Universität Augsburg
Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl
Kernkompetenzzentrum
Finanz- & Informationsmanagement
Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik,
Informations- & Finanzmanagement

Universität
Augsburg
University

Diskussionspapier WI-138

# Ein Modell zur Steuerung operationeller Risiken in IT-unterstützten Bankprozessen

von

Ulrich Faisst

November 2003

Beitrag für: Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2004 (MKWI ’04), Essen,
März 2004

Universität Augsburg, 86135 Augsburg
Besucher: Universitätsstr. 12, 86159 Augsburg
Telefon: +49 821 598-4801 (Fax: -4899)
**www.fim-online.eu**

# Ein Modell zur Steuerung operationeller Risiken in IT-unterstützten Bankprozessen*

Ulrich Faisst

Ulrich.Faisst@wiwi.uni-augsburg.de

27.12.03

* Besonderer Dank gilt an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Buhl, Herrn Dr. Huther, Herrn Klier und Herrn Kovacs für Ihre wertvolle Unterstützung und Anregungen bei der Erstellung dieses Beitrags.

# Ein Modell zur Steuerung operationeller Risiken in IT-unterstützten Bankprozessen

Ulrich Faisst

Universität Augsburg

Lehrstuhl für BWL, Wirtschaftsinformatik und Financial Engineering

Kernkompetenzzentrum IT & Finanzdienstleistungen

86135 Augsburg

Ulrich.Faisst@wiwi.uni-augsburg.de

## Abstract

Die Bedeutung operationeller Risiken hat bei Banken insbesondere durch die zunehmende Automatisierung ihrer Prozesse, durch neue regulatorische Auflagen, durch vermehrte M&A-Aktivitäten, verstärktes Outsourcing von Geschäftsaktivitäten sowie durch die Zunahme externer Bedrohungen zugenommen. Banken wollen oftmals zugleich die Höhe operationeller Risiken und die der laufenden Auszahlungen für Prozesse minimieren. Zusätzliche Sicherungsmaßnahmen führen dabei in aller Regel zwar zu niedrigeren operationellen Risiken und damit auch zu niedrigeren Schadenserwartungswerten, sind aber gleichzeitig mit zusätzlichen prozessbezogenen Auszahlungen verbunden. In diesem Beitrag wird ein Modell zur Steuerung operationeller Risiken in Bankprozessen entwickelt. Es werden dabei mögliche Lösungen auf Basis von - die individuellen Rendite-/Risiko-Einstellungen repräsentierenden - Nutzenfunktionen bewertet. Dabei werden die voraussichtlich ab 2007 geltenden Anforderungen von Basel II berücksichtigt. Auch für den unwahrscheinlichen Fall, dass diese regulatorischen Anforderungen erst später oder gar nicht in Kraft treten sollten, bietet das Modell insbesondere Praktikern betriebswirtschaftlich fundierte Unterstützung bei der Steuerung operationeller Risiken in Bankprozessen.

## 1. Einleitung

Bei Banken werden nach Basel II unter dem Begriff operationelle Risiken[1] sämtliche Risiken verstanden, die von internen Prozessen, Mitarbeitern, Systemen sowie von externen Ereignissen ausgehen.[2] Operationelle Risiken besitzen eine wachsende Bedeutung: die zunehmende Automatisierung von Prozessen, neue regulatorische Auflagen, vermehrte M&A-Aktivitäten, verstärktes Outsourcing von Geschäftsaktivitäten sowie die Zunahme externer Bedrohungen werfen Fragen hinsichtlich der Höhe der damit verbundenen operationellen Risiken auf. Bislang waren Banken nur verpflichtet, Kredit- und Marktrisiken mit regulatorischem Eigenkapital[3] zu unterlegen. Nun wendet sich Basel II auch den internen Abläufen der Banken zu und sieht ab 2007 für operationelle Risiken etwa 12% der bisherigen Gesamthöhe der regulatorischen Eigenkapitalunterle-

---

[1] Der Begriff ‚Operationelle Risiken' soll hier synonym zu den in deutschsprachigen Beiträgen weniger gebräuchlichen Begriffen ‚operative', ‚operationale' oder ‚operational risk' verwandt werden.

[2] Definition nach Basel II [BCBS01A]: Rechtsrisiken sind hierbei eingeschlossen, jedoch keine strategischen Risiken oder Reputationsrisiken.

[3] Zur Zusammensetzung des regulatorischen Eigenkapitals vgl. z.B. [BCBS03B]

gung vor. Auch für den Fall, dass Basel II nicht in Kraft treten sollte, ist das Management operationeller Risiken für Banken relevant: Neben spektakulären, existenzbedrohlichen Verlustfälle, zeigen auch häufig wiederkehrende Schadensereignisse Banken das Vorhandensein von operationellen Risiken immer wieder auf. Betrachtet man operationelle Risiken bei Prozessen und deren Sicherheit, so besteht ein Trade-off zwischen erwarteten Schäden[4] einerseits und den prozessbezogenen Auszahlungen (z.B. für Sicherungsmaßnahmen) andererseits.

Ziel dieses Beitrags ist, ein Modell zur Steuerung operationeller Risiken für Bankprozesse zu entwickeln, welches diesen Trade-off auflöst. Dabei wird - unter Zugrundelegung unterschiedlicher Optimierungskalküle - die optimale Höhe operationeller Risiken und die daraus resultierenden erwarteten negativen Zahlungswirkungen bestimmt.

## 2. Stand der Forschung

Entsprechend der wachsenden Bedeutung operationeller Risiken bei Banken haben sich gerade in jüngster Zeit eine ganze Reihe von Beiträgen diesem Themenbereich angenommen. Tabelle 1 klassifiziert diese Beiträge und die darin untersuchten Fragestellungen anhand der Phasen des Risikomanagementprozesses: Identifikation, Quantifizierung, Steuerung und Überwachung (Vgl. [Piaz01]).

In der *Identifikationsphase* sollen bestehende operationelle Risiken aufgedeckt und klassifiziert werden. Ein Schwerpunkt bisheriger Untersuchungen liegt dabei in der Kategorisierung der Schadensereignisse, meist in Verbindung mit dem Aufbau von Schadensdatenbanken zur Erfüllung der Anforderungen von Basel II (vgl. [BCBS01A]). Dazu werden historische Daten sowie Expertenmeinungen im Rahmen von Self-Assessments erhoben. In der darauffolgenden *Quantifizierungsphase* werden die identifizierten operationellen Risiken mit Hilfe unterschiedlicher Methoden bewertet. Zur Bemessung des für operationelle Risiken zu unterlegenden Eigenkapitals stehen mittlerweile fünf verschiedene Ansätze zur Verfügung, die von einfachen, faktorbasierten Ansätzen bis hin zu stochastischen Verlustverteilungs-Modellen auf Basis des Value-at-Risk reichen (vgl. [BCBS01A]). Über diese regulatorischen Ansätze hinaus wurden weitere Methoden zur Quantifizierung operationeller Risiken wie bspw. Befragungstechniken oder Kausal-Methoden entwickelt (vgl. [FaKo03]). Auf Basis der Identifikation und Quantifizierung werden in der *Steuerungsphase* Entscheidungen über das Tragen, Vermindern, Vermeiden sowie den Transfer operationeller Risiken getroffen. Schließlich umfasst die *Überwachungsphase* alle Verfahren und Maßnahmen, die zur fortlaufenden Kontrolle und Überwachung operationeller Risiken notwendig sind.

Methodisch überwiegen bislang einerseits deskriptive Analysen, andererseits wurden speziell von Banken zahlreiche Simulationen durchgeführt. In einigen weiteren Fällen wurden zudem Fallstudien und eine Reihe von empirischen Studien erstellt. Bislang fehlen insbesondere noch formale Modelle, welche die Steuerung operationeller Risiken unterstützen.

