhnlich erscheint. EUR/USD- und GBP/USD-Wechselkurs⁵³ haben sich mehrmals innerhalb weniger Jahre verdoppelt oder halbiert, der EUR/JPY-Wechselkurs⁵⁴ sank innerhalb von 25 Jahren auf ein Viertel. Starke Kursbewegungen innerhalb eines Jahrzehnts sind also eher die Regel, denn eine Ausnahme.

⁴⁵ 1 CHF pro EUR

⁴⁶ Eine Wahrscheinlichkeit von 1% bedeutet im Mittel 1 von 100 Fällen. Da jeder Fall einen Zeitraum von 10 Jahren umfasst (Simulationszeitraum), ergibt sich hieraus im Mittel ein solches Ereignis alle 1.000 Jahre.

⁴⁷ 1,26/1,62

⁴⁸ Genauer 10,7 Jahre, da die CHF-Anleihe etwas länger als der Swap 4175 läuft und erst im Oktober 2017 endet.

⁴⁹ Simulation mit dem Quellcode der Gerichtsgutachter. Der Quellcode für die Simulation der EUR/CHF-Wechselkurse scheint fehlerfrei zu sein.

⁵⁰ 1/1,62

⁵¹ Gerichtsgutachten S.148

⁵² Anlage 1: Erläuterung zu den MaRisk in der Fassung vom 14.12.2012, BTR 2.2 Marktpreisrisiken des Handelsbuchs - Ziffer 4.

⁵³ GBP ist nach ISO 4217 das Währungskürzel für das Britische Pfund bzw. Pound Sterling, USD ist nach ISO 4217 der US-Dollar.

⁵⁴ JPY ist nach ISO 4217 das Währungskürzel der japanischen Währungseinheit Yen.

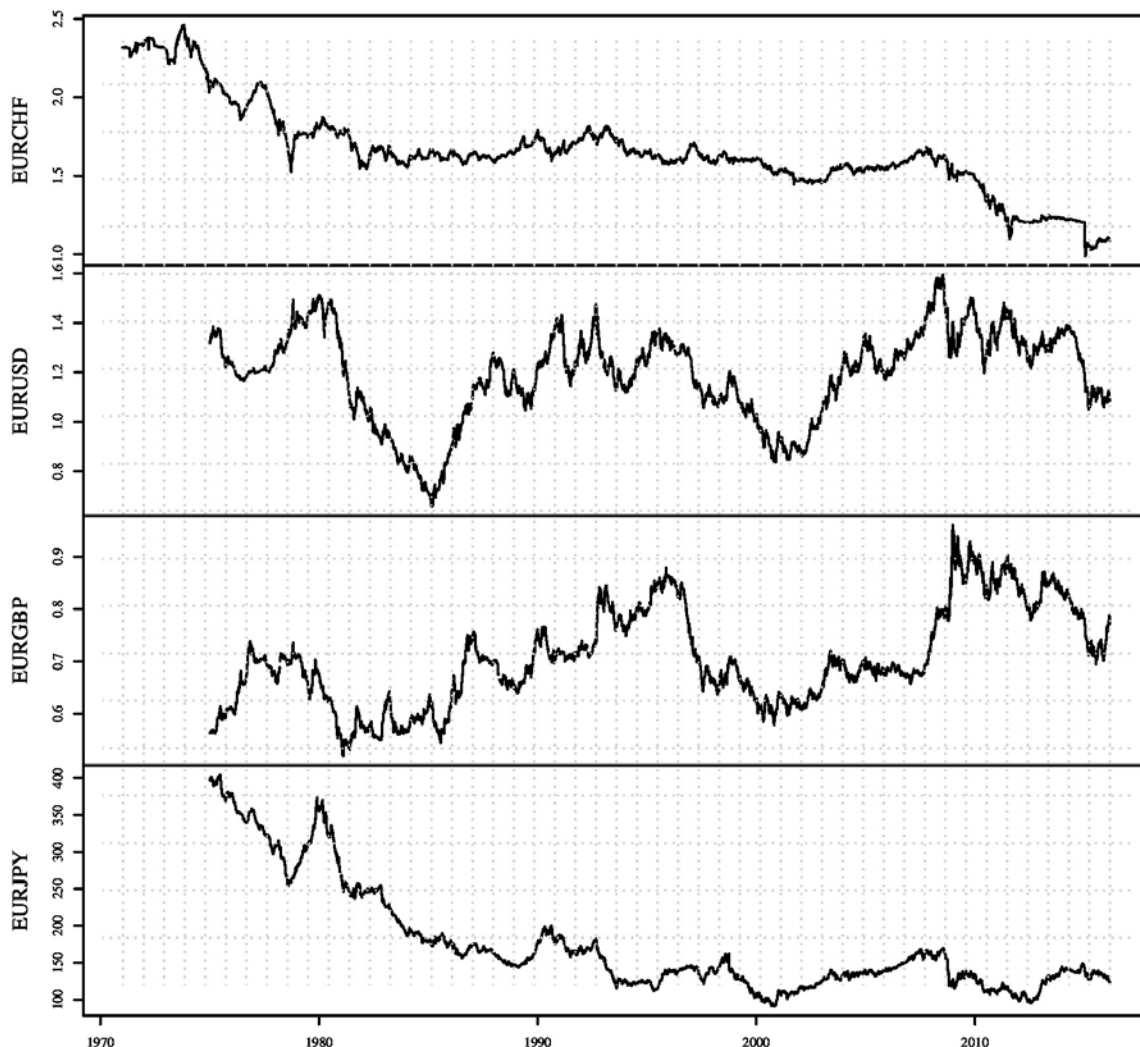


Abbildung 5: Entwicklung verschiedener Wechselkurse. „[FX1][FX2]“ beschreibt hierbei den „[FX1]/[FX2]“-Wechselkurs mit Einheit [FX2] pro [FX1]. Der EUR/CHF-Wechselkurs („EURCHF“) wurde vor 1999 um den DEM/CHF-Wechselkurs verlängert. Quelle: Bloomberg; eigene Darstellung

4 Programmierfehler

Die Gerichtsgutachter haben ihrem Gutachten den Quellcode ihrer Programmierung beigelegt, so dass ihre Berechnungen überprüft werden können. Im Verzeichnis Statistischer Anhang/Kapitel2 erstreckt sich der Quellcode⁵⁵ über sieben Dateien:

Kurzname	Vollständiger Dateiname
Dat1	0_Index.R
Dat2	1_HMM.Estimation.R

⁵⁵ Die Gerichtsgutachter verwenden die freie Statistik-Software R.

Dat3		2_TheOptimizationQuestion.R
Dat4		3_MakePlots.R
Dat5		4_SummaryStatistics.R
Dat6		routines_statistic3d.R
Dat7		routines_optimization.R

Die maßgeblichen Berechnungen erfolgen in Dat2, Dat3, Dat6 und Dat7. In Dat2 und Dat6 werden u.a. das Modell definiert und dessen Parameter geschätzt. Mit Hilfe des zuvor geschätzten Modells werden in Dat3 und Dat7 insbesondere die Pfade des EUR/CHF-Wechselkurses, des 6-Monats-CHF-Libors und des 6-Monats-Euribors simuliert. In Dat3 und Dat7 werden anhand der Pfade die Zahlungen der CHF-Anleihe und des Swaps 4175 berechnet.

