Messung von Konzentrationsrisiken

von Dominik Zeillinger

Dr. Dominik Zeillinger

hat in Innsbruck Diplom-Mathematik studiert und arbeitet sei 2006 in der Hypo Tirol Bank im Risikomanagement. In seinen Tätigkeitsbereich fällt unter anderem die Weiterentwicklung von Modellen und Risiko-Kennzahlen.

1 Motivation und Übersicht

Die MaRisk fordern nicht nur die Begrenzung der wesentlichen Risiken, sondern auch die Begrenzung der damit verbundenen Risikokonzentrationen. Dabei sollen Risikokonzentrationen mit qualitativen und – soweit möglich – mit quantitativen Verfahren beurteilt werden (siehe [1], BTR 1/6). Jedoch hat sich für die geforderte quantitative Beurteilung noch kein Standard etabliert.

Einfache Konzentrations-Kennzahlen können meist rasch berechnet werden (siehe [2]). Da solche Kennzahlen aber aus Bereichen der Ökonomie kommen, die nichts mit Risiken zu tun haben, fehlt ihnen eben dieser Risikobezug. Daher müssen diese Kennzahlen mit Bedacht im Risikomanagement eingesetzt werden. Um dies zu verdeutlichen, geht der erste Abschnitt beispielhaft auf die Konzentrationsrate und den Gini-Koeffizienten eines Kreditportfolios ein.

Die Antwort nach den Kosten einer Risikokonzentration bleiben einfache Konzentrations-Kennzahlen jedenfalls schuldig. Näher kommt man dieser Fragestellung mit fortgeschrittenen Value at Risk Maß-Ansätzen. Diese berücksichtigen Risikokonzentrationen meist implizit. Durch mehrfache Berechnung des Value at Risk eines Portfolios – einmal mit und einmal ohne Klumpen – kann das Konzentrationsrisiko sogar explizit in Euro bestimmt werden (siehe [2] und [3]). Der Aufwand für diese Methode ist allerdings hoch. Daher beschreibt der zweite Abschnitt dieses Artikels eine Möglichkeit das Risiko von Konzentrationen mit Hilfe eines Conditional-Value-at-Risk-Ansatzes auf einfache Weise in Euro zu fassen. Dabei verdeutlicht eine Beispielrechnung an einem fiktiven Kreditportfolio die Idee. Jedoch kann der Ansatz auch für beliebige andere Risikoszenarien verwendet werden.

2 Konzentration und Gleichverteilung

Unter Konzentration verstehen wir im Allgemeinen eine Abweichung von der Gleichverteilung, wie so manche Schlagzeile verdeutlicht: „Die reichsten 20 % der Bevölkerung besitzen 80 % des Vermögens“. Solche Aussagen verwenden die so genannte Konzentrationsrate (englisch concentration ratio) zur Veranschaulichung von Konzentrationen (siehe Definition 1).

Aufgrund ihrer Anschaulichkeit und leichten Berechenbarkeit (siehe Beispiel 1) wird die Konzentrationsrate häufig auch in Banken verwendet, um beispielsweise die Konzentration des Kreditportfolios anzugeben: „Auf die größten 10 Kredite fallen 30 % des Volumens“ oder „Auf die größten 20 % der Kredite fallen 84 % des Volumens“. Neben diesen anschaulichen Aussagen ermöglicht die normierte Werteskala von 0 bis 100 % auch eine einfache Limit-Setzung und Limit-Überwachung.

Jedoch wird meist zu wenig darüber nachgedacht, ob nun die größten 10, 20 oder 30 Kredite betrachtet werden sollen bzw. die größten 10 %, 20 % oder auch 30 % der Kredite. Man kann diese Frage umgehen, indem man alle möglichen Konzentrationsraten eines

Portfolios betrachtet und diese als Konzentrationskurve darstellt (siehe Definition 2). Neben einer eingängigen bildlichen Darstellung (siehe Beispiel 2) hat dies den Vorteil, dass man auch gleich den Gini-Koeffizienten als Konzentrationsmaß berechnen kann (siehe Definition 3 und Beispiel 3).

