

# UMGANG MIT SICHERHEITSAUFSCHLÄGEN ZUR ERMITTLUNG DES ÖKONOMISCHEN KREDITRISIKOKAPITALBEDARFES IN SÄULE 2

## AUTOREN:

Dr. Martin Rupp, Dr. Stefan Wilke (Basycon Unternehmensberatung GmbH)  
Dr. Matthias Fischer, Kevin Jakob (Bayerische Landesbank)

## DISCLAIMER:

Die Inhalte des Artikels spiegeln die persönliche Meinung der Autoren und nicht zwangsläufig die Meinung der Bayerischen Landesbank bzw. der Basycon Unternehmensberatung wider.

### **Kontaktdaten der Autoren:**

Dr. Martin Rupp  
E-Mail: martin.rupp@basycon.com

Dr. Stefan Wilke  
E-Mail: stefan.wilke@basycon.com

Basycon Unternehmensberatung GmbH  
Welserstraße 1, 81373 München

Dr. Matthias Fischer  
E-Mail: matthias.fischer@bayernlb.de

Kevin Jakob  
E-Mail: kevin.jakob@bayernlb.de

Bayerische Landesbank  
6513 Credit Portfolio Risk  
Brienner Straße 18, 80333 München

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der regulatorischen Eigenkapitalanforderungen (Säule 1) schreiben die EU-Verordnung Nr. 575/2013 und die EBA Leitlinien für die PD- und LGD-Schätzung eine konservative Risikobetrachtung und die Bildung von Sicherheitsspannen (engl. Margins of Conservatism, MoC) für die intern geschätzten Risikoparameter vor. Darüber hinaus gibt der ICAAP Leitfaden eine konservative Risikobetrachtung auch innerhalb der ökonomischen Perspektive (Säule 2) vor, sodass Konservativitätsaufschläge (im Folgenden: Sicherheitsaufschläge) auch im Kreditportfoliomodell der Säule 2 zu berücksichtigen sind.

Nach dem ICAAP Leitfaden muss der Gesamtgrad der Konservativität innerhalb der Säule 2 mindestens dem Niveau entsprechen, das den Risikoquantifizierungsmethoden der internen Modelle der Säule 1 zugrunde gelegt wird. Da für die Kreditportfoliomodellierung in Säule 2 alle Risikoparameter durch eigene Methoden geschätzt werden können, sind hierzu jeweils auch Sicherheitsaufschläge zu definieren. Dabei kann die Quantität und Qualität der zugrunde liegenden Daten einen signifikanten Einfluss auf die Schätzgüte und damit auf die Unsicherheit der Gesamtrisikobewertung haben.

In dieser Studie werden Ansätze zur Berücksichtigung der Sicherheitsaufschläge im Kreditportfoliomodell der Säule 2 erörtert. Zudem wird eine Analyse der Auswirkungen der Aufschlagsmodelle unter Berücksichtigung aller Risikoparameter auf den Value-at-Risk in einem klassischen Portfolioframework (Vasicek-Modell) durchgeführt. Ein Fokus liegt dabei auf der Problematik, wie mit der kombinierten Unsicherheit aller Komponenten umzugehen ist. Da eine gleichzeitige Berücksichtigung aller Komponenten des Sicherheitsaufschlages in voller Höhe (Worst Case) in der ökonomischen Perspektive nicht sinnvoll ist, werden die Aufschlagskomponenten statistisch aggregiert.

## 1 EINLEITUNG

Grundsätzlich sind Kreditinstitute dazu verpflichtet, die aufgrund ihres Kreditportfolios eingegangenen Kreditrisiken zu bestimmen und zu steuern, um die Handlungsfähigkeit und den Fortbestand des Institutes zu gewährleisten. In diesem Artikel steht das Adressenausfallrisiko (im Folgenden vereinfacht als Kreditrisiko bezeichnet) im Fokus, unter welchem die Gefahr verstanden wird, dass ein Kreditnehmer die Verpflichtungen aus dem ihm gewährten Kreditvertrag nicht einhalten und die ihm gewährten Kredite nicht oder nur unvollständig zurückzahlen kann oder will (vgl. Schneck, 2015).

Nach der EU-Verordnung Nr. 575/2013 (EU CRR, 2013) ist das Kreditinstitut einerseits dazu verpflichtet, sein Kreditrisiko mit einem regulatorisch definierten Betrag an Eigenmitteln zu hinterlegen (Säule 1). Die Verordnung wird in zahlreichen EBA Leitlinien, unter anderem zur Messung der Kreditrisikoparameter (EBA, 2018), konkretisiert. Andererseits ist der Kreditrisikokapitalbedarf nach dem ICAAP Leitfaden (EZB, 2018) und den Mindestanforderungen an das Risikomanagement (kurz: MaRisk; BaFin, 2017) aus einer ökonomischen Perspektive innerhalb des bankaufsichtlichen Überprüfungsprozesses (Säule 2) zu bestimmen. Diese ökonomische Berechnung unterscheidet sich in ihren Anforderungen von der Berechnung in Säule 1.

Innerhalb der Säule 1 unterscheiden sich die Risikoquantifizierungsverfahren der in der Art der Quantifizierung der Risikoparameter Ausfallwahrscheinlichkeit (PD), Ausfallverlustquote (LGD),

Kreditumrechnungsfaktor (CCF) und Ausfallkorrelation zwischen Krediten (KOR)<sup>1</sup>. Diese sind entweder extern durch die EU-Verordnungen 575/2013 (EU CRR, 2013) und 876/2019 (EU, 2019) vorgegeben oder können durch interne Schätzungen quantifiziert werden.

Werden Risikoparameter durch interne Schätzungen bestimmt, so unterliegt die Berechnung Unsicherheiten. Da die Institute nach (EBA, 2018, S. 13) zu einer konservativen Risikobewertung verpflichtet sind, sind für Unsicherheiten und Mängel Konservativitätsaufschläge zu berücksichtigen. Diese als Sicherheitsspannen (engl. Margin of Conservatism, MoC) bezeichneten Aufschläge (vgl. EBA, 2018, S. 13 ff.) werden den Risikoparametern hinzugerechnet und tragen zu einer Erhöhung des regulatorisch benötigten Eigenkapitals bei. Ab dem 01.01.2022 muss neben dem Risikoparameter auch dessen MoC separat berechnet und übermittelt werden (vgl. EBA, 2018, Abschnitt 4.4; EBA, 2019, S. 10).

Während die Anforderungen an die Risikoquantifizierung in Säule 1 präzise vorgegeben sind, besteht für Säule 2 mehr Methodenfreiheit für die Institute. Vorgaben können hier aus dem ICAAP Leitfaden (EZB, 2018) und den MaRisk (BaFin, 2017) abgeleitet werden. Nach dem Grundsatz 6 (77) des ICAAP Leitfadens muss der Gesamtgrad der Konservativität bei Annahmen für die ökonomische Perspektive mindestens dem Niveau entsprechen, das den Risikoquantifizierungsmethoden der internen Modelle der Säule 1 zugrunde gelegt wird (vgl. EZB, 2018, S. 35). Somit sind die Anforderungen an den Konservativitätsaufschlag aus Säule 1 auch für die Säule 2 relevant.

Da in Säule 2 eigene Methoden zur Quantifizierung aller Risikoparameter verwendet werden können, müssen entsprechende Überlegungen zu Konservativitätsaufschlägen sowohl für die Parameter PD, LGD und CCF als auch für die Korrelation angestellt werden. Durch die zusätzlichen Schätzungen und ggf. abweichende Schätzmethode im Vergleich zur Säule 1 können neue Unsicherheiten hinzukommen oder bereits in Säule 1 vorhandene Unsicherheiten in ihrer Ausprägung variieren. Dies impliziert, dass auch die Konservativitätsaufschläge in Säule 2 im Vergleich zur Säule 1 unterschiedliche Aspekte berücksichtigen müssen. Zur Abgrenzung an die Sicherheitsspannen (MoC) werden diese in Säule 2 als *Sicherheitsaufschläge* bezeichnet.

Innerhalb dieses Artikels werden die Anforderungen an die Sicherheitsaufschläge in Säule 2 erörtert. Zudem wird ein Modell für einen „Gesamtsicherheitsaufschlag“ vorgestellt. Dieses beinhaltet neben der Definition aller Komponenten des Sicherheitsaufschlages auch Methoden zur Quantifizierung der Höhe der Unsicherheiten. In diesem Zusammenhang wird der Einfluss der Güte der Korrelationsschätzungen auf den Sicherheitsaufschlag mittels einer Monte-Carlo Simulation untersucht. Unter Verwendung des Aufschlagsmodells wird anschließend die Auswirkung der Berücksichtigung aller Sicherheitsaufschläge auf den Risikokapitalbedarf bzw. den Value-at-Risk (VaR) analysiert. Dabei spielt der Umgang mit der kombinierten Unsicherheit, also die Art der Aggregation der Unsicherheitskomponenten, eine entscheidende Rolle. Die Auswirkungen eines Sicherheitsaufschlages auf den VaR werden auf Basis des Vasicek-Portfoliomodells anhand von drei synthetischen Beispielportfolios simuliert.