4.1 Fehler im Quellcode

Bei der Berechnung der Zahlungen in Dat7, *routines_optimization.R*, weist der Quellcode einige Programmierfehler auf. Die wichtigsten sind:

<i>Fehler</i>	<i>Code-Zeile</i>	<i>Beschreibung</i>
Err1	709	CHF-Zinszahlungen der CHF-Anleihe werden als EUR-Beträge behandelt. ⁵⁶
Err2	700, 720	Die CHF-Tilgung und die erste Zinszahlung der CHF-Anleihe werden mit dem inversen EUR/CHF-Wechselkurs in EUR umgerechnet. ⁵⁷
Err3	703, 704, 713, 714	Die CHF-Zinszahlungen des Swaps 4175 werden mit dem inversen EUR/CHF-Wechselkurs in EUR umgerechnet. ⁵⁸
Err4	714	Bei den Zinszahlungen der Stadt im Swap 4175 werden nur 60 Zinstage statt reichlich 180 Zinstage angesetzt. ⁵⁹
Err5	713	Für die Zinssätze der Bank im Swap 4175 wird konstant 1% p.a. anstelle des 6-Monats-CHF-Libors angesetzt. ⁶⁰

⁵⁶ Die Zinszahlungen der CHF-Anleihe werden also nicht mit dem simulierten EUR/CHF-Wechselkurs in EUR konvertiert, sondern mit 1 CHF pro EUR umgerechnet. Der Fehler betrifft alle Zinszahlungen außer der ersten.

⁵⁷ Statt die Tilgung von 195 Mio. CHF durch den EUR/CHF-Wechselkurs zu teilen, wird sie mit dem EUR/CHF-Wechselkurs multipliziert.

⁵⁸ Statt die CHF-Zinszahlungen durch den EUR/CHF-Wechselkurs zu teilen, werden sie mit dem EUR/CHF-Wechselkurs multipliziert. Der Fehler betrifft alle Zinszahlungen außer der ersten Zinszahlung der Stadt, in welcher der CHF-Betrag als EUR-Betrag behandelt wird.

⁵⁹ Die Länge einer Zinsperiode beträgt jedoch 6 Monate (mit der Tageszählkonvention act/360).

⁶⁰ Der Fehler betrifft alle Zinszahlungen außer der ersten. Für die erste Zinszahlung wird ebenfalls ein falscher Zinssatz angesetzt, vgl. Err8 in Anhang A.2.

Welche Auswirkungen diese vier Programmierfehler haben, demonstriert Tabelle 3. Wie in Tabelle 2 wird hierbei die EUR-Realisierung eines Pfades nachgerechnet, wie er in der Simulation hätte vorkommen können. Für den 6-Monats-CHF-Libor werden 3,1% p.a. und den 6-Monats-Euribor 4,6% p.a. angesetzt. Dies sind die Durchschnittswerte aus den Simulationen der Gerichtsgutachter. Als EUR/CHF-Wechselkurs wird 1,26 CHF pro EUR unterstellt. Der beispielhafte EUR/CHF-Wechselkurs für Tabelle 3 liegt damit unter 1,54 CHF pro EUR, d.h. der Grenze, ab der aus dem FX-Adjustment im Swaps 4175 Zusatzzahlungen durch Linz zu leisten sind. Überdies ist der beispielhafte EUR/CHF-Wechselkurs nicht zufällig gewählt, sondern 1,26 CHF pro EUR sind gerade das 1%-Quantil für 2017. Da der EUR/CHF-Wechselkurs der entscheidende Risikofaktor ist und die beiden Zinssätze auf ihre Durchschnittswerte gesetzt wurde, sollte so das Ergebnis von Tabelle 3 grob dem (negativen) Value-at-Risk (99%) der Gerichtsgutachter aus Tabelle 1 entsprechen.

Für die CHF-Anleihe sind in Tabelle 3 die Berechnungen, wie bei Tabelle 2 in Abschnitt 3.1 beschrieben, durchzuführen. Der hierzu nötige Diskontfaktor ist ebenfalls Tabelle 2 zu entnehmen. Die Zahlungen der Stadt Linz im Swap 4175 ergeben sich (vereinfacht⁶¹) anhand

$$\left[\begin{array}{l} \text{Zahlungen Linz in} \\ \text{Mio. EUR (disk.)} \\ \text{Swap 4175} \end{array} \right] = \frac{\max \left(\frac{1,54 - \left[\frac{\text{EUR}}{\text{CHF}} - \text{Wk.} \right]}{\left[\frac{\text{EUR}}{\text{CHF}} - \text{Wk.} \right]}; 0 \right) \times \left[\begin{array}{l} \text{Zinsperiode} \\ \text{Dauer} \\ \text{Swap Linz} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{Nenn-} \\ \text{betrag} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{l} \frac{\text{EUR}}{\text{CHF}} - \text{Wk.} \\ \text{Konvertierung} \\ \text{Swap Linz} \end{array} \right]} \times \left[\begin{array}{l} \text{Diskont-} \\ \text{faktor} \end{array} \right]$$

mit einem Nennbetrag von 195 Mio. CHF. Für die Zahlungen der Bank gilt

$$\left[\begin{array}{l} \text{Zahlungen Bank in} \\ \text{Mio. EUR (disk.)} \\ \text{Swap 4175} \end{array} \right] = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{CHF - Libor} \\ \text{Swap} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{Zinsperiode} \\ \text{Dauer} \\ \text{Swap Bank} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{Nenn-} \\ \text{betrag} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{l} \frac{\text{EUR}}{\text{CHF}} - \text{Wk.} \\ \text{Konvertierung} \\ \text{Swap Bank} \end{array} \right]} \times \left[\begin{array}{l} \text{Diskont-} \\ \text{faktor} \end{array} \right].$$

Die Zahlungen des Swaps 4175 sind die Differenz dieser Beträge,

$$\left[\begin{array}{l} \text{Zahlungen} \\ \text{in Mio. EUR} \\ \text{Swap 4175} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Zahlungen Bank in} \\ \text{Mio. EUR (disk.)} \\ \text{Swap 4175} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{Zahlungen Linz in} \\ \text{Mio. EUR (disk.)} \\ \text{Swap 4175} \end{array} \right].$$

In Folge der Programmierfehler setzen die Gerichtsgutachter einige der in die Formeln eingehenden Größen falsch an. Diese fehlerhaften Größen sind rot markiert. Statt einer (roten) Zinsperiode von 0,17 Jahren wären 0,5 Jahre korrekt, alle EUR/CHF-Wechselkurse