Aber es fehlt weiterhin der Risikobezug. Verwenden Sie statt dem Kreditvolumen das unbesicherte Kreditvolumen, so ergibt sich möglicherweise ein völlig anderes Bild. Doch macht es Sinn eine Gleichverteilung der (unbesicherten) Kredithöhen anzustreben ohne Ausfallswahrscheinlichkeiten zu berücksichtigen? Falls eine solche Gleichverteilung nicht der Strategie der Bank entspricht, sollte man auch die Konzentrationen nicht quer über alle Ratingstufen betrachten.

Alternativ könnten Sie versucht sein die größten Kredite bezüglich des zu erwartenden Verlusts darzustellen. Doch damit würden alle Kredite aus Risikosicht gleich gestellt, die eben denselben erwarteten Verlust besitzen. Dies ist nicht sinnvoll, da ein sehr hoher Kredit mit geringer Ausfallswahrscheinlichkeit bei einem Ausfall mehr unerwarteten Schaden verursacht als ein kleiner Kredit mit hoher Ausfallswahrscheinlichkeit.

Aus Risikosicht durchaus sinnvoll ist es dagegen die Konzentrationen innerhalb einer einzelnen Ratingstufe zu betrachten. Dies hat auch folgenden positiven Nebeneffekt: Da nur Kredite mit demselben Rating betrachtet werden, besitzen diese auch dieselbe Ausfallswahrscheinlichkeit. Multiplizieren Sie die Anzahl der Kredite in der Ratingstufe mit der entsprechenden Ausfallswahrscheinlichkeit, so erhalten Sie die erwartete Anzahl der Ausfälle in dieser Ratingstufe. Die Konzentrationsrate zur (gerundeten) erwarteten Anzahl der Ausfälle ist damit eine für die Ratingstufe charakteristische Konzentrationsrate.

Die eben beschriebene charakteristische Konzentrationsrate für die Kredite einer Ratingstufe besitzt eine sehr schöne Interpretation: In einer einfachen Welt ohne Ausfallskorrelationen gibt es nur zwei Gründe, warum der tatsächliche Verlust vom erwarteten Verlust abweichen kann. Erstens können zufällig mehr Kredite ausfallen als erwartet. Vernachlässigen wir dieses Risiko und nehmen wir an, dass exakt so viele Kredite ausfallen, wie wir erwarten. Dann könnten zweitens in einem nicht gleichverteilten Portfolio zufällig große Kredite ausfallen statt kleine. Im schlimmsten Fall fallen sogar die größten Kredite aus. Die charakteristische Konzentrationsrate gibt nun an, welcher Anteil des Gesamtvolumens in diesem Szenario verloren wäre.

Statt der charakteristischen Konzentration können Sie auch die Summe der entsprechenden Verluste je Ratingstufe betrachten. Summieren Sie diese Zahlen auf und ziehen Sie den erwarteten Verlust des Gesamtportfolios ab, so erhalten Sie einen Wert in Euro für das Risiko aus großen Engagements (siehe Beispiel 4).

3 Conditional Value at Risk Ansatz

Der im vorherigen Abschnitt vorgestellte Risikowert für große Engagements (siehe auch Beispiel 4) ist üblicherweise sehr groß und die Wahrscheinlichkeit für diesen Verlust gleichzeitig sehr gering. Dieser Umstand verringert die Anschaulichkeit und es bleibt kaum ein Vorteil gegenüber anderen abstrakten Konzentrationsmaßen, die keine Auskunft über die Kosten einer Risikokonzentration geben.

Jedoch hat die zugrunde liegende Überlegung – „Was passiert, wenn das Szenario tatsächlich eintritt“ – durchaus seinen Charme und ist unter verschiedenen Namen bekannt: Conditional Value at Risk, Expected Shortfall oder auch Expected Tail Loss. Diesem Ansatz folgend lassen sich auch die Kosten von Konzentrationsrisiken sehr einfach berechnen.

