

Das Instrumentarium des professionellen Risikomanagements: Instrumente von Value at Risk und Expected Shortfall bis zu Monte-Carlo-Simulation und Performance-Attribution

Roland Rupprechter¹

Abstract

Diese Arbeit systematisiert die quantitativen Instrumente zur Messung und Steuerung finanzieller Risiken, die den handelnden Personen des Vermögensmanagements zur Verfügung stehen — gleich, ob das Vermögen von Privatanlegern in einem Spezialfonds gebündelt, auf eine Stiftung übertragen oder von einem Family Office gesteuert wird. Ausgehend von den Verteilungsgrundlagen — Momente, Schiefe, Kurtosis, Quantile — entwickelt es die zentralen Risikomaße formelbasiert: den Value at Risk (VaR) als Verlustquantil in parametrischer Form samt Cornish-Fisher-Korrektur, den Expected Shortfall (Conditional Value at Risk) als kohärentes Erwartungswertmaß der Überschreitungsverluste (Artzner, Delbaen, Eber und Heath, 1999; Rockafellar und Uryasev, 2000), die zahlungsstromorientierten Größen Cash-Flow at Risk und Earnings at Risk, den Risikowert als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe sowie die Lower Partial Moments als zielrenditebezogene Downside-Maße (Bawa, 1975; Fishburn, 1977; Harlow, 1991).

Drei Verfahren der Risikoquantifizierung werden an einem durchgängigen Beispielportfolio von 10 Millionen Euro vorgeführt: die parametrische Rechnung, die historische Simulation mit Bootstrap-Konfidenzintervallen (Efron, 1979) und die stochastische Monte-Carlo-Simulation (Boyle, 1977). Ein eigenes Kapitel quantifiziert das Ausfallrisiko eines Zinsswaps über simulierte Exposure-Profile und die Kreditbewertungsanpassung (CVA); ein weiteres zerlegt aktive Renditen nach Brinson, Hood und Beebower (1986) und im faktorbasierten Barra-Rahmen (Rosenberg, 1974; Grinold und Kahn, 2000). Ein weiteres Kapitel vergleicht die drei Trägerkonstrukte — Spezialfonds, Stiftung und Family-Office-Mandat — nach

¹*R&B Wealth Management Research; Member Austrian Association for Financial Analysis and Asset Management

Nutzen, Kosten und Governance; die Gesamtvermögens-Perspektive verbindet die Instrumente über Zielrenditen, Entnahmepläne und die aufsichtlichen Referenzmaße von Basel (Expected Shortfall 97,5 Prozent) und Solvency II (VaR 99,5 Prozent) als Qualitätsmaßstab privater Mandate.

Der Befund: Die Maße sind Komplemente, nicht Konkurrenten — der VaR normiert die Kommunikation, der Expected Shortfall erfasst die Ränder, die Lower Partial Moments verankern die Anlegerziele, die Simulation trägt die Bewertung nichtlinearer Positionen, und die Attribution schließt den Kreislauf aus Risikonahme und Ergebniskontrolle. Das Papier versteht sich als didaktische Synthese für die private Vermögenspraxis, nicht als Anlageempfehlung.

Keywords: Value at Risk · Expected Shortfall · Lower Partial Moments · Schiefe und Kurtosis · Monte-Carlo-Simulation · Bootstrap · Kontrahentenrisiko · Performance-Attribution · Spezialfonds · Stiftung · Family Office.

JEL codes: G11, G17, G22, G23, G32.

Nicht-technische Zusammenfassung

Vermögende Privatpersonen, die ihre Anlage professionell organisieren — im eigenen Spezialfonds, über eine Stiftung oder mit einem Family Office —, müssen eine Frage jederzeit beantworten können: Wie viel kann verloren gehen, und mit welcher Wahrscheinlichkeit? Diese Arbeit stellt zunächst die drei Trägerkonstrukte mit ihren Vor- und Nachteilen vor und entwickelt dann den Instrumentarium, mit dem die Finanzmathematik diese Frage beantwortet — jedes Instrument an einem durchgerechneten Beispielportfolio von 10 Millionen Euro vorgeführt.²

Das bekannteste Instrument ist der Value at Risk: der Verlust, der mit einer gewählten Wahrscheinlichkeit — etwa 95 oder 99 Prozent — innerhalb eines Zeithorizonts nicht überschritten wird. Im Beispiel verliert das Portfolio in einem Jahr mit 95-prozentiger Sicherheit nicht mehr als rund 19 Millionen Euro. Der Value at Risk schweigt allerdings darüber, wie schlimm es in den restlichen fünf Prozent der Fälle wird — das beantwortet der Expected Shortfall, der Durchschnitt der Verluste jenseits der Schwelle: hier rund 23 Millionen Euro. Weil Finanzmarkttrenditen schiefer verteilt sind und schwerere Ränder haben als die Glockenkurve, zeigt die Arbeit auch, wie Schiefe und Kurtosis gemessen und in die Risikorechnung eingebaut werden.

Daneben stehen Instrumente für besondere Fragen: Cash-Flow at Risk und Earnings at Risk übertragen die Logik auf Zahlungsströme und Unternehmensergebnisse; die Lower Partial Moments messen nur die Abweichungen nach unten von einer selbst gewählten Zielrendite — näher an dem, was Anleger wirklich als Risiko empfinden; die Sensitivitätskennzahlen (Griechen) messen die Reaktion von Derivatepositionen auf Marktbewegungen. Für das Ausfallrisiko von Swap-Geschäften simuliert die Arbeit mit der Monte-Carlo-Methode tausende Zinspfade und berechnet daraus, was der mögliche Ausfall der Gegenpartei kostet. Und die Performance-Attribution zerlegt am Ende die erzielte Rendite in ihre Quellen: Was kam von der Aufteilung auf Anlageklassen, was von der Titelauswahl, was von Störfaktoren wie Value oder Momentum?

Auch das Privatvermögen hat eine zweite Seite: geplante Entnahmen der Familie, zugesagte Ausschüttungen einer Stiftung, Nachschusspflichten aus Krediten und Derivaten. Gesteuert wird deshalb nicht das Portfolio allein, sondern der Überschuss über diese Verpflichtungen — mit denselben Instrumenten, angewendet auf die Differenz beider Seiten. Als Qualitätsmaßstab dienen dabei die Regeln der beaufsichtigten Welt: Banken rechnen nach Basel mit dem Expected Shortfall, Versicherer nach Solvency II mit einem Value at Risk von 99,5 Prozent — Maßstäbe, an denen sich auch ein privates Mandat messen lassen kann.

² Keine der vorgestellten Kennzahlen misst Risiko vollständig; professionelles Risikomanagement beruht stets auf dem Zusammenspiel mehrerer Maße und auf dem Verständnis ihrer jeweiligen blinden Flecken.

Die wichtigste Botschaft der Arbeit ist eine Warnung vor der einzelnen Zahl: Jede Kennzahl hat blinde Flecken, und die großen Verluste der Finanzgeschichte trafen regelmäßig Häuser, die eine Kennzahl mit der Wirklichkeit verwechselten. Professionelles Risikomanagement heißt, mehrere Instrumente nebeneinander einzusetzen — und zu wissen, was jedes einzelne nicht sieht.

Inhalt

Nicht-technische Zusammenfassung	3
1 Einleitung	8
2 Drei Wege zur professionellen Vermögensverwaltung: Spezialfonds, Stiftung, Family Office.....	9
2.1 Der Spezialfonds: das maßgeschneiderte Sondervermögen	9
2.2 Die Stiftung: Vermögen mit Zweck und Ewigkeitsanspruch	10
2.3 Das Family-Office-Mandat: Steuerung statt Hülle.....	10
2.4 Die Wahl des Konstrukts — und warum sie das Risikomanagement nicht ersetzt	11
3 Verteilungsgrundlagen: Momente, Schiefe, Kurtosis und Quantile.....	12
3.1 Renditen als Zufallsgrößen und die ersten beiden Momente	12
3.2 Das dritte und vierte Moment: Schiefe und Kurtosis.....	13
3.3 Quantile, Quartile und Perzentile: die Sprache der Risikomaße.....	14
3.4 Stilisierte Fakten: wie sich Finanzmärkte wirklich verhalten.....	15
3.5 Daten und Konventionen: das Kleingedruckte der Risikorechnung	16
4 Value at Risk: das Verlustquantil als Industriestandard	16
4.1 Definition und Interpretation.....	16
4.2 Der parametrische VaR am Beispielportfolio	17
4.3 Schiefe und Kurtosis im VaR: die Cornish-Fisher-Korrektur	18
4.4 Backtesting: die Kennzahl unter Aufsicht	19
4.5 Grenzen und Missverständnisse.....	20
4.6 Vom Messen zum Steuern: Komponenten-VaR und Risikobudgets	20
5 Expected Shortfall: der Blick hinter die Schwelle	21
5.1 Vom Quantil zum Erwartungswert des Randes	21
5.2 Kohärenz: warum der Expected Shortfall das bessere Axiom erfüllt.....	21
5.3 Expected Shortfall in der Praxis: Schätzung und Rückschau.....	22
6 Verfahrensfamilien: parametrisch, historisch, Bootstrap, Monte Carlo	23
6.1 Historische Simulation.....	23
6.2 Bootstrap: die Präzision der Schätzung	24
6.3 Monte-Carlo-Simulation und der Verfahrensvergleich	24
6.4 Jenseits der Verteilungen: Stresstests und Szenarioanalyse.....	25
6.5 Zeitvariable Volatilität: EWMA und die GARCH-Familie	26
6.6 Extremwerttheorie: Statistik für die äußersten Ränder.....	26
6.7 Handwerksfragen der Simulation: Pfadzahl, Konvergenz, Varianzreduktion	27
7 Vom Marktwert zum Zahlungsstrom: CFaR, EaR und der Risikowert	28
7.1 Cash-Flow at Risk und Earnings at Risk.....	28
7.2 Der Risikowert: Wahrscheinlichkeit mal Schaden	29

7.3	Der Zahlungsstrom als Engpass: Liquiditätsrisiko.....	29
7.4	Vom Messen zum Handeln: CFaR als Grundlage von Sicherungsprogrammen.....	30
8	Lower Partial Moments: Risiko als Zielverfehlung	30
8.1	Vom Safety-First-Prinzip zur LPM-Familie.....	30
8.2	Rechenbeispiel und Einordnung	31
8.3	Lower Partial Moments in der Asset-Allokation	32
8.4	Quartile in der Praxis: der Peer-Vergleich und seine Tücken	33
9	Sensitivitätskennzahlen: die Griechen im Portfoliokontext.....	34
9.1	Delta, Gamma, Vega und die Taylor-Logik	34
9.2	Sensitivitäten jenseits der Derivate: Duration, Spread-Duration, Beta.....	34
9.3	Sensitivitäten in der Aussteuerung: die Overlay-Praxis	35
10	Ausfallrisiko in Swap-Geschäften: Exposure-Simulation und CVA.....	36
10.1	Warum Swaps ein besonderes Kreditrisiko tragen	36
10.2	Rechenbeispiel: Monte-Carlo-CVA eines Zinsswaps	36
10.3	Besicherung, Wrong-Way-Risk und die xVA-Familie	38
10.4	Vom Einzelgeschäft zum Portfolio: Netting und Kreditportfoliomodelle.....	38
10.5	Zentrale Gegenparteien aus Investorensicht	39
11	Performance-Attribution: Brinson-Zerlegung und Barra-Faktorrahmen.....	39
11.1	Die Brinson-Zerlegung: Allokation, Selektion, Interaktion	39
11.2	Der Barra-Rahmen: Attribution über Faktoren	40
11.3	Grenzen der Attribution: Zufall, Benchmark und Datenqualität	42
11.4	Attribution für Anleihenportfolios.....	42
11.5	Attribution und Anreize: die Vergütungsfrage	43
12	Die Gesamtvermögens-Perspektive: Entnahmen, Verpflichtungen und Aufsichtsmaßstäbe	43
12.1	Vom Portfolio zum Surplus: Duration-Gap und Immunisierung.....	43
12.2	Der regulatorische Anker: Basel und Solvency II	44
12.3	Das integrierte Risikoanalyse-Instrumentarium: eine Gebrauchsanleitung.....	45
12.4	Die organisatorische Verankerung: Limite, Komitees, Verteidigungslinien	46
12.5	Das Berichtswesen: vom Zahlenwerk zum Entscheidungsdokument	46
13	Ökonometrische Fallstudie: Sechs Dekaden S&P 500 — von der Old Economy zur KI-Ära.....	47
13.1	Forschungsfrage, Daten und Untersuchungsdesign	47
13.2	Ökonometrisches Instrumentarium und Interpretationsrahmen	48
13.3	Ergebnisse im Periodenvergleich	49
13.4	Befunde und Interpretation.....	49
13.5	Antwort auf die Forschungsfrage und Grenzen	51
14	Fazit und Ausblick.....	51
	Literaturverzeichnis	54

