

Nr. 97/02

**Value-at-Risk-Limitstrukturen  
zur Steuerung und Begrenzung  
von Marktrisiken im Aktienbereich**

Helmut Beeck / Lutz Johanning / Bernd Rudolph

Nr. 97/02

Value-at-Risk-Limitstrukturen  
zur Steuerung und Begrenzung  
von Marktrisiken im Aktienbereich

Helmut Beeck<sup>#</sup> / Lutz Johanning\* / Bernd Rudolph\*

**Zusammenfassung**

Ein Value-at-Risk-Limit wird als DM-Betrag gekennzeichnet, der von den tatsächlichen Handelsverlusten innerhalb einer bestimmten Zeitdauer nur mit geringer Wahrscheinlichkeit überschritten werden darf. Da der Bankvorstand i.d.R. Jahres-Value-at-Risk-Limite beschließt, im Handelsbereich die Geschäfte aber für einen kurzfristigen - unterstellt wird ein eintägiger - Planungshorizont abgeschlossen werden, ist zu klären, wie Jahres-Limite in Tages-Limite umgerechnet und während des Jahres realisierte Gewinne und Verluste auf die Limite angerechnet werden können. Auf der Grundlage des Umrechnungsverfahrens nach der Quadratwurzel-T-Formel lassen sich drei Verfahren für die Ermittlung des Tages-Limits unterscheiden: 1. Realisierte Gewinne und Verluste werden nicht angerechnet (starres Limit). 2. Bei Verlusteintritt vermindert sich das Tages-Limit für die Restperiode, realisierte Gewinne machen Kürzungen rückgängig (Verlustbegrenzungslimit). 3. Tages-Limite werden um Gewinne und Verluste angepaßt, wodurch eine Erweiterung des Handlungsspielraumes möglich ist (dynamisches Limit). Die drei Limite werden in einem Simulationsmodell gegeneinander abgewogen, wobei unterstellt wird, ein Händler handle nur eine einzige Aktie und antizipiere in 55% der Fälle die Kursrichtung. Die Simulationsergebnisse sind bei den unterstellten Renditeprozessen (geometrische Brownsche Bewegung und reale Renditen von 77 deutschen Aktien für die Zeit vom 01.01.1974 bis 31.12.1995) weitgehend identisch. Das dynamische Limit produziert deutlich höhere durchschnittliche Ergebnisse als das starre Limit und das Verlustbegrenzungslimit. Überschreitungen des Jahres-Limits treten nur beim starren Verfahren auf, die Häufigkeit ist allerdings wesentlich geringer als die zulässige Wahrscheinlichkeit von 1 %.

\* Dr. Helmut Beeck, Abteilung Konzernrisikocontrolling der Bayerischen Hypotheken- und Wechsel-Bank AG, München,

# Dipl.-Kfm. Lutz Johanning und Prof. Dr. Bernd Rudolph, Seminar für Kapitalmarktfor-  
schung und Finanzierung der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Helmut Beeck / Lutz Johanning / Bernd Rudolph\*

---

\* Dr. Helmut Beeck, Abteilung Konzernrisikocontrolling der Bayerischen Hypotheken- und Wechsel-Bank AG, München, Dipl.-Kfm. Lutz Johanning und Prof. Dr. Bernd Rudolph, Seminar für Kapitalmarktforschung und Finanzierung der Ludwig-Maximilians-Universität München.

# **Value-at-Risk-Limitstrukturen zur Steuerung und Begrenzung von Marktrisiken im Aktienbereich**

<b>1</b>	<b>PROBLEMSTELLUNG</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>VALUE-AT-RISK-BERECHNUNG</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ZUR LIMITSTEUERUNG IM HANDELSBEREICH</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>EIN VERGLEICH VERSCHIEDENER VALUE-AT-RISK-LIMITSYSTEME MIT HILFE EINES SIMULATIONSMODELLS</b> .....	<b>14</b>
	4.1 Annahmen der Simulationsrechnungen.....	14
	4.2 Tages-Value-at-Risk-Limite bei einem Renditeerwartungswert von Null .....	15
	4.3 Tages-Value-at-Risk-Limite bei einem Renditeerwartungswert von ungleich Null ....	18
	4.4 Simulationsablauf .....	22
<b>5</b>	<b>SIMULATIONSERGEBNISSE</b> .....	<b>23</b>
	5.1 Ergebnisse für einen Renditeerwartungswert von Null.....	23
	5.2 Ergebnisse für einen Renditeerwartungswert von ungleich Null.....	26
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE UND AUSBLICK</b> .....	<b>30</b>

## 1 Problemstellung

In den Handelsbereichen der Kreditinstitute wird zur Quantifizierung der Marktrisiken (darunter fallen Zins-, Aktien-, Währungs- und Rohstoffpreisrisiken) üblicherweise der DM-Verlustbetrag gemessen, der von der Handelsposition bzw. dem gesamten Handelsportefeuille während einer bestimmten Haltedauer nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit (beispielsweise 1 %) überschritten wird. Diese Art der Risikomessung, die sich auf die Handelsportefeuilles anderer Marktteilnehmer leicht übertragen läßt, hat sich bei den größeren Kreditinstituten, und das sind die wichtigsten Marktteilnehmer, durchgesetzt. Der gemessene maximale DM-Verlustbetrag wird als Value-at-Risk bezeichnet und den verschiedenen Marktrisikobereichen zugeordnet bzw. zum Value-at-Risk des gesamten Handelsportefeuilles zusammengefaßt. Die Investmentbank J. P. Morgan hat im Oktober 1994 erstmals ein detailliertes Verfahren zur Berechnung des Value-at-Risk für verschiedene Handelspositionen unter der Bezeichnung „RiskMetrics“ veröffentlicht.<sup>1</sup> Seitdem haben sich zahlreiche Arbeiten zunächst in der praxisnahen und später auch in der mehr theoretisch motivierten Literatur mit dem Thema Value-at-Risk beschäftigt. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Entwicklung neuer bzw. die effizientere Ausgestaltung bestehender Meßverfahren und auf die Beurteilung der Verfahren in bezug auf Meßgenauigkeit und technische Kapazitätsbeanspruchung.<sup>2</sup>

In der Literatur wurde dagegen die Auseinandersetzung mit bankinternen Verwendungsmöglichkeiten des Value-at-Risk bei der Risikosteuerung und Risikokontrolle vernachlässigt. Das ist um so erstaunlicher, als die Entwicklung der Value-at-Risk-Verfahren auch von der Bankenaufsicht beobachtet wird und prinzipiell anerkannt wurde. So stellt beispielsweise die im Januar 1996 vom Basler Ausschuß für Bankenaufsicht vorgelegte „Änderung der Eigenkapitalvereinbarung zur Einbeziehung der Marktrisiken“ den Banken frei, ab 1998 die Eigenkapitalunterlegung für die Marktrisiken im Handelsbuch entweder mit dem aufsichtlichen Standardverfahren (Building-Block-Ansatz) oder mit eigenen Value-at-Risk-Modellen zu berechnen.<sup>3</sup> Der im Vorgriff auf die Überarbeitung der Kapitaladäquanzrichtlinie vorgelegte Entwurf

---

<sup>1</sup> Mittlerweile liegt die vierte Auflage von RiskMetrics vor. Vgl. J.P. Morgan (1996).

<sup>2</sup> Vgl. beispielsweise Beder (1995), Pritsker (1995), Mahoney (1995), Hendricks (1996), Bühler/Korn/Schmidt (1997) sowie Grundy/Wiener (1996).

<sup>3</sup> Der Basler Ausschuß für Bankenaufsicht setzt sich aus Vertretern der Bankenaufsichtsbehörden der Länder der G10 zusammen und erarbeitet Richtlinien für international agierende Banken der

eines neuen Grundsatzes I des Bundesaufsichtsamtes für das Kreditwesen läßt ebenfalls „Risikomodelle“ zur Ermittlung der bankaufsichtlichen Eigenkapitalanforderungen für Marktrisiken zu.<sup>4</sup>

Voraussetzung für eine bankaufsichtliche Anerkennung interner Modelle sind neben der Berechnung einer einzigen Value-at-Risk-Kennziffer für das gesamte Handelsbuch u.a. die Einhaltung strenger quantitativer und qualitativer Kriterien bei der Risikomessung.<sup>5</sup> Zu den qualitativen Kriterien gehört der sachgerechte Einsatz eines Limitsystems zur Risikosteuerung im Handelsbereich: „In Verbindung mit dem Risikomeßsystem sind interne Limits für Handel und Risikoengagement festzusetzen. Die Handelslimits müssen in einer dauerhaften Beziehung zum Risikomessungsmodell der Bank stehen, ...“<sup>6</sup> Da der Basler Ausschuß explizit den Value-at-Risk als Risikomaß vorgibt, handelt es sich bei den geforderten Risikolimiten um Value-at-Risk-Limite.<sup>7</sup> Die Frage nach einer adäquaten Limitierung stellt sich im übrigen nicht nur im Zusammenhang mit der bankaufsichtlichen Risikobegrenzung, sondern generell im Rahmen der Rentabilitäts- und Risikosteuerung und auch bei den in der Praxis zum Teil bereits eingesetzten Verfahren der Steuerung der Geschäftsbereiche über Risikokapital wie RAROC (Return On Risk Adjusted Capital).<sup>8</sup>

Das Defizit an Arbeiten über Anwendungsmöglichkeiten des Value-at-Risk einerseits und die aufsichtlichen Anforderungen zum Aufbau von periodenbezogenen Value-at-Risk-Limitsystemen andererseits sind der Anlaß für diese Untersuchung, die Vorschläge zur Ausgestaltung von Value-at-Risk-Limitsystemen entwickeln will. Ausgangspunkt der Analyse ist der typische Aufbau eines Risikomanagements im Handelsbereich: Der Vorstand weist dem Handelsbereich einen maximalen Risikoverfügungsrahmen in Form von Risikokapital zu. Diese Vor-

---

Mitgliedstaaten, die im Rahmen eines Gentlemen's Agreement eingehalten werden sollen. Wichtigste Empfehlung ist die Eigenkapitalvereinbarung von 1988 (Cooke-Report), in der eine einheitliche Eigenkapitalunterlegung der Kreditrisiken im Bankgeschäft vereinbart wurde. Die im Januar 1996 vorgelegte Änderung der Eigenkapitalvereinbarung bezieht nun auch die Marktrisiken der Banken mit ein.

<sup>4</sup> Vgl. Bundesaufsichtsamt für das Kreditwesen (1996), S. 125 ff.

<sup>5</sup> Vgl. Basler Ausschuß für Bankenaufsicht (1996), S. 39 ff., und Johanning (1996).

<sup>6</sup> Basler Ausschuß für Bankenaufsicht (1996), S. 40.

<sup>7</sup> Eine vergleichbare Vorschrift findet sich auch in der „Verlautbarung über Mindestanforderungen an das Betreiben von Handelsgeschäften der Kreditinstitute“ des Bundesaufsichtsamtes für das Kreditwesen. Danach muß ein System risikobegrenzender Limite eingerichtet werden, das auf die Risikoschätzung abgestimmt ist. Der Value-at-Risk wird hierbei aber nicht explizit als Risikomaß vorgeschrieben. Vgl. Bundesaufsichtsamt für das Kreditwesen (1995), S. 5-6.

<sup>8</sup> Vgl. Wilson (1992), James (1996) sowie Bürger (1995), S. 250.

standsentscheidung ist hier nicht Gegenstand der Überlegungen. Sie kann beispielsweise im Rahmen qualitativer Ansätze erfolgen oder über einen Portfolio-Ansatz quantitativ abgestützt werden, der der Struktur des Markowitz-Modells der Portfolio-Selection entspricht.<sup>9</sup> Im Handelsbereich selbst wird dieses Kapital weiter auf die verschiedenen Bereiche und Chefhändler, Seniorhändler und Juniorhändler weiterverteilt. Die Risikoallokation über die Kapital- bzw. Limitzuweisung wird im Sinne einer dezentralen Banksteuerung i.d.R. einmal jährlich vorgenommen.