[4] Zuzüglich der Verzinsung des regulatorischen Eigenkapitals, falls Basel II in Kraft tritt.

| Phase | Untersuchte Fragestellung | Quelle | Methode |
|---|---|---|---|
| Identifikation | Mit welchen Verfahren und Methoden können potentielle Schadensereignisse aufgrund operationeller Risiken identifiziert werden?<br>Wie können die identifizierten Schadensereignisse kategorisiert werden?<br>Wie können Risikoquellen und -treiber analysiert werden? | [Brin00], [BCBS01A], [Mars01], [Piaz01], [Cruz02], [EGR02], [FRK02], [Jörg02], [LoHe03] | Deskriptive Analyse |
| | | [Hoff02] | Fallstudie (mit N=20 Banken) |
| Quantifizierung | Mit welchen Methoden kann die Höhe operationeller Risiken bestimmt werden? Wie können operationelle Risiken aggregiert werden? Wie können speziell seltene Ereignisse großen Ausmaßes quantifiziert werden? | [Brin00], [Buhr00], [Mars01], [Piaz01], [Cruz02], [EGR02], [FRK02], [Jörg02] | Deskriptive Analyse |
| | | [Hoff02] | Fallstudie (mit N=20 Banken) |
| | Welche Quantifizierungsmethoden eignen sich für bestimmte Einsatzgebiete bzw. Risikotypen? | [FaKo03] | Deskriptive Analyse |
| | Wie hoch sind die Schäden aufgrund operationeller Risiken auf Basis historischer Daten? | [BCBS03A] | Empirische Studie (N=89 Banken) |
| | | [BeKa00] | Simulationsmodell |
| | Wie hoch ist der Beitrag einzelner Prozesse zur Gesamthöhe operationeller Risiken? | [Ebnö01] | Simulationsmodell |
| Steuerung | Welche Instrumente stehen zur Steuerung operationeller Risiken zur Verfügung ?<br>Wie wirkt sich die Anwendung von Steuerungsinstrumenten auf die Häufigkeit und Schwere operationeller Risiken aus? | [Brin00], [Mars01], [Piaz01], [Cruz02], [EGR02], [Jörg02], [LoHe03] | Deskriptive Analyse |
| | | [Spah01] | Fallstudie |
| | | [Hoff02] | Fallstudie (mit N=20 Banken) |
| Überwachung | Welche Verfahren und Methoden eignen sich für die Überwachung operationeller Risiken?<br>Welche organisatorischen Anforderungen beinhaltet eine Überwachung operationeller Risiken des laufenden Geschäftsbetriebs? | [Brin00], [Ande01], [BCBS01B], [Mars01], [Piaz01], [Cruz02], [EGR02], [BCBS03B], [LoHe03] | Deskriptive Analyse |
| | | [Hoff02] | Fallstudie (mit N=20 Banken) |

**Tabelle 1: Überblick über die untersuchten Fragestellungen in ausgewählten Beiträgen**

## 3. Steuerungsinstrumente für operationelle Risiken

Die Aufgabe der Steuerung operationeller Risiken besteht darin, Entscheidungen über Maßnahmen zur Beeinflussung der Höhe operationeller Risiken zu treffen.[5] Zur Steuerung operationeller Risiken stehen interne und externe Steuerungsinstrumente zur Verfügung. *Interne Steuerungsinstrumente* setzen an den Ursachen von operationellen Risiken sowie deren Treibern an und beinhalten darüber hinaus weitere Maßnahmen, um die Auswirkungen von Schadensereignissen zu beschränken. Um die internen Steuerungshebel besser zu verdeutlichen, kann man sie bspw. in Anlehnung der Kategorisierung von Schadensereignissen von Basel II [BCBS01A; BCBS01B] gliedern: Sie umfassen dann sämtliche Maßnahmen zur Sicherung von internen Prozessen bzw. von Systemen, zur Mitarbeitermotivation[6] und zur Prävention gegen externe Risiken. *Externe Steuerungsinstrumente* zielen darauf ab, operationelle Risiken aus der Bank heraus zu transferieren. Dabei wird auf vertraglicher Basis die Haftung für Schäden aufgrund operationeller Risiken externen Parteien übertragen. Darunter fallen insbesondere Versicherungen, das Outsourcing von Prozessen und Systemen oder auch neuartige Kapitalmarktinstrumente, wie etwa Operational Risk Linked Bonds.

## 4. Modell zur Steuerung operationeller Risiken in Bankprozessen

Im folgenden wird ein Modell zur Steuerung operationeller Risiken bei Bankprozessen entwickelt. Es wird davon ausgegangen, dass eine Bank das Ziel verfolgt, ihren Shareholder-Value zu maximieren. Um dieses Ziel zu erreichen, strebt die Bank hinsichtlich eines bestimmten Prozesses zum einen das Subziel einer Minimierung der erwarteten negativen Zahlungswirkungen, zum anderen das einer Minimierung der operationellen Risiken an. Reduziert werden kann die Höhe operationeller Risiken durch die bereits beschriebenen Steuerungsinstrumente. In den meisten Fällen sind diese jedoch mit zusätzlichen prozessbezogenen Auszahlungen verbunden. Parallel dazu stellen gerade die jüngsten konjunkturellen Entwicklungen die Banken vor die Herausforderung, ihren Cash-flow aus den laufenden Geschäftsaktivitäten zu verbessern. So haben Banken ihre Bestrebungen in jüngster Zeit verstärkt, Prozesse weiter zu automatisieren und damit die prozessbezogenen Auszahlungen zu verringern. Dabei wurden z.T. wiederum zusätzliche operationelle Risiken in Kauf genommen.

Es besteht somit ein Zielkonflikt zwischen den Subzielen einer Minimierung der erwarteten, negativen Zahlungswirkungen sowie der Minimierung von operationellen Risiken. Dieser wird im Modell aufgelöst, in dem die möglichen Lösungen mittels Nutzenfunktionen bewertet werden, die die individuelle Rendite-/Risikopräferenz eines Entscheiders repräsentieren. Näherungsweise wird dabei - jeweils für unterschiedliche Optimierungskalküle - die nutzenoptimale Höhe operationeller Risiken bestimmt; letztere gemessen an der Standardabweichung $\sigma$ der negativen Zahlungswirkungen ZW für einen bestimmten Prozess.

[5] Synonym zu Steuerung operationeller Risiken werden Begriffe wie ‚Risikocontrolling', ‚Risikobewältigung', ‚Risikopolitik' oder gar ‚Risikomanagement' verwendet, für eine Übersicht siehe bspw. [Piaz01].
[6] Zum Einfluss der Mitarbeiterloyalität auf die Höhe operationeller Risiken: vgl. [Wurm01]

### 4.1 Annahmen

Dem Modell liegt eine einperiodige Betrachtung zugrunde.

***Annahme A1: Unabhängigkeit eines isoliert betrachteten Prozesses***

Die Aktivitäten einer Bank lassen sich als unterschiedliche Prozesse auffassen und beschreiben. Betrachtet wird speziell ein Prozess, von dem angenommen wird, dass er unabhängig von den übrigen Prozessen der Bank ist.

***Annahme A2: Relevante Zahlungsgrößen***

Die negativen Zahlungswirkungen ZW für den Prozess setzen sich aus den zahlungswirksamen Verlusten durch Schadensereignisse aufgrund operationeller Risiken des Prozesses SA[7], den entgehenden Einzahlungen aufgrund des - für die operationellen Risiken des Prozesses regulatorisch gebundenen - Eigenkapitals EZ sowie den prozessbezogenen Auszahlungen PA zusammen. Abgesehen von EZ werde für die positiven Zahlungswirkungen davon ausgegangen, dass diese bezogen auf den betrachteten Prozess jeweils in gleicher Höhe anfallen.

Ex ante geschätzt werden im weiteren die stochastische Zahlungsgröße SA, sowie die deterministischen Zahlungsgrößen EZ und PA. Die Annahmen A2a und A2b entsprechen dem „Internal Measurement Approach" (IMA) nach Basel II [BCBS01A].

***Annahme A2a: Erwartete zahlungswirksame Verluste durch Schadensereignisse aufgrund operationeller Risiken E(SA)***

E(SA) ist der Erwartungswert der Zufallsvariable SA.[8] Für E(SA) gilt nach dem IMA von Basel II [BCBS01A] folgende Formel:

$$E(SA) = E(Q) \cdot LGE = \lambda \cdot LGE \quad (1)$$

E(SA) ergibt sich durch die Multiplikation des Erwartungswert der Häufigkeit von Schadensereignissen Q[9] mit der als konstant angenommenen Schwere von Ereignissen LGE (mit LGE>0). Dabei besitzt E(Q) den Wert $\lambda$ (mit $\lambda$>0).