Betrachten Sie z. B. die 20 größten Kredite als die „Risikospitze“ Ihres Kredit-Portfolios. Die Wahrscheinlichkeit, dass zumindest einer dieser Kredite innerhalb eines Jahres ausfällt liegt meist in einem sehr anschaulichen Bereich (siehe Beispiel 5). Damit wird auch interessant, welcher Verlust zu erwarten ist, wenn dieses Szenario tatsächlich eintritt. Erfreulicherweise lässt sich dieser Risikowert sehr einfach berechnen (siehe wieder Beispiel 5).

Die beiden Risikokennzahlen „Wahrscheinlichkeit für mindestens einen Ausfall in der Risikospitze“ und „Zu erwartender Verlust bei mindestens einem Ausfall in der Risikospitze“ (siehe Conditional Value at Risk Ansatz im Abschnitt Definitionen und Rechenregeln) besitzen damit folgende Vorteile:

- Sehr leicht berechenbar (Grundrechnungsarten).
- Sehr leicht implementierbar (in jedem Tabellenkalkulationsprogramm).
- Sehr anschaulich (siehe Beispiel 5).

Die Kennzahlen erfassen zwar nicht das gesamte Risiko des Portfolios. Zeigen sie aber eine Risiko-minderung des gefährlichsten Teils des Portfolios an, so hat sich auch das Risiko des gesamten Portfolios verringert.

Allerdings gibt es auch zwei Schwachpunkte: Erstens wird – wie beim normalen erwarteten Verlust – angenommen, dass die Kreditausfälle (stochastisch) unabhängig sind. Um mögliche Ausfallskorrelationen zu berücksichtigen sollten daher in der Praxis Kunden, die stark voneinander abhängen, zu einem Konzern verbunden werden.

Zweitens ist nicht ganz klar, wie viele der größten Kredite man im Szenario betrachten soll. Es gibt mehrere Möglichkeiten:

1. Man legt eine bestimmte Anzahl fest – z. B. 20 – und behält diese bei.
2. Man legt eine bestimmte Wahrscheinlichkeit fest – z. B. 20 % – und verwendet immer so viele Kredite, dass das Szenario immer in etwa diese Wahrscheinlichkeit besitzt. Der Fokus liegt dann auf dem erwarteten Verlust des Szenarios.
3. Man legt einen Verlust fest und verwendet immer so viele Kredite, dass das Szenario eben diesen Verlust erwarten lässt. Hier liegt der Fokus auf der Wahrscheinlichkeit des Szenarios.
4. Man verwendet so viele der größten Kredite, dass man sich genau einen Ausfall erwartet.

Haben Sie sich für eine Möglichkeit entschieden, so können Sie die Kennzahlen auch im Zeitverlauf beobachten und zur Risikobeurteilung verwenden.

Sie können diese Methode auch für die Aggregation verschiedener (unabhängiger) Szenarien einsetzen. Dazu benötigen Sie einmal die Wahrscheinlichkeiten für die Szenarien (wie oben die Ausfallswahrscheinlichkeiten der kleinen Kredite) und zum Zweiten die Verluste, falls die Szenarien eintreten (wie oben das (unbesicherte) Kreditvolumen bei Ausfall). Bestimmen Sie z. B. (was wohl nicht einfach ist) jeweils die Wahrscheinlichkeit, dass es in der Branche A bis E zu einem wirtschaftlichen Abschwung kommt, und die Verluste, die Ihnen jeweils daraus erwachsen. Dann können Sie wie gezeigt berechnen wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass mindestens eine Branche wirtschaftliche Probleme bekommt und mit welchem Verlust dann zu rechnen ist.