Der Bankvorstand geht also davon aus, daß der Handelsbereich mit einer vorgegebenen Sicherheitswahrscheinlichkeit auf jährlicher Basis keine größeren Verluste produziert als das zur Verfügung gestellte Limit bzw. Risikokapital. Die konkreten Handelsentscheidungen werden aber kontinuierlich getroffen. Für die Handelsabteilungen stellt sich daher die Frage, wie das zugewiesene Jahres-Limit in kurzfristige Value-at-Risk-Limite heruntergerechnet und das Limitsystem so ausgestaltet werden kann, daß den Händlern ein für die Gesamtbank optimaler Handlungsrahmen zur Verfügung steht. Andere Fragen betreffen beispielsweise die Alternativen einer risikoadjustierten Performance-Messung, wenn z.B. die Rendite auf die zugeteilten Limite oder auf die tatsächlichen Limitauslastungen bezogen wird oder die Frage der zusätzlichen Berücksichtigung von Kontrahentenlimiten.

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist die Umrechnung von Jahres-Limiten in tägliche Value-at-Risk-Limite, wozu sich zumindest drei verschiedene Verfahren anbieten:<sup>10</sup>

1. Das vorgegebene Jahres-Limit wird nach einem starren Berechnungsverfahren auf ein Tages-Limit umgerechnet, das an jedem Tag gleich hoch ist und für den Zeitraum eines Jahres fest vorgegeben wird.

Alternativ werden im Jahresablauf realisierte Gewinne und Verluste im Handelsbereich auf das bestehende Limit angerechnet. Dabei werden zwei Möglichkeiten unterschieden:

2. Bei einem effektiven Verlusteintritt erfolgt eine Einschränkung der Handlungsmöglichkeiten des Händlers für die Restperiode.

---

<sup>9</sup> Vgl. Markowitz (1959) und Elton/Gruber (1995), S. 46-96. Die in das Portfolio Modell eingehenden Parameter können in unterschiedlicher Weise spezifiziert werden. Möglich sind beispielsweise Benchmark-Szenarien mit festen Risikoparametern oder Markt-Szenarien, die sich an einer bestimmten Beobachtungsperiode orientieren. Festzulegen sind darüber hinaus die Schätzungen für die Erwartungswerte der Ergebnisse und der Zeithorizont, für den das Limit vorläufig gelten soll.

<sup>10</sup> Vgl. Rudolph (1993), S. 127.

3. Die Anpassung der Limite erfolgt auch in der Weise, daß die Verrechnung realisierter Gewinne den zunächst vorgegebenen Handlungsspielraum des Händlers erweitert.

Für die drei Varianten des Limitsystems sprechen unterschiedliche organisatorische Vor- und Nachteile, die konzeptionell nur schwer gegeneinander abgewogen werden können. Eine Simulationsstudie soll daher die möglichen Auswirkungen der Vorgehensweise transparent machen und Anhaltspunkte für die Attraktivität der unterschiedlichen Verfahren geben.<sup>11</sup>

Die Untersuchung ist wie folgt gegliedert. Im 2. Abschnitt wird der Value-at-Risk definiert und ein Berechnungsverfahren vorgestellt. Der Abschnitt 3 befaßt sich mit der Limitsteuerung im Handelsbereich und hebt die Vorzüge einer Value-at-Risk-Limitsteuerung hervor. Im 4. Abschnitt werden die drei Ausprägungen eines Value-at-Risk-Limitsystems konkretisiert, die mit Hilfe von Simulationsrechnungen verglichen und bewertet werden sollen. Die Ergebnisse für einen simulierten Renditeprozeß sowie für reale Aktienrenditen werden in Abschnitt 5 dargestellt. Die Untersuchung schließt im 6. Abschnitt mit einem Fazit der Überlegungen.

## 2 Value-at-Risk-Berechnung

Der Value-at-Risk  $VaR(p, H)_t$  einer Handelsposition ist der im Zeitpunkt  $t$  für eine bestimmte Haltedauer  $H$  geschätzte maximale DM-Verlust-Betrag, der nur mit einer festgelegten, geringen Wahrscheinlichkeit  $p$  (Konfidenzniveau von  $1-p$ ) überschritten wird. Die Haltedauer  $H$  wird entweder durch die Liquidationsperiode festgelegt, die zur Liquidation des Handelstitels benötigt wird, oder auf sehr liquiden Märkten durch die Vorgaben des Handelsmanagements, für welche Zeit die Handelsposition im Handelsbestand verbleiben soll. In dieser Arbeit wird i.d.R. mit einer Haltedauer von  $H=1$  Tag gearbeitet.

Die Abbildung 2-1 zeigt den Value-at-Risk für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit  $p=1\%$ ,<sup>12</sup> mit dem Erwartungswert  $\mu_{\Delta V_t}$  und der Standardabweichung  $\sigma_{\Delta V_t}$  der Marktwertänderungen  $\Delta V_t$ .<sup>13</sup>

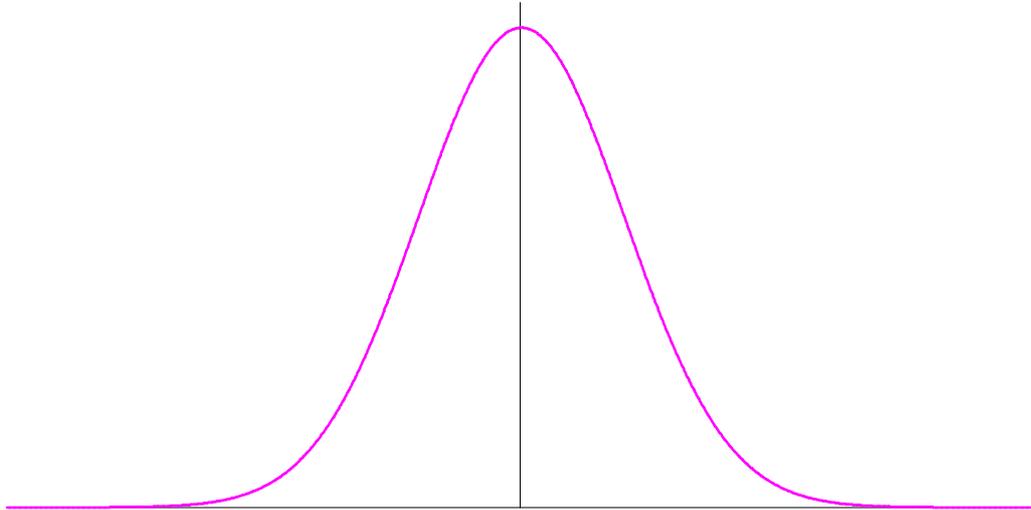
---

<sup>11</sup> Durch Kombination der Verfahren lassen sich weitere Varianten konstruieren, die aber hier nicht weiter behandelt werden sollen.

<sup>12</sup> In der nachfolgenden Untersuchung wird  $p$  durchgehend mit 1 % angesetzt.

<sup>13</sup> Gewinne und Verluste werden in den Handelsabteilungen als Marktwertänderungen der Positionen zuzüglich Zins- und Dividendenerträgen und realisierten Kursgewinnen und -verlusten ermittelt. Sie sind also in diesem Fall von der handelsrechtlichen Definition zu unterscheiden. Vgl. Witt (1994), S. 149 ff.

Abbildung 2-1: Value-at-Risk bei normalverteilter täglicher Marktwertänderung  $\Delta V_t$  einer Handelsposition



Der Value-at-Risk kann mit verschiedenen Verfahren berechnet werden. Zu den prominentesten Berechnungsverfahren zählen die Varianz-Kovarianz-Methode sowie die historische und Monte-Carlo-Simulation. In dieser Arbeit beschränken wir uns auf die Darstellung der Varianz-Kovarianz-Methode, weil sie insbesondere für die Portfeuillesteuerung geeignet ist. Bei der Varianz-Kovarianz-Methode wird der Value-at-Risk über die Kovarianzmatrix der Renditen der einzelnen Portfeuilleanteile bestimmt. Value-at-Risk-Änderungen können so bei Portfeuilleumschichtungen relativ schnell ermittelt werden. Die Ermittlung der Value-at-Risk-Änderungen bei den beiden Simulationsverfahren erfordert dagegen die Durchführung einer vollständig neuen Simulation.<sup>14</sup> Da in dieser Arbeit der Value-at-Risk nicht für ein Portfeuille, sondern nur für ein einziges Wertpapier bestimmt wird, basiert die Risikoberechnung nur auf der Varianz bzw. der Standardabweichung der Renditen. Die täglichen Renditen  $R_t$  werden in logarithmierter Form

$$(2-1) \quad R_t = \ln(V_t / V_{t-1})$$

---

<sup>14</sup> Vgl. Bühler/Korn/Schmidt (1997).

ermittelt, wobei  $V_t$  den Marktwert der Handelsposition in  $t$  kennzeichnet. Bei Normalverteilung der Renditen berechnet sich der Value-at-Risk in Abhängigkeit vom in  $t$  gebildeten Erwartungswert der täglichen Renditen  $\mu_t$  und der Standardabweichung der täglichen Renditen  $\sigma_t$ :<sup>15</sup>

$$(2-2) \quad VaR(p, H = 1)_t = -V_t \cdot (\mu_t + L(p) \cdot \sigma_t).$$

Der Multiplikator  $L(p)$  entspricht einem bestimmten Fraktile der Standardnormalverteilung und beträgt, da der Value-at-Risk ausschließlich für  $p=1\%$  berechnet wird  $-2,33$ . Der Erwartungswert der täglichen Renditen im Zeitpunkt  $t$  wird mit  $\mu_t = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K R_{t-k+1}$  geschätzt und die

Standardabweichung analog mit  $\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (R_{t-k+1} - \mu_t)^2}$ .  $K$  ist der historische Betrachtungszeitraum, der in der vorliegenden Untersuchung stets 250 Tage beträgt. Die Value-at-Risk-Schätzung kann vereinfacht werden, wenn der Erwartungswert der täglichen Renditen Null gesetzt wird ( $\mu_t=0$ ), wodurch sich Fehler bei der Schätzung des Erwartungswertes vermeiden lassen.<sup>16</sup> Der Value-at-Risk ergibt sich dann als

$$(2-3) \quad VaR(p, H = 1)_t = -V_t \cdot L(p) \cdot \sigma_t,$$

wobei die Standardabweichung mit  $\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K R_{t-k+1}^2}$  geschätzt wird.<sup>17</sup>

Der Value-at-Risk für längere Halteperioden linearer Handelspositionen kann bei serieller Unabhängigkeit und Stationarität der Renditen mit Hilfe der Quadratwurzel-T-Formel aus dem Value-at-Risk für eine eintägige Haltedauer berechnet werden:<sup>18</sup>

---

<sup>15</sup> Unterstellt wird, daß die Klammer  $(\mu_t + L(p) \cdot \sigma_t)$  negativ ist. Da der Value-at-Risk als positiver DM-Betrag angegeben wird, muß die Klammer mit  $-V_t$  multipliziert werden.