1 Einleitung

Risikomanagement ist die zweite Hälfte des Investierens. Während die Renditeseite der Kapitalanlage seit jeher im Rampenlicht steht, entscheidet die Risikoseite über das Überleben: Wo vermögende Privatanleger ihr Vermögen über einen Spezialfonds, eine Stiftung oder ein Family-Office-Mandat organisieren, müssen die handelnden Personen des Vermögensmanagements — die Spezialisten der Banken, Wertpapierunternehmen und Fondsgesellschaften — potenzielle Verluste quantifizieren, bevor sie eintreten, Risikopositionen steuern, bevor sie kippen, und Eintrittswahrscheinlichkeiten beziffern, bevor Anlageausschuss, Stiftungsvorstand oder Familienrat fragen. Die Finanzmathematik stellt dafür einen über viele Jahrzehnte gewachsenen Methodenrepertoire bereit — von den Momenten der Renditeverteilung über Quantilsmaße wie den Value at Risk bis zu stochastischen Simulationsverfahren und faktorbasierter Ergebniszerlegung —, dessen Bestandteile diese Arbeit systematisch entwickelt, durchrechnet und auf ihre Grenzen prüft.³

Die wissenschaftliche Entwicklung dieser Instrumente lässt sich entlang weniger Meilensteine erzählen. Markowitz (1952) machte die Varianz zum ersten operationalen Risikomaß und Roy (1952) formulierte zeitgleich das Safety-First-Prinzip, aus dem die Downside-Maße hervorgingen; Bawa (1975), Fishburn (1977) und Harlow (1991) verallgemeinerten sie zu den Lower Partial Moments. Mandelbrot (1963) und Fama (1965) zeigten früh, dass Finanzmarktrenditen schiefer und schwerer berandet sind als die Normalverteilung — Befunde, die Cont (2001) zu den stilisierten Fakten zusammenführte. Der Value at Risk wurde mit RiskMetrics (J.P. Morgan, 1996) zum Marktstandard und durch Jorion (2007) und Duffie und Pan (1997) wissenschaftlich eingeordnet; seine konzeptionellen Schwächen bewegten Artzner, Delbaen, Eber und Heath (1999) zur Axiomatik kohärenter Risikomaße, deren praktischer Vertreter — der Expected Shortfall — durch Rockafellar und Uryasev (2000) sowie Acerbi und Tasche (2002) operationalisiert wurde und heute den Marktrisikostandard von Basel bildet. Die Simulationsverfahren gehen auf Boyle (1977) für Monte Carlo und Efron (1979) für den Bootstrap zurück; die Attributionsrechnung auf Brinson, Hood und Beebower (1986) und die Faktorzerlegung auf Rosenberg (1974), dessen Arbeiten die Barra-Modelle begründeten.

Der Beitrag dieser Arbeit liegt in der integrierten, anwendungsorientierten Synthese dieses Instrumentariums für vermögende Privatanleger und ihre Trägerkonstrukte — Spezialfonds, Stiftung und Family Office: Alle Kennzahlen — Value at Risk, Expected Shortfall, Cash-Flow at Risk und Earnings at Risk, Risikowert, Sensitivitätsmaße, Lower Partial Moments, Schiefe und Kurtosis — werden an demselben Beispielpportfolio von 10

³ Alle Rechenbeispiele dieser Arbeit sind hypothetisch und dienen der Illustration der Methoden; sie stellen keine Anlage-, Rechts- oder Steuerberatung dar. Regulatorische Angaben geben den Stand von Mitte 2026 vereinfacht wieder.

Millionen Euro entwickelt und in ein Verhältnis gesetzt; die Verfahrensfamilien (parametrisch, historisch mit Bootstrap, Monte Carlo) werden am Ausfallrisiko eines Zinsswaps zusammengeführt, und die Brinson- und Barra-Attribution schließt den Regelkreis von der Risikonahme zur Ergebniskontrolle. Alle Beispiele sind hypothetisch und dienen der Illustration. Ergänzend leistet die Arbeit einen eigenständigen empirischen Beitrag: Die ökonometrische Fallstudie des Abschnitts 13 wendet den entwickelten Instrumentarium auf sechs Dekaden realer S&P-500-Daten an und prüft, ob New Economy und KI-Ära die Renditeeigenschaften des Marktes messbar verändert haben.

Die Arbeit ist wie folgt gegliedert. Abschnitt 1 (der vorliegende Abschnitt) führt in die Fragestellung ein und ordnet die Literatur. Abschnitt 2 vergleicht die drei Trägerkonstrukte des privaten Vermögens — Spezialfonds, Stiftung und Family-Office-Mandat — nach Nutzen, Kosten und Governance. Abschnitt 3 legt die Verteilungsgrundlagen: Momente, Schiefe, Kurtosis und den Quantilsbegriff. Abschnitt 4 entwickelt den Value at Risk in parametrischer Form samt Cornish-Fisher-Korrektur, Abschnitt 5 den Expected Shortfall als kohärente Ergänzung. Abschnitt 6 stellt die Verfahrensfamilien gegenüber — historische Simulation, Bootstrap und Monte Carlo — und Abschnitt 7 überträgt die Logik auf Zahlungsströme (Cash-Flow at Risk, Earnings at Risk) und den Risikowert. Abschnitt 8 behandelt die Lower Partial Moments, Abschnitt 9 die Sensitivitätskennzahlen. Abschnitt 10 quantifiziert das Ausfallrisiko von Zinsswaps über simulierte Exposure-Profile und die Kreditbewertungsanpassung, Abschnitt 11 zerlegt aktive Renditen nach Brinson und im Barra-Faktorrahmen. Abschnitt 12 verbindet die Instrumente zur Steuerung des Gesamtvermögens einschließlich Entnahmen, Verpflichtungen und aufsichtlicher Referenzmaße, Abschnitt 13 unterzieht die S&P-500-Monatsrenditen der Jahre 1966 bis 2025 einer eigenständigen ökonometrischen Fallstudie im Periodenvergleich, und Abschnitt 14 schließt mit einem Fazit und Ausblick.

2 Drei Wege zur professionellen Vermögensverwaltung: Spezialfonds, Stiftung, Family Office

2.1 Der Spezialfonds: das maßgeschneiderte Sondervermögen

Der Spezialfonds ist die institutionelle Antwort auf ein privates Bedürfnis: ein eigenes, rechtlich verselbständigtes Sondervermögen, dessen Anlagerichtlinien der Anleger selbst bestimmt. Eine Kapitalverwaltungsgesellschaft (KVG) administriert den Fonds, eine unabhängige Verwahrstelle kontrolliert die Bestände, und der Anleger — häufig als einziger Zeichner — erhält ein Vehikel, das wie ein Publikumsfonds beaufsichtigt, aber wie ein Einzelmandat gesteuert wird: eigene Anlagegrenzen, eigene Benchmark, eigenes Berichtswesen, ein Anlageausschuss mit eigener Stimme. Praktisch beginnt die Tragfähigkeit wegen der Fixkosten für Verwaltung, Verwahrung und Prüfung bei Volumina

ab etwa zehn bis fünfzig Millionen Euro; darunter leisten Publikumsfonds und Vermögensverwaltungsmandate denselben Dienst zu geringeren Kosten.⁴

Die Vorteile liegen in Kontrolle und Bündelung: Alle Anlagen einer Familie lassen sich in einem Mantel konsolidieren, Umschichtungen erfolgen innerhalb des Fonds ohne laufende steuerliche Realisierung auf Anlegerebene, das Reporting ist einheitlich, und institutionelle Konditionen (Anteilsklassen, Verhandlungsmacht gegenüber Managern) werden zugänglich. Die Nachteile sind das Spiegelbild: laufende Fixkosten unabhängig vom Erfolg, Gremien- und Abstimmungsaufwand mit KVG und Verwahrstelle, regulatorische Grenzen bei illiquiden Anlagen sowie eine gewisse Trägheit; ein Wechsel der Anlageform bedeutet den Wechsel eines Vertragskonstrukts, nicht eines Depots.

2.2 Die Stiftung: Vermögen mit Zweck und Ewigkeitsanspruch

Die Stiftung ist kein Verwaltungs-, sondern ein Eigentümerkonstrukt: Das Vermögen wird auf eine eigene juristische Person übertragen und damit dauerhaft vom Privatvermögen des Stifters und vom Familienzyklus getrennt. Der Stifter legt in der Satzung Zweck, Begünstigte und Governance fest — Vorstand, Beirat, Kontrollrechte der Familie —, und die Stiftung überdauert Erbfälle, Scheidungen und Gläubigerzugriffe auf die Person. Für die Kapitalanlage entsteht damit eine besondere Klarheit: Anlageziel ist typischerweise der reale Kapitalerhalt plus die satzungsmäßigen Ausschüttungen — eine präzise Zielrendite, an der sich, wie diese Arbeit zeigen wird, die gesamte Risikomessung ausrichten lässt.⁵

Die Vorteile sind Kontinuität und Schutz: geordnete Nachfolge über Generationen, Vermögensbindung an einen Zweck, professionelle Gremienstruktur, Schutz vor Zersplitterung. Die Nachteile verlangen Ehrlichkeit vor der Errichtung: Die Übertragung ist im Kern unumkehrbar — der Stifter gibt Eigentum endgültig ab —, es entstehen laufende Kosten und (je nach Ausgestaltung) staatliche Aufsicht, die Satzung bindet auch künftige Generationen an heutige Entscheidungen, und die Steuerfolgen sind vielschichtig. Eine Stiftung löst Nachfolge- und Schutzfragen — sie ist kein Renditeinstrument und kein Ersatz für Anlagedisziplin.

2.3 Das Family-Office-Mandat: Steuerung statt Hülle

Das Family Office ist — anders als Spezialfonds und Stiftung — keine Rechtshülle, sondern eine Dienstleistung: die zentrale Steuerungsinstanz über das Gesamtvermögen, gleich in

⁴ In Deutschland stehen Spezial-AIF professionellen und semiprofessionellen Anlegern offen; vermögende Privatpersonen erreichen den Status des semiprofessionellen Anlegers ab 200.000 Euro Zeichnungssumme mit Erfahrungs- und Sachkundeprüfung. Die steuerliche Behandlung ist stark vereinfacht dargestellt und gehört in fachliche Beratung.