⁶¹ Beim den Zahlungen der Stadt Linz im Swap 4175 ist noch ein Zinsaufschlag von 0,065% p.a. zu berücksichtigen.

müssten 1,26 CHF pro EUR betragen, statt eines CHF-Libors von 1% p.a. wären 3,1% p.a. korrekt.⁶²

Zinsperiode				EUR/CHF-Wechselkurs			CHF-Libor	Zahlungen in Mio. EUR (diskont.)					
Dauer in Jahren				Konvertierung				Swap	CHF-Anleihe		Swap 4175		
Nr.	Anleihe	Swap		Anleihe	Swap		Zinssatz		GG	korr.	GG	korr.	
		Bank	Linz		Bank	Linz							
1	0,17	0,17	0,17	0,79	0,79	1,00	1,26	2,81%	-1,2	-1,5	-6,0	-4,9	
2	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-3,0	-2,4	-7,7	-14,4	
3	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,9	-2,3	-7,5	-14,1	
4	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,8	-2,3	-7,3	-13,8	
5	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,8	-2,2	-7,2	-13,5	
6	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,7	-2,2	-7,0	-13,2	
7	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,7	-2,1	-6,8	-12,9	
8	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,6	-2,1	-6,7	-12,6	
9	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,5	-2,0	-6,5	-12,3	
10	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,5	-2,0	-6,4	-12,0	
11	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,4	-1,9	-6,2	-11,7	
12	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,4	-1,9	-6,1	-11,5	
13	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,3	-1,8	-6,0	-11,2	
14	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,3	-1,8	-5,8	-11,0	
15	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,2	-1,8	-5,7	-10,7	
16	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,2	-1,7	-5,6	-10,5	
17	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,1	-1,7	-5,4	-10,2	
18	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,1	-1,6	-5,3	-10,0	
19	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,0	-1,6	-5,2	-9,8	
20	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-2,0	-1,6	-5,1	-9,6	
21	0,50	0,50	0,17	1,00	0,79	0,79	1,26	1,00%	-1,9	-1,5	-5,0	-9,4	
22	0,50			1,00			1,26		-1,9	-1,5			
Tilgung				0,79			1,26			-151,3	-95,3		
Summe in Mio. EUR (diskontiert):									-202,7	-136,7	-130,6	-239,0	
											GG	korr.	
											PF ohne Swap 4175	-202,7	-136,7
											PF mit Swap 4175	-333,3	-375,7

Tabelle 3: Summe aller (diskontierten) Zahlungen von CHF-Anleihe und Swap 4175 unter den im Mittel von den Gerichtsgutachtern simulierten Zinssätzen und einem fixen EUR/CHF-Wechselkurs von 1,26 CHF pro EUR.⁶³ Spalte „GG“ zeigt das Ergebnis der Gerichtsgutachter, denen im Quellcode die roten Rechenfehler unterlaufen. Der korrekte Wert ist Spalte „korr.“ zu entnehmen.

⁶² Für die erste Zinszahlung stand der Zinssatz bei Abschluss des Swaps 4175 bereits fest. Hier wären 2,18% p.a. anstelle von 2,81% p.a. korrekt, vgl. Err8 in Anhang A.2.

⁶³ Die Dauer der Zinsperiode ist damit in Jahren angegeben, die Zinssätze verstehen sich p.a., der Wechselkurs in CHF pro EUR.

Die Auswirkungen der Programmierfehler sind gravierend und bestätigen die in Abschnitt 3 aufgezeigten Unstimmigkeiten. Da sind zuvorderst die um 66 Mio. EUR⁶⁴ bzw. 108⁶⁵ Mio. EUR falschen Ergebnisse bei CHF-Anleihe und Swap 4175 allein in „Zeile Summe in Mio. EUR (diskontiert)“. Zudem wird durch die Programmierfehler das Ergebnis aus der CHF-Anleihe zu niedrig und das aus dem Swap 4175 zu hoch ausgewiesen, wodurch der Unterschied zwischen *PF ohne Swap 4175* und *PF mit Swap 4175* bei den Gerichtsgutachtern nur 130 Mio. EUR statt 240 Mio. EUR beträgt.

Überdies erscheinen durch die Programmierfehler die falschen Entwicklungen riskant. Normalerweise würde man annehmen, dass die Werte der Gerichtsgutachter für *PF ohne Swap 4175* (-202,7 Mio. EUR) und *PF mit Swap 4175* (-333,3 Mio. EUR) aus Tabelle 3 dem (negativen) Value-at-Risk (99%) aus Tabelle 1 entsprechen - immerhin wurde das 1%-Quantil des offenkundig entscheidenden Risikofaktors, nämlich des EUR/CHF-Wechselkurses, angesetzt. Stattdessen ist aber der Value-at-Risk (99%) für das *PF ohne Swap* in Tabelle 1 mit 331 Mio. EUR beträchtlich höher. Dies liegt an der falschen Konvertierung der Tilgung der CHF-Anleihe. Hierdurch sind die riskanten Fälle der Gerichtsgutachter nicht durch einen niedrigen EUR/CHF-Wechselkurs,⁶⁶ sondern durch einen hohen EUR/CHF-Wechselkurs in Verbindung mit hohem 6-Monats-CHF-Libor und niedrigem 6-Monats-Euribor geprägt.⁶⁷ In den Simulationen der Gerichtsgutachter zum *PF ohne Swap 4175* wäre also beispielsweise ein Anstieg des EUR/CHF-Wechselkurses auf 2 CHF pro EUR besonders nachteilig für Linz, obwohl dann der Nennbetrag der CHF-Anleihe nur noch

$$\frac{195 \text{ Mio. CHF}}{2 \frac{\text{CHF}}{\text{EUR}}} = 97,5 \text{ Mio. EUR}$$

statt 120 Mio. EUR⁶⁸ beträgt.

4.2 Korrigierte Berechnungen

Korrigiert man den Quellcode der Gerichtsgutachter, ergeben sich die Werte von Tabelle 4.⁶⁹ Median und Mittelwert sind nun erheblich höher und in Einklang mit den vorigen Überlegungen. Der Value-at-Risk geht hingegen deutlich zurück und zeigt nun auch ein höheres Risiko für das *PF mit Swap 4175*. Auch die Varianz ist nun im Einklang mit Grafik 3.4, Gerichtsgutachten S.50 (hier wiedergegeben als Abbildung 4), weist also eine größere Streuung für das *PF mit Swap 4175* aus.⁷⁰

⁶⁴ $|-202,7 - (-136,7)|$

⁶⁵ $|-130,6 - (-239)|$

⁶⁶ Vgl. Abschnitt 3.2

⁶⁷ Das *PF ohne Swap 4175* scheint dann in den Simulationen der Gerichtsgutachter besonders riskant. Etwas komplexer verhält sich das *PF mit Swap 4175* unter den Fehlern der Gerichtsgutachter. Es erscheint bei hohem 6-Monats-CHF-Libor und weit vom Ausgangskurs 1,62 CHF pro EUR abweichendem EUR/CHF-Wechselkurs besonders riskant.