<sup>16</sup> Der Fehler der Annahme  $\mu_t=0$  wird dabei geringer eingeschätzt als der Fehler, der durch die Schätzung des Erwartungswertes auf Basis der historischen Daten resultiert. Vgl. Taylor (1986), S. 111.

$$(2-4) \quad \begin{aligned} VaR(p, H = T)_t &= -V_t \cdot [\mu_t \cdot T + L(p) \cdot \sigma_t \cdot \sqrt{T}] \\ &= VaR(p, H = 1)_t \cdot \sqrt{T} + V_t \cdot \mu_t \cdot (\sqrt{T} - T) \end{aligned}$$

wobei  $T$  die unterstellte Halteperiode bezeichnet. Bei der vereinfachten Value-at-Risk-Schätzung bei  $\mu_t=0$  ergibt sich die bekannte Quadratwurzel-T-Formel

$$(2-5) \quad VaR(p, H = T)_t = VaR(p, H = 1)_t \cdot \sqrt{T}.$$

Die Umrechnung der Jahres- in Tages-Value-at-Risk-Limite wird sowohl auf Basis der Gleichung (2-4) als auch auf Basis der vereinfachten Quadratwurzel-T-Formel (2-5) vorgenommen.

### 3 Zur Limitsteuerung im Handelsbereich

Risikolimite sind in den Handelsbereichen der Banken gebräuchliche Steuerungsverfahren, mit denen die Risikoübernahme begrenzt werden soll. Limite stellen Restriktionen für einzelne Bücher, Händler, Profit Center oder sogar die Gesamtbank dar, die von den Entscheidungsträgern im Zeitablauf streng eingehalten werden müssen. Innerhalb der Limite können dafür ohne Rücksprache eigenverantwortlich Geschäfte abgeschlossen werden.<sup>17</sup> Limite sind im Einklang mit der gesamten Risikostrategie und einheitlich für alle Bereiche der Bank auszugestalten. Da Limite als Restriktionen zu verstehen sind, muß auch das damit verfolgte Ziel in Form einer Restriktion definiert sein. Auf Gesamtbankebene könnte eine solche Restriktion beispielsweise darin bestehen, die Wahrscheinlichkeit des Verlustes von x % des Eigenkapitals

---

<sup>17</sup> Da der Erwartungswert mit Null angesetzt wird, geht kein Freiheitsgrad für die Schätzung des Erwartungswertes verloren.

<sup>18</sup> Serielle Unabhängigkeit der Renditezeitreihe besagt, daß die Renditen unabhängig von den Renditen eines beliebigen vorherigen Zeitpunktes sind. Stationarität liegt vor, wenn die Momente  $\mu_t$  und  $\sigma_t$  der Renditeverteilung im Zeitablauf konstant sind. Vgl. Hill (1990), S. 156-157, Krämer / Runde (1991), S. 312, und Taylor (1986), S. 16-18. Beide Annahmen sind nicht ganz unproblematisch und insbesondere in Crash-Situationen kaum vertretbar.

<sup>19</sup> Vgl. Witt (1994), S. 110.

auf ein definiertes Niveau zu begrenzen.<sup>20</sup> Die Restriktion würde bei exakter Risikoberechnung bewirken, daß der vorgegebene Eigenkapitalanteil auch dann nicht aufgezehrt wird, wenn die Bank in ihrer Handelsposition hohe Verluste erleidet.<sup>21</sup> Abbildung 3-1 verdeutlicht die Struktur eines Risikolimitsystems<sup>22</sup> für eine Bank mit einem angenommenen Eigenkapital von 3 Mrd. DM und einem erwarteten Gewinn von 100 Mio. DM, die als Nebenbedingung das Ziel der Eigenkapitalerhaltung (Solvenzsicherung) bzw. des dem Handelsbereich zugeordneten Eigenkapitals verfolgt.

Zwischen dem Eigenkapital der Bank und dem Gesamtrisikolimit (in Mio. DM) besteht ein Zusammenhang, der vom Bankmanagement ziel- und sachgerecht festgelegt werden muß. Im Beispiel soll zur Bildung eines ausreichenden Eigenkapitalpuffers das Eigenkapital dreißigmal größer sein als das Risikolimit der Gesamtbank, das nun auf die Bankbereiche heruntergebrochen werden muß. Eine wichtige Voraussetzung für die rationale Aufteilung des Gesamtlimits ist eine einheitliche Messung des Risikos in allen Bereichen. Aufgrund strategischer Überlegungen und des unterstellten Risikogehalts werde dem Handelsbereich ein Limit von 40 Mio. DM zugewiesen, das nun weiter verteilt werden muß. Beispielsweise erhalten die Handelsbereiche Aktien 10 Mio., Zinsen 30 Mio. und Währungen 20 Mio. DM Risikolimit. Die Summe der Risikolimits der einzelnen Handelsbereiche in Höhe von 60 Mio. DM kann dabei u.U. das Risikolimit für den gesamten Handelsbereich in Höhe von 40 Mio. DM deutlich übersteigen, wenn berücksichtigt wird, daß zwischen den Bereichen keine vollständige Korrelation der Renditen besteht.<sup>23</sup> Bei Einhaltung der Limite kann die Restriktion mit der gewünschten Wahrscheinlichkeit erfüllt werden, wenn das Risiko genau ermittelt wird.

### Abbildung 3-1: Eigenkapitalrestriktion und Risikolimitsystem

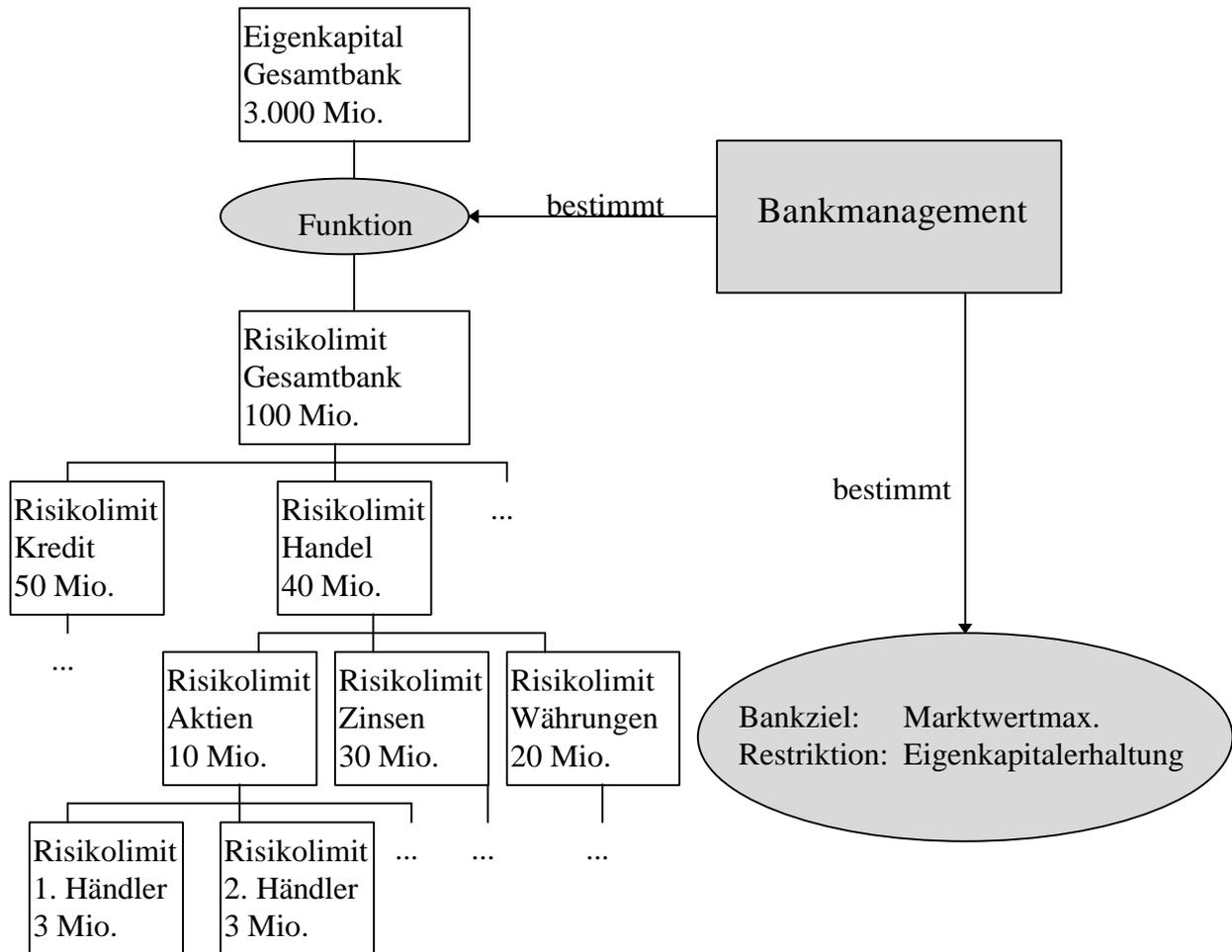
---

<sup>20</sup> Eine solche Restriktion könnte beispielsweise durch bankaufsichtliche Solvenznormen vorgegeben sein. Zu den Grundprinzipien der Konstruktion bankaufsichtlicher Solvenznormen und zur Eigenkapitalmessung vgl. Burghof/Rudolph (1996), S. 121 ff.

<sup>21</sup> Da ein Limit eine zu erreichende Sollvorgabe darstellt, kann nicht sichergestellt werden, daß die Händler im Rahmen ihres Handlungsspielraumes das Handlungsergebnis auch optimieren, also beispielsweise zu einer Marktwertmaximierung beitragen. Laux/Liermann (1993), S. 383-384, zeigen, daß mit einer Sollvorgabe nur in Ausnahmefällen die Marktwertmaximierung verwirklicht werden kann.

<sup>22</sup> Vgl. dazu ähnlich J.P. Morgan (1996), S. 33.

<sup>23</sup> Vgl. J.P. Morgan (1996), S. 33. Bekanntlich ist  $\sigma_p \leq \sigma_A + \sigma_B$  für  $r_p = r_A + r_B$ , wobei das Gleichheitszeichen nur dann gilt, wenn die Korrelation  $\rho_{AB}=1$  ist. In allen anderen Fällen gilt  $\sigma_p < \sigma_A + \sigma_B$ .



Das Risiko in den Handelsbereichen wird in der Praxis auf vielfältige Art gemessen; das Risikomeßverfahren bestimmt damit die Art des Risikolimits. Wird das Risiko beispielsweise anhand der Nominalwerte der Handelspositionen ermittelt, so sollte sich auch das Limitsystem auf die Nominalwerte beziehen. Das Risiko kann auch einigen Währungen oder Ländern sowie Kontrahenten pauschal zugeordnet werden. Die Limite begrenzen dann die Positionsübernahme in der jeweiligen Währung bzw. gegenüber den jeweiligen Vertragspartnern oder Emittenten.<sup>24</sup> Solche Formen der Risikomessung sind aber sehr undifferenziert und ungenau, mit der Folge, daß ein auf einem ungenauen Risikomeßmodell basierendes Limitsystem selbst dann mit der geforderten Wahrscheinlichkeit die Restriktion der Eigenkapitalerhaltung nicht gewährleisten kann, wenn alle Entscheidungsträger ihr vorgegebenes Limit tatsächlich einhalten.

Eine Ermittlung des Risikos in Form von Value-at-Risk-Werten ist im Vergleich zur herkömmlichen Risikomessung sachgerechter. Dies gilt insbesondere für das Marktrisiko, da die

---

<sup>24</sup> Zu den vielfältigen Ausgestaltungsmöglichkeiten von Limiten vgl. Scharpf/Luz (1996), S. 116 ff.

Berechnungen auf den exogen gegebenen Marktwerten und möglichen Marktwertänderungen basieren und damit auf den potentiellen Verlusten der Handelspositionen bzw. des Handelsportefeuilles.<sup>25</sup> Bei solchen objektiv nachvollziehbaren Berechnungen spielt im übrigen das Problem der wahrheitsgemäßen Berichterstattung der Handelsbereiche<sup>26</sup> an die „Limitüberwachungsstellen“ keine wesentliche Rolle, wenn die Risikomeßsysteme zusätzlich einheitlich implementiert sind.