⁵ Gemeint sind die deutsche (Familien-)Stiftung und die österreichische Privatstiftung; die steuerliche Behandlung — etwa Zwischensteuer in Österreich oder Erbschaftsteuer in Deutschland — ist komplex und hier bewusst ausgeklammert.

welchen Vehikeln, Depots und Ländern es liegt. Zum Kern gehören die konsolidierte Vermögensübersicht über alle Banken, die strategische Vermögensaufteilung, Auswahl und Überwachung der Verwalter, Konditionsverhandlungen sowie das Berichts- und Sitzungswesen der Familie; im weiteren Sinn kommen Nachfolge-Koordination und Familien-Governance hinzu. Vergütet wird typischerweise über Fixhonorare oder Basispunkte auf das betreute Vermögen — unabhängige Häuser ohne eigene Produkte vermeiden die Interessenkonflikte des provisionsgetriebenen Vertriebs.⁶

Der Vorteil ist die Gesamtsicht: Erst die konsolidierte Ebene macht Klumpenrisiken über Banken hinweg sichtbar, erst sie kann Risikobudgets vergeben und Verwalter an einheitlichen Maßstäben messen — das Family Office ist der natürliche Nutzer fast aller Kennzahlen dieser Arbeit. Die Nachteile: Die Leistung kostet dauerhaft Geld und lohnt erst ab hinreichender Vermögensgröße und -komplexität; die Qualität streut erheblich, und die Auswahl schafft ein eigenes Prinzipal-Agent-Problem ; eine Delegation der Kontrolle setzt die Fähigkeit voraus, den Kontrolleur zu kontrollieren. Genau dafür braucht der Vermögensinhaber die Sprache der folgenden Abschnitte.

2.4 Die Wahl des Konstrukts — und warum sie das Risikomanagement nicht ersetzt

Tabelle 1 stellt die drei Wege gegenüber. Die Wahl folgt dabei weniger der Rendite als der Frage, welches Problem gelöst werden soll: Der Spezialfonds bündelt und professionalisiert die Anlage, die Stiftung ordnet Eigentum und Nachfolge, das Family Office schafft Übersicht und Steuerung. Häufig ist die Antwort eine Kombination — die Stiftung als Eigentümerin, der Spezialfonds als Anlagemantel, das Family Office als Steuermann.⁷

⁶ Single Family Offices dienen einer Familie und rechnen sich erfahrungsgemäß erst ab dreistelligen Millionenvermögen; Multi Family Offices bündeln mehrere Familien und öffnen die Leistung ab deutlich kleineren Vermögen.

⁷ Die Konstrukte schließen einander nicht aus: In der Praxis hält häufig eine Stiftung Anteile eines Spezialfonds, und ein Family Office steuert beides.

Tabelle 1: Spezialfonds, Stiftung und Family-Office-Mandat im Vergleich

Merkmal	Spezialfonds	Stiftung	Family-Office-Mandat
Rechtsnatur	Sondervermögen mit KVG und Verwahrstelle	eigene juristische Person, Vermögensbindung	Dienstleistungsvertrag, keine Rechtshülle
Kernnutzen	maßgeschneiderte, gebündelte Kapitalanlage	Nachfolge, Schutz, Zweckbindung	Gesamtsicht, Steuerung, Verwalterauswahl
Typische Mindestgröße	ca. 10–50 Mio. €	ab niedrigem zweistelligem Millionenbetrag sinnvoll	MFO ab ca. 5–20 Mio. €, SFO deutlich darüber
Kostencharakter	Fixkosten KVG, Verwahrstelle, Prüfung	Errichtung, Gremien, laufende Verwaltung	Honorar/Basispunkte auf betreutes Vermögen
Governance	Anlageausschuss, Anlagerichtlinien	Satzung, Vorstand, Beirat	Mandatsvertrag, Berichtspflichten
Wichtigster Nachteil	Fixkosten und Gremienaufwand	Unumkehrbarkeit, Komplexität	Qualitätsstreuung, Delegationsrisiko

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Für diese Arbeit entscheidend ist, was alle drei Wege gemeinsam haben: Sie delegieren die Verwaltung, aber nicht die Verantwortung. Ob Anlageausschuss des Spezialfonds, Stiftungsvorstand oder Familienrat — am Ende sitzt der Vermögensinhaber vor einem Bericht und muss beurteilen, wie viel Risiko in seinem Vermögen steckt, ob es bezahlt wurde und ob der Verwalter hält, was das Mandat verspricht. Genau diese drei Fragen beantworten die Risikoanalyse-Instrumente der folgenden Abschnitte — die Verteilungsmaße, Simulationsverfahren und Attributionsrechnungen sind die gemeinsame Sprache, in der Spezialfonds, Stiftung und Family Office Rechenschaft ablegen.

3 Verteilungsgrundlagen: Momente, Schiefe, Kurtosis und Quantile

3.1 Renditen als Zufallsgrößen und die ersten beiden Momente

Jede quantitative Risikorechnung beginnt mit derselben Abstraktion: Die künftige Rendite eines Portfolios ist eine Zufallsgröße, und Risiko ist eine Eigenschaft ihrer Wahrscheinlichkeitsverteilung. Die ersten beiden Momente dieser Verteilung — Erwartungswert und Varianz beziehungsweise deren Wurzel, die Volatilität — bilden seit Markowitz (1952) das Fundament der Portfoliotheorie: Der Erwartungswert misst die Lage der Verteilung, die Volatilität ihre Breite. Für das durchgängige Beispielpportfolio dieser Arbeit — 10 Millionen Euro, zu 60 Prozent in Aktien (Volatilität 18 Prozent) und zu 40 Prozent in Anleihen (Volatilität 5 Prozent) mit einer Korrelation von 0,2 investiert — liefert die Portfoliotheorie eine Gesamtvolatilität von 11,37 Prozent pro Jahr; die Diversifikation drückt das Risiko unter das gewichtete Mittel der Einzelvolatilitäten von 12,8 Prozent.⁸

⁸ Alle Kennzahlen dieser Arbeit lassen sich wahlweise auf Renditen oder auf Verluste beziehen; die Verlustgröße L ist die negative Wertänderung des Portfolios über den Betrachtungshorizont.

Zwei Momente genügen allerdings nur, wenn die Verteilung durch sie vollständig beschrieben ist — wie bei der Normalverteilung. Genau das ist an Finanzmärkten nicht der Fall, und die Abweichungen sind keine Fußnote, sondern der Kern des Risikomanagements: Sie betreffen die Ränder der Verteilung, also genau jene seltenen, großen Verluste, um die es der Risikomessung geht.

3.2 Das dritte und vierte Moment: Schiefe und Kurtosis

Die Gleichungen (1) und (2) definieren die standardisierten höheren Momente:⁹

$$S = E[(r - \mu)^3] / \sigma^3 \quad (1)$$

Gleichung (1): Die Schiefe S misst die Asymmetrie der Verteilung. Negative Schiefe — der Regelfall bei Aktienrenditen mit typischen Werten zwischen $-0,3$ und $-0,8$ — bedeutet: Die großen Ausschläge liegen überwiegend auf der Verlustseite; kleine Gewinne sind häufig, große Einbrüche selten, aber heftig. Für den Risikomanager ist negative Schiefe ein Warnsignal, das die Volatilität allein nicht anzeigt.

$$K = E[(r - \mu)^4] / \sigma^4 - 3 \quad (2)$$

Gleichung (2): Die Exzess-Kurtosis K misst die Schwere der Ränder. Tägliche Aktienindexrenditen weisen Werte von 3 bis über 10 auf — extreme Bewegungen sind um ein Vielfaches wahrscheinlicher, als es die Normalverteilung zulässt (Mandelbrot, 1963; Fama, 1965; Cont, 2001). Abbildung 1 stellt eine schiefe, schwer berandete Verteilung der Normalverteilung gegenüber.

⁹ Angegeben wird üblicherweise die Exzess-Kurtosis, also die Wölbung abzüglich des Normalverteilungswerts von 3; positive Werte bedeuten schwerere Ränder als bei der Normalverteilung.

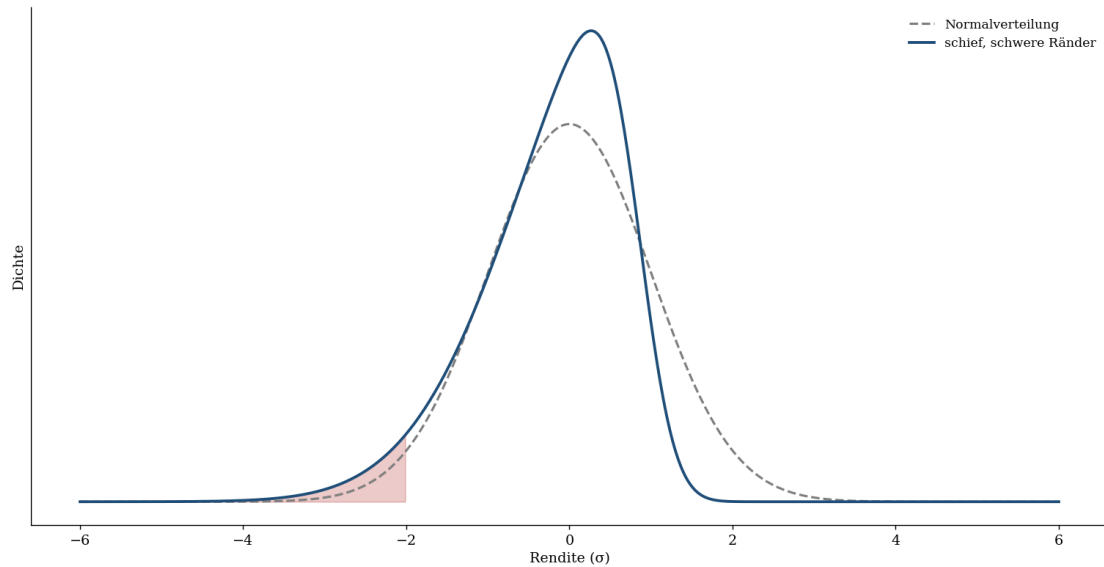


Abbildung 1: Normalverteilung und eine linksschiefe Verteilung mit schweren Rändern im Vergleich; die markierte Fläche zeigt die bei Finanzmarktrenditen erhöhte Wahrscheinlichkeit großer Verluste (schematisch).

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung.

Abbildung 1 zeigt, warum die höheren Momente für Vermögensinhaber keine akademische Feinheit sind: Zwei Portfolios mit identischer Volatilität können sich im Risiko großer Verluste um ein Mehrfaches unterscheiden, wenn Schiefe und Kurtosis auseinanderfallen — etwa weil eines der beiden systematisch Optionen verkauft oder Kreditrisiken hält, deren Renditeprofil viele kleine Prämien gegen seltene große Verluste tauscht. Die Abschnitte 4.3 und 8 zeigen zwei Wege, diese Information in die Risikorechnung zu holen: die Cornish-Fisher-Korrektur des Value at Risk und die Lower Partial Moments.

3.3 Quantile, Quartile und Perzentile: die Sprache der Risikomaße

Das dritte Fundament ist der Quantilsbegriff. Das p -Quantil einer Verteilung ist der Wert, den die Zufallsgröße mit Wahrscheinlichkeit p nicht überschreitet: Der Median ist das 50-Prozent-Quantil, die Quartile markieren 25, 50 und 75 Prozent, und die Perzentilränge des Fondsvergleichs ordnen jeden Manager in die Verteilung seiner Vergleichsgruppe ein — das erste Quartil versammelt das beste Viertel, das vierte das schwächste. Diese vertraute Statistik des Leistungsvergleichs ist zugleich die exakte Sprache der Risikomessung: Der Value at Risk des Abschnitts 4 ist nichts anderes als ein hohes Quantil der Verlustverteilung — das 95- oder 99-Prozent-Quantil —, und die Fähigkeit, Quartile zu lesen, ist die Fähigkeit, Value at Risk zu lesen. Tabelle 2 fasst die Begriffe zusammen.¹⁰

¹⁰ Quartile teilen die Verteilung in vier, Quintile in fünf, Dezile in zehn und Perzentile in hundert gleichwahrscheinliche Abschnitte; alle sind Spezialfälle des Quantilsbegriffs.