⁶⁸ Wert der CHF-Anleihe bei Abschluss des Swaps 4175, vgl. Abschnitt 3.1.

⁶⁹ Neben den Fehlern Err1 bis Err5 enthält der Quellcode noch einige weitere Programmierfehler mit vergleichsweise geringen Ergebnisauswirkungen, vgl. Anhang A.2.

⁷⁰ Wegen der Programmierfehler sind auch sämtliche Grafiken der Abschnitte 2.6 und 3.1 des Gerichtsgutachtens falsch.

statistische Kennziffer	Gerichtsgutachten S.37		korrigierte Werte	
	PF ohne Swap 4175	PF mit Swap 4175	PF ohne Swap 4175	PF mit Swap 4175
Median	-255	-237	-105	-79
Mittelwert	-256	-235	-106	-90
Varianz	8,8	6,7	2,4	12,1
Value-at-Risk (95%)	306	283	133	162
Value-at-Risk (99%)	331	306	148	231
Outperformances		87,8%		84,8%

Tabelle 4: Fehlerhafte statistische Kenngrößen der Gerichtsgutachter und korrigierte Werte. Median, Mittelwert und Value-at-Risk in Mio. EUR, Varianz in 10^{14} EUR².

Hätten die Gerichtsgutachter ihre Berechnungen fehlerfrei durchgeführt, hätten sie also zu dem Schluss kommen müssen, dass der Swap 4175 im Mittel eine Ersparnis von nur 16 Mio. EUR⁷¹ statt 21 Mio. EUR⁷² versprach. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 1% hätte Linz aber nun nicht mindestens 148 Mio. EUR, sondern mindestens 231 Mio. EUR verlieren können. Das Risiko für Linz steigt also durch den Swap 4175 um 83 Mio. EUR,⁷³ während das Gerichtsgutachten sogar noch eine Risikominderung um 25 Mio. EUR⁷⁴ bescheinigte. Zudem steigt mit dem Swap 4175 die Varianz erheblich, während im Gerichtsgutachten noch eine Reduzierung konstatiert wurde.

Alle Aussagen der Gerichtsgutachter, die auf fehlerhaften Werten basieren, sind damit nicht zu halten. Insbesondere kann der Swap 4175 nach Argumentation der Gerichtsgutachter nicht mehr als Optimierung angesehen werden. Schließlich begründen die Gerichtsgutachter die Eignung des Swaps 4175 zur Optimierung der CHF-Anleihe durch die Absenkung des Value-at-Risks und der Varianz:⁷⁵

„2. Die Varianz verringert sich durch Hinzufügen des Swaps. Wird die Varianz als Maß für das Risiko angesetzt, eignet sich der Swap 4175 zur Verringerung des Risikos.

3. Das Value-at-Risk auf dem Niveau von 95%/99% (und auch auf den meisten anderen üblichen Niveaus) verringert sich durch Hinzufügen des Swaps. Wird das Value-at-Risk auf dem Niveau von 99% als Maß für das Risiko angesetzt, eignet sich der Swap 4175 zur Verringerung des Risikos sowie zur Optimierung des Mittelwertes / Medians.“⁷⁶

„Für die Fragestellung, ob das Produkt geeignet ist, muss also ein Maß für das Risiko gewählt werden. Die drei Maßzahlen Varianz, 95%- und 99% Value-at-Risk, können als gängig bezeichnet werden.“⁷⁷

⁷¹ $-90 - (-106)$

⁷² $-235 - (-256)$

⁷³ $231 - 148$

⁷⁴ $331 - 306$

⁷⁵ Auf Seiten 37 und 38 des Gerichtsgutachtens stufen die Gerichtsgutachter den Swap 4175 als Optimierung ein, wenn als Risikomaß der Value-at-Risk herangezogen wird.

⁷⁶ Gerichtsgutachten S.38

⁷⁷ Gerichtsgutachten S.39

5 Methodische Fehler

Die in Tabelle 4, Abschnitt 4, korrigierten Berechnungen der Gerichtsgutachter sind allerdings noch immer kritisch zu sehen, da das Vorgehen der Gerichtsgutachter auch methodisch zu beanstanden ist.

5.1 Datenbasis

Der erste Schwachpunkt ist die zu kurze Datenhistorie:

„Die alleinige Konzentration auf den Verlauf des EUR-CHF-Wechselkurses von Beginn der Währungsunion an bis zum Jahr 2007 gibt keinen ausreichend verlässlichen Blick auf das tatsächlich dem Swap anhaftende Risiko. Hierzu müssen langfristige Betrachtungen benutzt werden und alternative Quellen, wie etwa Optionspreise mit einbezogen werden.“⁷⁸

So urteilen die Gerichtsgutachter in Abschnitt 5.2 über das Gutachten von Prof. Wahrenburg. Dieser Vorwurf lässt sich jedoch 1:1 auf die Arbeit der Gerichtsgutachter übertragen. Ihren Berechnungen liegen nämlich auch nur historische Daten seit 04.01.1999, mithin seit Beginn der Währungsunion, zugrunde. Auch sie schätzen demnach das Risiko des Swaps 4175 über eine Laufzeit von zehn Jahren⁷⁹ anhand einer Datenhistorie von acht Jahren. Naturgemäß müssen sich Ereignisse, die in einem Zehnjahreszeitraum selten sind, nicht unbedingt in den letzten acht Jahren widerspiegeln. Folglich wird das Risiko durch eine so kurze Historie verzerrt. Die Gerichtsgutachter sprechen sogar selbst davon, dass das so Risiko unterschätzt wird⁸⁰ und demonstrieren dies auch anhand einer nur fünfjährigen Historie.⁸¹

Einer Verlängerung der Zeitreihe auf die Zeit vor Euroeinführung stehen die Gerichtsgutachter allerdings skeptisch gegenüber:

„Hierdurch geraten allerdings weitere Unsicherheiten in die Zeitreihe, und eine genaue Abschätzung wird erschwert. Aus diesem Grund wird auf diese Ausweitung verzichtet.“⁸²

Das mag zwar im Grundsatz stimmen, jedoch ist der Einwand, der ECU sei nicht ganz wie der Euro zusammengesetzt und Euribor-Zinssätze verhielten sich nicht exakt wie DEM-Geldmarktzinssätze, recht schwach angesichts der mit einer zu kurzen Zeitreihe verbundenen Probleme. Außerdem sollen mit der Simulation qualitative und keine quantitativen Fragen zum Risiko beantwortet werden, wie die Gerichtsgutachter im Anhang betonen.⁸³

Ohne größeren Aufwand ist eine Verlängerung der Datenhistorie um sieben auf insgesamt fünfzehn Jahre möglich, da ab Anfang 1992 sowohl 6-Monats-Zinssätze für CHF und ECU als auch der ECU/CHF-Wechselkurs vorliegen und letztere ohne Bruch in den 6-Monats-Euribor bzw. EUR/CHF-Wechselkurs übergangen. Bloomberg stellt sogar auf Knopfdruck die entsprechenden Zeitreihen über die gesamten fünfzehn Jahre bereit.⁸⁴ Wiederholt

⁷⁸ Gerichtsgutachten S.107

⁷⁹ Der Swap 4175 endet 10,2 Jahre nach Simulationsbeginn. Die CHF-Anleihe läuft sogar noch ein halbes Jahr länger.