Ein Value-at-Risk-Limit kennzeichnet einen im Zeitpunkt  $t$  bestimmten DM-Verlustbetrag, der je nach der zeitlichen Struktur des Limits (z.B. Jahres- oder Tages-Limite) während einer bestimmten Zeitdauer nur mit der Wahrscheinlichkeit  $p$  von den tatsächlichen Handelsverlusten überschritten werden darf. Die Zeitdauer, für die das Limit gilt, sollte dabei mit der Haltedauer  $H$  des Value-at-Risk der Handelspositionen übereinstimmen, weil nur dann der Händler mit dem Limit sinnvoll gesteuert werden kann. Bei einer Haltedauer von  $H=1$  Tag sollte der Händler beispielsweise durch ein Tages-Limit gesteuert werden, das im Zeitpunkt  $t$  bestimmt wird und in  $t+1$  eingehalten werden muß. Die zeitliche Struktur des Limits orientiert sich also an der Haltedauer der Value-at-Risk-Berechnung und damit an der Liquidationsperiode des Handelstitels oder auf liquiden Märkten an den Zielvorgaben des Handelsmanagements bzw. des Händlers. Formal kann ein Tages-Value-at-Risk-Limit aus der Gleichung (2-2) abgeleitet werden:

$$(3-1) \quad TL_t = -V_t^{\max} \cdot (\mu_t + L(p) \cdot \sigma_t),$$

mit  $V_t^{\max}$  als maximale Position, die bei voller Ausschöpfung des Limits angelegt werden kann. Es ist dann  $TL_t = VaR(p, H=1)$ .

Der Value-at-Risk-Ansatz vermittelt erstmals die Aussicht, das Risiko in allen Bankbereichen einheitlich meßbar machen und ein konsistentes Risikolimitsystem für die Gesamtbank aufbauen zu können. Da der Value-at-Risk eine DM-Größe ist, kann ein unmittelbarer Zusammenhang zum Eigenkapital der Bank hergestellt werden. Der im Beispiel mit 3.000 Mio. DM dreißigfach höhere Gesamteigenkapitalbetrag der Bank als das gesamte Value-at-Risk-Limit

---

<sup>25</sup> Verschiedene Untersuchungen können aber auch Ungenauigkeiten von Value-at-Risk-Berechnungen verdeutlichen. Vgl. beispielsweise Beder (1995) und Hendricks (1996).

<sup>26</sup> Vgl. Ewert/Wagenhofer (1995).

kann als Sicherheitspuffer interpretiert werden, der bankaufsichtlich erzwungen oder aus der Risikoeinstellung der Bank abgeleitet ist. Die Konstruktion der Value-at-Risk-Meßzahl bewirkt aber, daß selbst bei Einhaltung aller Value-at-Risk-Limite und bei exakter Risikoberechnung nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, daß im zukünftigen Geschäftsablauf nicht doch der Teil des mit dem Risikolimit abgesicherten Eigenkapitals verbraucht wird.

## **4 Ein Vergleich verschiedener Value-at-Risk-Limitsysteme mit Hilfe eines Simulationsmodells**

### **4.1 Annahmen der Simulationsrechnungen**

Bei den Risikobegrenzungen der Modellbank in Abbildung 3-1 soll es sich um Jahres-Limite handeln. Da im Handelsbereich der Banken i.d.R. die Geschäfte aber für einen kurzfristigeren - unterstellt wird ein eintägiger - Zeitraum abgeschlossen werden, ist zunächst zu klären, wie ein Jahres-Limit in ein Tages-Value-at-Risk-Limit umgerechnet werden kann. In einem Simulationsmodell sollen die oben unterschiedenen Ansätze bewertet werden, wobei bei allen drei Verfahren ein Jahres-Value-at-Risk-Limit von 1 Mio. DM vorgegeben ist.

Im Modell wird davon ausgegangen, daß ein Aktienhändler durchgehend nur eine einzige Aktiegattung handelt und er stets das ihm zur Verfügung stehende Limit voll ausschöpft. Ob er dieses Limit durch einen positiven Bestand in Anspruch nimmt oder durch einen Leerverkauf, hängt von seiner Händlermeinung über die zukünftige Kursbewegung ab. Die Händlermeinung wird im Modell insoweit sehr einfach abgebildet, als unterstellt wird, daß der Händler in 55 % der Fälle die richtige Kursrichtung antizipiert, so daß er bei einem Kursanstieg in 55 % der Fälle zuvor eine maximale Long- und bei einem Kursverlust zuvor eine maximale Short-Position eingegangen ist. Alle Handelspositionen werden am jeweils folgenden Tag glattgestellt, worauf noch am selben Tag neue Positionen eingegangen werden. Die Tagesgewinne und -verluste der 250 Handelstage werden zu einem Gesamtjahresergebnis summiert.

#### 4.2 Tages-Value-at-Risk-Limite bei einem Renditeerwartungswert von Null

Die Umrechnung der Jahres- auf Tages-Limite nach den drei Verfahren geschieht in folgenden Schritten:

**Starres Limit (SL):** Beim ersten Verfahren steht dem Händler während des ganzen Jahres ein unverändertes Jahres-Limit (in diesem Fall von 1 Mio. DM) zur Verfügung. Dieses Verfahren wird demzufolge „starres Limit“ genannt. Aus dem vorgegebenen Jahres-Limit  $JL^{SL}$  wird zunächst auf Basis der vereinfachten Quadratwurzel-T-Formel (2-5) das Tages-Limit ermittelt; es wird nun also nicht der Value-at-Risk für eine Haltedauer  $H=T$ , sondern quasi rückwärts aus dem vorgegebenen Jahres-Limit das Tages-Limit errechnet. Das für alle Tage geltende Tages-Limit  $TL^{SL}$  ergibt sich als

$$(4-1) \quad TL^{SL} = \frac{JL}{\sqrt{T}}.$$

Das Tages-Limit ist eine feste Größe und beträgt bei einem unterstellten Jahres-Limit von 1 Mio. DM 63.246 DM. Die maximale Position  $V_t^{SL}$ , die der Händler maximal in  $t$  investieren kann, damit - vorausgesetzt der Value-at-Risk wird exakt berechnet - das Tages-Limit im Glattstellungszeitpunkt  $t+1$  nur mit der Wahrscheinlichkeit  $p$  überschritten wird, kann über die Gleichung (2-3) berechnet werden:

$$(4-2) \quad V_t^{SL} = - \frac{JL^{SL}}{L(p) \cdot \sigma_t \cdot \sqrt{T}}.$$

**Verlustbegrenzungslimit (VL):** Beim zweiten Verfahren kalkuliert der Händler am ersten Tag mit dem gesamten Jahres-Limit von 1 Mio. DM, das ihm aber in dieser Höhe nicht täglich zur Verfügung steht. Im Zeitablauf realisierte Verluste reduzieren das für die nachfolgenden Tage bereitstehende Jahres-Limit, realisierte Gewinne erhöhen das Limit aber nur bis zu einem maximalen Betrag von 1 Mio. DM. Bei diesem zweiten Verfahren wird der Handlungsspielraum des Händlers durch die Verrechnung von Verlusten stärker restringiert als im ersten Fall. Das Verfahren wird Verlustbegrenzungslimit (VL) genannt und läßt eine Gewinnver-

rechnung nur im Rahmen verlustbedingter Limitkürzungen zu. Dabei besteht auch die Möglichkeit, daß zeitlich vorher angefallene Gewinne spätere Verluste ausgleichen, für Verluste also „angespart“ werden kann. Die Gewinne oder Verluste (Marktwertänderungen) in  $t$  werden aus  $\Delta V_t = V_{t-1}^{VL} \cdot R_t$  ermittelt, wobei  $V_{t-1}^{VL}$  die von  $t-1$  bis  $t$  investierte Position kennzeichnet. Die kumulierten Gewinne und Verluste  $K\Delta V_t$ , die sich vom ersten Handelstag ( $t=1$ ) des Jahres bis zum Zeitpunkt  $t$  ergeben, berechnen sich nach  $K\Delta V_t = \sum_{s=1}^t \Delta V_{t-s+1} = V_{t-1}^{VL} \cdot R_t + \dots + V_0^{VL} \cdot R_1$ , mit  $V_0^{VL}$  als von  $t=0$  (als letzten Handelstag des Vorjahres) bis  $t=1$  (als ersten Handelstag des neuen Jahres) investierten Betrag.<sup>27</sup> Das in  $t$  ermittelte Jahres-Value-at-Risk-Limit  $JL_t^{VL}$  beträgt also:

$$(4-3) \quad JL_t^{VL} = \begin{cases} JL & , \text{wenn } K\Delta V_t \geq 0 \\ JL + K\Delta V_t & , \text{wenn } K\Delta V_t < 0 \end{cases}$$

mit  $JL$  als anfängliches zur Verfügung gestelltes Jahres-Value-at-Risk-Limit, hier 1 Mio. DM. Das Tages-Value-at-Risk-Limit, das dem Händler für  $t+1$  zur Verfügung steht, wird wieder über die Quadratwurzel-T-Formel

$$(4-4) \quad TL_t^{VL} = JL_t^{VL} / \sqrt{T}$$

berechnet. Die maximale Position beim Verlustbegrenzungslimit unterscheidet sich von der maximalen Position beim starren Limit nur durch die Anrechnung des Gewinn- und Verlustsaldos auf das täglich einzukalkulierende Jahres-Limit. Die maximale Position ergibt sich als:

---

<sup>27</sup> Die Handelstage werden mit  $t=1, \dots, 250$  gekennzeichnet, der Handelstag  $t=0$  kennzeichnet somit den letzten Handelstag des Vorjahres, an dem der Betrag  $V_0^{VL}$  angelegt wird, so daß er am ersten Handelstag des neuen Jahres glattgestellt werden kann. Bei  $V_0^{VL}$  handelt es sich gleichzeitig um die maximale Position (vgl. Gleichung (4-4)), die der Händler annahmegemäß anlegt.  $V_0^{VL}$  berechnet sich nicht auf Basis des um den Gewinn- und Verlustsaldo adjustierten Jahres-Limits des Vorjahres, sondern - im Vorgriff auf den Beginn des neuen Jahres - auf Basis des Jahres-Limits des neuen Jahres von 1 Mio. DM.

$$(4-5) \quad V_t^{VL} = -\frac{JL_t^{VL} / \sqrt{T}}{L(p) \cdot \sigma_t}.$$

**Dynamisches Limit (DL):** Das dritte Verfahren entspricht dem Verlustbegrenzungslimit, wobei aber nun das zur Verfügung stehende Jahres-Limit durch die Verrechnung realisierter Gewinne auch über 1 Mio. DM erhöht werden kann. Der Handlungsspielraum des Händlers wird also nicht nur durch Verluste eingeschränkt, sondern kann auch (prinzipiell unbegrenzt) erhöht werden. Dieses Verfahren wird deshalb dynamisches Limit (DL) genannt. Das Jahres-Value-at-Risk-Limit  $JL_t^{DL}$ , mit dem der Händler für  $t+1$  kalkuliert, beträgt nun

$$(4-6) \quad JL_t^{DL} = JL + K\Delta V_t,$$

mit  $K\Delta V_t = \sum_{s=1}^t \Delta V_{t-s+1} = V_{t-1}^{DL} \cdot R_t + \dots + V_0^{DL} \cdot R_1$ , mit  $V_0^{DL}$  als am letzten Handelstag des Vorjahres ( $t=0$ ) investierten Betrag. Das Tages-Value-at-Risk-Limit berechnet sich nach

$$(4-7) \quad TL_t^{DL} = JL_t^{DL} / \sqrt{T}$$

und die maximale Position nach

$$(4-8) \quad V_t^{DL} = -\frac{JL_t^{DL} / \sqrt{T}}{L(p) \cdot \sigma_t}.$$

Beim zweiten und dritten Steuerungsverfahren wird der Handel eingestellt, wenn innerhalb der Periode das gesamte Value-at-Risk-Limit durch Verluste aufgezehrt wird. Was unter der Einstellung des Handels im einzelnen zu verstehen ist, muß in der Praxis nach den eingetretenen Verlusten konkret bestimmt werden. Für die vorliegende Simulation wird das betrachtete Handelsbuch für den Rest des Jahres geschlossen.