Tabelle 2: Verteilungskennzahlen im Überblick

Kennzahl	Definition	Aussage	Typischer Einsatz
Erwartungswert μ	erstes Moment	Lage der Verteilung	Renditeprognose, Planwert
Volatilität σ	Wurzel des zweiten zentralen Moments	Breite der Streuung	Portfoliotheorie, Sharpe-Ratio
Schiefe S	drittes standardisiertes Moment (Gleichung 1)	Asymmetrie: Verlust- vs. Gewinnausschläge	Warnsignal für Verkaufsprämienstrategien
Exzess-Kurtosis K	viertes standardisiertes Moment (Gleichung 2)	Schwere der Ränder	Extremrisiko, Stresstests
Quantil q_p	Wert, der mit Wahrscheinlichkeit p nicht überschritten wird	Schwellenwert der Verteilung	VaR, Perzentilränge
Quartile Q1–Q3	25-/50-/75-Prozent-Quantile	Vierteilung der Verteilung	Manager- und Fondsvergleich

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Basis der Daten von Cont (2001).

Mit diesen Grundlagen sind die Risikoanalyse-Instrumente geordnet: Die Abschnitte 4 bis 8 entwickeln Risikomaße, die jeweils eine andere Eigenschaft der Verlustverteilung herausgreifen — ihr Quantil (Value at Risk), den Erwartungswert ihres Randes (Expected Shortfall), ihre Übertragung auf Zahlungsströme (Cash-Flow at Risk) und ihre Abweichung von einem Anlegerziel (Lower Partial Moments). Keines dieser Maße enthält mehr Information als die Verteilung selbst; ihr Wert liegt in der Verdichtung — und ihr Risiko darin, die Verdichtung mit der Wirklichkeit zu verwechseln.

3.4 Stilisierte Fakten: wie sich Finanzmärkte wirklich verhalten

Drei empirische Regelmäßigkeiten prägen die Risikomessung über Schiefe und Kurtosis hinaus. Erstens die Volatilitätscluster: Ruhige und stürmische Phasen wechseln sich in Blöcken ab — auf einen großen Ausschlag folgt mit erhöhter Wahrscheinlichkeit der nächste. Für die Praxis bedeutet das: Risiko ist prognostizierbar, auch wo Renditen es nicht sind, und Modelle mit zeitvariabler Volatilität schlagen statische Fenster. Zweitens die Korrelationsasymmetrie: Korrelationen zwischen riskanten Anlagen steigen in Abschwüngen — die Diversifikation der Gleichung (4) ist am schwächsten, wenn sie am dringendsten gebraucht wird. Drittens die Aggregations-Normalität: Mit wachsendem Zeithorizont nähern sich Renditeverteilungen der Normalverteilung — Tagesdaten sind schwankungsanfälliger als Jahresdaten, weshalb Konfidenzniveau, Horizont und Datenfrequenz zusammen gewählt werden müssen.¹¹

Diese Fakten sind der Realitätsmaßstab für alles Folgende: Ein Risikomodell, das keine Cluster, keine Krisenkorrelationen und keine schweren Ränder kennt, ist nicht falsch kalibriert, sondern falsch spezifiziert. Die Verfahren des Abschnitts 6 unterscheiden sich

¹¹ Cont (2001) katalogisiert die stilisierten Fakten über Märkte und Anlageklassen hinweg; sie gelten als die empirischen Mindestanforderungen an jedes Risikomodell.

genau darin, wie viel dieser Wirklichkeit sie einfangen — und zu welchem Preis an Komplexität.

3.5 Daten und Konventionen: das Kleingedruckte der Risikorechnung

Bevor die erste Kennzahl gerechnet wird, fallen drei unscheinbare Entscheidungen, die jedes Ergebnis prägen. Die Renditedefinition: diskret oder stetig (logarithmiert) — Erstere addiert über Portfoliobestandteile, Letztere über die Zeit; Risikosysteme müssen wissen, welche sie mischen. Die Frequenz: Tages-, Wochen- oder Monatsdaten tragen verschieden viel Rauschen und verschieden schwere Ränder — die Kurtosis des Abschnitts 3.2 schrumpft mit der Aggregation. Und die Annualisierung: Die Wurzel-Zeit-Regel der Gleichung (5) gilt exakt nur ohne Autokorrelation; geglättete Bewertungen — Immobilien, Private Equity, wenig gehandelte Anleihen — zeigen künstlich niedrige Kurzfristvolatilität, deren Hochrechnung das Jahresrisiko drastisch unterschätzt.¹²

Der letzte Punkt verdient besondere Beachtung: Glättung ist die häufigste Quelle scheinbar überlegener risikoadjustierter Renditen illiquider Anlagen. Professionelle Häuser entglätten solche Zeitreihen, bevor sie in Allokations- oder Risikomodellen eingehen — sonst wandert die Illusion der Ruhe als Übergewicht illiquider Anlagen in das Portfolio und fordert sein Tribut in der ersten Liquiditätskrise des Abschnitts 7.3.

4 Value at Risk: das Verlustquantil als Industriestandard

4.1 Definition und Interpretation

Der Value at Risk ist das meistverwendete Risikomaß der Finanzwirtschaft, und seine Definition ist bewusst schlicht: Er ist der Verlust, der über einen festgelegten Zeitraum mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit — dem Konfidenzniveau c — nicht überschritten wird. Gleichung (3) fasst dies als Quantilsbedingung:¹³

$$P(L > VaR_c) = 1 - c \quad (3)$$

Gleichung (3): Der Verlust L übersteigt den VaR zum Konfidenzniveau c nur mit der Restwahrscheinlichkeit $1 - c$. Der VaR ist damit exakt das c -Quantil der Verlustverteilung aus Abschnitt 3.3: Ein 99-Prozent-VaR von 530.000 Euro besagt, dass an 99 von 100 vergleichbaren Zehntageperioden der Verlust darunter bleibt — und sagt nichts darüber, was in der hundertsten geschieht.

¹² Für kleine Renditen sind diskrete und stetige Rechnung praktisch identisch; bei großen Bewegungen und langen Horizonten werden die Unterschiede materiell.

¹³ Die Kombination aus Konfidenzniveau und Horizont ist Konvention: Banken rechnen intern häufig mit 99 Prozent und einem Tag bis zehn Tagen, Versicherer nach Solvency II mit 99,5 Prozent und einem Jahr, Asset Manager oft mit 95 Prozent.

Die Stärke des VaR liegt in seiner Kommunizierbarkeit: eine Zahl, in Geldeinheiten, mit klarer Wahrscheinlichkeitsaussage — verständlich für Vorstand, Aufsichtsrat und Aufsicht gleichermaßen. Mit RiskMetrics (J.P. Morgan, 1996) wurde er zum Marktstandard, und Jorion (2007) sowie Duffie und Pan (1997) haben ihn wissenschaftlich systematisiert. Seine Schwäche ist die Kehrseite derselben Schlichtheit: Er ist blind für alles jenseits der Schwelle — eine Lücke, die Abschnitt 5 schließt.

4.2 Der parametrische VaR am Beispielportfolio

Unter Normalverteilungsannahme lässt sich der VaR geschlossen berechnen. Gleichung (4) liefert die Portfoliovolatilität, Gleichung (5) den parametrischen VaR:¹⁴

$$\sigma_P = \sqrt{(w' \Sigma w)} = \sqrt{w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \rho \sigma_1 \sigma_2} \quad (4)$$

Gleichung (4): Die Portfoliovolatilität σ_P folgt aus Gewichten w , Einzelvolatilitäten σ und Korrelation ρ . Für das Beispielportfolio (60 Prozent Aktien mit 18 Prozent, 40 Prozent Anleihen mit 5 Prozent, $\rho = 0,2$) ergeben sich 11,37 Prozent pro Jahr — der Diversifikationseffekt gegenüber dem gewichteten Mittel beträgt fast anderthalb Prozentpunkte.

$$VaR_c = z_c \cdot \sigma_P \cdot \sqrt{t} \cdot V \quad (5)$$

Gleichung (5): Der parametrische VaR skaliert die Portfoliovolatilität mit dem Normalverteilungsquantil z_c (1,645 für 95 Prozent, 2,326 für 99 Prozent), der Wurzel des Zeithorizonts t und dem Portfoliowert V . Für die 10 Millionen Euro des Beispiels: über zehn Handelstage 529.000 Euro zum Niveau 99 Prozent, über ein Jahr 1,87 Millionen Euro zum Niveau 95 Prozent. Abbildung 2 zeigt beide Werte in der Verlustverteilung.

¹⁴ Die Wurzel-Zeit-Skalierung unterstellt unabhängige, identisch verteilte Renditen; bei Volatilitätsclustern unterschätzt sie das Risiko längerer Horizonte.

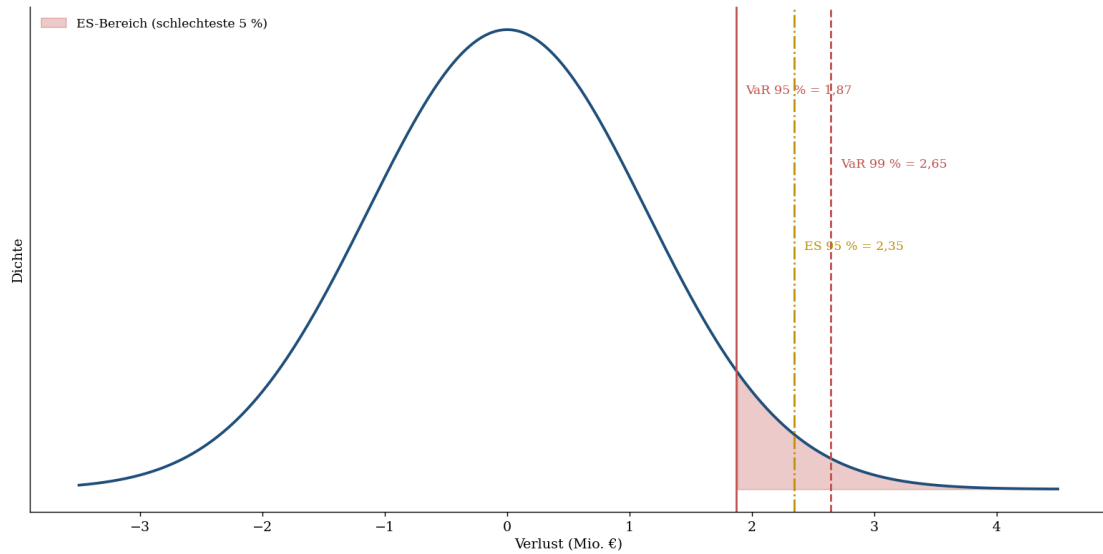


Abbildung 2: Verlustverteilung des Beispielportfolios über ein Jahr mit Value at Risk zu 95 und 99 Prozent und Expected Shortfall zu 95 Prozent; die markierte Fläche zeigt die schlechtesten fünf Prozent der Fälle, deren Durchschnitt der Expected Shortfall ist.
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung.