⁸⁰ Gerichtsgutachten S.148

⁸¹ Gerichtsgutachten S.41

⁸² Gerichtsgutachten S.148

⁸³ Gerichtsgutachten S.148

⁸⁴ Bloombergkürzel: XEUCHF und EU0006M.

man die Simulation der Gerichtsgutachter mit dem wie in Abschnitt 4 korrigierten Quellcode und einer bis 1992 zurückreichenden Historie, ergibt sich Tabelle 5. Den neuen Werten sind dabei links die korrigierten Zahlen der Gerichtsgutachter gegenübergestellt. Hiernach sind mit längerer Historie nicht nur alle Kennziffern deutlich schlechter, sondern auch die Nachteile durch den Swap 4175 erheblich größer. Das *PF mit Swap 4175* führt hier im Mittel zu Mehrkosten von 43 Mio. EUR,⁸⁵ außerdem erhöht der Swap 4175 das Risiko der Stadt um 214 Mio. EUR⁸⁶ bzw. 360 Mio. EUR⁸⁷. Darüber hinaus sinken die Outperformances deutlich. Der Swap endet nun mehrheitlich zum Nachteil der Stadt. Führt man sich vor Augen, dass eine fünfzehnjährige Historie für einen Simulationszeitraum von über zehn Jahren immer noch recht kurz ist und die Entwicklung des ECU/CHF-Wechselkurses seit 1992 im Vergleich zu den Jahrzehnten zuvor recht ruhig verlief,⁸⁸ liegt nahe, dass bei einer längeren Historie der Swap 4175 noch schlechter abschnitte als in Tabelle 5.

statistische Kennziffer	Daten ab 04.01.1999		Daten ab 12.02.1992	
	<i>PF ohne Swap 4175</i>	<i>PF mit Swap 4175</i>	<i>PF ohne Swap 4175</i>	<i>PF mit Swap 4175</i>
<i>Median</i>	-105	-79	-118	-124
<i>Mittelwert</i>	-106	-90	-120	-163
<i>Varianz</i>	2,4	12,1	4,8	106,0
<i>Value-at-Risk (95%)</i>	133	162	159	373
<i>Value-at-Risk (99%)</i>	148	231	180	540
<i>Outperformances</i>		84,8%		45,3%

Tabelle 5: Korrigierte statistische Kenngrößen der Gerichtsgutachter (links, vgl. Tabelle 4) im Vergleich zu den Kenngrößen einer längeren Datenbasis. Median, Mittelwert und Value-at-Risk in Mio. EUR, Varianz in 10¹⁴EUR².

5.2 Markterwartungen

Eine weitere Schwachstelle des Gerichtsgutachtens ist die fehlende Berücksichtigung von Markterwartungen. Versucht man Risiken über mehrere Jahre zu schätzen,⁸⁹ sind Annahmen über die weitere Kursentwicklung⁹⁰ unumgänglich, wie bereits der Dokumentation der RiskMetrics Group⁹¹, einem der Pioniere bei der praktischen Umsetzung von Risikokonzepten, von 1999 zu entnehmen ist.⁹²

Die Gerichtsgutachter diskutieren diesen Punkt hingegen gar nicht, obwohl sie ihm bei einer Simulation über mehrere Jahre nicht ausweichen können. Eine Drift, d.h. ein Trend für die weitere Wechselkursentwicklung, kommt nämlich zwangsläufig durch die von den Gerichtsgutachtern verwendete Datenhistorie ins Spiel. Da die Gerichtsgutachter die Verteilung möglicher zukünftiger Kursänderungen anhand historischer Kursänderungen schätzen, spiegelt sich auch der Mittelwert der historischen Kursänderungen in der

⁸⁵ -160 Mio. EUR für das PF mit Swap 4175 statt -120 Mio. EUR für das PF ohne Swap 4175

⁸⁶ Value-at-Risk (95%): 373 Mio. EUR statt 159 Mio. EUR

⁸⁷ Value-at-Risk (99%): 540 Mio. EUR statt 180 Mio. EUR

⁸⁸ Vgl. Grafik 6.3.2, Gerichtsgutachten S.139

⁸⁹ Long-Term Risk

⁹⁰ Forecast bzw. davon abgeleitet: Drift

⁹¹ Die RiskMetrics Group ist eine Abspaltung der J.P.Morgan. J.P. Morgan führte als erste Großbank 1989 ein auf mathematischen Methoden basierendes Risikoberichtswesen ein.

⁹² Jongwoo Kim, Allay M. Malz, Jorge Mina: „Long Run - Technical Document“, RiskMetrics Group (1999), Abschnitt 1.1

geschätzten Verteilung wider. Zeigte also der Wechselkurs der letzten Jahre tendenziell nach oben, wird dieser Trend auch in der Simulation fortgeschrieben.

Keine explizite Annahme zu treffen, heißt somit zu unterstellen, dass sich der Trend der Datenhistorie fortsetzen wird. Diese Annahme ist allerdings konträr zu den Erwartungen der Marktteilnehmer im Jahr 2007⁹³ und wird zudem von den Gerichtsgutachtern bei Prof. Wahrenburg selbst kritisiert:

„Die Schätzung ohne Drift, ein ebenso fragwürdiges Verfahren, welches auch dem GA Wahrenburg entnommen ist, [...]“⁹⁴

Naheliegender wäre offenkundig, die Markterwartungen in das Simulationsmodell einzubeziehen. Eine einfache Möglichkeit hierfür ist die Verwendung von Terminwechsellkursen, was die Gerichtsgutachter aber pauschal ablehnen:

„Die Verwendung des Terminkurses als Erwartungswert, wie auch im GA Wahrenburg, vermischt allerdings risikoneutrale und historische Bewertung und ist aus wissenschaftlicher Sicht als Konzept nicht überprüft.“⁹⁵

Die Gerichtsgutachter stufen somit sowohl die Verwendung von Terminwechsellkursen als auch eine Vernachlässigung der Drift ohne nähere Begründung als ungeeignet ein, nur um dann selbst eine von beiden Varianten - und auch noch die offenkundig schlechtere - für ihr Modell zu nutzen.⁹⁶

Um die Auswirkungen dieses methodischen Fehlers der Gerichtsgutachter zu demonstrieren, sollen die Berechnungen der Gerichtsgutachter unter Annahme einer besser geeigneten Drift wiederholt werden. Der Einfachheit halber wird hierfür der Terminwechsellkurs herangezogen. Zur Vorhersagekraft von Terminwechsellkursen für die tatsächliche Wechselkursentwicklung gibt es zahlreiche Untersuchungen. Viele ältere Untersuchungen kommen zu dem Schluss, dass Terminwechsellkurse keine Vorhersagekraft besitzen.⁹⁷ In einer statistischen Auswertung von 2004 bemerkten jedoch Chinn und Meredith, dass sich diese Untersuchungen nur einem Anlagezeitraum von einem Jahr oder weniger widmeten.⁹⁸ Für längere Anlagezeiträume legt die Auswertung dagegen nahe, dass der Terminwechsellkurs relevant für die Wechselkursentwicklung ist. 2012 wurden ähnliche Ergebnisse mit aktuellen Marktdaten erzielt.⁹⁹

⁹³ Gerichtsgutachten S.137 in Verbindung mit S.133

⁹⁴ Gerichtsgutachten S.134. Die von den Gerichtsgutachtern verwendete Datenhistorie von 1999 bis 2007 weist ebenfalls fast eine Drift von null auf.