---

<sup>1</sup> Innerhalb dieses Artikels wird die Korrelationsart der Übersichtlichkeit halber vereinfacht mit *Korrelation (KOR)* bezeichnet. Diese entspricht den Begriffen der *pairwise asset correlation* aus (Vasicek, 2002), der *asset-value correlation* aus (Gordy, 2003), der *asset-correlation* aus (BCBS, 2005) sowie der *intra-correlation* aus (Nagl, 2018).

## 2 ANFORDERUNGEN AN DIE SICHERHEITSSPANNEN/-AUFSCHLÄGE

### 2.1 REGULATORISCHE EIGENKAPITALANFORDERUNGEN (SÄULE 1)

Während die EU-Verordnung Nr. 575/2013 des europäischen Parlaments und des Rates (EU CRR, 2013) die Grundlage zur Bestimmung der regulatorischen Eigenmittel bildet, wird in den *EBA Guidelines on PD estimation, LGD estimation and the treatment of defaulted exposures* (EBA, 2018) sowie in *EBA Final Draft Regulatory Technical Standards* (EBA, 2016) auf die praktische Umsetzung der Verordnung eingegangen. Demnach müssen die Institute über einen robusten Prozess verfügen, um alle Mängel, die zu Schätzfehlern und einer gestiegenen Unsicherheit führen können, zu identifizieren (vgl. EBA, 2018, S. 16 f.; EBA, 2016, S. 13 und 70). Dabei sollten die Institute nach (EBA, 2018, S. 57) alle relevanten Mängel bei Methoden, Prozessen, Kontrollen, Daten und IT-Systemen berücksichtigen, die von der Kreditrisikokontrolleinheit, der Validierungsfunktion, der internen Auditfunktion oder einer anderen internen oder externen Überprüfung festgestellt wurden. Zur Berücksichtigung dieser Mängel und Unsicherheiten sind MoCs für jeden geschätzten Risikoparameter zu bilden (vgl. EBA, 2018, Abschnitt 4.4), die neben der bestmöglichen Schätzung der Risikoparameter (bezeichnet als *Best Estimate*) separat auszuweisen sind. Die MoCs lassen sich für jeden Risikoparameter nach (EBA, 2018, Abschnitt 4.4.3) in drei Kategorien untergliedern:

- A. Sicherheitsspanne in Bezug auf Datenmängel und methodische Mängel,
- B. Sicherheitsspanne in Bezug auf relevante Änderungen der Kreditvergaberichtlinien, der Risikobereitschaft, der Inkassorichtlinien und Richtlinien der Sicherheitenverwertung und Einbringung sowie aller sonstigen Quellen zusätzlicher Unsicherheit,
- C. Sicherheitsspanne in Bezug auf den allgemeinen Schätzfehler.

Die risikoparameterspezifische Sicherheitsspanne für Säule 1 ergibt sich aus der einfachen Summe der einzelnen MoCs der Kategorien A, B und C. Während die Verwendung einer einfachen und ungewichteten Summe regulatorisch vorgegeben ist, wird den Kreditinstituten in der Berechnung der einzelnen MoC-Komponenten für die Kategorien ein Spielraum in der Methodik eingeräumt (vgl. EBA, 2018, S. 58). Dadurch kann die Höhe des Gesamt-MoCs auch bei gleichen Annahmen für die MoC-Komponenten von Institut zu Institut variieren. Zudem sind die MoCs so zu bilden, dass sie sich proportional zur Unsicherheit verhalten (vgl. EBA, 2018, Abs. 43 (a) (ii)). Darüber hinaus wird festgelegt, dass der MoC für Kategorie C größer als Null und die MoCs für die Kategorien A und B größer oder gleich Null sein müssen (vgl. EBA, 2018, Abs. 47 (a) und (b)). Zudem sind im *ECB guide to internal models* (EZB, 2019, S. 67 ff.) weitere Umsetzungsaspekte des MoCs spezifiziert.

Der ursprüngliche Umsetzungstermin der EBA Leitlinien, datiert auf den 01.01.2021, wurde nach (EBA, 2019, S. 10) um ein Jahr auf den 01.01.2022 verschoben.

Die Quantifizierungsverfahren der Risikoparameter für Säule 1 sind in Tabelle 1 jeweils für den Kreditrisikostandardansatz (KSA; vgl. EU CRR, 2013, Teil 3 Titel II Kapitel 2) und den auf internen Beurteilungen basierenden Ansatz (IRBA; vgl. EU CRR, 2013, Teil 3 Titel II Kapitel 3) dargestellt. Dieser Aufstellung ist die jeweilig erlaubte Vorgehensweise für Säule 2 in der rechten Spalte gegenübergestellt. Während bei der Verwendung des KSA alle Parameter extern bestimmt werden oder vorgegeben sind, können in den beiden Varianten F-IRBA und A-IRBA die PD bzw. auch LGD und CCF anhand interner Schätzungen berechnet werden. Diese internen Schätzungen unterliegen Unsicherheiten, für welche Sicherheitsspannen zu bilden sind. Für den Risikoparameter Korrelation

sind in (EU CRR, 2013) konkrete, aufsichtlich definierte Funktionen in Abhängigkeit der PD vorgeschrieben (vgl. BCBS, 2005, S. 6, 13-14), sodass für Säule 1 eine separate Sicherheitsspanne für die Korrelation nicht von Relevanz ist.

Tabelle 1: Berechnung der Risikoparameter in Abhängigkeit des Risikoquantifizierungsverfahrens

	Säule 1			Säule 2
	KSA	F-IRBA	A-IRBA	
PD	Extern vorgegebene Methode	Interne Schätzung	Interne Schätzung	Interne Schätzung
LGD	Extern vorgegebene Methode	Extern vorgegebene Methode	Interne Schätzung	Interne Schätzung
CCF	Extern vorgegebene Methode	Extern vorgegebene Methode	Interne Schätzung	Interne Schätzung
Korrelation	NA	Extern vorgegebene Methode	Extern vorgegebene Methode	Interne Schätzung

## 2.2 ANFORDERUNGEN AN DEN ÖKONOMISCHEN KREDITRISIKOKAPITALBEDARF (SÄULE 2)

Im Gegensatz zu Säule 1 sind die Anforderungen für die Konservativitätsaufschläge im Rahmen des ökonomischen Kreditrisikokapitalbedarfes in Säule 2 weniger konkret formuliert. Die zentrale Anforderung aus dem ICAAP Leitfaden, wonach der Gesamtgrad der Konservativität bei der Risikoquantifizierungsmethode innerhalb der ökonomischen Perspektive mindestens dem Niveau entsprechen soll, das den Risikoquantifizierungsmethoden der internen Modelle der Säule 1 zugrunde gelegt wird (vgl. EZB, 2018, S. 35), impliziert im Allgemeinen nicht, dass die Konservativität jeder einzelnen Komponente in Säule 2 mindestens dem Grad der Konservativität entsprechen muss, der für diese Komponente in Säule 1 angesetzt wird. Der ICAAP Leitfaden weist an dieser Stelle darauf hin, dass sich der Gesamtgrad der Konservativität nicht durch einzelne Faktoren, sondern durch das Zusammenspiel von zugrunde liegenden Annahmen und Parametern bestimmen lässt. Demnach kann ein Ansatz in der Praxis auch dann hinreichend konservativ sein, wenn einzelne Annahmen weniger konservativ sind, solange der Gesamtgrad an Konservativität hoch genug ist (vgl. EZB, 2018, S. 35-36).

Die MaRisk (BaFin, 2017) bilden eine weitere Grundlage der Verpflichtung von Kreditinstituten, die Risiken ihres Kreditportfolios zu modellieren, zu quantifizieren und damit kontrollieren zu können. Konkrete Anforderungen an den Sicherheitsaufschlag lassen sich aus den MaRisk allerdings nicht unmittelbar ableiten.

Aufgrund der zuvor genannten Argumente ist zu schließen, dass Sicherheitsaufschläge auch in Säule 2 zu bilden sind, wobei deren Quantifizierung sich an den Richtlinien für die Sicherheitsspannen in Säule 1 orientieren sollte. Aufgrund der gegebenenfalls unterschiedlichen Quantifizierungsmethodik – externe Vorgabe versus interne Schätzung (vgl. Tabelle 1) – können sich die Konservativitätsaufschläge zwischen Säule 1 und Säule 2 in ihrer Höhe und in der Art der Komponenten voneinander unterscheiden. Dies trifft insbesondere auf den Risikoparameter Korrelation zu, der ausschließlich in Säule 2 durch interne Schätzmethoden berechnet werden kann. Aufgrund der hohen Sensitivität des

Kreditrisikos in Bezug auf Korrelationsschätzungen (vgl. Kapitel 4.1) hat der Korrelationsparameter auf die Modellierung des Sicherheitsaufschlages in Säule 2 einen signifikanten Einfluss.