***Annahme A2b: Entgehende Einzahlungen aufgrund des regulatorisch gebundenen Eigenkapitals (EZ)***

Durch die Unterlegung regulatorischen Eigenkapitals für operationelle Risiken entstehen Opportunitätskosten in Form von entgehenden Einzahlungen, da das gebundene Eigenkapital für andere Geschäftsaktivitäten nicht mehr zur Verfügung steht.

---

[7] Es werden nur operationelle Risiken berücksichtigt, die der Definition nach Basel II und den dort genannten Verlustereignissen entsprechen (vgl. [BCBS01A]).

[8] Der Erwartungswert E(SA) wird in [BCBS01A] als Expected Losses (EL) bezeichnet.

[9] Die Häufigkeit von Schadensereignissen Q wird durch die Multiplikation des Exposure Indikators EI mit EI $\in \mathbb{N}$ (für das Volumen der Aktivitäten eines Prozesses) mit der Wahrscheinlichkeit PE $\in$ (0,1) (für den Eintritt eines Schadensereignisses bei einer Aktivität) ermittelt. LGE steht für Loss Given Event [BCBS01A].

Auf Basis des IMA nach Basel II [BCBS01A] beträgt das zu unterlegende regulatorische Eigenkapital REK für operationelle Risiken:

$$REK = \gamma \cdot E(SA) \quad (2)$$

Der Faktor $\gamma$ übersetzt dabei die erwarteten Verluste E(SA) in das für den Prozess zu unterlegende regulatorische Eigenkapital REK.[10] Für das zu unterlegende regulatorische Eigenkapital REK wird der Opportunitätskostenzinssatz k unterstellt. Durch Multiplikation von REK mit k erhält man für das Modell die deterministische Zahlungsgröße EZ:

$$EZ = k \cdot REK = k \cdot \gamma \cdot E(SA) \quad (3)$$ [11]

***Annahme A2c: Prozessbezogene Auszahlungen (PA)***

Im Modell bezeichne PA Auszahlungen, die dem betrachteten Prozess direkt zurechenbar sind. Die zur Umstellung des Prozesses notwendigen Auszahlungen werden zur Vereinfachung vernachlässigt. PA ist eine deterministische Zahlungsgröße. In (4) wird für das Modell ein umgekehrt proportionaler Zusammenhang zwischen PA und $E(SA)^{\beta}$ unterstellt, d.h. je höher PA ist, desto niedriger ist $E(SA)^{\beta}$:

$$PA = \frac{M}{E(SA)^{\beta}} \quad (4)$$

Dabei werde die Höhe der prozessbezogenen Auszahlungen PA durch die Konstante M (mit M>0) und der umgekehrt proportionale Zusammenhang zwischen PA und $E(SA)^{\beta}$ durch die Konstante $\beta$ (mit $\beta$>0) kalibriert.[12]

***Annahme A3: Standardabweichung der negativen Zahlungswirkungen ($\sigma_{ZW}$)***

$\sigma_{ZW}$ ist die Standardabweichung der negativen Zahlungswirkungen ZW und wird als Risikomaß angesehen. Um $\sigma_{ZW}$ bestimmen zu können, werden die Standardabweichungen von SA, EZ und PA ermittelt.

Die Standardabweichung der Zufallsvariable SA ist $\sigma_{SA}$. Im Rahmen des IMA kann näherungsweise von einer poisson-verteilten Häufigkeit von Schadensereignissen Q

[10] Dabei ist $\gamma$ abhängig von $\lambda$. Eine tabellarische Übersicht über die entsprechenden Werte für $\gamma$ befindet sich im Anhang. Die regulatorische Eigenkapitalanforderung beim IMA ist auf minimal 75% derjenigen Anforderung begrenzt, die sich aus der Berechnung mit dem „Standardised Approach" (STA) ergeben würde [BCBS01A]; diese regulatorische Auflage wird im weiteren vernachlässigt.

[11] Um im weiteren die Ermittlung eines Nutzenoptimums zu erleichtern, wird $\delta=\gamma\sqrt{\lambda}$ - trotz der Abhängigkeit von $\gamma$ und $\lambda$ - als Konstante (in Höhe der oberen Schranke von $\delta$) berücksichtigt. Um eine solche obere Schranke für $\delta$ zu setzen, werde angenommen, dass die Häufigkeit von Schadensereignissen $\lambda$ im Intervall [$\underline{h}$; $\infty$) für die betrachtete Periode liegt. Beispiel: Besitzt $\lambda$ die untere Schranke $\underline{h}$=0.3, so liegt $\delta$ im Intervall (3.11; 3.998). Für die weiteren Berechnungen kann $\delta$ vereinfachend bspw. auf den konstanten Wert $\delta^*$=3.998 (als obere Schranke für $\delta$ entsprechend $\underline{h}=\lambda$=0.3) gesetzt werden (siehe Tabelle im Anhang).

[12] Für $\beta$=0 wäre PA unabhängig von E(SA) konstant PA=M. $\beta$<0 scheiden ebenso aus, da damit für höhere PA sich auch höhere E(SA) ergeben würden.

ausgegangen werden.[13] Daher fallen der Erwartungswert E(Q) und dessen Varianz $\sigma_Q^2$ zusammen:

$$E(Q) = \sigma_Q^2 = \lambda \quad (5)$$

Für $\sigma_{SA}$ mit $\sigma_{SA} \in (0,\infty)$ gilt daher bei konstanten LGE (siehe Annahme A2a):

$$\sigma_{SA} = LGE \cdot \sqrt{\lambda} \quad (6)$$

Da die Zahlungsgrößen EZ und PA - für gegebene $\sigma_{SA}$ - im Modell deterministisch sind, gilt für die Standardabweichung von EZ bzw. PA:

$\sigma_{EZ}=0$ (7) und $\sigma_{PA}=0$ (8)

Fasst man (6), (7) und (8) zusammen, lässt sich für $\sigma_{ZW}$, die Standardabweichung der negativen Zahlungswirkungen ZW, feststellen:

$$\sigma_{ZW} = \sigma_{SA} = LGE \cdot \sqrt{\lambda} \quad (9)$$

Im weiteren werde E(ZW) mit $\mu$ sowie $\sigma_{ZW}$ mit $\sigma$ bezeichnet.

***Annahme A4: Lösungsraum mit stetigen $\sigma$ und deren Abbildung auf $\mu(\sigma)$***

Es wird angenommen, dass beliebige $\sigma \in (0,\infty)$ existieren und die dadurch erzeugten erwarteten, negativen Zahlungswirkungen durch die Funktion $\mu(\sigma)$ abgebildet werden können.[14] Es kann nur ein bestimmtes $\sigma$ realisiert werden; Kombinationen sind nicht vorgesehen.

***Herleitung der stetigen Funktion $\mu(\sigma)$***

Fasst man nun E(SA) aus (1), EZ aus (3) und PA aus (4) zusammen, so erhält man für den betrachteten Prozess die erwarteten, negativen Zahlungswirkungen $\mu$:

$$\mu = E(SA) + EZ + PA \quad (10)$$

Im folgenden werden die relevanten Zahlungsgrößen aus (10) auf ihre Abhängigkeit zu $\sigma$ untersucht:

Setzt man - unter Berücksichtigung von A3 - für das Modell (9) in (1) ein, so erhält man E(SA) als eine stetige Funktion in Abhängigkeit von der Variable $\sigma$:

$$E(SA) = \frac{\sigma^2}{LGE} \quad (11)$$

---

[13] Der IMA geht zunächst von einer binomial-verteilten Häufigkeit $\lambda$ der Schadensereignisse aus, welche für kleine PE näherungsweise als poisson-verteilt angesehen werden kann. Eine Poisson-Verteilung ist besonders für operationelle Risiken mit kleiner Häufigkeit geeignet, da bereits auf Basis von 30 Werten eine Schätzung von Erwartungswert und Varianz der Verteilung erfolgen kann (vgl. [BaBa02]).