Die Berechnung der Tages-Limite anhand der vereinfachten Quadratwurzel-T-Formel, bei der Annahme eines Erwartungswertes der täglichen Renditen von Null ( $\mu_t=0$ ), stellt eine starke Vereinfachung dar. Die Annahme von  $\mu_t=0$  kann zwar für Tageswerte relativ gut gerechtfertigt werden. Da der Erwartungswert aber auf ein Jahr hochskaliert wird und dann nur in Ausnahmen gleich Null ist, führt diese Annahme zur systematischen Vernachlässigung dieses Wertes und damit möglicherweise zu großen Fehlern. Der nächste Abschnitt zeigt daher, wie das Tages-Limit bei  $\mu_t \neq 0$  berechnet werden kann.

### **4.3 Tages-Value-at-Risk-Limite bei einem Renditeerwartungswert von ungleich Null**

**Starres Limit (SL):** Die Berechnungen der Tages-Limite werden komplizierter, wenn nicht mit der vereinfachten, sondern mit der allgemeinen Quadratwurzel-T-Regel (2-4) gearbeitet wird. Für das im Zeitpunkt  $t$  berechnete und für  $t+1$  geltende Tages-Limit  $TL_t^{SL}$  ergibt sich dann

$$(4-9) \quad TL_t^{SL} = \frac{JL^{SL}}{\sqrt{T}} - V_t^{SL} \cdot \mu_t \cdot [1 - \sqrt{T}].$$

Die maximale Position kann über die Gleichung (2-4) in Kombination mit der Gleichung (2-2) berechnet werden:

$$(4-10) \quad V_t^{SL} = - \frac{JL^{SL}}{\mu_t \cdot T + L(p) \cdot \sigma_t \cdot \sqrt{T}}.$$

Wird (4-10) in (4-9) eingesetzt, so ergibt sich für das Tages-Value-at-Risk-Limit:

$$(4-11) \quad TL_t^{SL} = JL^{SL} \cdot \frac{\mu_t + L(p) \cdot \sigma_t}{\mu_t \cdot T + L(p) \cdot \sigma_t \cdot \sqrt{T}}.$$

Das Tages-Limit ist nun keine feste Größe mehr, sondern insbesondere vom Renditeerwar-

tungswert  $\mu_t$  und der Standardabweichung  $\sigma_t$  abhängig.<sup>28</sup> Bei Schwankungen dieser Werte können sich starke Änderungen des Tages-Limits ergeben, die aus Sicht der Risikosteuerung unerwünscht sein können. Es besteht sogar die Gefahr, daß negative Limite auftreten, wenn nämlich bei einem hohen  $\mu_t$  und relativ dazu geringem  $\sigma_t$  der Nenner von (4-11) - der Value-at-Risk bei  $-V_t=1$  - entgegen dem Normalfall positiv ist. Da der Zähler i.d.R. negativ ist, wird somit auch das Tages-Limit negativ. Genau diese Ergebnisse wurden in einer Simulation für reale Aktienrenditen sehr häufig beobachtet und das auch für seriell unabhängige Renditen einer geometrisch Brownschen Bewegung.<sup>29</sup> Es gibt zwei Möglichkeiten, diese Effekte bei der Berechnung des Tages-Limits zu vermeiden.

1. Die Variabilität der Limite wird vermindert, wenn anstatt der Jahres-Limite beispielsweise Monats-Limite verwendet werden, da mit abnehmender Zeitdauer, über die der Value-at-Risk mit der Quadratwurzel-T-Formel hochskaliert wird, auch die Fehler der Skalierung abnehmen.<sup>30</sup> Dieses Verfahren setzt aber voraus, daß die Banken die Eigenkapital- bzw. Limitallokation nicht jährlich, sondern monatlich vornehmen, was im Computerzeitalter durchaus möglich erscheint (dynamische Limitallokation). Derzeit wird sie aber nur von einigen amerikanischen Investmenthäusern, nicht aber von den deutschen Universalbanken praktiziert.
2. Anstatt der täglich neu berechneten Erwartungswerte und Standardabweichungen können für diese Werte selbst Erwartungswerte bzw. an den Märkten über sehr lange Perioden beobachtete Parameter eingesetzt werden. Diese Methode hat besonders für die Praxisanwendung den Vorteil, daß beim starren Limitverfahren das Tages-Limit nicht schwankt und daß

---

<sup>28</sup> Das Tages-Limit wird nun mit  $t$  indexiert, da es nicht mehr starr ist. Bei  $\mu_t=0$  ergibt sich die herkömmliche Quadratwurzel-T-Formel  $TL_t^{SL} = JL^{SL} / \sqrt{T}$ . Wird (4-11) umgestellt und die rechte Seite mit  $-V_t / -V_t$  erweitert, so ergibt sich  $TL_t^{SL} / JL^{SL} = VaR(p, H=1)_t / VaR(p, H=T)_t$ . Das Verhältnis aus Tages- und Jahres-Limit muß also genau dem Verhältnis des Value-at-Risk für eintägige Haltedauer und dem über die Quadratwurzel-T-Formel ermittelten Value-at-Risk für eine Haltedauer von einem Jahr entsprechen, wobei dies für beliebige Werte  $-V_t$  gilt. Wird in (4-11) anstatt  $-V_t$  die maximale Position  $-V_t^{SL}$  eingesetzt, dann würde konsequenterweise der Value-at-Risk für  $H=1$  (bzw.  $H=T$ ) betragsmäßig genau dem Tages-Limit (Jahres-Limit) entsprechen.

<sup>29</sup> Das häufigere Auftreten dieser Ergebnisse bei realen Renditen weist auf die bekannte Nichtexistenz der seriellen Unabhängigkeit hin. Vgl. Krämer/Runde (1991), S. 312.

<sup>30</sup> J.P. Morgan (1995), S. 29, und der Basler Ausschuß für Bankenaufsicht (1996), S. 45 schätzen es für lineare Handelspositionen als genau genug ein, den Value-at-Risk für eine Haltedauer  $H=1$  auf eine Haltedauer  $H=10$  mit der Quadratwurzel-T-Formel umzurechnen. Value-at-Risk-Werte mit einer Haltedauer von einem Monat werden von J.P. Morgan allerdings über eine extra dafür berechnete Kovarianzmatrix ermittelt.

bei den beiden nachfolgenden Verfahren Schwankungen nur durch die Verrechnung von im Jahr erzielten Gewinnen und Verlusten auftreten. Zudem wäre das Tages-Limit dann weitgehend manipulationsfrei. Dieses wäre nicht der Fall, wenn der Handelsbereich das Tages-Limit über die Berechnung der Erwartungswerte und Standardabweichungen selbst bestimmt.<sup>31</sup>

Im Rahmen der folgenden Simulationsrechnungen wird die zweite Methode angewendet. Für den Erwartungswert und die Standardabweichung werden entweder bei realen Renditen Werte für jede Aktie über die Zeit von 1974 bis 1995 oder beim simulierten Prozeß der geometrisch Brownschen Bewegung die auf Tagesbasis umgerechneten Werte für den Drift und die Standardabweichung eingesetzt. Diese Werte werden mit  $\bar{\mu}$  bzw.  $\bar{\sigma}$  bezeichnet. Für das Tages-Limit (4-11) ergibt sich somit:<sup>32</sup>

$$(4-12) \quad TL^{SL} = JL^{SL} \cdot \frac{\bar{\mu} + L(p) \cdot \bar{\sigma}}{\bar{\mu} \cdot T + L(p) \cdot \bar{\sigma} \cdot \sqrt{T}}.$$

Die maximale Position wird nicht als Funktion von  $\bar{\mu}$  und  $\bar{\sigma}$ , sondern unmittelbar aus (4-12) und (2-2) ermittelt.<sup>33</sup>

$$(4-13) \quad V_t^{SL} = - \frac{TL^{SL}}{\mu_t + L(p) \cdot \sigma_t}.$$

Das Tages-Limit nimmt bei steigendem  $\bar{\mu}$  und abnehmendem  $\bar{\sigma}$  zu. Dies zeigt die Tabelle 4-1, die Werte für das Tages-Limit bei verschiedenen - für deutsche Aktien für den Zeitraum

---

<sup>31</sup> Dieser Fall ist hier allerdings ausgeschlossen, da annahmegemäß - und bei Marktrisiken durch die exogen gegebene Datenbasis begründet - kein Problem der wahrheitsgemäßen Berichterstattung existiert.

<sup>32</sup> Die Indexierung  $t$  kann nun wieder entfallen, da das Tages-Limit eine starre Größe ist.

<sup>33</sup> Auch die maximale Position könnte in Abhängigkeit von  $\bar{\mu}$  und  $\bar{\sigma}$  bestimmt werden, allerdings würde dann keine Beziehung zu den aktuell ermittelten Marktparametern bestehen. Die maximale Position wird deshalb in Abhängigkeit von  $\mu_t$  und  $\sigma_t$  berechnet.

01.01.1974 bis 31.12.1995 beobachteten - Werten für  $\bar{\mu}$  und  $\bar{\sigma}$  sowie bei einem vorgegebenem Jahres-Limit von 1 Mio. DM angibt.

Tabelle 4-1: Tages-Limite in DM bei verschiedenen  $\bar{\mu}$  und  $\bar{\sigma}$  und einem Jahres-Limit von 1 Mio. DM

$\bar{\mu}$	$\bar{\sigma}$	Tages-Limit	$\bar{\mu}$	$\bar{\sigma}$	Tages-Limit
0,0005	0,015	80.564	0,0005	0,02	75.350
0,0004	0,015	76.335	0,0005	0,019	76.126
0,0003	0,015	72.549	0,0005	0,018	77.007
0,0002	0,015	69.139	0,0005	0,017	78.019
0,0001	0,015	66.053	0,0005	0,016	79.191
0	0,015	63.246	0,0005	0,015	80.564
-0,0001	0,015	60.681	0,0005	0,014	82.197
-0,0002	0,015	58.330	0,0005	0,013	84.170
-0,0003	0,015	56.166	0,0005	0,012	86.601
-0,0004	0,015	54.167	0,0005	0,011	89.671
-0,0005	0,015	52.316	0,0005	0,01	93.671

Die beiden nachfolgenden Limite werden nicht in Abhängigkeit von  $\mu$ , und  $\sigma$ , sondern nur als Funktion von  $\bar{\mu}$  bzw.  $\bar{\sigma}$  angegeben.

#### Verlustbegrenzungslimit (VL):

Für das Verlustbegrenzungsverfahren erhält man das Tages-Value-at-Risk-Limit

$$(4-14) \quad TL_t^{VL} = JL_t^{VL} \cdot \frac{\bar{\mu} + L(p) \cdot \bar{\sigma}}{\bar{\mu} \cdot T + L(p) \cdot \bar{\sigma} \cdot \sqrt{T}},$$

mit  $JL_t^{VL}$  als nach (4-3) ermitteltem Jahres-Limit. Für die maximale Position ergibt sich

$$(4-15) \quad V_t^{VL} = - \frac{TL_t^{VL}}{\mu_t + L(p) \cdot \sigma_t}.$$

**Dynamisches Limit (DL):** Beim dynamischen Limit wird das Tages-Limit nach

$$(4-16) \quad TL_t^{DL} = JL_t^{DL} \cdot \frac{\bar{\mu} + L(p) \cdot \bar{\sigma}}{\bar{\mu} \cdot T + L(p) \cdot \bar{\sigma} \cdot \sqrt{T}}$$

berechnet, wobei  $JL_t^{DL}$  das nach (4-6) ermittelte Jahres-Limit bezeichnet. Die maximale Position wird aus

$$(4-17) \quad V_t^{DL} = -\frac{TL_t^{DL}}{\mu_t + L(p) \cdot \sigma_t}$$

ermittelt.