Die Unsicherheiten werden in Säule 2 analog zum Vorgehen in Säule 1 in die Aufschlagskategorien A, B und C unterteilt. Das Hinzufügen weiterer Kategorien ist erforderlich, falls die institutsspezifischen Mängel und Unsicherheiten dies notwendig machen (z.B. Unsicherheit durch getroffene Modellannahmen).

### 3 MODELLIERUNG DES SICHERHEITSAUFSCHLAGES FÜR SÄULE 2

Das in diesem Artikel gewählte Verfahren zur Bildung eines Sicherheitsaufschlagsmodells für den ökonomischen Kreditrisikokapitalbedarf in Säule 2 ist in Abbildung 1 skizziert.

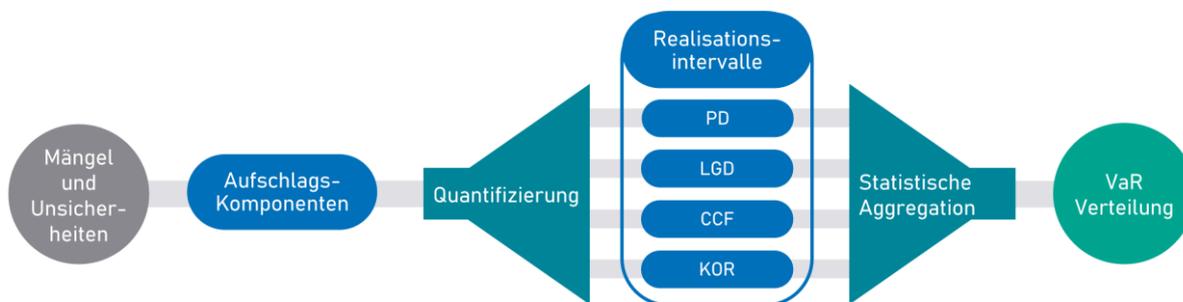


Abbildung 1: Berechnung der Risikoparameter in Abhängigkeit des Risikoquantifizierungsverfahrens

In einem ersten Schritt werden sogenannte *Sicherheitsaufschlagskomponenten* definiert. Dabei werden Mängel und Unsicherheiten für alle intern geschätzten Risikoparameter identifiziert, mittels der Kategorien A, B und C strukturiert und in Form von Sicherheitsaufschlagskomponenten spezifiziert (siehe Kapitel 3.1).

Anschließend folgt die Quantifizierung der Sicherheitsaufschlagskomponenten. Dazu werden sogenannte *aufschlagskomponentenspezifische Realisationsintervalle* gebildet, die die Gesamtspanne der möglichen Einflüsse der jeweiligen Unsicherheit abbilden sollen. Der Aufschlag der jeweiligen Komponente liegt demnach innerhalb des entsprechenden Intervalls. Die Intervalle werden anstelle von festen Werten verwendet, um dem Zusammenspiel aller Komponenten und deren Abhängigkeitsstrukturen gerecht werden zu können. Die Bewertung der Intervallgrenzen erfolgt durch unterschiedliche Verfahren. Dazu können einerseits bestehende Methoden, insbesondere aus Säule 1, und andererseits Monte-Carlo Simulationsstudien verwendet werden, um den Einfluss der Unsicherheiten auf die Schätzwerte simulativ zu bestimmen. Dies ist insbesondere dort notwendig, wo die Methodik nicht aus Säule 1 übertragen werden kann (z.B. für die Korrelationsschätzung; siehe Kapitel 3.2).

Zur gemeinsamen Berücksichtigung aller Aufschlagskomponenten werden diese innerhalb eines Modells aggregiert. Hierbei wird eine statistische Aggregation der Komponenten vorgeschlagen, da eine gleichzeitige Berücksichtigung aller Aufschlagskomponenten in voller Höhe in der ökonomischen Perspektive unter anderem aufgrund von Abhängigkeitsstrukturen nicht sinnvoll ist (siehe Kapitel 3.3).

Schließlich wird die Auswirkung der Anwendung des Sicherheitsaufschlagsmodells auf den Kreditrisikokapitalbedarf bzw. den VaR anhand des Vasicek-Portfoliomodells (vgl. Vasicek, 2002) analysiert (siehe Kapitel 3.4).

### 3.1 DEFINITION DER SICHERHEITSAUFSCHLAGSKOMPONENTEN

Gemäß den EBA Leitlinien sind alle Unsicherheiten und Mängel, die bei der internen Schätzung der Risikoparameter entstehen, zu berücksichtigen. Die Ermittlung des Sicherheitsaufschlages für Schätzunsicherheiten und -mängel ist allerdings im Allgemeinen abzugrenzen von den sogenannten *Appropriate Adjustments*. Der Sicherheitsaufschlag ist ein Konservativitätsaufschlag für etwaige Mängel und Unsicherheiten und wird separat von der bestmöglichen Schätzung gebildet und ausgewiesen. Dahingegen ist das Ziel des *Appropriate Adjustments*, eine möglichst genaue und bestmögliche Schätzung zu erzielen (EBA, 2018, S. 17). Es wird also innerhalb des Schätzverfahrens dem Schätzwert hinzugerechnet mit dem Ziel, die Schätzgüte zu optimieren. Im Zuge einer statistischen Betrachtungsweise kann das *Appropriate Adjustment* beispielsweise zur Verringerung und Korrektur einer bereits a priori bekannten systematischen Verzerrung der Schätzmethode gebildet und in den Best Estimate inkludiert werden. Zu beachten ist dabei, dass ein *Appropriate Adjustment* nur gebildet werden kann, wenn die Richtung und Höhe der Korrektur, also z. B. die Höhe der systematischen Verzerrung, auch a priori bekannt ist. Ist dies nicht oder nur eingeschränkt der Fall, kann ein *Appropriate Adjustment* entweder nicht oder nur unter Berücksichtigung einer weiteren Unsicherheitskomponente gebildet werden. Die Thematik des *Appropriate Adjustments* wird im weiteren Verlauf dieses Artikels ausgeklammert.

In einem ersten Schritt werden alle Mängel und Unsicherheiten, die einen Einfluss auf die Quantifizierung des ökonomischen Kreditrisikokapitalbedarfes haben können, identifiziert. Danach werden diese Mängel und Unsicherheiten analog zum Vorgehen in Säule 1 den drei Kategorien A, B und C zugeordnet (vgl. Kapitel 2.1) und – in Anlehnung an die EBA Leitlinien (EBA, 2018) – weiter in unterschiedliche Unsicherheitsarten untergliedert. Dadurch lässt sich verifizieren, ob alle in den Leitlinien erwähnten Unsicherheitsarten berücksichtigt werden. Auf Basis der Unsicherheitsarten werden für jeden Risikoparameter die Aufschlagskomponenten gebildet. Jede Komponente ist definiert als Kombination von Unsicherheitsart und Risikoparameter (vgl. Tabelle 2).

Die Definition der Aufschlagskomponenten ist generell dem Kreditinstitut überlassen, sofern alle Unsicherheiten berücksichtigt werden. Eine mögliche Liste der Aufschlagskomponenten aufgeteilt nach den Kategorien A, B und C ist in Tabelle 2 zu finden (3 Kategorien, 5 Unsicherheitsarten, 7-8 Komponenten pro Risikoparameter – insgesamt 25 Aufschlagskomponenten und eine risikoparameterunabhängige Komponente für die Modellannahmen des zugrunde liegenden Kreditportfoliomodells).

Tabelle 2: Beispielhafte Auflistung der Aufschlagskomponenten

Kategorie	Art der Unsicherheit	Komponente	PD	LGD	CCF	KOR
A	Schätzmethodik	Unterschiedliche Schätzer				
		Bias-Korrektur <i>Appropriate Adjustment</i>				
	Datenqualität	Repräsentativität der Daten				
		Mängel in den Daten				
	Modellannahmen					
B	Zukünftige Entwicklungen	Intern				
		Extern				
C	Schätzfehler	Allgemeine Schätzfehler				

Als Sicherheitsaufschlagskomponenten sollten unter anderem auch etwaige Bias-Korrekturen von zuvor durchgeführten Appropriate Adjustments berücksichtigt werden, falls diese Unsicherheiten beinhalten. Zudem sollten auch Modell- und Verteilungsannahmen der verwendeten Portfoliomodelle Beachtung finden. Dies ist beispielsweise durch die Durchführung eines Kolmogorov-Smirnov-Tests möglich, bei dem geprüft werden kann, inwiefern die beobachtete Verteilung der Daten von der Verteilungsannahme abweicht (vgl. Chakravarti, Laha, & Roy, 1967, S. 392-394). Die Komponente „Datenrepräsentativität“ aus Kategorie A beinhaltet alle Unsicherheiten, die mit der unterschiedlichen Herkunft der Daten in Zusammenhang stehen. Zur detaillierteren Analyse des Einflusses der Datenherkunft sowie der verwendeten Schätzverfahren auf die Güte der Schätzungen der Risikoparameter bietet (Nagl, 2018, S. 28 f.) einen Überblick über die mögliche Auswirkung in Bezug auf den Risikoparameter Korrelation.