4 Definitionen und Rechenregeln

Seien für die folgenden Definitionen $K_1, \ldots, K_n$ die möglichen Einzelverluste eines Portfolios, z. B. die (unbesicherten) Einzelkreditvolumina. Weiters seien diese Verluste absteigend sortiert, also $K_1 \geq K_2 \geq \ldots \geq K_n$ und sei $V = \sum_{i=1}^{n} K_i$ die Summe aller Einzelverluste.

4.1 Definition 1: Konzentrationsrate

Die Konzentrationsrate für ein m, $1 \leq m \leq n$ ist gegeben durch

$$KR_m = \frac{\sum_{i=1}^{m} K_i}{V}$$

4.2 Definition 2: Konzentrationskurve

Seien $KR_1, \ldots, KR_n$ die Konzentrationsraten aus Definition 1. Dann ist die Konzentrationskurve k für $i = 1, \ldots, n$ gegeben durch

$$k\left(\frac{i}{n}\right) = KR_i$$

Die Darstellung der Funktion erfolgt üblicherweise durch Verbindung dieser Punkte mit Geradenstücken, wobei auch noch der Punkt (0, 0) hinzugenommen wird. Damit erstreckt sich die Konzentrationskurve vom Punkt (0, 0) bis zum Punkt (1, 1). Sind alle K_i gleich groß, so entspricht die Konzentrationskurve der Diagonalen von links unten nach rechts oben.

4.3 Definition 3: Gini-Koeffizient

Sei A die Fläche zwischen der Konzentrationskurve und der Diagonalen. Dann ist der Gini-Koeffizient G gegeben durch

$$G = \frac{2 \cdot A}{1 - {}^{1}/_{n}}$$

Damit entspricht der Gini-Koeffizient dem Quotienten der Fläche A und der entsprechenden Fläche eines Portfolios mit n Einzelteilen und maximaler Konzentration (also $K_1 = V$ und $K_2 = \ldots = K_n = 0$ (Siehe [5].)

4.4 Conditional Value at Risk Ansatz

Sei p_i die Wahrscheinlichkeit, dass der Verlust K_1 eintritt. Dann gilt für $m, 1 \leq m \leq n$:

- Die Wahrscheinlichkeit W_{1m}, dass mindestens einer der m größten Einzelverluste eintritt ist gegeben durch:

  $$W_{1m} = 1 - \prod_{i=1}^{m} (1 - p_i)$$

- Falls mindestens einer der m größten Einzelverluste eintritt, ist folgender Verlust zu erwarten:

  $$\frac{\sum_{i=1}^{m} p_i \cdot K_i}{W_{1m}}$$

(Für das Rechnen mit Wahrscheinlichkeiten siehe [4].)

5 Beispiel-Rechnungen

5.1 Beispiel-Portfolio

In den folgenden Beispielrechnungen wird ein fiktives Portfolio aus 9.000 Einzelpositionen verwendet. Dieses besteht aus drei gleich großen Teilportfolien mit unterschiedlichen Verlustwahrscheinlichkeiten (0,5 %, 1,0 % und 2,0 %). Damit Sie die Rechnungen nachvollziehen können, werden die Einzelpositionen mittels folgender Funktionen erzeugt:

- $f_1(x) = \text{Runden}(150.000.000/(5 + x))$
- $f_2(x) = \text{Runden}(300.000.000/(15 + x \cdot 2))$
- $f_3(x) = \text{Runden}(500.000.000/(35 + x \cdot 3))$

Dabei liegt *x* jeweils zwischen 1 und 3.000 und es wird auf 0 Nachkommastellen gerundet. Das fiktive Portfolio sieht damit folgendermaßen aus:

Tabelle 1

	A	B	C	D
1	Variable x	Teilportfolio P1: Einzel-Verlust-Potenziale mit Verlust-Wahrscheinlichkeit 0,5 %	Teilportfolio P2: Einzel-Verlust-Potenziale mit Verlust-Wahrscheinlichkeit 1,0 %	Teilportfolio P3: Einzel-Verlust-Potenziale mit Verlust-Wahrscheinlichkeit 2,0 %
2	1	25.000.000	17.647.059	13.157.895
3	2	21.428.571	15.789.474	12.195.122
4	3	18.750.000	14.285.714	11.363.636
5	4	16.666.667	13.043.478	10.638.298
...	...	...	...	...
3.001	3.000	49.917	49.875	55.340