Abbildung 2 macht die Anatomie der Risikomessung sichtbar: Der VaR ist eine Schwelle in der Verteilung, kein Maximalverlust. Die Formulierung „maximaler Verlust unter normalen Marktbedingungen“ ist deshalb wörtlich zu nehmen — der VaR beschreibt die normalen Bedingungen und schweigt über die anormalen. Berkowitz und O'Brien (2002) zeigen an den Handelsbüchern großer US-Banken, dass interne VaR-Modelle im Alltag eher konservativ sind, in Stressphasen aber gehäuft und gebündelt überschritten werden — genau das Muster, das die höheren Momente des Abschnitts 3.2 erwarten lassen.

4.3 Schiefe und Kurtosis im VaR: die Cornish-Fisher-Korrektur

Die Normalverteilungsannahme der Gleichung (5) widerspricht den stilisierten Fakten des Abschnitts 3.2. Die Cornish-Fisher-Erweiterung behebt dies, ohne die geschlossene Form aufzugeben: Sie korrigiert das Quantil z_c um Schiefe- und Kurtosisterme nach Gleichung (6):¹⁵

$$z_{CF} = z + (z^2 - 1) \cdot S/6 + (z^3 - 3z) \cdot K/24 - (2z^3 - 5z) \cdot S^2/36 \quad (6)$$

Gleichung (6): Das korrigierte Quantil z_{CF} weitet den VaR bei negativer Schiefe S und positiver Exzess-Kurtosis K systematisch aus (Cornish und Fisher, 1938; Favre und Galeano, 2002). Im Beispiel: Mit $S = -0,6$ und $K = 3$ steigt das 99-Prozent-Quantil von 2,326 auf 2,451 — der Zehn-Tage-VaR wächst von 529.000 auf 557.000 Euro. Gut fünf

¹⁵ Die Näherung von Cornish und Fisher (1938) ist für moderate Schiefe und Kurtosis zuverlässig; bei extremen Werten empfiehlt sich der Wechsel zu Simulations- oder Extremwertverfahren (McNeil, Frey und Embrechts, 2015).

Prozent mehr Risikokapital, allein weil die Verteilung realistischer beschrieben wird: der Preis der schweren Ränder in einer einzigen Formel.

Tabelle 3: Value at Risk des Beispielfortfolios (10 Millionen Euro, Volatilität 11,37 Prozent pro Jahr)

Kennzahl	Niveau / Horizont	Wert	Methode
VaR	95 % / 1 Jahr	1,87 Mio. €	parametrisch, Gleichung (5)
VaR	99 % / 10 Tage	529.000 €	parametrisch, Gleichung (5)
VaR (Cornish-Fisher)	99 % / 10 Tage	557.000 €	Gleichung (6), $S = -0,6$, $K = 3$
Expected Shortfall	95 % / 1 Jahr	2,35 Mio. €	Gleichung (8)
Expected Shortfall	99 % / 10 Tage	606.000 €	Gleichung (8)
VaR (historisch)	99 % / 1 Tag	154.000 €	250 Handelstage, Abschnitt 6.1

Quelle: Eigene Berechnungen nach den Gleichungen (5), (6) und (8).

Tabelle 3 versammelt die Risikorechnung des Beispielfortfolios und zeigt bereits das Zusammenspiel der Maße, das die folgenden Abschnitte entwickeln. Zwei Hinweise sind für die Interpretation wesentlich. Erstens skalieren die Werte weder mit dem Konfidenzniveau noch mit dem Zeithorizont linear; ein Vergleich von Kennzahlen setzt daher die Kenntnis beider Konventionen voraus. Zweitens stellt die Differenz zwischen Value at Risk und Expected Shortfall ein Maß für das Gewicht der Verteilungsränder dar — und enthält damit ihrerseits risikorelevante Information.

4.4 Backtesting: die Kennzahl unter Aufsicht

Eine Risikokennzahl ist nur so gut wie ihre nachträgliche Überprüfung. Beim Backtesting wird gezählt, wie oft die tatsächlichen Verluste den prognostizierten VaR überschritten haben: Ein korrekt kalibrierter 99-Prozent-VaR sollte an rund zweieinhalb von 250 Handelstagen gerissen werden — signifikant mehr Ausnahmen verraten ein zu optimistisches Modell, signifikant weniger ein zu teures. Kupiec (1995) formalisierte den Test auf die richtige Trefferquote, Christoffersen (1998) ergänzte den Test auf Unabhängigkeit der Ausnahmen: Überschreitungen, die sich häufen, sind auch bei richtiger Gesamtzahl ein Warnzeichen, denn sie zeigen, dass das Modell Volatilitätsphasen verabsäumt. Die Bankenaufsicht hat diese Logik im Ampelansatz institutionalisiert und verbindet die Zahl der Ausnahmen direkt mit Kapitalzuschlägen.¹⁶

Für private Mandate jenseits der Bankbilanz ist das Backtesting ebenso verpflichtend — nicht regulatorisch, aber methodisch: Ein VaR ohne dokumentierte Trefferquote ist eine Behauptung, keine Kennzahl. Die Praxis prüft quartalsweise auf Niveau und Häufung und eskaliert Modellabweichungen an den Anlageausschuss — der kleine Regelkreis, der aus einer Rechengröße ein Steuerungsinstrument macht.

¹⁶ Der Basel-Ampelansatz zählt die Überschreitungen des 99-Prozent-VaR über 250 Handelstage: bis vier gilt das Modell als grün, ab zehn als rot mit Kapitalzuschlägen und Modellprüfung.

4.5 Grenzen und Missverständnisse

Drei Missverständnisse begleiten den VaR seit seiner Erfindung, und alle drei haben Häuser gekostet. Das erste ist semantisch: Der VaR ist kein maximaler Verlust, sondern eine Schwelle, die planmäßig überschritten wird — ein 99-Prozent-VaR wird in einem normalen Jahr zwei- bis dreimal gerissen, und über die Höhe der Überschreitung sagt er nichts. Das zweite ist statistisch: Der VaR ist eine Schätzung mit Schätzfehler, dessen Ausmaß der Bootstrap des Abschnitts 6.2 offenlegt; ohne Fehlerbalken suggeriert die Zahl eine Präzision, die sie nicht hat. Das dritte ist systemisch: Wenn viele Finanzhäuser mit denselben Modellen auf dieselben Signale reagieren, werden VaR-Limite prozyklisch — steigende Volatilität erzwingt überall zugleich Positionsabbau, der die Volatilität weiter treibt. Danielsson, Embrechts, Goodhart, Keating, Muennich, Renault und Shin (2001) haben diese Endogenität des Risikos früh gegen eine mechanische Modellregulierung eingewandt.¹⁷

Keines dieser Argumente entwertet die Kennzahl — sie entwerten ihren naiven Gebrauch. Der VaR bleibt das beste verfügbare Kommunikationsmaß für Marktrisiko; er braucht aber die Begleitung, die diese Arbeit entwickelt: den Expected Shortfall für die Ränder, das Backtesting für die Wahrhaftigkeit, den Bootstrap für die Präzision und den Stresstest des Abschnitts 6.4 für alles, was in keiner Stichprobe steht.

4.6 Vom Messen zum Steuern: Komponenten-VaR und Risikobudgets

Ein Gesamt-VaR beziffert das Risiko — gesteuert wird über seine Zerlegung. Der marginale VaR misst, um wie viel der Portfolio-VaR steigt, wenn eine Position geringfügig aufgestockt wird; der Komponenten-VaR gewichtet diese Grenzbeiträge mit den Positionsgrößen und zerlegt den Gesamt-VaR additiv auf Positionen, Mandate oder Risikofaktoren. Die Zerlegung ist regelmäßig lehrreicher als die Gesamtzahl: Im Beispielpportfolio entfallen auf die Aktienposition 60 Prozent des Kapitals, aber — infolge höherer Volatilität und Korrelationswirkung — über 90 Prozent des Risikobeitrags; in Risikoeinheiten betrachtet ist das vermeintlich ausgewogene Portfolio ein Aktienportfolio mit Anleihenbeimischung.¹⁸

Auf dieser Zerlegung ruht die Risikobudgetierung des privaten Gesamtvermögens: Der Anlageausschuss vergibt Risikobeiträge statt Kapitalquoten an Mandate und Strategien, und die Auslastung wird laufend gegen das Budget gemessen — Kapital folgt dem Risiko, nicht umgekehrt. Konsequenz zu Ende gedacht führt der Gedanke zur Gleichgewichtung der Risikobeiträge (Risk Parity) — für diese Arbeit genügt die Erkenntnis: Eine

¹⁷ Der Zusammenbruch von Long-Term Capital Management 1998 gilt als maßgeblicher Anschauungsfall: Die Modelle des Fonds bepreisten Szenarien als praktisch unmöglich, die binnen Wochen eintraten — Modellrisiko schlägt Marktrisiko.

¹⁸ Formal beruht die Zerlegung auf dem Satz von Euler für homogene Funktionen: Der Gesamt-VaR ist die Summe der positionsgewichteten marginalen VaR-Beiträge.

Betrachtung der Allokation allein nach Kapitalgewichten erfasst das Portfolio unvollständig.

5 Expected Shortfall: der Blick hinter die Schwelle

5.1 Vom Quantil zum Erwartungswert des Randes

Der VaR beantwortet, wie hoch der Verlust mit Wahrscheinlichkeit c höchstens ist — und schweigt darüber, wie hoch er wird, wenn die Schwelle fällt. Genau diese Frage beantwortet der Expected Shortfall: der bedingte Erwartungswert der Verluste in den schlechtesten $1 - c$ Fällen nach Gleichung (7):¹⁹

$$ES_c = E[L \mid L > VaR_c] \quad (7)$$

Gleichung (7): Der Expected Shortfall ES_c ist der Durchschnitt der Verluste, die den VaR überschreiten — im Bild der Abbildung 2 der Schwerpunkt der markierten Randfläche. Er beantwortet die Anschlussfrage des Vorstands auf jede VaR-Meldung: Und für den Fall darüber hinausgehender Verluste deren mittlere Höhe.

$$ES_c = \sigma_P \cdot \sqrt{t} \cdot V \cdot \varphi(z_c) / (1 - c) \quad (8)$$

Gleichung (8): Unter Normalverteilung besitzt auch der Expected Shortfall eine geschlossene Form; φ bezeichnet die Dichte der Standardnormalverteilung. Für das Beispielportfolio: 2,35 Millionen Euro zum Niveau 95 Prozent über ein Jahr — das 1,25-Fache des zugehörigen VaR — und 606.000 Euro zu 99 Prozent über zehn Tage. Je schwerer die Ränder, desto weiter öffnet sich diese Schere: Das Verhältnis von ES zu VaR ist ein eingebauter Randindikator.

5.2 Kohärenz: warum der Expected Shortfall das bessere Axiom erfüllt

Der tiefere Grund für den Bedeutungsgewinn des Expected Shortfall ist konzeptionell. Artzner, Delbaen, Eber und Heath (1999) fragten axiomatisch, welche Eigenschaften ein vernünftiges Risikomaß haben muss, und identifizierten als kritische die Subadditivität: Das Risiko eines Gesamtportfolios darf die Summe der Einzelrisiken nicht übersteigen — Diversifikation darf rechnerisch nie bestraft werden. Der VaR verletzt genau dieses Axiom in relevanten Fällen: Bei stark asymmetrischen Positionen — etwa Portfolios weniger ausfallgefährdeter Anleihen oder verkaufter Optionen — kann der VaR zweier zusammengelegter Bücher über der Summe der Einzel-VaR liegen und damit falsche

¹⁹ Gebräuchliche Synonyme sind Conditional Value at Risk (CVaR), Average Value at Risk und Tail Loss; gemeint ist stets der Erwartungswert der Verluste jenseits des VaR.