### 3.2 QUANTIFIZIERUNG DER SICHERHEITSAUFSCHLAGSKOMPONENTEN

Als Basis zur Quantifizierung der Aufschlagskomponenten  $k = 1, \dots, K$  definieren wir die sogenannten *Realisationsintervalle*. Ein Realisationsintervall für die Aufschlagskomponente  $k$  ist definiert als ein reellwertiges Intervall

$$RI_k := [l, u] \text{ mit } 0 \leq l \leq u,$$

welches die Gesamtspanne der möglichen Einflüsse der Unsicherheitskomponente auf den Best Estimate (gekennzeichnet mit Suffix *BE*) des Risikoparameters abbildet.<sup>2</sup>

Betrachtet man beispielsweise eine Aufschlagskomponente (von ggf. mehreren) für die Ausfallwahrscheinlichkeit *PD*, so erhöht sich diese im bestmöglichen Fall von  $PD_{BE}$  auf  $PD_{BE} * (1 + l)$  und im Worst Case auf  $PD_{BE} * (1 + u)$ . Der Worst Case bezieht sich in der Regel auf den Wert der Unsicherheit, den man bei einer separaten Betrachtung pro Komponente als festen Aufschlag für diese Komponente verwenden würde. Aufgrund der Vielzahl von Komponenten und deren Abhängigkeitsstrukturen untereinander sollte jedoch aus ökonomischer Sicht nicht naiv dieser Maximalwert jeder Komponente verwendet werden. Anstelle dessen ist eine auf Zufallszahlen basierende komponentenübergreifende Methode zu bevorzugen, die in Kapitel 3.3 näher erläutert wird.

Die konservative Abschätzung des Risikoparameters *PD* unter Berücksichtigung *einer* Aufschlagskomponente, bezeichnet als  $PD_{SA}$ , liegt somit im Intervall

$$PD_{BE} * (1 + RI_k) = [PD_{BE} * (1 + l), PD_{BE} * (1 + u)].$$

Wird also beispielsweise für die Aufschlagskomponente „Allgemeiner Schätzfehler“ des Risikoparameters *PD* ein Realisationsintervall von  $[1\%, 4\%]$  gebildet, so bedeutet dies, dass die *PD* prozentual um 1% bis 4% erhöht werden muss, um der durch den allgemeinen Schätzfehler verursachten Unsicherheit Rechnung zu tragen. Der Sicherheitsaufschlag für diese Komponente liegt also zwischen 1% und 4%.

Die Bewertung der Intervallgrenzen  $l$  und  $u$  erfolgt durch unterschiedlichen Bewertungsverfahren.

---

<sup>2</sup> Da es sich um Aufschlagskomponenten handelt, wird die untere Grenze des Realisationsintervalls als nicht negativ ( $l \geq 0$ ) vorausgesetzt. Falls Unsicherheiten zu „negativen Aufschlägen“ führen sollten, können diese ggf. durch Appropriate Adjustments berücksichtigt werden.

- *Abgeleitet aus Säule 1:* Da nach dem ICAAP Leitfaden die aufgrund der internen Modelle in Säule 1 berücksichtigten Unsicherheiten in Säule 2 in mindestens dem gleichen Umfang zu berücksichtigen sind, können die MoC-Komponenten aus Säule 1 teilweise auf das Sicherheitsaufschlagsmodell in Säule 2 übertragen werden. Dies ist allerdings nur für Komponenten möglich, deren Risikoparameter in Säule 1 und 2 durch die gleichen Schätzverfahren geschätzt wird. Während diese Übertragung der Methodik aus Säule 1 für ein Institut, welches den KSA verwendet, für keine Komponente möglich ist, kann sie für ein A-IRBA verwendendes Institut für alle Komponenten der Parameter PD, LGD und CCF zulässig sein (sofern die Schätzmethoden übereinstimmen).
- *Simulationsstudie:* Ist die Übertragung der Methodik aus Säule 1 nicht möglich, so kann die Quantifizierung der Komponenten durch Monte-Carlo Simulationsstudien simulativ erfolgen. Eine simulative Bestimmung des Einflusses der Unsicherheiten ist insbesondere für alle Aufschlagskomponenten des Risikoparameters Korrelation empfehlenswert. Eine Beispielsimulationsstudie dazu ist in Kapitel 4.1 zu finden.
- *Pauschal:* Ist die Quantifizierung einer Aufschlagskomponente weder mit bestehenden Methoden aus Säule 1 noch simulativ möglich, so ist eine pauschale Bestimmung der Intervallgrenzen beispielsweise durch qualitative Methoden (insb. Expertenschätzung) denkbar. Dieser Aspekt wird allerdings innerhalb dieses Artikels nicht näher betrachtet.

Eine beispielhafte Auflistung der Quantifizierungsverfahren aller Aufschlagskomponenten ist in Tabelle 3 zu finden.

Tabelle 3: Beispielhafte Auflistung der Aufschlagskomponenten inklusive Quantifizierungsverfahren

Kategorie	Art der Unsicherheit	Komponente	PD	LGD	CCF	KOR
A: Methodische oder datentechnische Mängel	Schätz- methodik	Unterschiedliche Schätzer	Abgeleitet aus Säule 1	Abgeleitet aus Säule 1	Pauschal <sup>3</sup>	Simulations- studie
		Bias-Korrektur Appropriate Adjustment	NA	NA	NA	Simulations- studie
	Datenqualität	Repräsentativität der Daten	Abgeleitet aus Säule 1	Abgeleitet aus Säule 1	Pauschal <sup>3</sup>	Pauschal
		Mängel in den Daten	Abgeleitet aus Säule 1	Abgeleitet aus Säule 1	Pauschal <sup>3</sup>	Pauschal
	Modellannahmen		Pauschale zu Modellannahmen			
B: Veränderte Richtlinien bzgl. zukünftiger Entwicklungen	Zukünftige Entwicklungen	Intern	Abgeleitet aus Säule 1	Abgeleitet aus Säule 1	Pauschal <sup>3</sup>	Pauschal
		Extern	Abgeleitet aus Säule 1	Abgeleitet aus Säule 1	Pauschal <sup>3</sup>	Pauschal
C: Allgemeine Schätzfehler	Schätzfehler	Allgemeine Schätzfehler	Abgeleitet aus Säule 1	Abgeleitet aus Säule 1	Pauschal <sup>3</sup>	Simulations studie

<sup>3</sup> Falls eine direkte Ableitung aus Säule 1 nicht möglich ist (z. B. aufgrund fehlender Informationen oder abweichender Methoden), so können ggf. pauschale Annahmen in Anlehnung an vergleichbare Modelle der Säule 1 zur Quantifizierung der Aufschlagskomponenten genutzt werden.

### 3.3 STATISTISCHE AGGREGATION DER SICHERHEITSAUFSCHLAGSKOMPONENTEN

Nachdem in Kapitel 3.2 die Aufschlagskomponenten separat quantifiziert wurden, ist eine geeignete Aggregation aller Komponenten notwendig, um allen Unsicherheiten gerecht werden zu können.

Aus ökonomischer Sicht ist die gleichzeitige Berücksichtigung aller Komponenten des Aufschlages in voller Höhe (Worst Case) nicht sinnvoll, da dies zu einer Überschätzung der Gesamtunsicherheit führen würde. Der Grund für die Überschätzung ist einerseits die implizite Annahme einer perfekten Abhängigkeit der Ereignisse „Eintreten der Unsicherheit“ aller Komponenten. Andererseits wird im Worst Case angenommen, dass die Unsicherheiten immer den maximalen negativen Einfluss auf die Risikobewertung haben. Beide Annahmen sind aus ökonomischer Sicht nicht zu erwarten, sodass der Worst Case Fall unter Verwendung der oberen Intervallgrenzen aller Komponenten eine zu konservative Herangehensweise darstellt.

Stattdessen wird eine statistische Aggregation der Komponenten vorgeschlagen. Dabei wird auf der Basis einer Monte-Carlo Simulation eine Unabhängigkeit oder eine nicht perfekte Abhängigkeit der Ereignisse „Eintreten der Unsicherheit“ zwischen den Komponenten angenommen (hier bezeichnet als *Abhängigkeitsannahmen*). In der Simulation beeinflusst die Verteilung der Zufallszahlen die Höhe des negativen Einflusses der Unsicherheitskomponenten auf die Gesamtrisikobewertung.