Im Überblick ergeben sich folgende Kennzahlen für das Portfolio:

Tabelle 2

	P1	**P2**	**P3**	**Gesamt**
Anzahl Einzelpositionen	3.000	3.000	3.000	9.000
Verlust-Potenzial	945.312.215	889.340.990	918.572.301	2.753.225.506
Erwarteter Verlust	4.726.561	8.893.410	18.371.446	31.991.417

In MS Excel kann dieses Portfolio wie folgt generiert werden:

Tabelle 3

	A	B	C	D
1	Variable x	Teilportfolio P1: Einzel-Verlust-Potenziale mit Verlust-Wahrscheinlichkeit 0,5 %	Teilportfolio P2: Einzel-Verlust-Potenziale mit Verlust-Wahrscheinlichkeit 1,0 %	Teilportfolio P3: Einzel-Verlust-Potenziale mit Verlust-Wahrscheinlichkeit 2,0 %
2	1	=RUNDEN(150000000/(5+A2);0)	=RUNDEN(300000000/(15+A2*2);0)	=RUNDEN(500000000/(35+A2*3);0)
3	2	=RUNDEN(150000000/(5+A3);0)	=RUNDEN(300000000/(15+A3*2);0)	=RUNDEN(500000000/(35+A3*3);0)
4	3	=RUNDEN(150000000/(5+A4);0)	=RUNDEN(300000000/(15+A4*2);0)	=RUNDEN(500000000/(35+A4*3);0)
5	4	=RUNDEN(150000000/(5+A5);0)	=RUNDEN(300000000/(15+A5*2);0)	=RUNDEN(500000000/(35+A5*3);0)
...	...	...	...	...
3.001	3.000	=RUNDEN(150000000/(5+A3001);0)	=RUNDEN(300000000/(15+A3001*2);0)	=RUNDEN(500000000/(35+A3001*3);0)

5.2 Beispiel 1: Konzentrationsrate

Die ersten sechs Konzentrationsraten von Portfolio P1 zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 4

	A	B	C	D
1	Variable x	Teilportfolio P1: Einzel-Verlust-Potenziale	Verlustpotenzial gesamt	Konzentrationsrate bis zur Zeile x
2	1	25.000.000	945.312.215	3%
3	2	21.428.571		5%
4	3	18.750.000		7%
5	4	16.666.667		9%
6	5	15.000.000		10%
...	...	...		...
3.001	3.000	49.917		100%

Man sieht dass die größten fünf Verlustpotenziale bereits 10 % des gesamten Verlustpotenzials ausmachen.

In MS Excel können diese Zahlen mit folgenden Formeln berechnet werden:

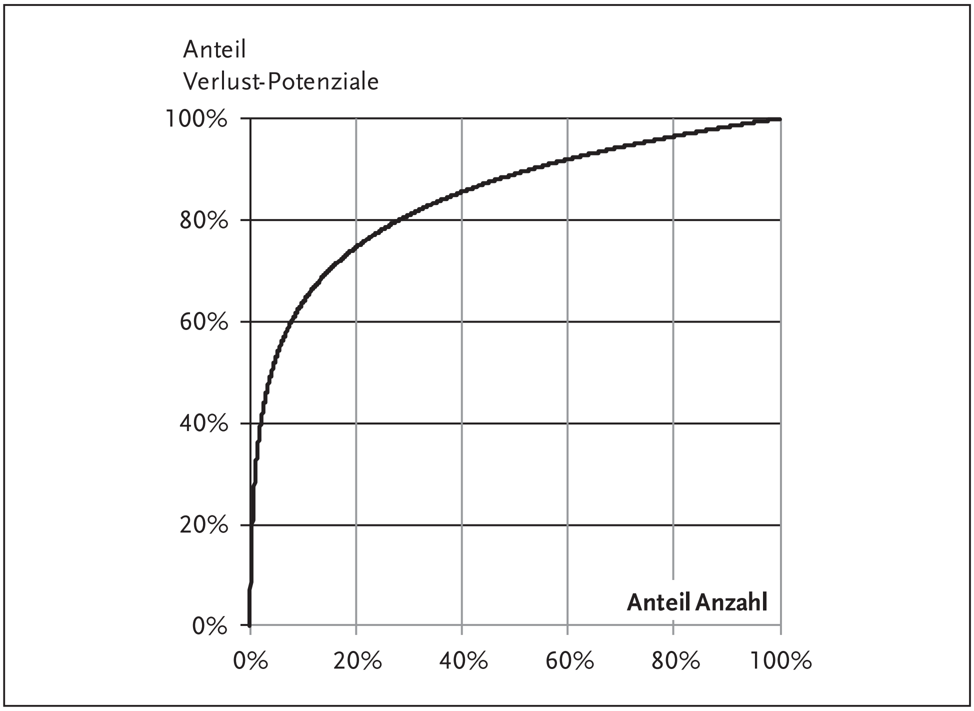
Tabelle 5

	A	B	C	D
1	Variable x	Teilportfolio P1: Einzel-Verlust-Potenziale	Verlustpotenzial gesamt	Konzentrationsrate bis zur Zeile x
2	1	25.000.000	=SUMME(B2:B3001)	=SUMME($B$2:B2)/$C$2
3	2	21.428.571		=SUMME($B$2:B3)/$C$2
4	3	18.750.000		=SUMME($B$2:B4)/$C$2
5	4	16.666.667		=SUMME($B$2:B5)/$C$2
6	5	15.000.000		=SUMME($B$2:B6)/$C$2
...	...	...		...
3.001	3.000	49.917		=SUMME($B$2:B3001)/$C$2

5.3 Beispiel 2: Konzentrationskurve

Um die Konzentrationskurve von Portfolio P1 darzustellen, werden die Konzentrationsraten aus Beispiel 1 auf der y-Achse aufgetragen. Auf der x-Achse wird jeweils der Wert $^1\!/_x$ aufgetragen, wobei die Variable x von 1 bis 3.000 reicht. Damit ergibt sich folgendes Bild:

Abbildung 1: Konzentrationskurve Teilportfolio P1



Aus der Konzentrationskurve lässt sich z. B. erkennen, dass die größten 20 % der Einzelpositionen ca. 75 % des gesamten Verlustpotenzials auf sich konzentrieren ($KR_{600} = 74{,}6\%$).

5.4 Beispiel 3: Gini-Koeffizient

Um den Gini-Koeffizienten des Teilportfolios P1 zu berechnen, muss die Fläche unter der Konzentrationskurve ermittelt werden. Dies ist einfach, da sich die Fläche aus Trapezen zusammensetzt. Dabei ist die Höhe der Trapeze jeweils $^{1}/_{3000}$ und auf der x-Achse zu finden. Die Seiten der Trapeze sind zwei aufeinander folgende Konzentrationsraten. Folgende Tabelle zeigt die Flächen der einzelnen Trapeze. Dabei ist das erste Trapez eigentlich ein Dreieck, da die Konzentrationskurve im (ergänzten) Nullpunkt startet. Mit diesen Werten kann auch gleich der Gini-Koeffizient berechnet werden. Er liegt bei 68,7 %.