[14] Es wird damit vorausgesetzt, dass beliebige $\sigma$ durch den Einsatz der in Kapitel 3 vorgestellten Steuerungsinstrumente erzeugt werden können. Dies wiederum stellt eine starke Vereinfachung dar, da in der Realwelt davon auszugehen ist, dass nur endlich viele Lösungen $\sigma$ mit diskreten Werten existieren. Eine weitere starke Vereinfachung ist die Annahme, dass für beliebige $\sigma$ eine stetige Funktion $\mu(\sigma)$ existiert.

Durch Einsetzen von (9) in (3) erhält man EZ als eine proportionale Funktion in Abhängigkeit von σ:

$$EZ = k \cdot \gamma \cdot \frac{\sigma^2}{LGE} \quad (12)$$

Setzt man (9) in (4) ein, so erhält man schließlich auch PA als eine stetige Funktion in Abhängigkeit von σ.

$$PA = \frac{M \cdot LGE^{\beta}}{\sigma^{2\beta}} \quad (13)$$

Auf Basis von (10), (11), (12) und (13) hängen μ und σ wie folgt funktional zusammen:

$$\mu(\sigma) = E(SA) + EZ + PA = \frac{\sigma^2}{LGE} + k \cdot \gamma \cdot \frac{\sigma^2}{LGE} + \frac{M \cdot LGE^{\beta}}{\sigma^{2\beta}} \quad (14)$$

μ(σ) ist eine stetige Funktion in Abhängigkeit von σ mit konvexem Verlauf und dem Minimum μ*. μ(σ) bildet dabei den Definitionsbereich σ ∈ (0,∞) eindeutig auf den Abbildungsbereich μ(σ) ∈ (μ*,∞) ab.

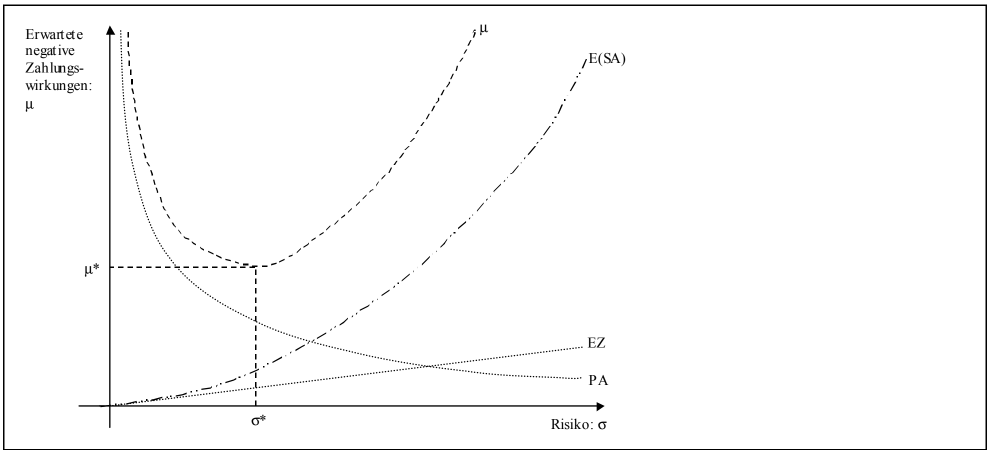


**Abbildung 1: Trade-off zwischen E(SA) und EZ einerseits und PA andererseits**

Abbildung 1 stellt den Trade-off zwischen einerseits prozessbezogenen Auszahlungen PA und andererseits erwarteten Schäden E(SA) sowie den Opportunitätskosten für deren Eigenkapitalunterlegung EZ funktional dar. Dabei ist μ(σ) eine konvexe Funktion und besitzt ein Minimum μ*=μ(σ*).

### 4.2 Optimierungskalküle und Bestimmung nutzenoptimaler Lösungen

Für die Bestimmung einer nutzenoptimalen Lösung σ sind unterschiedliche Optimierungskalküle denkbar. In diesem Modell werden die Optimierungskalküle „Risikominimierung", „Auszahlungsminimierung" und „risikoaverses Entscheiden" betrachtet sowie die Bestimmung nutzenoptimaler Lösungen anhand von Beispielen kurz erläutert. Der

Vergleich von absoluten Nutzenniveaus möglicher Lösungen ist nur bei Anwendung des gleichen Optimierungskalküls, d.h. desselben Präferenzfunktionals, möglich. Nicht möglich ist ein Vergleich der absoluten Nutzen von Lösungen bei Anwendung unterschiedlicher Optimierungskalküle.

**1. Risikominimierung**

Optimierungskalkül der Risikominimierung ist es, die Lösung zu ergreifen, welche das geringste Risiko $\sigma$ besitzt. Die damit verbundenen erwarteten, negativen Zahlungswirkungen $\mu$ fließen nicht in das Optimierungskalkül mit ein. Eine mögliche Nutzenfunktion für die Risikominimierung ist:

$$Max\,\Phi_{RM}(\sigma) = -\sigma \quad (15)$$

Um bei einer Nutzenfunktion nach (15) $\Phi_{RM}=-\sigma$ zu maximieren, müsste $\sigma \to 0$ gehen. Dies wiederum bedingt, dass $\mu \to \infty$ steigt. Innerhalb des Definitionsbereichs von $\sigma \in (0,\infty)$ besteht somit kein Nutzenoptimum für die Risikominimierung. Dies bedeutet ökonomisch, dass selbst bei ‚noch so hohen' PA operationelle Risiken nicht vollständig eliminiert werden können.

**2. Auszahlungsminimierung**

Im Gegensatz zum Optimierungskalkül der Risikominimierung vernachlässigt das der Auszahlungsminimierung die Höhe des Risikos und strebt nach der Lösung, die zu den geringsten erwarteten negativen Zahlungswirkungen $\mu(\sigma)$ führt. Eine mögliche Nutzenfunktion der Auszahlungsminimierung ist:

$$Max\,\Phi_{AM}(\sigma) = -\mu(\sigma) \quad (16)$$

Zur näherungsweisen Berechnung der auszahlungsminimalen Lösung $\sigma^*$, werde

$$\delta = \gamma \cdot \sqrt{\lambda} = \gamma \cdot \frac{\sigma}{LGE} \quad (17)$$

definiert.[15] Setzt man (17) in (14) ein und leitet $\Phi_{AM}(\sigma)=-\mu(\sigma)$ anschließend nach $\sigma$ ab, so ist mit (18) die notwendige Bedingung und sind mit (18) und (19) die hinreichenden Bedingungen für ein Nutzenmaximum $\Phi_{AM}^*(\sigma^*)$ erfüllt:

$$\frac{\partial \Phi_{AM}(\sigma)}{\partial \sigma} = -\frac{2 \cdot \sigma}{LGE} - k \cdot \delta^* + \frac{2 \cdot \beta \cdot M \cdot LGE^{\beta}}{\sigma^{2\beta+1}} = 0 \quad (18) \text{ und}$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_{AM}(\sigma)}{\partial \sigma^2} = -\frac{2}{LGE} - \frac{2 \cdot \beta \cdot (2 \cdot \beta + 1) M \cdot LGE^{\beta}}{\sigma^{2\beta+2}} < 0 \quad (19)$$[16]

[15] Zur Vereinfachung kann $\delta$ z.B. in Höhe der oberen Schranke $\delta^*=3.998$ (mit $\lambda \leq 0.3$, d.h. ein prozessbezogenes Schadensereignis tritt nur in 30% aller Fälle innerhalb eines Jahres auf) als Konstante gesetzt werden (vgl. Anhang). Die dadurch entstehenden Näherungsfehler durch die Annäherung von $\delta$ wurden für die im weiteren aufgeführten Beispiele überprüft.

[16] Die hinreichenden Bedingungen für ein Maximum für $\Phi_{AM}(\sigma)$ sind erfüllt, da beide Quotienten bei generell positiven Parametern $\beta$, LGE, M, und $\sigma$ negativ sind.

Durch Umformen von (18) erhält man (20):

$$2 \cdot \sigma^{2 \cdot \beta + 2} + k \cdot \delta * \cdot LGE \cdot \sigma^{2 \cdot \beta + 1} - 2 \cdot \beta \cdot M \cdot (LGE)^{\beta + 1} = 0 \quad (20)$$

Die Auflösung einer solchen Gleichung nach σ kann im allgemeinen durch Näherungsverfahren, wie das Newton-Verfahren, und für bestimmte β, z.B. β=0.5, nach algebraischen Lösungsformeln erfolgen (vgl. [Bron87]). Eine allgemeine Formel kann für die weitere Berechnung von σ* an dieser Stelle nicht angegeben werden. Hat man damit σ* ermittelt, so erhält man das Auszahlungsminimum μ*=μ(σ*), welches das höchste Nutzenniveau $\Phi_{AM}$ (σ*) besitzt.