Durch die statistische Aggregation ist es möglich, die Auswirkung der Anwendung des Sicherheitsaufschlagsmodells auf den Kreditrisikokapitalbedarf bzw. den VaR innerhalb des Portfoliomodells durch eine Monte-Carlo Simulation zu messen. Zur Durchführung werden komponentenspezifische Zufallszahlen unter Berücksichtigung der Abhängigkeitsannahmen gezogen. Dazu werden mit  $k = 1, \dots, K$  die Aufschlagskomponenten bezeichnet. Somit sind für  $r = 1, \dots, R$  Monte-Carlo Replikationen gleichverteilte Zufallszahlen

$$\mathbf{z}_k := \begin{pmatrix} z_{k,1} \\ \vdots \\ z_{k,R} \end{pmatrix} \in RI_k^R \quad \forall k = 1, \dots, K$$

aus den Realisationsintervallen  $RI_k$  zu ziehen, wobei die a priori festgelegten Abhängigkeitsannahmen zwischen den Aufschlagskomponenten

$$c_{k,l} := \text{cor}(\mathbf{z}_k, \mathbf{z}_l) \in [-1, +1] \quad \forall k, l = 1, \dots, K$$

erfüllt sind. Die Korrelationsfunktion  $\text{cor}(\cdot, \cdot)$  ist hier als Pearson Korrelation definiert. Die Abhängigkeit kann aber zum Beispiel auch über die Spearman oder die Kendall's Tau Korrelation definiert werden (vgl. Kendall, 1970).

Die Abhängigkeitsannahmen werden im weiteren Verlauf im Portfoliomodell verwendet, indem die Zufallszahlen aller Komponenten, die *einem* Risikoparameter zugeordnet werden, addiert werden. Für die PD ergibt sich somit beispielsweise in Replikation  $r \in \{1, \dots, R\}$  der Aufschlag

$$SA_{PD,r} = \sum_{k \in I_{PD}} z_{k,r} \quad \text{mit } I_{PD} := \{k \in \{1, \dots, K\} : k \text{ ist Komponente, die PD betrifft}\}.$$

Die für diese Replikation verwendete PD inklusive Sicherheitsaufschlag,  $PD_{SA,r}$ , ergibt sich damit aus der ursprünglichen PD, bezeichnet mit  $PD_{BE}$ , durch

$$PD_{SA,r} = PD_{BE} * (1 + SA_{PD,r}).$$

Diese PD inklusive Sicherheitsaufschlag wird dann im Portfoliomodell verwendet. Für die anderen Risikoparameter wird eine analoge Vorgehensweise durchgeführt.

### 3.4 ANWENDUNG DER SICHERHEITSAUFSCHLÄGE

Die Auswirkung der Sicherheitsaufschläge wird anhand des Vasicek-Portfoliomodells untersucht. Zur Reduzierung der Komplexität wird hier das Einfaktor-Modell verwendet, welches nur ein Kundensegment berücksichtigt. Die Theorie des Portfoliomodells wird kurz im Anhang dargestellt. Für einen ausführlicheren Überblick über das Modell wird auf die Referenzen (Vasicek, 1991), (Vasicek, 2002) und (Gordy, 2003) verwiesen.

Als Ergebnis der Berechnungen resultiert der VaR des Portfolios zum Konfidenzniveau  $\alpha$  als Maß für das Gesamtrisiko des Portfolios. Neben der Korrelation hat auch der Risikoparameter PD – und damit auch dessen Sicherheitsaufschläge – einen nichtlinearen Einfluss auf den VaR. Dahingegen haben die Sicherheitsaufschläge für die Risikoparameter LGD und CCF in diesem Modell einen linearen Einfluss (vgl. Ausführungen im Anhang).

Zur Analyse der Auswirkungen des Sicherheitsaufschlagsmodells für die Risikobewertung werden im Folgenden auf Basis des Vasicek-Modells unterschiedliche Szenarien berechnet und miteinander verglichen. Diese Szenarien unterscheiden sich durch unterschiedliche Abhängigkeitsannahmen  $c_{k,l}$ , wobei diese aus Gründen der Interpretierbarkeit innerhalb eines Szenarios für alle Komponenten  $k \neq l$  als konstant angenommen werden.

Als Szenarien werden unter anderem die Annahme von unabhängigen Komponenten ( $c_{k,l} = 0 \forall k \neq l$ ) und die Annahme des gleichzeitigen und vollumfänglichen Eintretens aller Unsicherheiten ( $c_{k,l} = 1 \forall k, l$  mit  $SA_k = \max(RI_k)$ ; Worst Case-Szenario) untersucht. Die szenariospezifischen VaRs werden in Kapitel 4.2 auf Basis einer Simulationsstudie unter Verwendung von drei synthetischen Beispielportfolios bestimmt und miteinander verglichen.

## 4 ERGEBNISSE DER SIMULATIONSTUDIE

Zur Ermittlung des Einflusses der Sicherheitsaufschläge auf den VaR werden drei synthetische Portfolios verwendet, die sich in ihrer Charakteristik insbesondere in der Portfoliogröße und daher auch in der Anzahl der beobachteten Kreditausfälle unterscheiden (vgl. Tabelle 4). Entsprechend werden die Portfolios im Folgenden als *Low*, *Medium* und *High Default* Portfolio bezeichnet. Daneben unterscheiden sich die Portfolios in der Verteilung der PD und des EAD. Beide Verteilungen weisen für alle Portfolios eine deutliche Rechtschiefe auf (Basis bildet jeweils eine Gammaverteilung mit Formparametern 0,4 (EAD) bzw. 0,9 (PD) sowie Skalenparameter 0,5). Um die Komplexität der Auswertung nicht zu erhöhen, wird eine konstante LGD betrachtet. Als Korrelation wird ein Niveau zwischen 7,5% und 10% angenommen, In Übereinstimmung mit den Vorschriften aus (EU CRR, 2013) wird ein Konfidenzniveau von 0,999 für den VaR festgesetzt.

Tabelle 4: Kennzahlen der synthetischen Beispielportfolios

Beispielportfolios	Anzahl an Positionen	Median EAD	Anzahl Ausfälle
Low Default (LD)	200	5 Mio.€	ca. 1 p. a.
Medium Default (MD)	20.000	500.000€	ca. 40 p. a.
High Default (HD)	2 Mio.	50.000€	ca. 8.000 p. a.

## 4.1 SIMULATIONSSTUDIE ZUR GÜTE DER KORRELATIONSSCHÄTZUNGEN

Die Güte der Korrelationsschätzungen beeinflusst die Sicherheitsaufschläge in signifikantem Maße. Gründe dafür sind kleine zugrunde liegende Datenbasen sowie die Komplexität der Schätzverfahren.

Im Folgenden wird anhand einer Beispielsimulation gezeigt, wie die Aufschlagskomponente des allgemeinen Schätzfehlers aus Kategorie C für den Risikoparameter Korrelation bestimmt werden kann. Dazu wird eine Monte-Carlo Simulation auf der Basis des LD, MD und HD Portfolios (vgl. Tabelle 4) durchgeführt. In jeder Replikation werden Ausfallzeitreihen erzeugt, auf Basis derer die Korrelation geschätzt wird. Zur Erzeugung der Ausfallzeitreihen werden die Größe des Portfolios (LD: 200, MD: 20.000, HD: 2 Mio. Positionen), die Ausfallwahrscheinlichkeit (0,2% bis 0,4%), das tatsächliche Korrelationsniveau (6% bis 8%) und die Länge der Zeitreihe (12 Jahre) als Inputdaten verwendet. Als Schätzverfahren werden die Asymptotic Method of Moments (AMM) und der Maximum Likelihood Schätzer (MLE) verwendet. Für das HD Portfolio wird aufgrund von rechentechnischen Gründen eine asymptotische Form des MLE angewendet. Die Schätzverfahren sind detailliert in (Nagl, 2018) beschrieben. Die Simulationsstudie wird anhand des R Paketes ‚AssetCorr‘ (vgl. Nagl, et al., 2018) durchgeführt, in welchem sieben weitere Schätzverfahren zur Korrelationsschätzung vorimplementiert sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird sich im Rahmen dieses Artikels aber auf den AMM und den MLE Schätzer beschränkt.

Da die durch die Monte-Carlo Replikationen erzeugten Schätzverteilungen teilweise systematische Verzerrungen aufweisen, wird, wie in Kapitel 3.1 beschrieben, zuerst ein Appropriate Adjustment zur Korrektur dieser Schätzverteilungen durchgeführt. Dieses Vorgehen ist möglich, wenn angenommen wird, dass die Richtung und Höhe der systematischen Verzerrung a priori in etwa vorausgesagt werden kann. Diese Annahme ist bei modellbasierten Schätzverfahren in der Regel dadurch möglich, dass die Schätzverfahren mit ähnlichen Parametern in synthetischen Probesimulationen im Voraus analysiert werden können. Die Unsicherheit der Vorhersage der Verzerrung ist als weitere Aufschlagskomponente „Bias-Korrektur des Appropriate Adjustment“ unter Kategorie A (Schätzmethodik) berücksichtigt (vgl. Tabelle 3).