⁹⁵ Gerichtsgutachten S.134

⁹⁶ Die von den Gerichtsgutachtern herangezogene Datenreihe zeigt einen leichten Anstieg. Sie unterstellen damit in ihren Simulationen leicht positiven Drift - oder grob einen Drift von null.

⁹⁷ Siehe die Artikel Eugene F. Fama: "Forward and Spot Exchange Rate" (1984), Journal of Monetary Economics, Vol. 14, pp. 319-338,

http://eml.berkeley.edu/~craine/EconH195/Fall_13/webpage/Fama_Forward%20Discount.pdf,

sowie Kenneth A. Froot und Richard H. Thaler: "Anomalies: Foreign Exchange" (1990), Journal of Economic Perspectives, Vol. 4 (Summer), pp. 179-92,

http://www.hks.harvard.edu/fs/jfrankel/ITF-220/readings/Froot&Thaler_Anomalies.pdf, in dem 75 veröffentlichte Untersuchungen einbezogen werden.

⁹⁸ Menzie D. Chinn und Guy Meredith: „Monetary Policy and Long-Horizon Uncovered Interest Parity" (2004), IMF Staff Papers, Vol. 51, pp. 409-430,

<https://www.imf.org/External/Pubs/FT/staffp/2004/03/chinn.htm>.

⁹⁹ Menzie D. Chinn und Guy Meredith: „ Long-Horizon Uncovered Interest Parity Re-Assessed" (2012), NBER Working Paper No. 18482,

Die Verwendung von Terminwechsellkursen zum Zwecke einer einfachen Demonstration des methodischen Fehlers der Gerichtsgutachter ist also keineswegs unbegründet. Wiederholt man die Simulation der Gerichtsgutachter mit dem wie in Abschnitt 4 korrigierten Quellcode und einer Drift des EUR/CHF-Wechselkurses gemäß den Terminwechsellkursen von 2007,¹⁰⁰ ergibt sich Tabelle 6. Das PF mit Swap 4175 zeigt sich hierin deutlich riskanter und weniger aussichtsreich als mit der von den Gerichtsgutachtern angesetzten Drift.¹⁰¹ Mehrheitlich bringt der Swap 4175 Nachteile für Linz,¹⁰² im Mittel verursacht er sogar Mehrkosten von 28 Mio. EUR,¹⁰³ während die Gerichtsgutachter - bei korrekter Berechnung - einen Vorteil von 16 Mio. EUR¹⁰⁴ attestiert hätten. Zudem erhöht der Swap 4175 das Risiko der Stadt Linz um 154 Mio. EUR bzw. 214 Mio. EUR, während hierfür die Gerichtsgutachter nur 29 Mio. bzw. 83 Mio. EUR veranschlagt hätten.¹⁰⁵

statistische Kennziffer	korr. Gerichtsgutachten		mit Drift	
	PF ohne Swap 4175	PF mit Swap 4175	PF ohne Swap 4175	PF mit Swap 4175
Median	-105	-79	-121	-132
Mittelwert	-106	-90	-123	-151
Varianz	2,4	12,1	3,1	53,8
Value-at-Risk (95%)	133	162	154	299
Value-at-Risk (99%)	148	231	172	386
Outperformances		84,8%		42,8%

Tabelle 6: Korrigierte statistische Kenngrößen der Gerichtsgutachter (links, vgl. Tabelle 4) im Vergleich zu den Kenngrößen, wenn die FX-Forwards als mittlere EUR/CHF-Wechselkurse angesetzt werden. Median, Mittelwert und Value-at-Risk in Mio. EUR, Varianz in 10^{14} EUR².

Neben diesen Risikozahlen ist aber auch beachtlich, dass der EUR/CHF-Wechselkurs nun mit einer Wahrscheinlichkeit von 22% am Laufzeitende unter 1,26 CHF pro EUR notiert,¹⁰⁶ während dies bei der Gerichtsgutachtern nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 1% auftritt.¹⁰⁷ Generell ist die Entwicklung des EUR/CHF-Wechselkurses mit Drift keineswegs mehr so außergewöhnlich, wie von den Gerichtsgutachtern dargestellt (vgl. Tabelle 7). Wenn sie anhand ihrer Zahlen konstatieren, dass ein Absinken bis 2012 auf unter 1,26 CHF

http://www.ssc.wisc.edu/~mchinn/chinn_quayyum_uip.pdf.

¹⁰⁰ Hierzu wird der mit dem Regime-Switching-Modell geschätzte Drift des EUR/CHF-Wechselkurses dergestalt um eine zeitabhängige Konstante verschoben, dass zu jedem Simulationszeitpunkt der Erwartungswert des EUR/CHF-Wechselkurses mit dem Terminwechsellkurs übereinstimmt.

¹⁰¹ Die Ergebnisse von Tabelle 6 ähneln den von Tabelle 5, wo keine Drift aber eine längere Datenhistorie angenommen wurde. Diese längere zeigt bereits selbst einen stärkeren Abwärtstrend. Da sie zudem mehr Schwankungen aufweist, erscheint dort aber der Swap 4175 noch riskanter.

¹⁰² Outperformances

¹⁰³ -123 Mio. EUR im Vergleich zu -151 Mio. EUR Mittelwert

¹⁰⁴ -106 Mio. EUR im Vergleich zu -90 Mio. EUR Mittelwert

¹⁰⁵ Differenz der Value-at-Risk-Werte zum Konfidenzniveau 95% bzw. 99%

¹⁰⁶ Die Wahrscheinlichkeit, dass der EUR/CHF-Wechselkurs irgendwann während der Laufzeit unter 1,26 CHF pro EUR sinkt, ist mit 28% etwas höher.