#### 4.4 Simulationsablauf

Die drei angesprochenen Steuerungsverfahren werden nun anhand der Jahresergebnisse verglichen und bewertet, die bei simulierten und realen Aktienrenditen von 77 deutschen Aktien erzielt werden. Reale Renditen liegen für den Zeitraum 1974 bis einschließlich 1995 vor, so daß die Anzahl der Simulationsläufe  $N=1617$  (Jahre) beträgt.<sup>34</sup> Unterstellt wird, daß der Händler die 77 Aktien nacheinander, zunächst also die 1. Aktie und dann alle weiteren Aktien für jeweils 21 Jahre handelt. Für  $\bar{\mu}$  und  $\bar{\sigma}$  werden die für die jeweilige Aktie im gesamten Untersuchungszeitraum beobachteten Werte eingestellt. Bei den simulierten Renditen werden  $N=5000$  Simulationsläufe durchgeführt, d.h., es werden 5000 Jahre mit je 250 Renditen simuliert. Bei dem zugrunde gelegten Prozeß der lognormalverteilten Renditen handelt es sich um eine geometrisch Brownsche Bewegung. In zeitdiskreter Form notiert dieser Prozeß als

---

<sup>34</sup> Bei den realen, logarithmierten Renditen geht für jede Aktie jeweils ein Jahr verloren, das zur Berechnung der Standardabweichung im Simulationsmodell benötigt wird. Folglich verbleiben für die Auswertung des Modells  $21 \cdot 77 = 1617$  Jahre. Da die Börsenjahre unterschiedlich viele Handelstage aufweisen, beträgt der historische Betrachtungszeitraum  $K$  nicht immer genau 250 Tage. Bei den 77 Aktien handelt es sich um Werte, die von 1974 bis 1995 durchgehend an einer deutschen Börse gehandelt wurden und möglichst wenig Nullrenditen aufweisen. Die Aktienkurse wurden dankenswerterweise von der Karlsruher Kapitalmarktdatenbank (KKMDB) zur Verfügung gestellt.

$$(4-18) \quad R_t = \ln\left(\frac{V_t}{V_{t-1}}\right) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot \Delta t + \varepsilon_t \cdot \sigma \cdot \sqrt{\Delta t},$$

mit  $\mu$  als jährliche Durchschnittsrendite (Drift),  $\sigma$  als Jahres-Standardabweichung,  $\varepsilon_t$  als standardnormalverteilte Zufallsvariable,  $\varepsilon_t \sim N(0,1)$ , und  $\Delta t$  als kleinste Zeiteinheit (=Schrittweite des simulierten Prozesses) von einem Tag bzw. 1/250 Jahr.<sup>35</sup> Die logarithmierten Renditen  $\ln\left(\frac{V_t}{V_{t-1}}\right)$  sind somit normalverteilt mit dem Mittelwert  $\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot \Delta t$  und der Standardabweichung  $\sigma \cdot \sqrt{\Delta t}$ . Es wird eine jährliche Durchschnittsrendite von 7 % und eine Jahres-Standardabweichung von 24 % unterstellt.<sup>36</sup> Für  $\bar{\mu}$  wird folglich durchgehend ein Wert von  $\bar{\mu} = 0,07 / 250 = 0,00028$  und für  $\bar{\sigma}$  ein Wert von  $\bar{\sigma} = 0,24 / \sqrt{250} = 0,01518$  angesetzt. Die Renditen der geometrisch Brownschen Bewegung sind seriell unabhängig, so daß die Annahmen der Quadratwurzel-T-Formel nicht verletzt werden. Ein Vergleich der Ergebnisse für simulierte Renditen mit denen für reale Aktienrenditen kann daher Aufschluß darüber geben, wie relevant die Annahme der seriellen Unabhängigkeit ist, die bei allen drei Limitsystemen getroffen wird, aber auf dem deutschen Aktienmarkt generell nicht gegeben ist.<sup>37</sup>

## 5 Simulationsergebnisse

### 5.1 Ergebnisse für einen Renditeerwartungswert von Null

Die Tabelle 5-1 und die Abbildung 5-1 zeigen die Ergebnisse für die Simulationen, bei denen die Tages-Limite wie in Abschnitt 4.2 anhand der vereinfachten Quadratwurzel-T-Formel und somit bei einem Erwartungswert der täglichen Renditen von Null ( $\mu_t=0$ ) berechnet wurden.

Tabelle 5-1: Jahresergebnisse bei geometrisch Brownscher Bewegung und realen Aktienrenditen in TDM bei  $\mu_t = 0$

Simulation	MW	Stabw	Median	25%-Qu.	75%-Qu.	Max	Min
------------	----	-------	--------	---------	---------	-----	-----

<sup>35</sup> Vgl. Hull (1997), S. 221 f., sowie Jordan / Mackay (1995), S. 42-43.

<sup>36</sup> Vgl. Geyer (1995), S. 485.

<sup>37</sup> Vgl. Krämer/Runde (1991), S. 317 ff.

Geo. Brownsche Bewegung	SL	553	432	555	259	852	2.012	-1.185
	VL	537	439	540	231	845	2.009	-717
	DL	736	770	585	182	1.135	5.797	-721
Reale Renditen	SL	477	459	457	162	778	2.208	-968
	VL	457	465	440	127	763	2.203	-672
	DL	619	816	442	62	957	6.497	-689

MW=Mittelwert der Jahresergebnisse, Stabw=Standardabweichung, Qu.=Quantil, Max=maximaler Gewinn, Min=größter Verlust, SL=starres Limit, VL=Verlustbegrenzungslimit, DL=dynamisches Limit

Die Verteilung der Jahresergebnisse bei der geometrisch Brownschen Bewegung sind - wie die Abbildung 5-1 zeigt - insgesamt „abgerundeter“ als bei den realen Renditen. Dies ist ebenso wie die stärkere Besetzung der einzelnen Gewinn- und Verlustklassen [von -1 Mio. bis 3 Mio. DM] auf die größere Anzahl der Simulationsläufe von  $N=5000$  als bei den realen Renditen von  $N=1617$  zurückzuführen.

Die drei Limitverfahren führen bei dem unterstellten Prozeß und bei den realen Renditen zu vergleichbaren Ergebnissen, d.h., die Ergebnisverteilungen sind in ihrer Struktur für das jeweilige Steuerungsverfahren nahezu identisch. Die Parameterwerte bei realen Renditen sind allenfalls etwas geringer als bei der Brownschen Bewegung, nur bei den realen Renditen sind die maximalen und minimalen Werte größer. Die Steuerungseffekte der drei Limitverfahren erweisen sich also als weitgehend unabhängig von der Wahl des Renditeprozesses, was auch zeigt, daß trotz der Verletzung der Annahme der seriellen Unabhängigkeit die Ergebnisse nicht wesentlich verzerrt sind.

Im einzelnen ergibt sich, daß das starre Limit (SL) und das Verlustbegrenzungslimit (VL) zu sehr vergleichbaren Ergebnissen führen. Die Jahresergebnisse verteilen sich besonders beim starren Limit sehr symmetrisch um den Mittelwert von 553 TDM [477 TDM]. Im Vergleich dazu produziert das Verlustbegrenzungslimit etwas geringere Mittelwerte [537 und 457 TDM] und eine leichte Rechtsschiefe (Linkssteilheit) der Verteilung. Dies läßt sich graphisch an den Ergebnisverteilungen, besonders aber beim Vergleich der 25 %-Quantilswerte<sup>38</sup> erkennen. Bei beiden Renditeprozessen sind diese Werte beim Verlustbegrenzungslimit [231 und 127 TDM] geringer als beim starren Limit [259 und 162 TDM]. Dies impliziert eine größere Dichte im Bereich der unteren Häufigkeitsverteilung. Auf der anderen Seite sind aber die minimalen Werte [-1.185 und -968 TDM] beim starren Limit betragsmäßig größer als beim VL [-717 und -672 TDM]. Das Verlustbegrenzungslimit wird also seinem Namen gerecht, weil es sehr

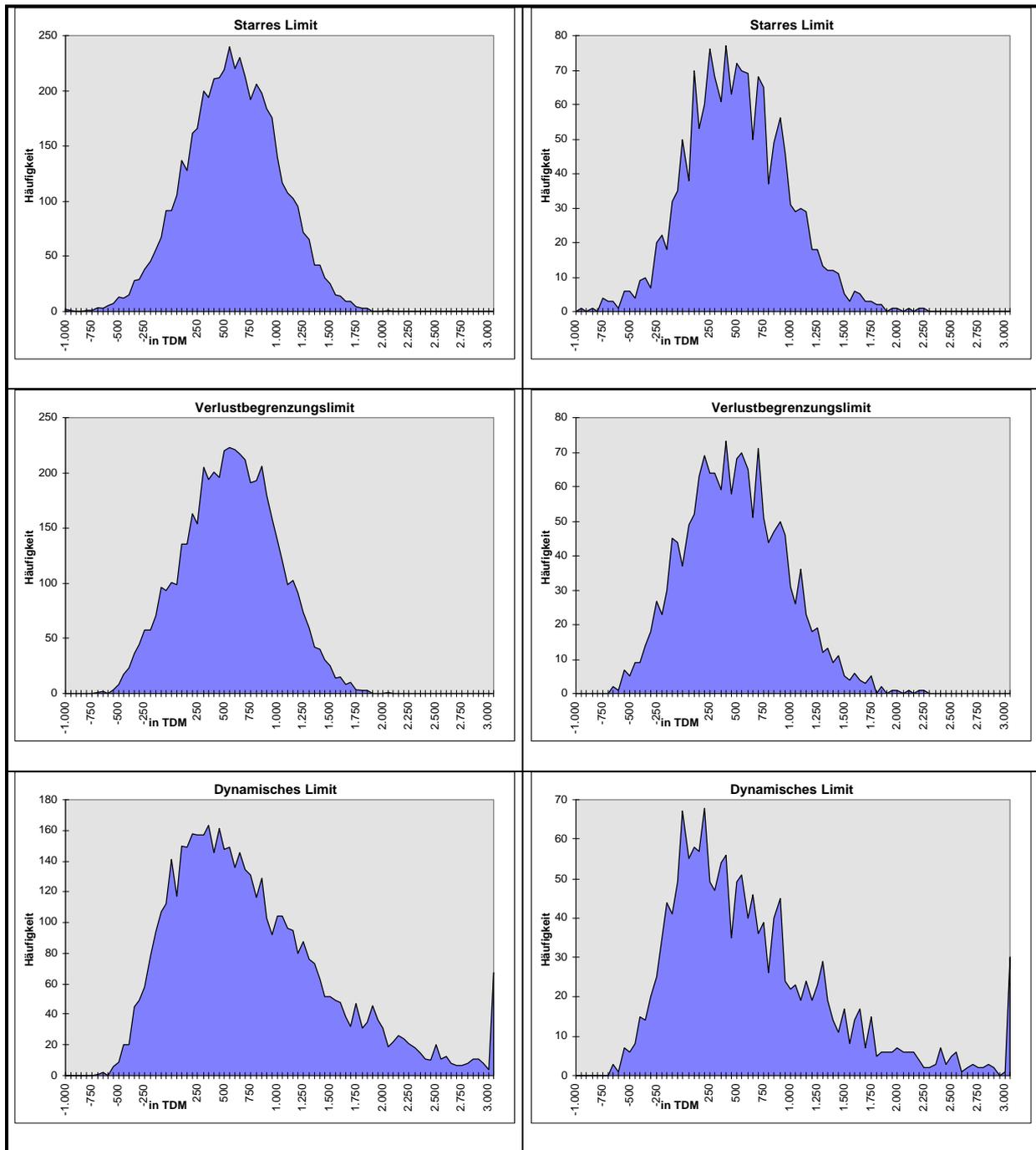
<sup>38</sup> Der 25 %-Quantilswert besagt, daß 25 % der Jahresergebnisse kleiner als der Quantilswert sind.

hohe Verluste verhindert. Überschreitungen der Jahres-Value-at-Risk-Limite von 1 Mio. DM sind nur beim starren Limit und bei der geometrisch Brownschen Bewegung aufgetreten, und zwar in 2 von 5000 Fällen. Die Häufigkeit der Jahres-Value-at-Risk-Limitüberschreitungen ist damit wesentlich geringer als 1 %.