Zur Bestimmung der Intervallobergrenze der Aufschlagskomponente wird die relative Differenz zwischen dem Median und einem zuvor festgelegten Quantil der um das Appropriate Adjustment korrigierten Schätzverteilungen verwendet. Diese Festlegung determiniert das Niveau der Konservativität (in dieser Simulation wurde beispielhaft das 60%-Quantil gewählt). Die beschriebene Vorgehensweise ist schematisch in drei Schritten in Abbildung 2 dargestellt.

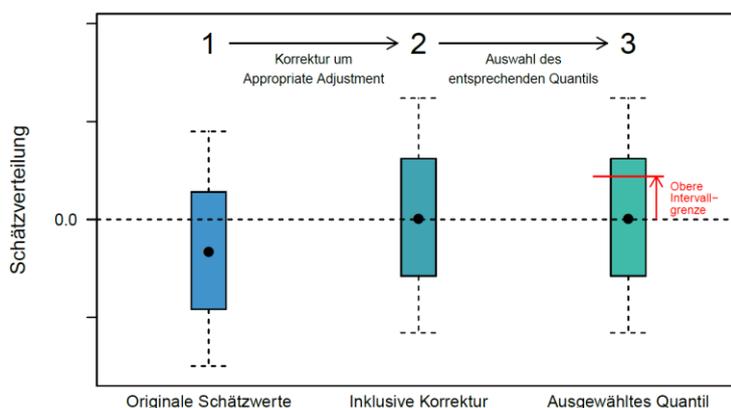


Abbildung 2: Schematische Vorgehensweise zur Bestimmung der Intervallobergrenze für die Aufschlagskomponente „Allgemeiner Schätzfehler der Korrelationsschätzungen“

Die durch das Vorgehen aus Abbildung 2 abgeleiteten Sicherheitsaufschläge der Aufschlagskomponente „Allgemeiner Schätzfehler der Korrelationsschätzungen“ sind für die drei betrachteten Portfolios in Abbildung 3 dargestellt (Intervallobergrenzen). Sie weisen für das LD Portfolio einen deutlich höheren Wert verglichen mit den beiden anderen Portfolios auf. Dies ist mit dem geringen Umfang der zugrunde liegenden Verlustdaten zu erklären. Des Weiteren liegen die Ergebnisse zwischen dem MD und dem HD Portfolio auf einem vergleichbaren Niveau. Bei der Verwendung des AMM und des MLE Schätzers ist somit zu vermuten, dass sich ab einer bestimmten Dimension der Verlustdaten die Güte der Korrelationsschätzungen nicht weiter signifikant erhöht. Darüber hinaus ist ausschließlich im LD Portfolio eine deutliche Sensitivität der Schätzergebnisse bezüglich der verwendeten Schätzmethodik festzustellen, was auf die erhöhte Instabilität der Schätzung in diesem Portfolio hindeutet. Diese Sensitivität der Schätzergebnisse lässt allerdings keinen direkten Rückschluss auf die allgemeine Güte bzw. Genauigkeit der Schätzer zu. Diese kann auch trotz hoher Sensitivität hoch sein.

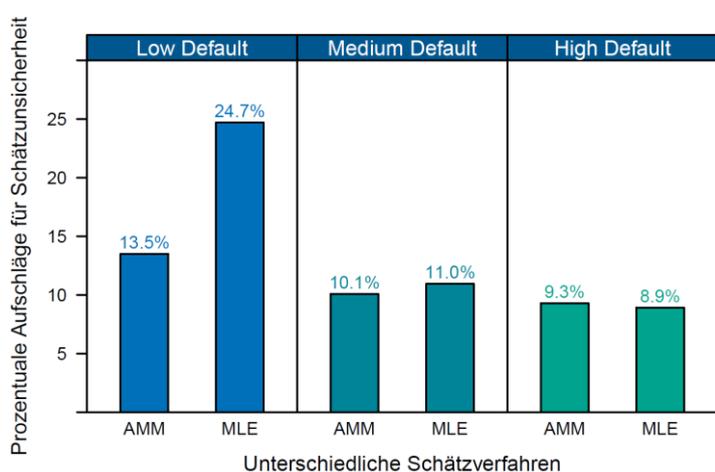


Abbildung 3: Die Korrelationsschätzungen auf Basis der drei synthetischen Beispielportfolios

Als Sicherheitsaufschlag für die Komponente „Allgemeiner Schätzfehler“ für den Risikoparameter Korrelation ergeben sich im Mittel für das LD Portfolio ein Wert von ca. 19%, für das MD Portfolio ca. 10,5% und für das HD Portfolio ca. 9%. Die genannten Prozentwerte aus dieser Beispielsimulation hängen von den synthetisch erzeugten Ausfällen (abhängig von Größe, Länge der Zeitreihe, PD, etc.) sowie vom voreingestellten Korrelationsniveau ab, eine Vergleichbarkeit der Werte untereinander ist jedoch gegeben.

## 4.2 SIMULATIONSSTUDIE DER SICHERHEITSAUFSCHLÄGE AUF BASIS DES VASICEK-KREDITPORTFOLIOMODELLS

Unter Verwendung des in Kapitel 3.4 dargestellten Vasicek-Portfoliomodells wird eine Monte-Carlo Simulationsstudie mit 10.000 Replikationen zur Ermittlung der Auswirkungen der Sicherheitsaufschläge auf den VaR durchgeführt. Dabei werden die in Tabelle 5 definierten Komponenten des Sicherheitsaufschlages sowie deren Realisationsintervalle (dargestellt für das HD Portfolio) berücksichtigt.

Tabelle 5: Aufschlagskomponenten und Realisationsintervalle

Kategorie	Art der Unsicherheit	Komponente	Parameter	Intervall HD	
A	Schätzmethodik	Unterschiedliche Schätzer	PD	0,00%	2,50%
			LGD	0,00%	2,50%
			CCF	0,00%	2,50%
		Bias-Korrektur des Appropriate Adjustment	KOR	0,00%	5,00%
	Datenqualität	Repräsentativität der Daten / Datenherkunft	PD	0,50%	1,00%
			LGD	0,50%	1,00%
			CCF	0,50%	1,00%
			KOR	0,50%	1,00%
		Mängel in den Daten	PD	0,50%	1,00%
			LGD	0,50%	1,00%
CCF			0,50%	1,00%	
KOR			0,50%	1,00%	
Modellannahmen	Portfoliomodell	Modell	0,00%	5,00%	
B	Zukünftige Entwicklungen	Intern	PD	0,00%	0,50%
			LGD	0,00%	0,50%
			CCF	0,00%	0,50%
			KOR	0,00%	0,50%
		Extern	PD	0,00%	0,50%
			LGD	0,00%	0,50%
			CCF	0,00%	0,50%
			KOR	0,00%	0,50%
C	Schätzfehler	Allgemeine Schätzfehler	PD	1,00%	4,00% <sup>4</sup>
			LGD	1,00%	4,00% <sup>4</sup>
			CCF	1,00%	4,00% <sup>4</sup>
			KOR	0,00%	9,00% <sup>4</sup>

Der Hauptunterschied zwischen den portfoliospezifischen Realisationsintervallen ist in der Komponente des allgemeinen Schätzfehlers zu finden, da diese in hohem Maße von der Größe der zugrunde liegenden Datenbasis abhängt. Die verwendeten Werte für die Intervallgrenzen sind hypothetisch, bewegen sich aber in einer realistischen Größenordnung. Der Aufschlag für die Bestimmung der auf die Korrelation bezogenen Komponente des allgemeinen Schätzfehlers ist aus der Simulation aus Kapitel 4.1 abgeleitet.

<sup>4</sup> In dieser Simulationsstudie unterscheiden sich die oberen Intervallgrenzen der Realisationsintervalle zwischen den drei betrachteten Portfolios aufgrund der Abhängigkeit zwischen der Größe des Portfolios und des allgemeinen Schätzfehlers. Während die Grenzen für KOR in Kapitel 4.1 auf Basis synthetischer Portfolios simulativ bestimmt wurden, basieren die Grenzen für PD, LGD und CCF jedoch auf hypothetischen Annahmen.

Die Simulationsstudie umfasst folgende Szenarien:

- Unabhängige Komponenten ( $c_{k,l} = 0 \forall k \neq l$ ; gleichverteilte Zufallszahlen),
- Abhängige Komponenten ( $c_{k,l} \approx 0,65 \forall k \neq l$ ; Zufallszahlen aus K-dimensionaler Gumbel Copula<sup>5</sup> mit Parameter  $\alpha = 2$ , entspricht einem Kendall Tau von  $\tau = 0,5$ ),
- Worst Case Szenario ( $c_{k,l} = 1 \forall k, l$  mit  $SA_k = \max(RI_k)$ ).