¹⁰⁷ Gerichtsgutachten S.142

pro EUR „nicht als gänzlich unerwartet bezeichnet werden [kann]“, ¹⁰⁸ so gilt dies mit (geeigneter) Drift auch für die Parität, d.h. 1,00 CHF pro EUR. ¹⁰⁹

Häufigkeit mit der EUR/CHF-Wechselkurs bis 2017 mindestens einmal unter Schwelle fällt.		
Schwelle	Gerichtsgutachten	mit Drift
1,00 CHF/EUR	1 zu 16.667	1 zu 435
1,10 CHF/EUR	1 zu 1.429	1 zu 32
1,20 CHF/EUR	1 zu 115	1 zu 7

Tabelle 7: Häufigkeiten für Schwellwertunterschreitungen des EUR/CHF-Wechselkurses. Als einzige Änderungen zum Modell der Gerichtsgutachter wurde rechts („mit Drift“) die simulierte Wechselkursentwicklung so angepasst, dass sich im Mittel die Terminkurse ergeben.

¹⁰⁸ Gerichtsgutachten S.144

¹⁰⁹ In 1 von 100 Fällen notiert der EUR/CHF-Wechselkurs in den Simulationen der Gerichtsgutachter 2012 unter 1,33 CHF pro EUR (Gerichtsgutachten S.141). Notierungen unter 1,26 CHF pro EUR sind entsprechend seltener.

A Anhang

A.1 Währungsnotation

Währungen werden im Text mit ihren Abkürzungen gemäß ISO 4217 bezeichnet: EUR - Euro, GBP - Pfund Sterling, CHF - Schweizer Franken, USD - US-Dollar, DEM - Deutsche Mark, XEU - ECU bzw. Europäische Währungseinheit. Der FX1/FX2-Wechselkurs gibt den Wert einer Einheit der Währung FX1 in FX2 an. Er hat damit die Einheit $\frac{FX1}{FX2}$. Ein EUR/CHF-Wechselkurs mit Betrag 1,5 ist damit als $1,5 \frac{CHF}{EUR}$ zu lesen und besagt, dass zum Erwerb von 1 EUR ein Betrag von 1,5 CHF aufzubringen ist.

A.2 Programmierfehler

Neben den Programmierfehlern in Abschnitt 4 enthält der Quellcode der Gerichtsgutachter (Datei *routines_optimization.R*) noch einige weitere Unzulänglichkeiten, die für die Nachberechnungen in den Abschnitten 4 und 5 ebenfalls korrigiert wurden:

<i>Fehler</i>	<i>Code-Zeile</i>	<i>Beschreibung</i>
Err6	663, 687 ¹¹⁰	Mit dem Quellcode des Gerichtsgutachtens ergibt sich als Rückzahlungsdatum der 21.04.2017. Der korrekte Zahlungstermin ist jedoch knapp sechs Monate später.
Err7	29, 51	Der neunte Zinszahlungstermin des Swaps wurde fälschlicherweise auf den 15.03.2011 gesetzt. Richtig wäre der 15.04.2011 gewesen. Der entsprechende Zinszahlungstermin der Anleihe wurde ebenfalls einen Monat zu früh angesetzt.
Err8	671	In der ersten Zinsperiode des Swaps zahlt die Bank laut Geschäftsabschlussbestätigung einen Zinssatz von 2,18% p.a. Im Quellcode des Gerichtsgutachtens wird stattdessen mit einem Zinssatz von 2,81% p.a. gerechnet.
Err9	700	Im April 2007 zahlt die Stadt Linz in der Anleihe einen Zins für die gesamte Zinsperiode vom 14.10.2006 bis 14.04.2007. Der maßgebliche CHF-Libor wird zwei Tage vor Beginn der Zinsperiode festgestellt. Der Zinssatz für diese Zinsperiode beträgt demnach 1,94% p.a. zzgl. des Aufschlags von 0,049% p.a., insgesamt also 1,989% p.a. Im Quellcode des Gerichtsgutachtens beginnt die Zinsperiode hingegen erst mit dem Laufzeitbeginn des Swaps, d.h. am 14.02.2007, und als Zinssatz wurde ein Wert von 2,81% p.a. zzgl. eines Aufschlags von 0,065% p.a. angesetzt.
Err10	709, 713, 719	Die Zinsperioden wurden - mit Ausnahme der Zinsperioden des Kunden im Swap (vgl. Fehler Err4) - im Quellcode des Gerichtsgutachtens mit jeweils 185 Zinstagen angesetzt. Im Mittel sind für eine Zinsperiode jedoch nur 182 bis 183 Zinstage anzusetzen. Hierdurch werden in der Berechnung des Gerichtsgutachtens die Zinszahlungen geringfügig

¹¹⁰ Die Zeilen 663 und 687 sind identisch. Der erste Parameter (10.2) im Funktionsaufruf in diesen beiden Zeilen ist falsch. Der Parameter gibt die Laufzeit der CHF-Anleihe in Jahren an.

Err11	704	<p>überschätzt.</p> <p>Im Quellcode wird bei der Berechnung der Kundenzinssatzes im Swap für die erste Zinsperiode (Zinszahlung im April 2007) eine Variable verwendet, die nicht definiert wurde.¹¹¹ Hierdurch wird in den Szenarien, in denen der simulierte Wechselkurs am Ende der ersten Zinsperiode unter 1,54 CHF/EUR liegt, der Zinssatz nicht korrekt berechnet. Da dies aber ohnehin nur in sehr wenigen Szenarien der Fall ist, hat dieser Fehler praktisch keine Auswirkungen auf das Ergebnis.</p>
-------	-----	--

Den zu den Programmierfehlern gehörenden Quellcode zeigen Abbildung 6 und Abbildung 7.

```

19 # Am (oder am nächsten Arbeitstag) 14. April / 14. Oktober ist die Auszahlung fällig
20 maturities = list(
21   withoutswap = strptime(c("12.04.07",
22     "11.10.07",
23     "11.04.08",
24     "13.10.08",
25     "14.04.09",
26     "13.10.09",
27     "13.04.10",
28     "13.10.10",
29     "13.03.11",
30     "13.10.11",
31     "12.04.12",
32     "11.10.12",
33     "11.04.13",
34     "11.10.13",
35     "11.04.14",
36     "13.10.14",
37     "13.04.15",
38     "13.10.15",
39     "13.04.16",
40     "13.10.16",
41     "12.04.17",
42     "14.10.17"), "%d.%m.%y"), # Finale Maturity, aus Heidorn
43   withswap = strptime(c("15.04.07",
44     "15.10.07",
45     "15.04.08",
46     "15.10.08",
47     "15.04.09",
48     "15.10.09",
49     "15.04.10",
50     "15.10.10",
51     "15.03.11",
52     "15.10.11",
53     "...",
54     "...",
55     "...")

```

Abbildung 6: Ausschnitt aus der Datei *routines_optimization.R* (Zeilen 19 bis 52) aus der Anlage zum Gerichtsgutachten.