Tabelle 6

	A	B	C	D	E	F
1	Variable x	Teilportfolio P1: Einzel-Verlust-Potenziale	Verlustpotenzial gesamt	Konzentrationsrate bis zur Zeile x	Trapeze unterhalb der Konzentrationskurve	Gini-Koeffizient
2	1	25.000.000	945.312.215	3 %	0,00000	68,7 %
3	2	21.428.571		5 %	0,00001	
4	3	18.750.000		7 %	0,00002	
5	4	16.666.667		9 %	0,00003	
6	5	15.000.000		10 %	0,00003	
…	…	…		…	…	
3.001	3.000	49.917		100 %	0,00033	

In MS Excel können diese Zahlen mit folgenden Formeln berechnet werden:

Tabelle 7

	A	B	C	D	E	F
1	Variable x	Teilportfolio P1: Einzel-Verlust-Potenziale	Verlustpotenzial gesamt	Konzentrationsrate bis zur Zeile x	Trapeze unterhalb der Konzentrationskurve	Gini-Koeffizient
2	1	25.000.000	945.312.215	3 %	=D2/3000/2	=2*(SUMME(E2:E3001)-0,5)/(1-1/3000)
3	2	21.428.571		5 %	=(D3+D2)/3000/2	
4	3	18.750.000		7 %	=(D4+D3)/3000/2	
5	4	16.666.667		9 %	=(D5+D4)/3000/2	
6	5	15.000.000		10 %	=(D6+D5)/3000/2	
…	…	…		…	…	
3.001	3.000	49.917		100 %	=(D3001+D3000)/3000/2	

In gleicher Weise können auch die Gini-Koeffizienten der Teilportfolien P2 und P3 berechnet werden. Sie liegen bei 66,8 % bzw. 64,5 %.

5.5 Beispiel 4: Charakteristische Konzentrationsrate

Die Verlustwahrscheinlichkeit der Einzelpositionen von Teiportfolio P1 beträgt 0,5 %. Da 3.000 Einzelpositionen im Portfolio sind, werden 15 Verluste erwartet. Damit ist $KR_{15} = 21\ \%$ die charakteristische Konzentrationsrate.

Der erwartete Verlust des Teilportfolios liegt bei 4,7 Mio. In einem gleichverteilten Portfolio würden die 15 erwarteten Verluste genau diesen Verlust erzeugen. Doch das Portfolio ist nicht gleichverteilt. Würden zufällig genau die größten 15 Positionen ausfallen, ergäbe sich ein Verlust von 197 Mio. Die Wahrscheinlickeit dieses Szenarios ist allerdings sehr klein. Sie entspricht in etwa der Wahrscheinlichkeit bei 139 Münzwürfen immer nur Zahl zu werfen.

Die Berechnung für die anderen Teilportfolien ergibt folgende Zahlen:

Tabelle 8

	Erwartete Anzahl Verluste	Verluste zu den charakteristischen Konzentrationsraten	Erwartete Verluste
Teilportfolio P1	15	197.160.949	4.726.561
Teilportfolio P2	30	233.628.630	8.893.410
Teilportfolio P3	60	296.667.522	18.371.446
Summe	105	727.457.101	31.991.417

Kommt es also – wie erwartet – zu 105 Verlusten, so liegt der maximal mögliche Verlust aufgrund von Größenkonzentrationen bei 727 Mio. und damit um fast 700 Mio. höher als der erwartete Verlust.

5.6 Beispiel 5: Conditional Value at Risk Ansatz

Folgende Tabelle zeigt das gesamte Beispiel-Portfolio absteigend sortiert. In der Spalte E ist die Wahrscheinlichkeit dafür notiert, dass bei einer gewissen Anzahl der größten Positionen mindestens ein Verlust eintritt. In der Spalte F steht der zu erwartende Verlust dieses Szenarios.

Z. B. tritt bei den größten 13 Positionen mit einer Wahrscheinlichkeit von knapp 11 % mindestens ein Verlust auf. In diesem Fall ist mit einem Verlust von 15,8 Mio. zu rechnen. Dies ist wesentlich mehr, als der erwartete Verlust von 1,7 Mio. für die größten 13 Positionen.