**Beispiel 1:** Für den vorliegenden Prozess seien folgende Werte für die Konstanten bekannt: β=0.5, M=1.000.000, δ*=3.998[17], k=0.1, LGE=10.000. Um das Nutzenoptimum zu bestimmen, kann man für (20) die Cardanische Formel [Bron87] anwenden und erhält das Risiko σ*=2445.[18] Es resultieren daraus die erwarteten, negative Zahlungswirkungen μ*=28.502 und das Nutzenoptimum $\Phi_{AM}$ (σ*) = -28.502.

**3. Risikoaverses Entscheiden**

Das Bernoulli-Prinzip [Bern38] überführt Zahlungsgrößen und ihr Risiko in eine gemeinsame Nutzenfunktion. Folgende klassische Nutzenfunktion wird in unserem Modell für risikoaverses Entscheiden angewendet: [19]

$$Max\,\Phi_{RA}(\sigma) = -\mu(\sigma) - \frac{\alpha}{2} \cdot \sigma^2 \quad (21)$$

Dabei ist α (mit α>0) ein Parameter für die individuelle Rendite-/Risikoeinstellung.

Die nutzenmaximale Lösung $\sigma_{ra}$ kann analog zu dem beschriebenen Vorgehen für Auszahlungsminimierung bestimmt werden. Mit (22) ist die notwendige Bedingung sowie mit (22) und (23) sind die hinreichenden Bedingungen für ein Nutzenmaximum $\Phi_{RA}(\sigma_{ra})$ erfüllt:

$$\frac{\partial \Phi_{RA}(\sigma)}{\partial \sigma} = -\frac{2 \cdot \sigma}{LGE} - k \cdot \delta * + \frac{2 \cdot \beta \cdot M \cdot LGE^{\beta}}{\sigma^{2\beta+1}} - \alpha \cdot \sigma = 0 \quad (22) \text{ und}$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_{RA}(\sigma)}{\partial \sigma^2} = -\frac{2}{LGE} - \frac{2 \cdot \beta \cdot (2 \cdot \beta + 1) M \cdot LGE^{\beta}}{\sigma^{2\beta+2}} - \alpha < 0 \quad (23)$$

Durch Umformen von (22) erhält man (24):

$$(2 + \alpha \cdot LGE) \cdot \sigma^{2 \cdot \beta + 2} + k \cdot \delta * \cdot LGE \cdot \sigma^{2 \cdot \beta + 1} - 2 \cdot \beta \cdot M \cdot (LGE)^{\beta + 1} = 0 \quad (24)$$

---

17 Sensitivitätsanalysen für δ ∈ (3.11; 3,998) ergeben für das Beispiel vernachlässigbare Fehler bei der Bestimmung von σ*.

18 Darüber hinaus existieren zwei weitere komplexe Lösungen, welche nicht relevant sind.

19 Im Modell kann - auch bei einem nicht normal-verteilten σ - von einer rationalen Entscheidung ausgegangen werden. Im Unterschied zum Bernoulli-Prinzip sind im Modell die Parameter μ und σ abhängige Variablen, da σ auf μ(σ) abgebildet wird. Es kann nach Annahme A4 nur ein bestimmtes σ durch den Prozess erzeugt werden; Linear-Kombinationen unterschiedlicher σ zur Erzeugung weiterer Lösungen sind nicht vorgesehen und daher ist eine Einschränkung auf die Normalverteilung nicht notwendig.

Analog wie die Auflösung von (20) bei der Auszahlungsminimierung kann die Auflösung von (24) zur Bestimmung der nutzenoptimalen Lösung $\sigma_{ra}$ erfolgen. Hat man damit $\sigma_{ra}$ ermittelt, so erhält man die dazugehörigen erwarteten, negativen Zahlungswirkungen $\mu_{ra}=\mu(\sigma_{ra})$ sowie das Nutzenoptimum $\Phi_{RA}(\sigma_{ra})$.

**Beispiel 2:** Analog zu Beispiel 1 sei $\beta=0.5$, M=1.000.000, $\delta^*=3.998$[20], k=0.1, LGE=1000. Zusätzlich werde $\alpha=0.5$ gesetzt. Um das Nutzenoptimum zu bestimmen, kann man für (24) die Cardanische Formel [Bron87] anwenden und erhält $\sigma_{ra}=398$.[21] Daraus resultieren erwartete negative Zahlungswirkungen $\mu_{ra}=79746$ (sowie ein Nutzenoptimum von $\Phi_{RA}(\sigma_{ra})=-119273$). Vergleicht man die nutzenoptimale Lösung in Beispiel 1 mit Beispiel 2, so fällt auf, dass $\sigma_{ra}$ kleiner ist als $\sigma^*$, umgekehrt $\mu_{ra}$ größer ist als $\mu^*$. D.h. im Falle risikoaversen Entscheidens (im Vergleich zur Auszahlungsminimierung) werden natürlich zusätzliche erwartete, negativen Zahlungswirkungen $\mu$ in Kauf genommen, um ein geringeres Risiko $\sigma$ zu erreichen.

Abbildung 2 ergänzt die Abbildung 1 um die Präferenzfunktionale der beschriebenen Optimierungskalküle. Die Berührpunkte $(\sigma^*,\mu^*)$ bzw. $(\sigma_{ra},\mu_{ra})$ sind dabei jeweils nutzenoptimale Lösungen der Auszahlungsminimierung bzw. des risikoaversen Entscheidens.

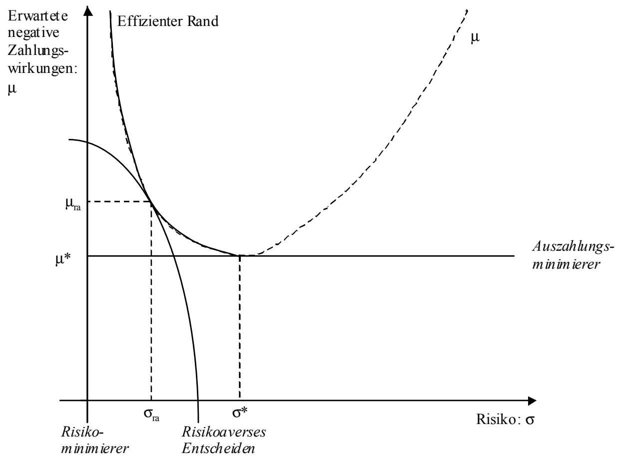


**Abbildung 2: Effizienter Rand und nutzenoptimale Lösungen**

Betrachtet man Abbildung 2 lässt sich als **Ergebnis 1** festhalten:

- Eine nutzenoptimale Lösung hängt von $\alpha$, der individuellen Rendite-/ Risikoeinstellung ab, welche durch eine Nutzenfunktion repräsentiert wird. Im Intervall $(0,\sigma^*)$ beschreibt $\mu(\sigma)$ einen effizienten Rand, auf dem die individuell nutzenoptimalen Lösungen liegen. Minimiert man das Risikos $\sigma\to 0$, steigen die

[20] Sensitivitätsanalysen für $\delta \in (3.11; 3,998)$ ergeben für das Beispiel vernachlässigbare Fehler bei der Bestimmung von $\sigma_{ra}$.
[21] Darüber hinaus existieren zwei weitere komplexe Lösungen, welche nicht relevant sind.

erwarteten, negativen Zahlungswirkungen $\mu \to \infty$. Innerhalb des Definitionsbereichs von $\sigma \in (0,\infty)$ gibt es kein Risikominimum und es besteht somit kein Nutzenoptimum für die Risikominimierung. Zur Minimierung der Auszahlungen liegt in Punkt $(\sigma^*,\mu^*)$ ein Minimum vor. Für risikoaverses Entscheidens ist mit dem Nutzenoptimum $\sigma_{ra}$ das Risiko geringer $\sigma_{ra} < \sigma^*$ im Vergleich zur Auszahlungsminimierung, dafür sind die erwarteten, negativen Zahlungswirkungen $\mu_{ra} > \mu^*$ natürlich größer (vgl. Beispiel 1 und 2).