Anreize gegen die Streuung setzen. Der Expected Shortfall ist dagegen beweisbar kohärent (Acerbi und Tasche, 2002) und zudem für die Portfoliooptimierung gutmütig: Rockafellar und Uryasev (2000) zeigen, dass sich CVaR-Minimierung als lineares Programm lösen lässt — Risikosteuerung und Optimierung sprechen dieselbe Sprache.²⁰

Die Aufsicht hat die Konsequenz gezogen: Mit der grundlegenden Überarbeitung der Handelsbuchregeln (FRTB) ersetzte der Baseler Ausschuss den 99-Prozent-VaR durch den Expected Shortfall zum Niveau 97,5 Prozent als Standardmaß des Marktrisikos (Basel Committee on Banking Supervision, 2019). Für private Mandate ist die Botschaft praktisch: Aktuelle Risikoberichte sollten beide Größen ausweisen — den VaR für Vergleichbarkeit und Kommunikation, den Expected Shortfall für die Ränder und die Steuerung.

5.3 Expected Shortfall in der Praxis: Schätzung und Rückschau

Der Fortschritt des Expected Shortfall hat einen Preis, den die Praxis kennen muss: Er ist schwerer zu schätzen und schwerer zu prüfen als der VaR. Schwerer zu schätzen, weil er den Durchschnitt der seltensten Beobachtungen bildet — in einem Fenster von 250 Tagen stützt sich der 97,5-Prozent-ES auf gut sechs Werte, und jede einzelne Extrembeobachtung bewegt die Kennzahl spürbar; die Konfidenzintervalle des Bootstrap fallen entsprechend breiter aus als beim VaR. Schwerer zu prüfen, weil dem ES die Eigenschaft der Elicitability fehlt (Gneiting, 2011): Es gibt keinen so einfachen Trefferzähler wie beim VaR-Backtesting des Abschnitts 4.4 — die gebräuchlichen Verfahren prüfen Quantil und Randdurchschnitt gemeinsam.²¹

Für den Berichtsalltag ergibt sich daraus eine bewährte Arbeitsteilung: Der VaR bleibt die Limit- und Backtesting-Größe, der Expected Shortfall die Steuerungs- und Kapitalgröße — so hält es auch die Bankenregulierung, die den ES zur Kapitalbemessung nutzt, das Backtesting aber weiter am VaR-Quantil aufhängt. Die gleichzeitige Ausweisung beider Größen einschließlich ihrer Schätzunsicherheit verbindet die Stärken beider Maße, ohne deren jeweilige Schwächen zu verdecken.

²⁰ Ein Risikomaß heißt kohärent, wenn es Monotonie, Translationsinvarianz, positive Homogenität und Subadditivität erfüllt (Artzner, Delbaen, Eber und Heath, 1999); der VaR verletzt im Allgemeinen die Subadditivität.

²¹ Gneiting (2011) zeigte, dass der Expected Shortfall nicht elicitable ist, also keine eigene punktweise Prognoseprüfung erlaubt; praktikable Backtests prüfen ihn deshalb gemeinsam mit dem zugrunde liegenden VaR-Quantil.

6 Verfahrensfamilien: parametrisch, historisch, Bootstrap, Monte Carlo

6.1 Historische Simulation

Die historische Simulation ist das verbreitetste nichtparametrische Verfahren und besteht durch seine Offenheit: Sie unterstellt keine Verteilung, sondern bewertet das heutige Portfolio mit den tatsächlichen Marktbewegungen der Vergangenheit. Aus 250 Handelstagen entstehen 250 hypothetische Tagesergebnisse; deren empirisches 99-Prozent-Quantil — praktisch der zweit- bis drittschlechteste Tag — ist der historische VaR. Für das Beispielportfolio liefert ein simuliertes Handelsjahr mit realistisch schweren Rändern einen Ein-Tages-VaR von 154.000 Euro gegenüber 167.000 Euro aus der Normalverteilungsrechnung; die schlechtesten Tage des Fensters (178.000, 159.000 und 157.000 Euro) zeigen zugleich, wie dünn die Datenbasis am Rand wird — das 99-Prozent-Quantil hängt an einer Handvoll Beobachtungen. Abbildung 3 zeigt die Verlustverteilung des Fensters.²²

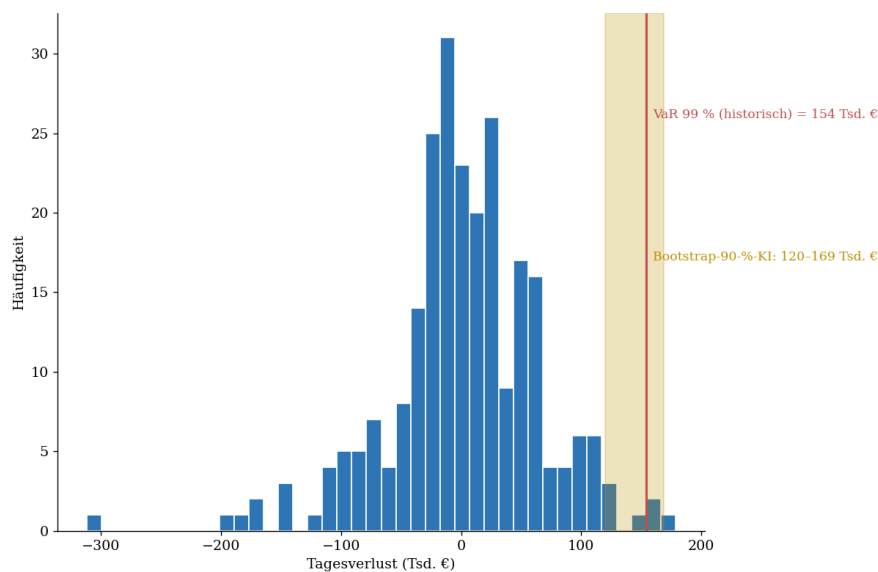


Abbildung 3: Historische Simulation: Verteilung von 250 hypothetischen Tagesverlusten des Beispielportfolios mit historischem 99-Prozent-VaR und Bootstrap-Konfidenzintervall.
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung.

Die Stärken des Verfahrens sind seine Modellfreiheit — Schiefe, Kurtosis und Korrelationsbrüche der Stichprobe gehen automatisch ein — und seine Erklärbarkeit: Jeder

²² Die Wahl des Beobachtungsfensters ist die zentrale Stellgröße: Kurze Fenster reagieren schnell, lange glätten; die Praxis rechnet häufig mit 250 bis 500 Handelstagen und ergänzt ein gestresstes Fenster aus einer Krisenperiode.

VaR-Wert lässt sich auf konkrete historische Tage zurückführen. Seine Schwäche ist der Rückspiegel: Was in der Vergangenheit nicht vorgekommen ist, existiert für das Modell nicht, und nach ruhigen Jahren ist der historische VaR systematisch zu niedrig — das prozyklische Grundproblem jeder datengetriebenen Risikomessung.

6.2 Bootstrap: die Präzision der Schätzung

Wie verlässlich ist ein VaR, der am Rand einer Stichprobe von 250 Tagen geschätzt wird? Der Bootstrap beantwortet diese Frage mit einem einfachen Kunstgriff: Aus den beobachteten Renditen werden per Zufallsziehung mit Zurücklegen tausende künstliche Stichproben gleicher Länge erzeugt, und in jeder wird die Kennzahl neu berechnet — die Streuung dieser Resampling-Ergebnisse schätzt die Unsicherheit der ursprünglichen Schätzung (Efron, 1979). Für den historischen VaR des Beispielfortfolios ergibt sich aus 2.000 Bootstrap-Stichproben ein 90-Prozent-Konfidenzintervall von 120.000 bis 169.000 Euro — die scheinbar präzise Punktzahl 154.000 trägt eine Bandbreite von fast einem Drittel ihres Wertes.²³

Diese Offenheit ist der eigentliche Nutzen des Bootstrap im Risikomanagement: Er macht die Schätzunsicherheit der Risikozahlen selbst sichtbar und verhindert die gefährlichste Illusion des Berichtswesens — die Verwechslung von Nachkommastellen mit Genauigkeit. Professionelle Risikoberichte geben Quantilsschätzungen deshalb zunehmend mit Konfidenzintervallen an, und das Backtesting des Abschnitts 4.4 prüft nach, ob die Bandbreiten halten.

6.3 Monte-Carlo-Simulation und der Verfahrensvergleich

Die Monte-Carlo-Simulation dreht die historische Logik um: Statt die Vergangenheit zu wiederholen, spezifiziert sie ein stochastisches Modell der Risikofaktoren — etwa geometrische Brownsche Bewegungen für Aktien und Mean-Reversion-Prozesse für Zinsen — und erzeugt daraus zehntausende künftige Pfade, auf denen das Portfolio neu bewertet wird. Aus der so erzeugten Verlustverteilung lassen sich VaR, Expected Shortfall und jede andere Kennzahl ablesen. Ihre Stärken sind Flexibilität und Zukunftsbezug: Sie bewertet nichtlineare Positionen (Optionen, Strukturen) korrekt, kann Szenarien enthalten, die die Historie nicht kennt, und ist das einzige Verfahren, das pfadabhängige Größen wie die Exposure-Profile des Abschnitts 10 liefert. Ihr Preis sind Modellrisiko — die Ergebnisse sind nur so gut wie die angenommenen Prozesse und Korrelationen — und Rechenaufwand. Tabelle 4 stellt die Verfahrensfamilien gegenüber.²⁴

²³ Das Verfahren geht auf Efron (1979) zurück; für Zeitreihen mit Volatilitätsclustern wird der Block-Bootstrap verwendet, der zusammenhängende Abschnitte statt einzelner Tage zieht.

²⁴ Der Name der Methode stammt aus dem Manhattan-Projekt; in die Finanzwirtschaft eingeführt hat sie Boyle (1977) zur Bewertung von Optionen, den Überblick über Verfahren und Varianzreduktion gibt Glasserman (2004).

Tabelle 4: Verfahren der Risikoquantifizierung im Vergleich

Kriterium	Parametrisch	Historische Simulation	Bootstrap	Monte Carlo
Verteilungsannahme	explizit (meist normal)	keine (empirisch)	keine (Resampling)	explizit (Prozesse)
Schwere Ränder	nur über Korrekturen (Gleichung 6)	aus den Daten	aus den Daten	modellierbar
Nichtlineare Positionen	nur genähert	voll	voll	voll
Zukunftsszenarien	über Parameter	nein	eingeschränkt	ja
Schätzunsicherheit	analytisch	hoch am Rand	wird selbst gemessen	Simulationsfehler steuerbar
Aufwand	minimal	gering	mittel	hoch
Typischer Einsatz	lineare Portfolios, Limite	Handelsbücher, Meldewesen	Konfidenzintervalle	Derivate, Exposure-Profile, Gesamtvermögen

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Basis der Daten von Jorion (2007) und Glasserman (2004).

Tabelle 4 macht deutlich, dass die Verfahren keine Konkurrenten, sondern Instrumente für verschiedene Zwecke sind: Der parametrische Ansatz eignet sich für Limitsysteme und näherungsweise Schätzungen, die historische Simulation für das tägliche Risikoreporting, das Bootstrap-Verfahren für die Quantifizierung der Schätzunsicherheit und die Monte-Carlo-Simulation für die Bewertung nichtlinearer oder pfadabhängiger Positionen. Große Finanzinstitute setzen daher alle vier Verfahren parallel ein — und interpretieren Divergenzen zwischen den Methoden nicht als Störfaktor, sondern als Informationsquelle über das Modellrisiko.