Tabelle 9

	A	B	C	D	E	F
1	Index k	Verlust-Potenzial	Verlust-Wahrscheinlichkeit	Wahrscheinlichkeit für keinen Verlust	Wahrscheinlichkeit für mindestens einen Verlust bis Index k	Erwarteter Verlust bei mindestens einem Verlust bis Index k
2	1	25.000.000	0,50 %	99,50 %	0,50 %	25.000.000
3	2	21.428.571	0,50 %	99,50 %	1,00 %	23.272.467
4	3	18.750.000	0,50 %	99,50 %	1,49 %	21.835.184
5	4	17.647.059	1 %	99,00 %	2,48 %	20.276.316
6	5	16.666.667	0,50 %	99,50 %	2,97 %	19.752.357
7	6	15.789.474	1 %	99,00 %	3,94 %	18.894.233
8	7	15.000.000	0,50 %	99,50 %	4,42 %	18.537.493
9	8	14.285.714	1 %	99,00 %	5,37 %	17.898.369
10	9	13.636.364	0,50 %	99,50 %	5,84 %	17.616.022
11	10	13.157.895	2 %	98,00 %	7,73 %	16.728.725
12	11	13.043.478	1 %	99,00 %	8,65 %	16.452.161
13	12	12.500.000	0,50 %	99,50 %	9,11 %	16.313.322
14	13	12.195.122	2 %	98,00 %	10,93 %	15.831.416
15	14	12.000.000	1 %	99,00 %	11,82 %	15.653.540
16	15	11.538.462	0,50 %	99,50 %	12,26 %	15.561.125
17	16	11.363.636	2 %	98,00 %	14,01 %	15.234.233
18	17	11.111.111	1 %	99,00 %	14,87 %	15.100.520
19	18	10.714.286	0,50 %	99,50 %	15,30 %	15.030.556
20	19	10.638.298	2 %	98,00 %	16,99 %	14.784.198
21	20	10.344.828	1 %	99,00 %	17,82 %	14.676.051

In MS Excel können diese Zahlen mit folgenden Formeln berechnet werden:

Tabelle 10

	A	B	C	D	E	F
1	Index	Verlust-Potenzial	Verlust-Wahrscheinlichkeit	Wahrscheinlichkeit für keinen Verlust	Wahrscheinlichkeit für mindestens einen Verlust bis Index k	Erwarteter Verlust bei mindestens einem Verlust bis Index k
2	1	25.000.000	0,50 %	= 1-C2	=1-PRODUKT($D$2:D2)	=SUMMENPRODUKT($B$2:B2;$C$2:C2)/E2
3	2	21.428.571	0,50 %	= 1-C3	=1-PRODUKT($D$2:D3)	=SUMMENPRODUKT($B$2:B3;$C$2:C3)/E3
4	3	18.750.000	0,50 %	= 1-C4	=1-PRODUKT($D$2:D4)	=SUMMENPRODUKT($B$2:B4;$C$2:C4)/E4
5	4	17.647.059	1 %	= 1-C5	=1-PRODUKT($D$2:D5)	=SUMMENPRODUKT($B$2:B5;$C$2:C5)/E5
6	...	...	...	...	...	...

Literaturverzeichnis

BaFin: „Rundschreiben 11/2010 (BA) vom 15. Dezember 2010: Mindestanforderungen an das Risikomanagement – MaRisk".

Aneta Brzozowska/Peter Stübner: „Bewertung von Risikokonzentrationen – mehr als nur neue Kennzahlen", www.risiko-managemer.com, September 2010.

Sven Fischer: „Ermittlung von Risikokonzentrationen im klassischen Kundenkreditgeschäft", www.1plusi.de, Februar 2010.

Karl Bosch: „Elementare Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung: Mit 82 Beispielen und 73 Übungsaufgaben mit vollständigem Lösungsweg", Vieweg und Teubner Verlag 2006, 9. Auflage, 194 Seiten, ISBN: 3834800929.

Österreichisch Nationalbank: „Leitfadenreihe zum Kreditrisiko: Ratingmodelle und -validierung", Österreichische Nationalbank und Finanzmarktaufsicht, 2004.