Auch das dynamische Limit (DL) weist die Eigenschaft der Verlustbegrenzung auf, was durch die minimalen Werte von -721 und -689 TDM dokumentiert wird. Ansonsten unterscheiden sich die Ergebnisverteilungen aber grundlegend von denen der beiden anderen Limitverfahren. Wie deutlich zu erkennen ist, sind die Verteilungen rechtsschief bzw. linkssteil. Die 25 %-Quantilswerte [182 und 62 TDM] sind nochmals wesentlich geringer als beim Verlustbegrenzungslimit. Die Wahrscheinlichkeit, daß Verluste bzw. sehr geringe Gewinne auftreten, ist beim dynamischen Limit also deutlich größer. Dafür sind aber die Mittelwerte der Ergebnisse mit 736 bzw. 619 TDM und v.a. die maximalen Gewinne mit 5.797 und 6.497 TDM um einiges höher als bei den anderen Verfahren. Die ebenfalls höhere Standardabweichung [770 und 816 TDM] indiziert zwar die insgesamt größere Streuung der Jahresergebnisse beim dynamischen Limit, weist aber in erster Linie auf ein größeres Gewinnpotential hin und sollte deshalb nicht als Risiko interpretiert werden.

Abbildung 5-1: Jahresergebnisse bei geometrisch Brownscher Bewegung und realen Aktienrenditen bei  $\mu_t = 0$

Geometrisch Brownsche Bewegung $N=5000$	Reale Renditen von 77 deutschen Aktien $N=1617$
--	--



## 5.2 Ergebnisse für einen Renditeerwartungswert von ungleich Null

Die Tabelle 5-2 und die Abbildung 5-2 zeigen die Ergebnisse für die Simulationen, bei denen die Tages-Limite wie in Abschnitt 4.3 anhand der allgemeinen Quadratwurzel-T-Formel bei einem Erwartungswert der täglichen Renditen von ungleich Null ( $\bar{\mu} \neq 0$ ) berechnet wurden.

Tabelle 5-2: Jahresergebnisse bei geometrisch Brownscher Bewegung und realen Aktienrenditen in TDM bei  $\mu_t \neq 0$

Simulation		MW	Stabw	Median	25%-Qu.	75%-Qu.	Max	Min
Geo. Brownsche Bewegung	SL	616	494	615	277	960	2.437	-1.151
	VL	594	504	600	242	949	2.436	-725
	DL	855	977	642	164	1.318	9.052	-725
Reale Renditen	SL	542	535	519	180	883	2.313	-1.346
	VL	516	542	494	135	871	2.313	-965
	DL	728	1.010	473	45	1.114	7.611	-965

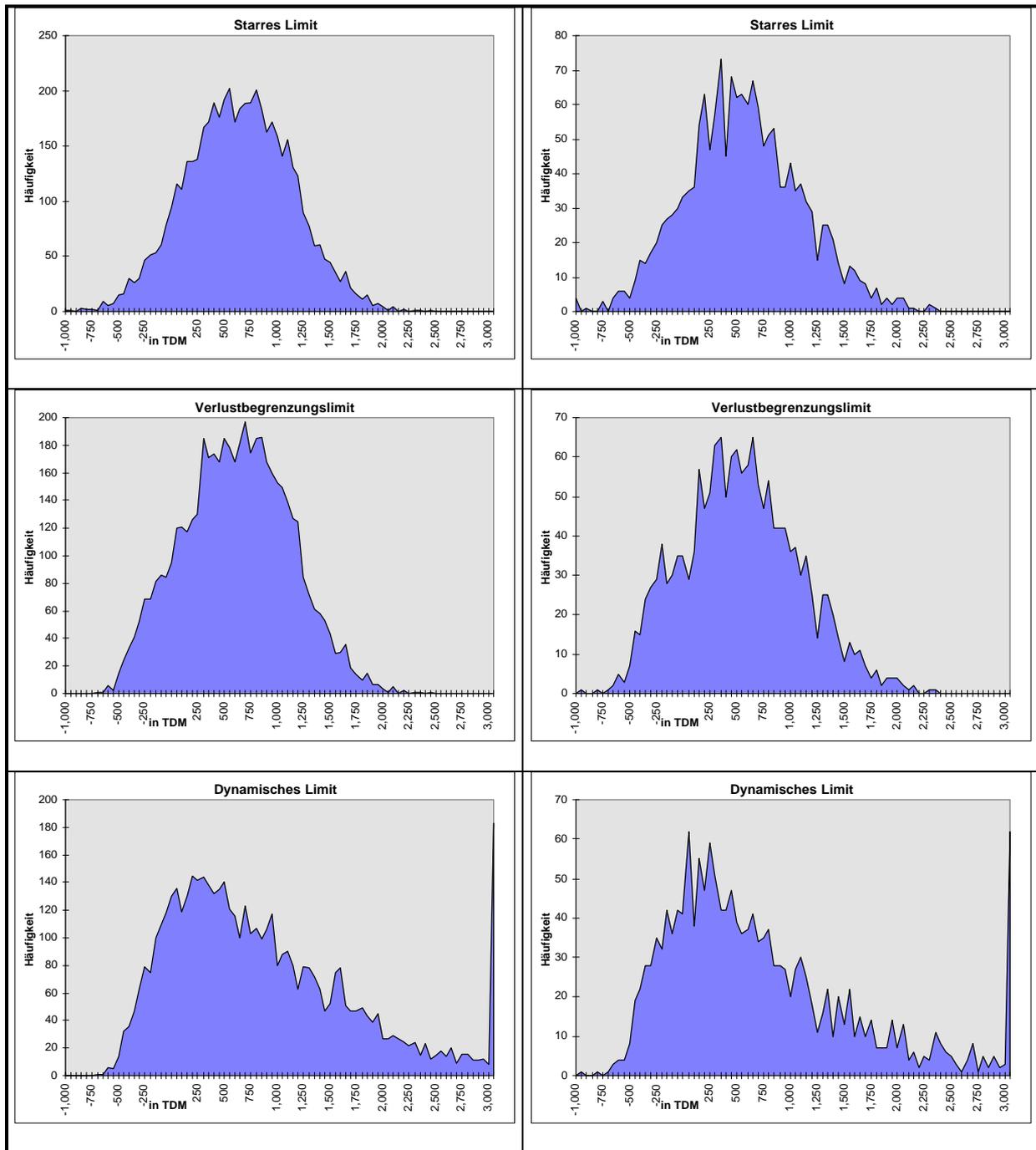
MW=Mittelwert der Jahresergebnisse, Stabw=Standardabweichung, Qu.=Quantil, Max=maximaler Gewinn, Min=größter Verlust, SL=starres Limit, VL=Verlustbegrenzungslimit, DL=dynamisches Limit

Die Ergebnisse gleichen in der Struktur den Ergebnissen bei der Berechnung der Tages-Limite mit der Annahme eines Erwartungswertes der täglichen Renditen von Null. Das starre Limit führt wieder zu leicht höheren durchschnittlichen Ergebnissen als das Verlustbegrenzungslimit, während das dynamische Limit deutlich höhere Ergebnisse produziert. Die durchschnittlichen Ergebnisse bei der Berechnung der Tages-Limite mit der allgemeinen Quadratwurzel-T-Regel sind aber durchweg größer (beim starren Limit und Verlustbegrenzungslimit etwa um 60 TDM und beim dynamischen Limit um etwa 110 TDM) als bei der vereinfachten Quadratwurzel-T-Regel. Allerdings steigt auch die Streuung (Standardabweichung) der Ergebnisse leicht an. Im Vergleich zu den vorherigen Ergebnissen lassen sich zwei Besonderheiten beobachten: 1. Die größten Verluste erhöhen sich (bei den realen Renditen stärker als bei der geometrisch Brownschen Bewegung) betragsmäßig und 2. Überschreitungen des Jahres-Limits treten nur beim starren Limit auf (und zwar bei den realen Renditen in 4 von 1617 und der geometrisch Brownschen Bewegung in 1 von 5000 Simulationsläufen). Die Häufigkeit der Jahres-Value-at-Risk-Limitüberschreitung ist somit in beiden Fällen geringer als 1 %.

Die Simulationsergebnisse bieten im übrigen ebenso wie die für den Fall  $\mu_i=0$  bei näherer Betrachtung keine Überraschung und lassen sich intuitiv erklären. Beispielsweise sollte das Verlustbegrenzungslimit zu etwas geringeren durchschnittlichen Jahresergebnissen führen als das starre Limit, da die maximale Position allenfalls so groß sein kann wie beim starren Limit und in der Tendenz geringer ist, da der Gewinn- und Verlustsaldo auch negativ sein kann.

Abbildung 5-2: Jahresergebnisse bei geometrisch Brownscher Bewegung und realen Aktienrenditen bei  $\mu_i \neq 0$

Geometrisch Brownsche Bewegung N=5000	Reale Renditen von 77 deutschen Aktien N=1617
--	--



Folglich müssen die erzielten Jahresergebnisse im Durchschnitt geringer sein. Dies verdeutlicht die Tabelle 5-3, die die durchschnittlichen Tages-Limite bei den drei Verfahren angibt. Dem Händler steht beim starren Limit ein geringfügig größeres Limit zur Verfügung, wodurch ein etwas größerer Handlungsspielraum entsteht. Durch das unbegrenzte Anrechnen der Gewinne ist das Tages-Limit beim dynamischen Limit weitaus am größten, wodurch hier die durchschnittlich höchsten Jahresergebnisse resultieren.

Tabelle 5-3: Durchschnittliches Tages-Limit in DM bei geometrisch Brownscher Bewegung und realen Renditen bei  $\mu, \neq 0$  und Jahres-Limit von 1 Mio. DM

	Geo. Brownsche Bewegung	Reale Renditen
SL	71.23	73.044
VL	69.219	69.768
DL	99.381	97.831

SL=starres Limit, VL=Verlustbegrenzungslimit, DL=dynamisches Limit

Die Festlegung der Limite anhand der allgemeinen Quadratwurzel-T-Formel, also bei Schätzung von  $\bar{\mu}$  und  $\bar{\sigma}$ , wird komplizierter, weil diese Werte erst geschätzt und bei starken Marktveränderungen gegebenenfalls revidiert werden müssen. Ob diese Schätzungen einen erheblichen Mehraufwand darstellen, hängt von den verfügbaren Kapazitäten des Risikocontrollings ab, beispielsweise in bezug auf Datenbasis, Mitarbeiter und Computerausstattung. Werden diese Parameter aus Gründen der Risikoberechnung ständig neu berechnet, dann sollte dieser Mehraufwand relativ gering sein, zumal beim Verlustbegrenzungslimit und dynamischen Limit zur Ermittlung der Tages-Limite der Gewinn- und Verlustsaldo sowieso täglich festgestellt werden muß.