### 4.3 Nebenbedingungen und ihre Auswirkungen auf nutzenoptimale Lösungen

In der Praxis findet eine Steuerung operationeller Risiken nicht auf Basis der skizzierten Präferenzfunktionale, sondern durch das Setzen von Nebenbedingungen wie Eigenkapitallimite oder Auszahlungsbudgets statt. Im folgenden wird untersucht, inwieweit diese Nebenbedingungen die nutzenoptimalen Lösungen für die einzelnen Optimierungskalküle verändern.

#### 4.3.1 Nebenbedingung 1: Setzen von Eigenkapitallimiten

Das Setzen von Eigenkapitallimits bestimmt die Höhe der Risiken, die die Bank bereit ist zu tragen. Es wird davon ausgegangen, dass für den betrachteten Prozess von der Bank ein bestimmtes Eigenkapitallimit EKL vorgegeben und damit die Menge der zulässigen Lösungen eingeschränkt wird. Anhand von drei in ihrer Höhe unterschiedlichen Eigenkapitallimite $EKL_i$ mit $i = 1,2,3$ wird beispielhaft dargestellt, welche Auswirkungen dies auf die nutzenoptimalen Lösungen für die jeweiligen Optimierungskalküle hat.[22] Auf Basis von (3), (11) und ((d) im Anhang) lässt sich der proportionale Zusammenhang zwischen dem Eigenkapitallimit $EKL_i$ und dem Risikolimit $\sigma L_i$ (für i=1,2,3) herleiten:

$$EKL_i = \delta \cdot \sigma L_i \quad (26)$$

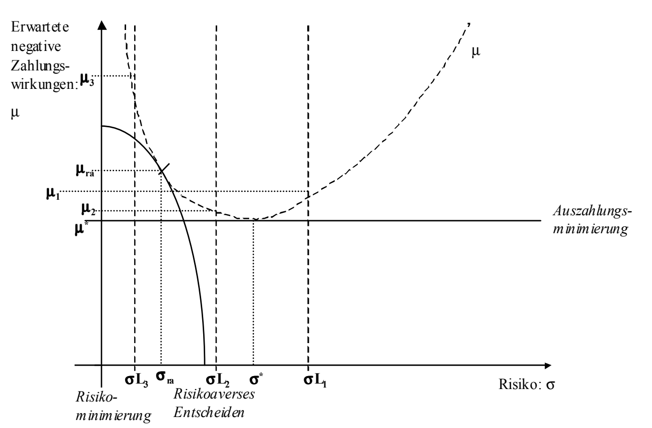


**Abbildung 3: Nutzenoptimale Lösungen bei Vorliegen von Eigenkapitallimiten**

[22] Implizit wird dabei vorausgesetzt, dass das Eigenkapital nur in der beanspruchten Höhe intern verzinst werden muss und nicht in der Gesamthöhe des zur Verfügung stehenden Limits.

Betrachtet man Abbildung 3, so kann als **Ergebnis 2** abgeleitet werden:

- Bei Risikominimierung existiert für $\sigma \in (0,\infty)$ kein risikominimaler Punkt und somit kein Nutzenoptimum $\Phi_{RM}$^. Das Setzen eines Eigenkapitallimits EKL hat keinen Einfluss auf die Wahl einer Lösung.
- Bei Auszahlungsminimierung gilt: Überschreitet das für die Wahl der nutzenoptimalen Lösung einzugehende Risiko $\sigma^*$ das auf Basis des Eigenkapitallimit EKL bestimmte Risikolimit $\sigma L$, wird diejenige Lösung gewählt, welches gerade noch das Risikolimit $\sigma L$ bzw. Eigenkapitallimit EKL erfüllt. Im Beispiel kann im Falle von $EKL_1$ bzw. $\sigma L_1$ weiterhin die global auszahlungsminimale Lösung mit $\sigma^*$ gewählt werden, wobei das Eigenkapitallimit $EKL_1$ dabei nur in Höhe von $\delta\sigma^* < EKL_1$ ausgeschöpft wird. Im Falle von $EKL_2$ bzw. $EKL_3$ können dagegen nur die suboptimalen Lösungen $\sigma L_2$ bzw. $\sigma L_3$ mit jeweils niedrigerem Nutzenniveau $\Phi_{AM}(\sigma L_3) < \Phi_{AM}(\sigma L_2) < \Phi_{AM}(\sigma^*)$ erreicht werden. Die erwarteten, negativen Zahlungswirkungen $\mu_2$ bzw. $\mu_3$ sind dabei jeweils höher als bei $\mu^*$. Die eingegangenen Risiken $\sigma$ entsprechen in ihrer Höhe den Risikolimite $\sigma L_2$ bzw. $\sigma L_3$ gemäß den Eigenkapitallimiten $EKL_2$ bzw. $EKL_3$.
- Analog gilt für risikoaverses Entscheiden: Überschreitet das für die Wahl der nutzenoptimalen Lösung eingegangene Risiko $\sigma_{ra}$ das auf Basis des Eigenkapitallimit EKL bestimmte Risikolimit $\sigma L$, wird ebenso diejenige Lösung gewählt, welche gerade noch das Risikolimit $\sigma L$ bzw. Eigenkapitallimit EKL erfüllt. Im Beispiel wird im Falle von $EKL_1$ bzw. $EKL_2$ weiterhin die Lösung $\sigma_{ra}$ gewählt, da diese nach wie vor das höchste Nutzenniveau $\Phi_{RA}{}^*(\sigma_{ra})$ besitzt. Im Fall von $EKL_3 < \delta\sigma_{ra}$ ist $\sigma_{ra}$ keine zulässige Lösung und es muss somit auf $\sigma L_3$ mit $\Phi_{RA}(\sigma L_3) < \Phi_{RA}{}^*(\sigma_{ra})$ zurückgegriffen werden.

Neben der Limitierung von Eigenkapital zur Abdeckung von Risiken in bestimmten Bereichen bzw. Prozessen stellen Auszahlungsbudgets bei Banken eine weitere Nebenbedingung dar, deren Auswirkungen im folgenden Abschnitt analysiert werden.

### 4.3.2 Nebenbedingung 2: Setzen von Auszahlungsbudgets

Budgets dienen bei Banken dazu, die Höhe von Auszahlungen für Geschäftsbereiche oder - wie in vorliegenden Fall - für bestimmte Prozesse zu limitieren. Durch das Setzen von Auszahlungsbudgets wird ebenso die Menge der zulässigen Lösungen eingeschränkt. Abbildung 4 stellt exemplarisch drei Fälle $AZB_i$ mit $i = 1,2,3$ von Auszahlungsbudgets vor. Diese sind jeweils durch ein unterschiedliches Auszahlungsniveau $\mu$ gekennzeichnet. Bei der Budgetierung werden üblicherweise erwartete Schäden E(SA) ex ante berücksichtigt; gleichwohl ist SA eine Zufallsvariable, deren Ausgänge das gesetzte Budget auch überschreiten können, was durch das zu unterlegende Eigenkapital bis zur regulatorisch oder intern allokierten Höhe abgedeckt wird.

Betrachtet man Abbildung 4, so kann für die Optimierungskalküle anhand der beispielhaften Auszahlungsbudgets $AZB_i$ (i=1,2,3) als **Ergebnis 3** festgestellt werden:

- Bei Risikominimierung besitzt die Lösung das höchste Nutzenniveau $\Phi_{RM}$^, bei der die jeweiligen Auszahlungsbudgets $AZB_i$ mit i=1,2,3 voll ausgeschöpft werden.