6.4 Jenseits der Verteilungen: Stresstests und Szenarioanalyse

Alle bisher entwickelten Kennzahlen teilen eine stille Annahme: Die Zukunft ist eine Ziehung aus einer schätzbaren Verteilung. Stresstests geben diese Annahme bewusst auf und fragen deterministisch: Was kostet ein bestimmtes Szenario — der Oktober 1987, der Herbst 2008, der Zinsschock von 2022, eine hypothetische Kombination aus Aktieneinbruch, Spreadausweitung und Währungsverwerfung? Die Antwort ist keine Wahrscheinlichkeits-, sondern eine Wirkungsaussage — und gerade hierin liegt ihr analytischer Wert: Sie behält ihre Aussagekraft auch dort, wo verteilungsbasierte Verfahren an ihre Grenzen stoßen, namentlich bei strukturellen Brüchen, neu eingeführten Instrumenten und dem Zusammenbruch historischer Korrelationsmuster. Aufsichtsrechtlich sind Stresstests fest verankert; methodisch bilden sie das notwendige Korrektiv zum impliziten Vertrauen der Quantilsmaße in die statistische Fortschreibbarkeit der Vergangenheit.²⁵

²⁵ Der Reverse Stress Test dreht die Frage um: Statt die Wirkung eines Szenarios zu berechnen, sucht er das Szenario, das die Institution existenziell träfe — und prüft, wie plausibel es ist.

Gute Stressprogramme kombinieren drei Klassen: historische Szenarien (echte Krisen, auf das heutige Portfolio angewendet — die Königsdisziplin der historischen Simulation), hypothetische Szenarien (vom Risikokomitee entworfene Kombinationen, die die Historie nicht kennt) und Sensitivitätsschocks (Einzelfaktorbewegungen wie plus 200 Basispunkte Zins — die Brücke zu den Griechen des Abschnitts 9). Die methodische Herausforderung liegt in der Szenarioauswahl: Ein Stresstest, der ausschließlich moderate Szenarien berücksichtigt, erfüllt eine beschwichtigende, keine erkenntnisleitende Funktion. Zu einem vollständigen Programm gehört daher der Reverse Stress Test — die systematische Identifikation desjenigen Szenarios, das die Tragfähigkeit des eigenen Vermögens übersteigt.

6.5 Zeitvariable Volatilität: EWMA und die GARCH-Familie

Die in Abschnitt 3.4 dokumentierten Volatilitätscluster erfordern Modelle, die das Risiko als zeitvariable Größe abbilden. Den einfachsten Ansatz bildet die exponentiell gewichtete Glättung (EWMA): Jüngere Beobachtungen erhalten das höchste Gewicht, während ältere geometrisch abklingen. Die Volatilitätsschätzung passt sich dadurch binnen weniger Tage an einen Regimewechsel an, wofür ein gleichgewichtetes 250-Tage-Fenster mehrere Monate benötigt. Die GARCH-Familie (Engle, 1982; Bollerslev, 1986) formalisiert dieselbe Idee als Prozess mit Rückkehr zum langfristigen Niveau und liefert zusätzlich Mehrtagesprognosen, die die naive Wurzel-Zeit-Regel ersetzen. Für die VaR-Praxis ist der Effekt erheblich: Dieselbe historische Stichprobe liefert mit zeitvariabler Volatilität ein Risikomaß, das Krisen früher anzeigt und ruhige Phasen nicht mit Krisenkapital belastet.²⁶

Der Preis ist die Prozyklik des Abschnitts 4.5 in verschärfter Form: Je reaktiver das Modell, desto stärker schwanken Limite und Kapitalanforderungen mit dem Markt. Die Regulierung begegnet dem mit gestressten Kalibrierungen — der Expected Shortfall der Handelsbuchregeln wird über eine historische Stressperiode gerechnet, nicht über das freundliche jüngste Fenster —, und gut geführte Finanzhäuser kombinieren reaktive Steuerungs- mit stabilen Kapitalgrößen.

6.6 Extremwerttheorie: Statistik für die äußersten Ränder

Für Konfidenzniveaus jenseits von 99 Prozent — die Welt der Solvenzrechnung mit 99,5 Prozent — wird jede empirische Stichprobe dünn: Das gesuchte Quantil liegt außerhalb der Beobachtungen. Die Extremwerttheorie schließt diese Lücke mit einem bemerkenswerten Resultat: Die Verteilung der Überschreitungen einer hohen Schwelle konvergiert — nahezu unabhängig von der Ausgangsverteilung — gegen eine bekannte parametrische Familie, deren Formparameter die Schwere des Randes misst. Damit lassen

²⁶ RiskMetrics (J.P. Morgan, 1996) verwendet die exponentielle Glättung mit einem Gedächtnisfaktor von 0,94 für Tagesdaten; die GARCH-Familie geht auf Engle (1982) und Bollerslev (1986) zurück.

sich die äußersten Quantile aus den mittleren Randbeobachtungen extrapolieren, statt sie aus zwei oder drei Extremtagen zu raten (McNeil, Frey und Embrechts, 2015).²⁷

Im Risikoanalyse-Instrumentarium dieser Arbeit ist die Extremwerttheorie das Spezialverfahren für Solvenzniveaus, Rückversicherungs- und Katastrophenfragen — dort überlegen, wo die Verfahren des Abschnitts 6 an ihre Datengrenzen stoßen, und überdimensioniert für das tägliche Meldewesen. Ihre wichtigste Alltagslektion ist qualitativ: Der Formparameter realer Finanzreihen liegt regelmäßig im Bereich schwerer Ränder — die Bestätigung der stilisierten Fakten mit den Mitteln der mathematischen Statistik.

6.7 Handwerksfragen der Simulation: Pfadzahl, Konvergenz, Varianzreduktion

Monte-Carlo-Ergebnisse tragen einen Simulationsfehler, der mit der Wurzel der Pfadzahl fällt: Für eine zusätzliche Dezimalstelle Genauigkeit braucht es die hundertfache Rechenarbeit. Für Erwartungswerte wie das Exposure-Profil des Abschnitts 10 genügen zehntausend Pfade meist komfortabel; für hohe Quantile — den 99,5-Prozent-Rand der Solvenzrechnung — entscheidet nur ein kleiner Bruchteil der Pfade, und die naive Simulation verschwendet fast ihre gesamte Arbeit an der irrelevanten Mitte der Verteilung. Die Varianzreduktionstechniken der Simulationsliteratur (Glasserman, 2004) setzen genau hier an, allen voran das Importance Sampling, das die Ziehungsdichte in den Rand verschiebt und die Ergebnisse anschließend zurückgewichtet.²⁸

Für die Anwendung sind zwei methodische Grundsätze maßgeblich. Erstens ist der Simulationsfehler integraler Bestandteil des Ergebnisses: Eine simulierte Kennzahl ohne zugehörigen Standardfehler stellt keine abgeschlossene Berechnung dar; die Konvergenz ist zu prüfen, indem die Anzahl der Simulationspfade verdoppelt und die Stabilität der Zielgröße kontrolliert wird. Zweitens gebührt der Reproduzierbarkeit Vorrang vor der Eleganz: Erst festgelegte Zufallssaaten und dokumentierte Modellstände machen eine Simulation zu einem prüffähigen Verfahren; ohne sie bleibt jedes Ergebnis ein nicht replizierbares Unikat.

²⁷ Der Peaks-over-Threshold-Ansatz modelliert alle Überschreitungen einer hohen Schwelle mit der verallgemeinerten Pareto-Verteilung; die Standardreferenz für die Finanzanwendung ist McNeil, Frey und Embrechts (2015).

²⁸ Gebräuchliche Techniken der Varianzreduktion sind antithetische Pfade, Kontrollvariablen und Importance Sampling, das die Ziehungen gezielt in die risikorelevanten Randbereiche lenkt (Glasserman, 2004).

7 Vom Marktwert zum Zahlungsstrom: CFaR, EaR und der Risikowert

7.1 Cash-Flow at Risk und Earnings at Risk

Der VaR misst Wertänderungen von Marktpositionen — für die Depotsicht der richtige Zugang, für Familienunternehmer und ausschüttende Stiftungen häufig der falsche: Ein Unternehmen im Familienbesitz oder eine Stiftung mit zugesagten Zahlungsverpflichtungen scheitert nicht an einem schlechten Bewertungstag, sondern an fehlenden Zahlungsströmen. Cash-Flow at Risk (CFaR) und Earnings at Risk (EaR) übertragen deshalb die Quantilslogik auf operative Größen: Sie messen die maximale Abweichung des geplanten Cashflows beziehungsweise Ergebnisses vom Planwert, die innerhalb des Planungshorizonts mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit nicht überschritten wird — getrieben von Absatzmengen, Rohstoffpreisen, Wechselkursen und Zinsen. Gleichung (9) zeigt die parametrische Form:²⁹

$$CFaR_c = z_c \cdot \sigma_{CF} \quad (9)$$

Gleichung (9): Der Cash-Flow at Risk zum Niveau c ist das z_c -Fache der Streuung σ_{CF} des operativen Cashflows um den Plan. Ein Beispiel: Bei einem geplanten operativen Cashflow von 50 Millionen Euro und einer aus Volatilitäten und Sensitivitäten der Treiber aggregierten Streuung von 8 Millionen Euro beträgt der CFaR zum Niveau 95 Prozent 13,2 Millionen Euro — mit 95-prozentiger Sicherheit fließen also mindestens 36,8 Millionen Euro. Diese Untergrenze, nicht der Planwert, ist die belastbare Größe für Investitions- und Ausschüttungsentscheidungen.

In der Praxis wird die Verteilung des Cashflows selten parametrisch, sondern per Monte-Carlo-Simulation der Treiber erzeugt — Abschnitt 6.3 liefert die Methodik, inklusive der Korrelationen zwischen Absatz, Preisen und Währungen. Das Earnings at Risk folgt derselben Logik auf Ebene des ausgewiesenen Ergebnisses und ist für börsennotierte Unternehmen die Brücke zur Kapitalmarktkommunikation: Es beziffert, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Ergebnisprognose hält — und verbindet damit das Risikomanagement mit dem Erwartungsmanagement.

²⁹ Für Industrieunternehmen hat sich der Begriff Corporate-Metrics-Rahmen eingebürgert; die Horizonte sind mit einem bis fünf Jahren deutlich länger als im Marktrisiko, die Verteilungen entsprechend breiter.

7.2 Der Risikowert: Wahrscheinlichkeit mal Schaden

Nicht jedes Risiko trägt eine Marktpreisverteilung. Operationelle Risiken, Rechtsrisiken, Projektrisiken — für sie arbeitet das Risikomanagement mit der einfachsten aller Verdichtungen, dem Risikowert nach Gleichung (10):³⁰

$$\text{Risikowert} = p \cdot \text{Schadenshöhe} \quad (10)$$

Gleichung (10): Der Risikowert aggregiert Eintrittswahrscheinlichkeit p und Schadenshöhe zum Erwartungswert des Schadens — ein Ereignis mit fünf Prozent Jahreswahrscheinlichkeit und zehn Millionen Euro Schaden trägt einen Risikowert von 500.000 Euro pro Jahr. Die Größe eignet sich zum Ranking und zur Budgetierung von Gegenmaßnahmen; als Erwartungswert verschweigt sie aber gerade die Streuung — zwei Risiken mit gleichem Risikowert können sich im Extremschaden um Größenordnungen unterscheiden.

Der Risikowert ist damit das Bindeglied zwischen quantitativem und unternehmensweitem Risikomanagement: In der Risikomatrix nach Wahrscheinlichkeit und Ausmaß geordnet, macht er heterogene Risiken vergleichbar und priorisierbar. Für die großen, seltenen Schäden gilt jedoch dieselbe Lehre wie beim VaR: Der Erwartungswert ist der Anfang der Analyse, nicht ihr Ende ; eine Steuerung allein über Risikowerte erfasst die Mitte der Verteilung und übersieht ihre Ränder.