Der Aufwand der Datenanpassung steigt aber, wenn wie in der Realität ein Händler viele Produkte und nicht nur, wie in der Simulationsrechnung unterstellt, eine einzige Aktie handelt. Die Ermittlung von  $\bar{\mu}$  und  $\bar{\sigma}$ , die dann wesentlich komplizierter ist, könnte auf Basis eines Indexes erfolgen, der den Markt des Händlers relativ gut beschreibt. Alternativ könnte man dem Händler mehrere Value-at-Risk-Limite zuweisen, wenn er beispielsweise in sehr unterschiedlichen Märkten tätig ist, für die kein einheitlicher Index existiert.

Die Vorteile eines auf Basis von  $\bar{\mu}$  und  $\bar{\sigma}$  berechneten Tages-Limits liegen nicht nur in den höheren durchschnittlichen Gewinnen, sondern auch in der Abgestimmtheit des Limits auf die spezifischen Gegebenheiten des Marktes, in denen der Händler tätig ist. Sind die Märkte beispielsweise hoch riskant (hohe Standardabweichung der täglichen Renditen), so vermindert sich automatisch das zur Verfügung stehende Tages-Limit. Umgekehrt verfügt ein Händler über ein hohes Limit, wenn  $\bar{\mu}$  groß und  $\bar{\sigma}$  gering ist. Ein solches handelsspezifisches Limit kann also aus Sicht des Risikocontrollings wesentliche Vorzüge bieten.

## 6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick

Die hier für den Aktienbereich erarbeiteten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

- Der Vergleich der Simulationsergebnisse bei der geometrisch Brownschen Bewegung mit denen bei realen Aktienrenditen zeigt, daß ein Jahres-Value-at-Risk-Limit mit der Quadratwurzel-T-Formel auf ein Tages-Value-at-Risk-Limit umgerechnet werden kann und trotz der Verletzung der Annahme der seriellen Unabhängigkeit bei den tatsächlichen Aktienrenditen keine erheblichen Ergebnisverzerrungen auftreten.
- Das starre Limit und das Verlustbegrenzungslimit führen unabhängig von der Berechnung der Tages-Limite zu etwa vergleichbaren Ergebnissen. Beim Verlustbegrenzungslimit sind die maximalen Verluste geringer als beim starren Limit, dafür sind aber auch die durchschnittlichen Jahresergebnisse kleiner. Das dynamische Limit unterscheidet sich deutlich von den beiden anderen Limitverfahren. Den größeren durchschnittlichen Jahresergebnissen steht eine höhere Verlustwahrscheinlichkeit gegenüber. Die Erweiterung des Handlungsspielraumes durch die unbeschränkte Verrechnung der Gewinne beim dynamischen Limit entfaltet für die Händler die größte Motivationswirkung. Die im Limitsystem enthaltenen positiven Anreizeffekte können die Bonivereinbarungen zwischen Bank und Händler sinnvoll ergänzen.<sup>39</sup>
- Die Berechnung der Tages-Limite über die allgemeine Quadratwurzel-T-Formel, also bei der Annahme eines Erwartungswertes der täglichen Renditen von ungleich Null ( $\mu_t \neq 0$ ), führt zu einem Mehraufwand, weil  $\bar{\mu}$  und  $\bar{\sigma}$  geschätzt werden müssen. Dieser Mehraufwand kann aber durch die durchschnittlich höheren Gewinne bei gleichzeitig größerer Streuung der Ergebnisse kompensiert werden. Zudem sind die Limite auf die spezifischen Charakteristika der Handelspositionen zugeschnitten.
- Die Ergebnisse basieren auf der Annahme, daß die Händler ihre Limite an jedem Handelstag voll ausschöpfen. Interpretiert man das Limit in seiner eigentlichen Form als maximale Positionsbegrenzung, die dem Händler einen Handlungsspielraum beläßt, dann sind die Ergebnisse nur als Tendenzaussagen zu verstehen. In der Tendenz wird

---

<sup>39</sup> Das dynamische Limit könnte aber in Widerspruch zur bankaufsichtlichen Risikobegrenzung stehen, wenn die Handelsgewinne nicht unmittelbar als Eigenkapital anerkannt werden. Nach der Kapitaladäquanrichtlinie können zwar Nettogewinne aus Handelsbuchaktivitäten zu den Eigenmitteln gezählt werden, allerdings soll diese Regelung nach dem Vorentwurf der Umsetzung der Richtlinie in deutsches Recht nicht übernommen werden. Vgl. Boos/Höfer (1995), S. 362, und Bundesaufsichtsamt für das Kreditwesen (1996), Anlage 12.

das dynamische Limit dem Händler den größten Handlungsspielraum eröffnen, die maximalen Verluste begrenzen, aber auch eine erhebliche Verlustwahrscheinlichkeit produzieren.

Die ökonomische Analyse und Interpretation der Value-at-Risk-Limitsteuerung befindet sich erst in ihrem Anfangsstadium. Offene Fragen betreffen die Art der Ziele, die mit einem Value-at-Risk-Limitsystem verfolgt werden können, und das Procedere, wie ein bankweites Limitsystem mit dem Eigenkapital abgestimmt werden kann. Die Frage, wie Gesamtlime unter Berücksichtigung des Risikozusammenhangs auf die Geschäftsbereiche oder innerhalb der Geschäftsbereiche optimal zu verteilen sind, verlangt nach tiefergehenden Analysen.

Um das hier vorgestellte Simulationsmodell der Realität weiter anzunähern, könnten die Kosten des Händlerarbeitsplatzes ebenso wie die Opportunitätskosten einer Alternativanlage berücksichtigt werden. So ließen sich beispielsweise die Ergebnisse einer Longposition, die anstatt der Handelsposition gehalten wird, erfassen. Zudem bietet es sich an, das Händlerverhalten über eine Nutzenfunktion zu modellieren und die Value-at-Risk-Berechnung zu variieren. Schließlich wäre ein Verfahren zu entwickeln, das die Bestimmung von Tages-Value-at-Risk-Limiten auch für Optionspositionen erlaubt, bei denen die Anwendung der Quadratwurzel-T-Formel wegen der nichtlinearen Auszahlungen generell nicht gestattet ist.

Auch mit solchen Verfeinerungen ist ein Value-at-Risk-Limitsystem allerdings im Rahmen der Steuerung natürlich nur dazu geeignet, die Einhaltung einer Nebenbedingung als Restriktion zu garantieren (wenn beispielsweise ein Eigenkapitalverlust in bestimmter Höhe ausgeschlossen werden soll). Eine Ertrags-Risiko-Positionierung mit dem Ziel einer Unternehmenswertmaximierung kann mit einem Limitsystem allenfalls unterstützt werden. Diese Unterstützung ermöglicht im Vergleich zu herkömmlichen Pauschal- oder Volumens-Limiten im Handelsbereich eine genauere Messung der Risiken und damit eine sachgerechtere Händlersteuerung.

## **Literatur:**

- Basler Ausschuß für Bankenaufsicht (1996): Änderung der Eigenkapitalvereinbarung zur Einbeziehung der Marktrisiken, Basel.
- Beder, T. S. (1995): Value-at-Risk: Seductive but Dangerous, in: Financial Analysts Journal, Vol. 51, No. 5, S. 12-24.
- Boos, K.-H. / Höfer, B. (1995): Die Kapitaladäquanzrichtlinie (II), in: Die Bank, Heft 6, S. 359-367.
- Bühler, W. / Korn, O. / Schmidt, A. (1997): Ermittlung von Eigenkapitalanforderungen mit "Internen Modellen", Working Paper 97-01, Universität Mannheim, Januar.
- Bürger, P. (1995): Risikocontrolling - Optimaler Einsatz von Handelslimiten im derivativen OTC-Geschäft, in: Rudolph, B. (Hrsg.): Derivative Finanzinstrumente, Stuttgart.
- Bundesaufsichtsamt für das Kreditwesen (1996): Neufassung des Grundsatzes I, Vorentwurf.
- Bundesaufsichtsamt für das Kreditwesen (1995): Verlautbarung über Mindestanforderungen an das Betreiben von Handelsgeschäften der Kreditinstitute, Berlin.
- Burghof, H.-P. / Rudolph, B. (1996): Bankenaufsicht. Theorie der Regulierung und Regulierungspraxis in der Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden.
- Elton, E. J. / Gruber, M. J. (1995): Modern Portfolio Theory and Investment Analysis, 5. Auflage, New York.
- Ewert, R. / Wagenhofer, A. (1995): Interne Unternehmensrechnung, 2. Auflage, Berlin.
- Geyer, A. (1995): Anlageentscheidungen bei Abhängigkeiten in Aktienrenditen, in: Finanzmarkt und Portfolio Management, 9. Jg., Nr. 4, S. 482-494.
- Grundy, B. D. / Wiener, Z. (1996): The Analysis of Value-at-Risk, Deltas and State Prices: A new Approach, The Wharton School of the University of Pennsylvania, Rodney L. White Center for Financial Research, 11-96.
- Hendricks, D. (1996): Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data, in: Federal Reserve Bank of New York Economic Policy Review, Vol. 2, No. 1, S. 39-69.
- Hill, J. M. (1990): Measuring and Interpreting Volatility, in: Fabozzi, F. J. / Fabozzi, T. D. (Hrsg.): Topics in Investment Management, New York.
- Hull, J. (1997): Options, Futures, and other Derivatives, Upper Saddle River.

- James, C. (1996): RAROC Based Capital Budgeting and Performance Evaluation: A Case Study of Bank Capital Allocation, The Wharton School University of Pennsylvania, Financial Institutions Center, 96-40.
- Johanning, L. (1996): Value-at-Risk-Modelle zur Ermittlung der bankaufsichtlichen Eigenkapitalunterlegung beim Marktrisiko im Handelsbereich, in: Zeitschrift für Bankrecht und Bankwirtschaft, 8. Jg., Nr. 4, S. 287-303.
- Jordan, J. V. / Mackay, R. J. (1995): Assessing Value at Risk for Equity Portfolios: Implementing Alternative Techniques, Center for Study of Futures and Options Markets, Pamplin College of Business, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- J.P. Morgan (1995): RiskMetrics - Technical Document, 3. Aufl., New York.
- J. P. Morgan (1996): RiskMetrics - Technical Document, 4. Aufl., New York.
- Krämer, W. / Runde, R. (1991): Testing for autocorrelation among common stock returns, in: Statistische Hefte, Vol. 32, No. 4, S. 311-320.
- Laux, H. / Liermann, F. (1993): Grundlagen der Organisation, Berlin u.a.
- Mahoney, J. M. (1995): Empirical-based versus Model-based Approaches to Value-at-Risk, Federal Reserve Bank of New York.
- Markowitz, H. M. (1959): Portfolio Selection, New Haven.
- Pritsker, M. (1995): Evaluating Value-at-Risk Methodologies: Accuracy versus Computational Time, Board of Governors of the Federal Reserve System. Mimeographed.
- Rudolph, B. (1993): Risikomanagement in Kreditinstituten, Betriebswirtschaftliche Konzepte und Lösungen, in: Zeitschrift für interne Revision, 28. Jg., S. 117-134.
- Scharpf, P. / Luz, G. (1996): Risikomanagement, Bilanzierung und Aufsicht von Finanzderivaten, Stuttgart.
- Taylor, S. J. (1986): Modelling Finance Time Series, Chichester, U.K.
- Wilson, T. (1992): RAROC Remodelled, in: Risk, Vol. 5, No. 8, S. 112-119.
- Witt, M. (1994): Der Eigenhandel von Universalbanken: Aufbauorganisation, Erfolgsausweis und Möglichkeiten der Steuerung, Wiesbaden.