Die Ergebnisse der Simulation sind in Abbildung 4 in Form der prozentualen Erhöhung des VaR für alle drei Portfolios und alle drei Szenarien dargestellt. Während die Szenarien für abhängige und unabhängige Komponenten als Boxplot dargestellt sind, ist der Worst Case Fall als rote horizontale Linie eingezeichnet.

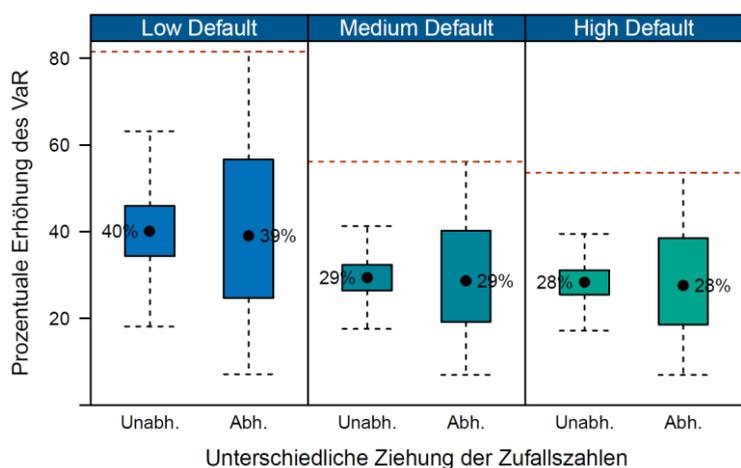


Abbildung 4: Verteilung des Value-at-Risks

Der aus dem Worst Case resultierende Sicherheitsaufschlag mündet für das Low Default Portfolio in einer Erhöhung des VaR um ca. 80%. Für das MD und HD Portfolio liegt der Wert bei ca. 55%. Wie bereits in Kapitel 3.3 erläutert, führt dieser Fall aus ökonomischer Sicht zu einer Überschätzung der Gesamtunsicherheit, da implizit eine perfekte Abhängigkeit zwischen dem Eintreten aller Unsicherheiten angenommen wird. Diese perfekte Abhängigkeit ist aufgrund der Heterogenität der Aufschlagskomponenten (Bezug auf unterschiedliche Risikoparameter, unterschiedliche Unsicherheitsarten, etc.) nicht zu erwarten.

Zur Bestimmung des Kreditrisikokapitalbedarfes inklusive der Sicherheitsaufschläge wird vorgeschlagen, sich an den Quantilen der Verteilungen aus Abbildung 4 zu orientieren. Verwendet man beispielsweise den Median der Verteilung, so ergibt sich ein Sicherheitsaufschlag auf den VaR von 39-40% für das LD Portfolio und 28-29% für das MD und HD Portfolio, was ungefähr der Hälfte des Sicherheitsaufschlages für den Worst Case Fall entspricht. Die Mediane für die Szenarien mit abhängigen und unabhängigen Szenarien unterscheiden sich nicht merkbar, wobei die Breite der Schätzverteilungen für den Fall der abhängigen Komponenten größer ist, verglichen mit dem Szenario der unabhängigen Komponenten. Bei der Analyse der Ergebnisse weiterer Abhängigkeitsgrade ist festzustellen, dass die Breite der Schätzverteilung maßgeblich von dem Grad der Abhängigkeit abhängt. Andere Methoden zur Ableitung des Gesamtsicherheitsaufschlages aus den

<sup>5</sup> Durch eine Gumbel Copula ist mittels eines Abhängigkeitsparameters (hier:  $\alpha = 2$ ; entspricht Kendall Tau von 0,5) möglich, numerisch effizient mehrdimensionale gleichverteilte Zufallszahlen zu ziehen (vgl. Nelsen, 2007).

Simulationsergebnissen sowie Szenarien mit kombiniert abhängigen und unabhängigen Komponenten sind denkbar und grundsätzlich mit der vorgestellten Methodik vereinbar.

In Abbildung 5 sind die durch die Simulation erzeugten kombinierten Gesamtaufschläge aufgegliedert nach den Risikoparametern für das Szenario mit unabhängigen Komponenten dargestellt. Die Vorgehensweise zur Berechnung der parameterbezogenen Aufschläge stimmt mit dem Vorgehen zur Berechnung der Ergebnisse der kombinierten Aufschläge aus Abbildung 4 überein, wobei der VaR für jeden Risikoparameter separat unter Berücksichtigung des entsprechenden Sicherheitsaufschlages berechnet wird (Verwendung des Aufschlages für einen Parameter; alle anderen Aufschläge werden auf null gesetzt).

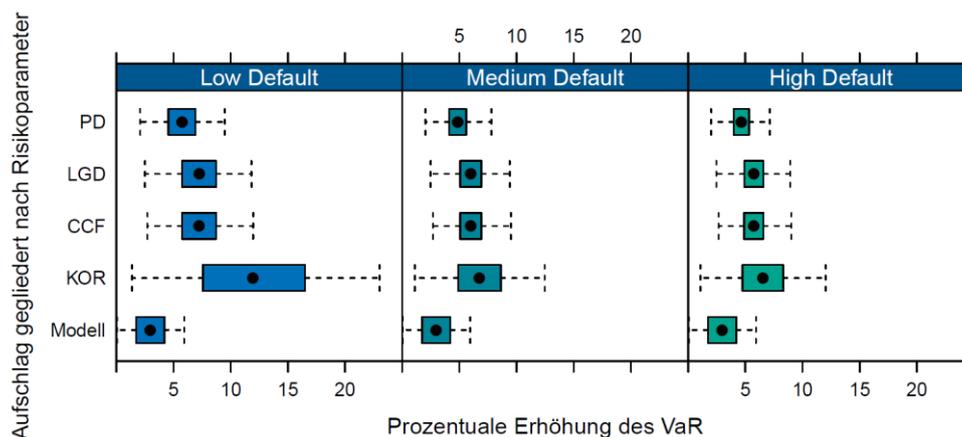


Abbildung 5: Kombinierte Sicherheitsaufschläge anteilig nach den Risikoparametern für das LD, MD und HD Portfolio

Die Korrelationsschätzung hat insbesondere im LD Portfolio im Vergleich zu den anderen Parametern den weitaus größten Einfluss auf die Erhöhung des VaR. Der Hauptgrund dafür ist die Sensitivität der Korrelationsschätzung bezüglich der zugrunde liegenden Verlustdaten (vgl. Kapitel 4.1). Im LD Portfolio ist die Größe des zugrunde liegenden Verlustdatensatzes sehr gering. Dadurch ergeben sich hohe Schätzunsicherheiten, die entsprechend in den Sicherheitsaufschlägen zu berücksichtigen sind. Der die Korrelation betreffende Sicherheitsaufschlag ist im Vergleich zum LD Portfolio im MD und HD Portfolio aufgrund der geringeren Schätzunsicherheit deutlich geringer.

## 5 FAZIT UND AUSBLICK

Neben der Säule 1 sind auch im Kreditportfoliomodell der Säule 2 Konservativitätsaufschläge für die Risikoparameter zu berücksichtigen, wobei die Anforderungen aus dem ICAAP Leitfaden und den MaRisk abzuleiten sind. Dabei muss der Gesamtgrad der Konservativität mindestens dem Niveau entsprechen, das den Risikoquantifizierungsmethoden der internen Modelle der Säule 1 zugrunde gelegt wird, wobei keine besondere Anforderung an den Grad der Konservativität einzelner Risikoparameter oder Aufschlagskomponenten besteht.

Bei der Anwendung der Sicherheitsaufschläge im Portfoliomodell ist der Umgang mit der kombinierten Unsicherheit aller Aufschlagskomponenten entscheidend. Da aus einer ökonomischen Sichtweise die gleichzeitige Berücksichtigung aller Aufschlagskomponenten in voller Höhe (Worst Case) nicht sinnvoll ist, wird eine statistische Aggregation der Aufschlagskomponenten mittels vordefinierten Abhängigkeitsannahmen der Komponenten vorgeschlagen. Dieses Vorgehen erlaubt auch bei einer hohen Anzahl von Aufschlagskomponenten eine realistische Einschätzung der Gesamtunsicherheit im Rahmen der getroffenen Modell- und Abhängigkeitsannahmen.

Die Simulationsergebnisse aus Kapitel 4.2 weisen aufgrund der statistischen Aggregation der Aufschlagskomponenten im Vergleich zum Worst Case deutlich geringere Gesamtaufschläge auf. Zudem hängt die Höhe der Aufschläge signifikant vom Umfang der für die Risikoparameterschätzungen verfügbaren historischen Daten ab. Je mehr historische Ausfallereignisse ausgewertet werden können, desto höher ist die Güte der Korrelationsschätzungen und desto geringer ist der dementsprechend anzusetzende Sicherheitsaufschlag (vgl. Kapitel 4.1). In diesem Zusammenhang zeigen die Ergebnisse der Simulationsstudie einen signifikanten Einfluss der Güte der Korrelationsschätzungen auf die Gesamtrisikobewertung, die in Form der Erhöhung des VaRs für drei Beispielpportfolios und zwei Abhängigkeitsannahmen dargestellt wurde.