- Bei Auszahlungsminimierung wird (unabhängig von der Höhe des Auszahlungsbudgets AZB sowie des damit verbundenen Risikos $\sigma$) die Lösung gewählt, welche die geringsten negativen Zahlungswirkungen $\mu$ besitzt. Dabei wird für die Auszahlungsbudgets $AZB_i \geq \mu^*$ durch die auszahlungsminimale Lösung $\sigma^*$ das Nutzenmaximum $\Phi_{AM}^*(\sigma^*)$ erreicht.
- Bei risikoaversem Entscheiden kann im Falle von $AZB_3$ und $AZB_2$ weiterhin die Lösung $\sigma_{ra}$ mit dem höchsten Nutzenniveau $\Phi_{RA}^*(\sigma_{ra})$ gewählt werden. Dies gilt nicht für ein Auszahlungsbudget mit $AZB_1<\mu_{ra}$, bei dem nur ein Nutzenniveau $\Phi_{RA}(\sigma_1) < \Phi_{RA}^*(\sigma_{ra})$ realisiert werden kann.

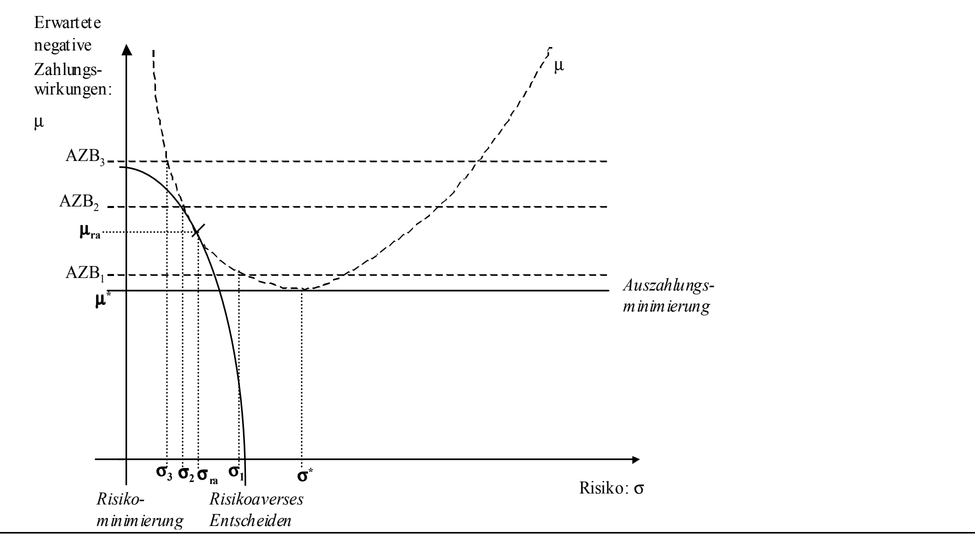


**Abbildung 4: Nutzenoptimale Lösungen bei Vorliegen von Auszahlungsbudgets**

## 5 Fazit und Ausblick

Das vorgestellte Modell bildet den Trade-off zwischen prozessbezogenen Auszahlungen PA einerseits und erwarteten Schäden bei Eintreten operationeller Risiken E(SA) und deren Eigenkapitalunterlegung EZ andererseits funktional ab. Unterstellt man in einer Bank das parallele Vorhandensein unterschiedlicher Optimierungskalküle und ihre Anwendung auf denselben betrachteten Prozess - wenn bspw. ein Prozess-Verantwortlicher Auszahlungen minimiert, während der Risikomanager Risiken minimiert - so ergeben sich - z.B. bei gleichzeitiger Ergreifung unterschiedlicher Maßnahmen für denselben Prozess - suboptimale Lösungen und damit Ineffizienzen. Je nach Optimierungskalkül bestehen unterschiedliche nutzenoptimale Lösungen $\sigma$ mit daraus resultierenden erwarteten, negativen Zahlungswirkungen $\mu(\sigma)$. Darüber hinaus wurde im Modell gezeigt, dass bei Nebenbedingungen, wie das Setzen von Eigenkapitallimits bzw. Auszahlungsbudgets - je nach Optimierungskalkül - nur suboptimale Lösungen zulässt. Meist werden diese Nebenbedingungen in einer Bank zentral über die einzelnen Prozesse gesetzt. Dabei ist ein Austausch nicht ausgeschöpfter Eigenkapitallimits bzw. Auszahlungsbudgets zwischen den Prozessen nicht möglich. Aus einer Gesamtbanksicht werden somit Ineffizienzen geschaffen, da nicht ausgeschöpfte Limits bzw. Budgets bei anderen Prozessen mit bereits ausgeschöpften Limits bzw. Budgets zu einem höheren Nutzenniveau beitragen könnten. Durch die Anwendung dezentraler Allokationsmechanismen, wie dem dezentralen Handel von nicht genutzten Eigenmitteln bzw. Budgets zwischen den Prozess-Verantwortlichen, können diese Ineffizienzen verringert werden (vgl. [Sand96]).

Es bestehen aufgrund der im Modell getroffenen Annahmen insbesondere folgende Limitationen, welche zugleich weitere Forschungsfragen aufwerfen:[23]

- Im Modell wird ein Prozess betrachtet, welcher als unabhängig zu den übrigen Prozessen gilt. Die Modellierung von Wechselwirkungen zwischen den Prozessen (vgl. [BKS03]) dürfte weitere Ergebnisse für die bankweite Steuerung operationeller Risiken ergeben. Zeitliche Effekte werden in diesem einperiodigen Modell nicht betrachtet: Die Analyse zeitlicher Effekte, wie bspw. optimaler Investitionszeitpunkte oder Lernkurven, verspricht ebenso weitere Ergebnisse.
- Das Modell setzt voraus, dass durch die Anwendung von Steuerungsinstrumenten der gesamte Definitionsbereich von $\sigma \in (0,\infty)$ erzeugt werden kann. In der Realwelt ist jedoch davon auszugehen, dass nur einzelne diskrete Werte für bestimmte Handlungsalternativen vorliegen. Somit ist davon auszugehen, dass $\mu(\sigma)$ keine stetige Funktion darstellt. Darüber hinaus dürften in Realwelt nicht nur effiziente Handlungsalternativen vorliegen. Eine entsprechende Datengrundlage über Prozesse und deren zurechenbare Auszahlungen und Risiken dürfte ebenso nur teilweise vorhanden bzw. ökonomisch herstellbar sein. Speziell beim Einsatz neuer Technologien, dürfte in Ermangelung historischer Daten häufig Expertenmeinungen die Grundlage von Entscheidungen bilden. Weitere bankenübergreifende empirische Untersuchungen könnten in diesem Zusammenhang eine bessere Datengrundlage und damit Fundierung von Entscheidungen ermöglichen.
- Zur Vereinfachung wird die Schwere von Ereignissen als Konstante in Höhe der durchschnittlichen Verlusthöhe angenommen. In der Praxis ist insbesondere ein hoher Grad an Risikoaversion gegenüber seltenen Ereignissen mit existenzbedrohlicher Schwere zu beobachten. Denkbar wäre daher die Modellierung einer Nutzenfunktion, welche seltene Ereignisse mit großer Schwere stärker gewichtet (vgl. [AMM98]).

Die Steuerung operationeller Risiken in Bankprozessen bedarf einer integrierten Rendite-/Risikobetrachtung, um mögliche Lösungen entsprechend ihres Nutzens bankweit konsistent bewerten zu können. Dies schafft die Voraussetzung für effiziente Entscheidungen in der Optimierung von erwarteten Zahlungswirkungen und operationellen Risiken eines Prozesses, speziell bei limitiertem Eigenkapital bzw. Auszahlungsbudget.

# Literatur

[Alex03] Alexander, C.: Statistical models of operational loss. In Alexander, C. (Ed.): Operational Risk – Regulation, Analysis and Management. Prentice Hall, 2003.

[23] Das Modell geht in der Modellierung operationeller Risiken vom IMA-Ansatz aus. Modellierungen für weitere fortgeschrittene Ansätze nach Basel II [BCBS01A], wie der Verlust-Verteilungs-Ansatz (LDA) bzw. der Scorecard-Ansatz (SCA), dürften weitgehend zu den gleichen oder sehr ähnlichen Ergebnissen wie in unserem Modell führen.

[AMM98] Albrecht, P., Maurer, R., Möller, M.: Shortfall-Risiko/Excess-Chance-Entscheidungskalküle – Grundlagen und Beziehungen zum Bernoulli-Prinzip. In Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (ZWS) 118, S. 249-274, Duncker&Humblot, Berlin, 1998.

[Ande01] Anders, U.: Qualitative Anforderungen an das Management operativer Risiken. In Die Bank, Nr.6, 2001.