¹¹¹ Variable *simpath\$prices.EURCHF*. Richtig wäre *simpath\$prices.2*.

```

686 ~ for (t in 1:N.sim){
687 | simpath = simulate.HMW.GBM.3d.shiftf(10.2,c(datasets$EURIBOR[T], datasets$EURCHF[T], datasets$SCHRIBOR[T]), datasets$time[T],
688 | returnfu11path=TRUE,emat,means,sigma1,sigma2,sigma3,shift)
689
690 # store final values for later analysis
691 sim.prices.final[t,] = c(
692 | simpath$prices.1[length(simpath$prices.1)],
693 | simpath$prices.2[length(simpath$prices.1)],
694 | simpath$prices.3[length(simpath$prices.1)])
695
696 disc = exp(-1*cumsum(simpath$prices.1)*(1/26000)) # EURCHF als discounting factor
697
698 # Erste Zahlung - der Zins ist fest.
699 # Diskontierung (EUR) * Wechselkurs * Nominal mal (Zins + aufschlag) mal Prozent mal Tage
700 cumvalue = -1*disc[maturitiestd[1]] * simpath$prices.2[maturitiestd[1]] * Nominal*(initialinterest + 0.065)*0.01*60/360
701
702 cumvalue$w = disc[maturitiessw[1]] * simpath$prices.2[maturitiestd[1]] * Nominal * initialinterest * 60/360*0.01 -
703 disc[maturitiessw[1]] * Nominal*(0.00065 + max(1.54 / simpath$prices.EURCHF[maturitiestd[1]] -1,0))*60/360
704
705 for (j in 2:21) {
706 ~ ## Zinsen werden festgesetzt an interestd (vorschüssig) und gezahlt an maturitiestd
707 ## and here
708 cumvalue = cumvalue - disc[maturitiestd[j]]* Nominal * (simpath$prices.3[interestd[j-1]] + 0.049) *185/360*0.01 # half year , percent
709
710 # swap
711 cumvalue$w = cumvalue$w +
712 | disc[maturitiessw[j]] * Nominal * simpath$prices.2[maturitiessw[j]] * 185/360*0.01 -
713 | disc[maturitiessw[j]] * Nominal * simpath$prices.2[maturitiessw[j]] * (0.00065 + max(1.54 / simpath$prices.2[interestsw[j]] -1,0))*60/360
714
715 # Letzte Zinszahlung und Rückzahlung Nominal
716 cumvalue = cumvalue - disc[maturitiestd[22]]* Nominal * (simpath$prices.3[interestd[21]] + 0.049) *185/360*0.01 # half year , percent
717
718 cumvalue = cumvalue - disc[maturitiestd[22]]* Nominal * simpath$prices.2[maturitiestd[22]]
719
720 }
721

```

Abbildung 7: Ausschnitt aus der Datei *routines_optimization.R* (Zeilen 686 bis 721) aus der Anlage zum Gerichtsgutachten.

Gutachter

Das Gutachten wurde von der SAM Sachsen Asset Management GmbH durch ihre Angestellten Dr. Andreas Fichtner und Dr. Uwe Raabe erstellt. Es handelt sich um ein Gemeinschaftsgutachten.

Dr. Fichtner verfasste den Text, Dr. Raabe analysierte den Quellcode der Gerichtsgutachter und führte alle Berechnungen durch. Die Arbeiten wurden im Vier-Augen-Prinzip kontrolliert.

Dr. Fichtner ist von der Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Wertpapiere und Derivate. Zuständige Kammer ist die IHK zu Leipzig, Goedelerring 5, 04109 Leipzig.



Andreas Fichtner

Uwe Raabe

Bearbeiter

Jan Hartlieb, Geschäftsführer

Bankbetriebswirt (Bankakademie), CFA, MBA



Jan Hartlieb erwarb nach seiner Ausbildung zum Bankkaufmann bei der Dresdner Bank den Abschluss als Bankfachwirt und Bankbetriebswirt an der Bankakademie Frankfurt/M., als Chartered Financial

Analyst (CFA) am CFA-Institute in Charlottesville (USA) und zum MBA an der HHL Leipzig Graduate School of Management.

Nach seiner Ausbildung war er als Wertpapierberater für vermögende Privatkunden bei der Dresdner Bank tätig. Anschließend arbeitete er im Aktienbereich der Sachsen LB und war als Berater für institutionelle Kunden bei der Berenberg Bank und Berenberg Capital Management GmbH tätig. Anschließend verantwortete er den Ratingprozess und das Beteiligungsmanagement der Sachsen Finanzgruppe.

Er ist Mitgründer und Geschäftsführer der SAM Sachsen Asset Management.

Dr. Andreas Fichtner, Senior Analyst

Dr. rer. nat., Dipl.-Phys.



Andreas Fichtner schloss sein Physikstudium an der TU Chemnitz als Diplom-Physiker ab. In seiner Promotion aus dem Bereich der Theoretischen Physik beschäftigte er sich mit stochastischen

Prozessen und Unordnungsphänomenen. Daneben erwarb er in einem zweijährigen Aufbaustudium an der TU Chemnitz das Zertifikat „Investment Banking“. Nach seiner Beschäftigung als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Chemnitz war er im Risikomanagement der HSH Nordbank insbesondere mit der Ergebnisermittlung der Zins- und Zinsderivatebücher gemäß MaRisk betraut. Außerdem wirkte er bei der Weiterentwicklung der IT-Landschaft mit. Bei der SAM Sachsen Asset Management ist er für die Modellierung und Bewertung komplex strukturierter Finanzprodukte zuständig. Seit 2016 ist er öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für *Wertpapiere und Derivate* (IHK Leipzig).

David Oberbichler, Analyst

Dipl.-Math., MAsT (Cambridge)



David Oberbichler schloss sein Mathematikstudium an der Universität Leipzig, Schwerpunkt „Partielle Differentialgleichungen“, als Diplom-Mathematiker ab. Seine Diplomarbeit trägt den Titel

„Homogenization and Concentrated Capacity for the Heat Equation“. Parallel absolvierte er das Mathematikstudium „Master of Advanced Study“ an der University of Cambridge.

Nach seinem Studium war er als Risikocontroller bei der ECC mit der Analyse und der Implementierung eines verbesserten Margin-Modells betraut. Zuletzt war er als Software-Entwickler bei der itCampus Software- und Systemhaus tätig.

Bei der SAM Sachsen Asset Management ist er für die Modellierung und Bewertung komplex strukturierter Finanzprodukte zuständig.

Dr. Uwe Raabe, Analyst

Dr. rer. nat., Dipl.-Math.



Dr. Uwe Raabe ist Diplom-Mathematiker und promovierte an der Universität Leipzig. Als wissenschaftl. Mitarbeiter an den Universitäten Leipzig und Siegen arbeitete er unter anderem auf den

Gebieten der Stochastik sowie matrizieller Interpolations- und Momentenprobleme.

Nach seiner akademischen Laufbahn war er als Analyst im Risikomanagement der Stadtwerke Leipzig GmbH tätig. Dort war er für die Liquiditätsplanung für den Energiegroßhandel zuständig, befasste sich mit Analysen der kurzfristigen Strommärkte und des Reserveenergiegeschäfts und war an Projekten zur Weiterentwicklung der IT-Landschaft beteiligt. Bei der SAM Sachsen Asset Management ist er mit der Modellierung und Bewertung komplex strukturierter Finanzprodukte betraut.