Aufgrund der teils hohen Einflüsse der Risikoparameter auf die Gesamtrisikobewertung und aufgrund der Sensitivität der Ergebnisse in Bezug auf die Art und Struktur des Portfolios, die verwendeten Abhängigkeitsannahmen und die verwendeten Schätzmethode, erfordert die praktische Umsetzung der Sicherheitsaufschläge im Kreditportfoliomodell der Säule 2 eine Weiterentwicklung der verwendeten Methoden. Dabei sind sowohl eine Abstimmung der Methoden zur Determinierung der Sicherheitsaufschläge für die Risikoparameter wie auch die Wahl einer Aggregationsstrategie zur kombinierten Berücksichtigung aller Sicherheitsaufschlagskomponenten unerlässlich. Zudem sollte das Kreditinstitut die Schätzmethode zur Bestimmung der Korrelationsparameter optimieren, da der verwendete Schätzer die Güte der Korrelationsschätzungen signifikant beeinflussen kann (vgl. Kapitel 4.1). Schließlich muss auch das Validierungskonzept an die neu entwickelten Methoden angepasst werden.

Die Untersuchungen im Rahmen dieses Artikels machen deutlich, dass eine sorgfältige Analyse der Konservativität der Risikoparameterschätzungen auch im Rahmen des Kreditportfoliomodells der Säule 2 notwendig ist, um zum einen den ökonomischen Eigenkapitalbedarf präzise und genügend konservativ abschätzen zu können und um zum anderen die aufsichtsrechtlichen Anforderungen zu erfüllen. Mit dem dargestellten Modell des Sicherheitsaufschlages wird eine Möglichkeit aufgezeigt, um diesen Anforderungen durch die Bildung von Aufschlagskomponenten und einer unter Abhängigkeitsannahmen durchgeführten statistischen Aggregation der Komponenten gerecht zu werden.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- BaFin. (2017). Mindestanforderungen an das Risikomanagement (MaRisk).
- BCBS. (2005). An Explanatory Note on the Basel II IRB Risk Weight Functions. Bank for International Settlements.
- Chakravarti, Laha, & Roy. (1967). Handbook of Methods of Applied Statistics. In *Handbook of Methods of Applied Statistics* (Bd. 1, S. 392-394). John Wiley and Sons.
- Crouhy, M., Galai, D., & Mark, R. (2000). Model Risk: Concepts, Calibration and Pricing. In *Risk Book* (R. Gibson Ausg., S. xvii–xxxii).
- DSGV. (2019). Mindestanforderungen an das Risikomanagement - Interpretationsleitfaden. (6.1). Berlin.
- EBA. (2016). Final Draft Regulatory Technical Standards, Artikel 47.
- EBA. (2018). Guidelines on PD estimation, LGD estimation and the treatment of defaulted exposures.
- EBA. (2019). Progress Report on the IRB Roadmap - Monitoring Implementation, Reporting and Transparency.
- EU. (2019). Verordnung (EU) Nr. 876/2019 des europäischen Parlaments und des Rates.
- EU CRD. (2013). Richtlinie (EU) Nr. 36/2013 des europäischen Parlaments und des Rates.
- EU CRR. (2013). Verordnung (EU) Nr. 575/2013 des europäischen Parlaments und des Rates.
- EZB. (2018). Leitfaden der EZB für den bankinternen Prozess zur Sicherstellung einer angemessenen Kapitalausstattung (Internal Capital Adequacy Assessment Process – ICAAP).
- EZB. (2019). ECB guide to internal models.
- Gordy, M. (2003). A risk-factor model foundation for ratings-based bank capital rules. *Journal of Financial Intermediation*, 12(3), S. 199-232.
- Kendall, M. G. (1970). *Rank correlation methods* (4. Ausg.). London: Griffin.
- Nagl, M. (2018). *Estimating Correlations in Credit Risk Models. Masterarbeit*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Nagl, M., Havrylenko, Y., Pfeuffer, M., Jakob, K., Fischer, M., & Roesch, D. (2018). R Paket AssetCorr: Estimating Asset Correlations from Default Data.
- Nelsen, R. B. (2007). *An Introduction to Copulas* (2. Ausg.). Springer Series in Statistics.
- Schneck. (2015). *Lexikon der Betriebswirtschaft* (9. Ausg.). München.
- Vasicek, O. (1991). Limiting Loan Loss Probability Distribution. (K. Corporation, Hrsg.)
- Vasicek, O. (2002). The Distribution of Loan Portfolio Value. *RISK*, 15(12), S. 160-162.

## ANHANG: DAS VASICEK-PORTFOLIOMODELL

Für einen ausführlicheren Überblick über das Modell wird auf die Referenzen (Vasicek, 1991), (Vasicek, 2002) und (Gordy, 2003) verwiesen, auf denen die nachfolgenden Ausführungen basieren. Jedes Kreditrisikomodell versucht den Ausfallprozess von Positionen innerhalb einer bestimmten Periode durch die Einbeziehung von Risikoparametern zu erklären. Dabei werden in der Regel die Kreditpositionen in Segmente und Ratingklassen eingeteilt, innerhalb derer eine bestimmte Art von Homogenität angenommen wird. Im Vasicek-Modell beinhaltet dies die folgenden Annahmen:

- Alle Positionen haben eine identische Ausfallwahrscheinlichkeit  $PD$ ;
- Alle Positionen hängen von einer systematischen Risikokomponente  $\psi$  ab, die einen gemeinsamen Faktor des Portfolios – z. B. einen Wirtschaftsindex – darstellt;
- Das Portfolio weist eine hinreichende Größe auf und Verlust durch das Portfolio wird nicht durch die Verluste einiger weniger sehr großer Positionen dominiert;
- Die auf  $\psi$  bedingte Ausfallwahrscheinlichkeit  $PD(\psi)$  ist Vasicek-verteilt.

In einem Einfaktor-Modell kann somit für ein Portfolio mit  $i = 1, \dots, n$  Positionen eine positionsspezifische latente Variable  $A_i$  definiert werden als

$$A_i = \sqrt{\rho} * \psi + \sqrt{1 - \rho} * \varepsilon_i,$$

wobei  $\psi$  die systematische Komponente (wirtschaftliches Gesamtverhalten des Segmentes) und  $\varepsilon_i$  die positionsspezifische Komponente darstellt. Der Parameter  $\rho$  gibt die Korrelation der Vermögenswerte der Positionen an und ist als konstant vorausgesetzt. Darauf basierend kann ein Indikator für den Ausfall einer Position definiert werden als

$$D_i(\psi) = I_{(A_i < \Phi^{-1}(PD))},$$

wobei  $I_0$  der Indikatorfunktion entspricht,  $\Phi$  die Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung und  $\Phi^{-1}$  dessen inverse Funktion darstellt. Unter Standardnormalverteilungsannahmen für  $\psi$  und  $\varepsilon_i$  kann gezeigt werden, dass die auf  $\psi$  bedingte Ausfallwahrscheinlichkeit  $PD(\psi)$  durch

$$PD(\psi) = \Phi\left(\frac{\Phi^{-1}(PD) - \sqrt{\rho} * \psi}{\sqrt{1 - \rho}}\right)$$

definiert werden kann. Somit lässt sich der erwartete Verlust  $L$  und die Wahrscheinlichkeit, dass der erwartete Verlust eine Schwelle  $\theta$  nicht überschreitet,  $P(L \leq \theta)$ , simulativ berechnen. Sind darüber hinaus die zu Beginn des Kapitels genannten Annahmen alle erfüllt, so lässt sich die Wahrscheinlichkeit  $P(L \leq \theta)$  durch

$$P(L \leq \theta) = F(\theta, PD, \rho) := \Phi\left(\frac{\sqrt{1 - \rho} * \Phi^{-1}(\theta) - \Phi^{-1}(PD)}{\sqrt{\rho}}\right)$$

analytisch bestimmen als Funktion  $F$  in Abhängigkeit von der Verlustschwelle  $\theta$ , der Ausfallwahrscheinlichkeit  $PD$  und der Korrelation  $\rho$ . Aufgrund von Symmetrieargumenten lässt sich dadurch insbesondere auch der (relative) VaR zum Konfidenzniveau  $\alpha$  analytisch darstellen als

$$VaR_{\alpha,rel} = F(\alpha, 1 - PD, 1 - \rho).$$

Zur Berechnung des absoluten VaR ist der relative Wert noch mit der Summe der Produkte aus EAD und LGD zu multiplizieren, d.h.

$$VaR_{\alpha} = VaR_{\alpha,rel} * EAD * LGD.$$

Neben der Korrelation hat auch die PD einen nichtlinearen Einfluss auf den VaR. Dahingegen haben die Sicherheitsaufschläge für die Risikoparameter LGD und CCF einen linearen Einfluss auf den VaR.