[BaBa02] Bamberg, G., Baur, F.: Statistik, 10.Auflage, 2002, Oldenbourg Verlag.

[BCBS01A] Basel Committee on Banking Supervision: Regulatory Treatment of Operational Risk, Working Paper No. 8, September 2001.

[BCBS01B] Basel Committee on Banking Supervision: Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk, Basel Committee Publications No. 86, Dezember 2001.

[BCBS03A] Basel Committee on Banking Supervision: The 2002 Loss Data Collection Exercise for Operational Risk: Summary of the Data Collected. März 2003.

[BCBS03B] Basel Committee on Banking Supervision: Die Neue Baseler Eigenkapitalvereinbarung, Übersetzung der Deutschen Bundesbank, April 2003.

[BeKa00] Beeck, H., Kaiser, T.: Quantifizierung von Operational Risk. In Johanning, L., Rudolph, B. (Hrsg.). Handbuch Risikomanagement, 2000.

[Bern38] Bernoulli, D.: Specimen theoriae novae de mensura sortis. Commentarii Academiae Scientarum Imperialis Petropolitanae, 5 (1738), S.175-192. Deutsche Übersetzung von Pringsheim, A.: Die Grundlagen moderner Wertlehre: Daniel Bernoulli, Versuch einer neunen Theorie der Wertbestimmung von Glücksfällen. Leipzig, 1896.

[BKS03] Buhl, H. U., Kreyer, N., Schroeder, N.: Investitionsentscheidungen im Multi-Channel-Customer-Relationship Management. In: Geyer-Schulz, A., Taudes, A., Hrsg., Informationswirtschaft: Ein Sektor mit Zukunft - Symposium, GI-Edition Lecture Notes in Informatics, Wien, (Österreich), September 2003, 33. Band, Köllen Druck + Verlag, Bonn, 2003.

[Brin00] Brink, J. van den: Operational Risk: Wie Banken das Betriebsrisiko beherrschen, Dissertation, St.Gallen, 2000.

[Bron87] Bronstein, N.: Taschenbuch der Mathematik, Deutsche Übersetzung, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt, 1987.

[Buhr00] Buhr, R.: Messung von Betriebsrisiken – ein methodischer Ansatz. In Die Bank, Nr. 3, 2000.

[Cruz02] Cruz, M. G .: Modeling, measuring and hedging operational risk. John Wiley & Sons, 2002.

[Ebnö01] Ebnöter, S., Vanini, P., McNeil, A., Antolinez-Fehr, P.: Modelling Operational Risk. Working Paper, ETH Zürich, Dez. 2001.

[EGR02] Eller, R., Gruber, W., Reif, M. (Hrsg.): Handbuch Operationelle Risiken – Aufsichtsrechtliche Anforderungen, Quantifizierung und Management, Praxisbeispiele. Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart, 2002.

[FaKo03] Faisst, U., Kovacs, M.: Quantifizierung operationeller Risiken – ein Methodenvergleich. In Die Bank, Nr.5, S.342-349, 2003.

[FrHa90] Franke, G., Hax, H.: Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt. 2.Aufl., Berlin, 1990.

[FRK02] Füser, K., Rödel, K., Kang, D.: Identifizierung und Quantifizierung von „Operational Risk". In FinanzBetrieb, Nr. 9, S. 495- 502, 2002.

[Hoff02] Hoffman, D.G.: Managing Operational Risk – 20 Firmwide Best Practice Strategies. John Wiley & Sons., 2002.

[Jörg02] Jörg, M.: Operational Risk – Herausforderung bei der Implementierung von Basel II. Diskussionsbeiträge zur Bankbetriebslehre, Hochschule für Bankwirtschaft, Frankfurt, 2002.

[LoHe03] Locarek-Junge, H., Hengmith, L.: Management des operationalen Risikos der Informationswirtschaft in Banken. In: Geyer-Schulz, A., Taudes, A., Hrsg., Informationswirtschaft: Ein Sektor mit Zukunft - Symposium, GI-Edition Lecture Notes in Informatics, Wien, (Österreich), September 2003, 33. Band, Köllen Druck + Verlag, Bonn, 2003.

[Mars01] Marshall, C.L.: Measuring and Managing Operational Risk in Financial Institutions, John Wiley & Sons, 2001.

[Piaz01] Piaz, J.-M.: Operational Risk Management bei Banken, Versus Verlag, Zürich, 2001.

[Sand96] Sandbiller, K.: Dezentrale Eigenkapitalsteuerung in Banken mit Hilfe interner Elektronischer Märkte. In Wirtschaftsinformatik 38, 3, S.293-298, 1996.

[Spah01] Spahr, R.: Steuerung operationaler Risiken im Electronic und Investment Banking. In Die Bank, Nr. 9, 2001

[Wurm01] Wurm, S.: Die Anwendung von Elastizitäten bei der Quantifizierung operationeller Risiken. In Die Bank, Nr. 8, S. 598-600, 2001.

## Anhang

Der Internal Measurement Approach von Basel II geht von einer binomial-verteilten Häufigkeit Q mit E(Q)= E(EI·PE)=λ der Schadensereignisse aus, welche für kleine PE näherungsweise als poisson-verteilt angesehen werden kann (vgl. [BaBa02]). Es gilt nach [Alex03]:

$$REK = \gamma \cdot \lambda \cdot LGE \text{ (a) sowie } REK = SA^{0,999} - E(SA) \text{ (b)}$$

mit $SA^{0,999}$ als 99,9%-Quantil und mit $E(SA)=SA^{0,5}$ als Erwartungswert der Verteilung SA.

Setzt man (a) und (b) gleich und löst nach γ auf, erhält man (c):

$$\gamma = \frac{SA^{0,999} - E(SA)}{\lambda \cdot LGE} = \frac{SA^{0,999} - E(SA)}{E(SA)} = \frac{SA^{0,999} - \frac{\sigma_{SA}{}^{2}}{LGE}}{\frac{\sigma_{SA}{}^{2}}{LGE}} = \frac{Q^{0,999} - \lambda}{\lambda} \text{ (c)}$$

mit $\sigma_{SA} = \sqrt{\lambda \cdot (1 - PE)} \cdot LGE = \sqrt{\lambda} \cdot LGE$ (Annäherung für kleine PE).

Um die Bandbreite von γ einzuschränken, wird δ definiert als: $\delta = \gamma \cdot \sqrt{\lambda}$ (d)

Für das poisson-verteilte Q mit E(Q)=E(EI·PE)=λ gilt folgende Tabelle 2 nach [Alex03]:

| E(Q)=λ | 100 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q^{0,999}$ | 131.805 | 72.751 | 60.452 | 47.812 | 34.714 | 20.662 |
| δ | 3.180 | 3.218 | 3.234 | 3.252 | 3.290 | 3.372 |
| γ | 0.318 | 0.455 | 0.511 | 0.594 | 0.736 | 1.066 |
| E(Q)=λ | 8 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| $Q^{0,999}$ | 17.630 | 14.449 | 12.771 | 10.956 | 9.127 | 7.113 |
| δ | 3.405 | 3.449 | 3.475 | 3.478 | 3.537 | 3.615 |
| γ | 1.204 | 1.408 | 1.554 | 1.739 | 2.042 | 2.556 |
| E(Q)=λ | 1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |
| $Q^{0,999}$ | 4.868 | 4.551 | 4.234 | 3.914 | 3.584 | 3.255 |
| δ | 3.868 | 3.848 | 3.839 | 3.841 | 3.853 | 3.896 |
| γ | 3.868 | 4.056 | 4.292 | 4.591 | 4.974 | 5.510 |
| E(Q)=λ | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.05 | 0.01 |
| $Q^{0,999}$ | 2.908 | 2.490 | 2.072 | 1.421 | 1.065 | 0.904 |
| δ | 3.965 | 3.998 | 4.187 | 4.176 | 4.541 | 8.940 |
| γ | 6.269 | 7.300 | 9.362 | 13.205 | 20.306 | 89.401 |

**Tabelle 2: Übersicht γ/ δ-Werte bei konstanten durchschnittlichen Verlusthöhen LGE**

Anmerkung: $Q^{0,999}$ ist das 99,9 % Quantil der Verteilung Q.