7.3 Der Zahlungsstrom als Engpass: Liquiditätsrisiko

Die Zahlungsstromperspektive der CFaR- und EaR-Größen führt zum am meisten unterschätzten Risiko großer Privatvermögen: der Liquidität. Diese tritt in zwei Ausprägungen auf. Die Marktliquidität betrifft die Frage, zu welchem Abschlag sich Positionen verkaufen lassen, wenn verkauft werden muss — in Stressphasen weiten sich Geld-Brief-Spannen genau dann, wenn alle durch dieselbe Tür wollen. Die Finanzierungsliquidität betrifft die Frage, ob fällige Zahlungen — Nachschüsse auf Derivate, Abrufe, Rücknahmen — jederzeit bedient werden können. Beide verstärken sich in der Krise gegenseitig: Werden Nachschüsse aus Notverkäufen bedient, drückt dies die Preise, was weitere Nachschüsse auslöst.³¹

Das Instrumentarium dagegen ist zahlungsstrombasiert: eine Liquiditätsablaufbilanz über alle Fälligkeiten und Eventualverpflichtungen, Stressszenarien für Nachschuss- und Rücknahmewellen und eine Liquiditätsreserve, die am schlechtesten plausiblen Monat bemessen ist — nicht am durchschnittlichen. Der Cash-Flow at Risk der Gleichung (9)

³⁰ Die Risikomatrix ordnet Risiken nach Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe in ein Raster; sie ist das Standardinstrument des unternehmensweiten Risikomanagements nach den einschlägigen Governance-Standards.

³¹ Die Lehre der jüngeren Krisen — von 2008 über den März 2020 bis zur Nachschussskrie des Family Office Archegos 2021 — ist einheitlich: Institutionen scheitern am Zahlungsstrom, bevor sie am Vermögen scheitern.

liefert dafür die Verteilungsgrundlage; die Gesamtvermögens-Anwendung des Abschnitts 12 zeigt, was geschieht, wenn diese Rechnung fehlt.

7.4 Vom Messen zum Handeln: CFaR als Grundlage von Sicherungsprogrammen

Der eigentliche Zweck der CFaR-Rechnung ist die Bemessung von Sicherungsprogrammen. Die Logik: Aus der Treiberzerlegung des Cashflow-Risikos — wie viel der Streuung stammt aus Währungen, wie viel aus Rohstoffen, Zinsen, Mengen? — folgt, welche Sicherung den CFaR je eingesetztem Euro am stärksten senkt; das Programm wird dann nicht nach Intuition, sondern auf die Ziel-Untergrenze des Cashflows dimensioniert. Ein Beispiel in der Logik des Abschnitts 7.1: Senkt die Sicherung der Dollarposition die Cashflow-Streuung von 8 auf 5 Millionen Euro, steigt die 95-Prozent-Untergrenze um fast fünf Millionen — eine messbare Risikoentlastung, die sich gegen die Sicherungskosten stellen lässt.³²

Diese Bemessungslogik diszipliniert in beide Richtungen: Sie verhindert die Untersicherung existenzieller Risiken ebenso wie die beliebte Übersicherung — das vollständige Wegsichern von Risiken, deren Tragung bezahlt würde und die im Portfoliokontext diversifizieren. Gesichert wird, was die Zahlungsfähigkeit bedroht; getragen, was das Geschäftsmodell entlohnt — die CFaR-Rechnung macht diese Grenze sichtbar und verhandelbar.

8 Lower Partial Moments: Risiko als Zielverfehlung

8.1 Vom Safety-First-Prinzip zur LPM-Familie

Volatilität und VaR behandeln Schwankung symmetrisch beziehungsweise rein verteilungsbezogen — Anleger empfinden Risiko aber asymmetrisch: als Gefahr, ein Ziel zu verfehlen. Diese Intuition hat eine lange Theorielinie: Roy (1952) formulierte mit dem Safety-First-Prinzip die Maximierung der Sicherheit gegen das Unterschreiten einer Katastrophenschwelle, und Markowitz (1959) selbst erwog die Semivarianz als das konzeptionell richtigere Maß. Bawa (1975) und Fishburn (1977) verallgemeinerten beides zur Familie der Lower Partial Moments (LPM), und Harlow (1991) führte sie in die Portfoliopraaxis ein. Gleichung (11) definiert die Familie:³³

$$LPM_n(\tau) = E[\max(\tau - r, 0)^n] \quad (11)$$

³² Die Sicherungsinstrumente selbst — Termingeschäfte, Optionen, Swaps — entwickelt Rupprechter (2026h); hier steht die Bemessungslogik im Vordergrund.

³³ Die Zielrendite τ ist frei wählbar: null (nominaler Kapitalerhalt), die Inflationsrate (realer Kapitalerhalt), die Ausschüttungsquote einer Stiftung oder eine Benchmarkrendite — die LPM-Familie passt sich dem Anlegerziel an, nicht umgekehrt.

Gleichung (11): Das Lower Partial Moment der Ordnung n misst die Abweichungen der Rendite r unter die Zielrendite τ — und nur diese. Die Ordnung n steuert die Risikoaversion: LPM_0 ist die Wahrscheinlichkeit der Zielverfehlung (Shortfall-Wahrscheinlichkeit), LPM_1 der erwartete Fehlbetrag und LPM_2 die Semivarianz-Verallgemeinerung, deren Wurzel als Downside-Abweichung berichtet wird. Gewinne oberhalb von τ gehen — anders als bei der Volatilität — nicht in das Risikomaß ein.

$$Sortino = (\mu - \tau) / \sqrt{LPM_2(\tau)} \quad (12)$$

Gleichung (12): Die Sortino-Ratio setzt die Überrendite über das Ziel ins Verhältnis zur Downside-Abweichung (Sortino und van der Meer, 1991) — das LPM-Gegenstück zur Sharpe-Ratio (Sharpe, 1966), das Strategien mit asymmetrischem Renditeprofil fair vergleicht: Aufwärtsschwankung wird nicht als Risiko angerechnet, Abwärtsschwankung nicht als Ertragsquelle vergütet.

8.2 Rechenbeispiel und Einordnung

Ein kompaktes Beispiel zeigt die Rechnung. Sechs gleichwahrscheinliche Jahresrenditeszenarien eines Portfolios — -18 , -6 , $+2$, $+7$, $+12$ und $+21$ Prozent — werden an einer Zielrendite von $\tau = 2$ Prozent gemessen; Abbildung 4 zeigt die Szenarien. Zwei Szenarien verfehlen das Ziel: LPM_0 beträgt $0,333$ — in einem Drittel der Fälle wird τ verfehlt. Der erwartete Fehlbetrag LPM_1 beträgt $4,67$ Prozentpunkte, und aus LPM_2 folgt eine Downside-Abweichung von $8,8$ Prozent — deutlich unter der gewöhnlichen Volatilität der Szenarien von $12,5$ Prozent, weil die Aufwärtsschläge nicht mitzählen. Mit einer Durchschnittsrendite von 3 Prozent ergibt Gleichung (12) eine Sortino-Ratio von $0,11$ — das Portfolio verdient seine Zielübererfüllung mit erheblichem Downside-Risiko.³⁴

³⁴ Das Sechs-Szenarien-Beispiel ist bewusst klein gehalten; in der Praxis werden die LPM aus historischen Zeitreihen oder simulierten Verteilungen mit tausenden Beobachtungen geschätzt.

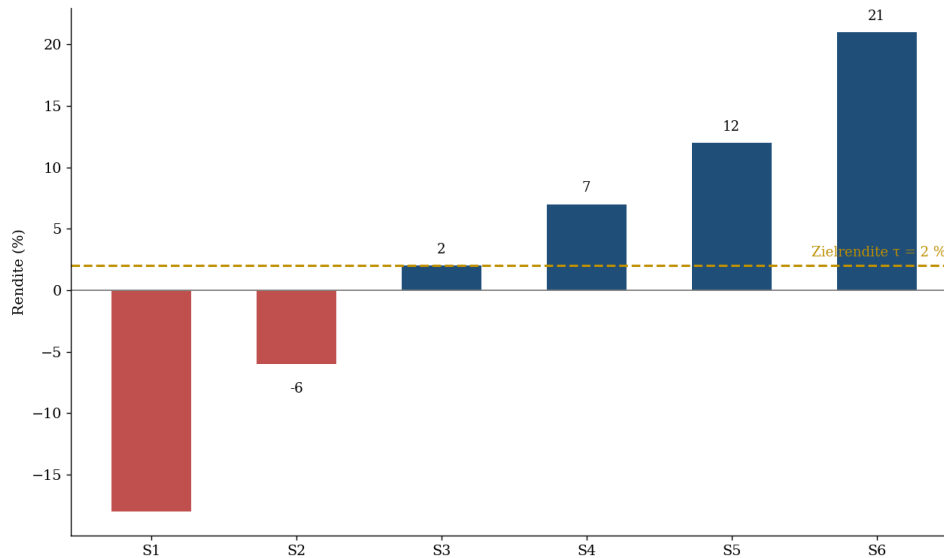


Abbildung 4: Sechs Jahresrenditeszenarien des LPM-Rechenbeispiels gegen die Zielrendite von zwei Prozent; in die Lower Partial Moments gehen nur die Zielverfehlungen ein.

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung.

Tabelle 5: Lower Partial Moments des Rechenbeispiels (Zielrendite $\tau = 2$ Prozent, sechs gleichwahrscheinliche Szenarien)

Kennzahl	Wert	Interpretation
LPM_0 (Shortfall-Wahrscheinlichkeit)	33,3 %	Ziel wird in einem Drittel der Szenarien verfehlt
LPM_1 (erwarteter Fehlbetrag)	4,67 %-Punkte	durchschnittliche Zielverfehlung über alle Szenarien
$\sqrt{LPM_2}$ (Downside-Abweichung)	8,79 %	Streuung nur der Verfehlungen; Volatilität zum Vergleich: 12,54 %
Sortino-Ratio (Gleichung 12)	0,11	Überrendite je Einheit Downside-Risiko

Quelle: Eigene Berechnung nach den Gleichungen (11) und (12).

Tabelle 5 zeigt den praktischen Reiz der LPM-Familie für vermögende Privatanleger und ihre Konstrukte: Die Zielrendite τ macht das Risikomaß mandatsfähig. Eine Stiftung setzt τ auf Ausschüttungsquote plus Inflation und misst damit exakt das Risiko, das ihren Zweck bedroht; ein Entnahmevermögen setzt τ auf den geplanten Entnahmesatz, ein Spezialfondsmandat auf seine Zielvorgabe. Damit spannen die LPM den Bogen zwischen der Verteilungsstatistik der Abschnitte 3 bis 5 und der Verpflichtungslogik des Abschnitts 12 — sie sind das Downside-Maß, das die Frage des Anlegers und nicht die des Statistikers beantwortet.

8.3 Lower Partial Moments in der Asset-Allokation

Die LPM-Familie ist nicht nur Berichts-, sondern Optimierungsgröße: Harlow (1991) hat gezeigt, wie sich Portfolios statt auf minimale Varianz auf minimales LPM_2 zur Zielrendite

optimieren lassen. Der Unterschied ist konzeptionell bedeutsam: Die Varianzoptimierung bestraft Anlagen mit erfreulicher Aufwärtsstreuung — Wandelanleihen, trendfolgende Strategien, Anlagen mit Optionscharakter —, die Downside-Optimierung tut es nicht. Spiegelbildlich deckt die Strategie auf, deren ruhige Volatilität ein asymmetrisches Verlustprofil verdeckt: Prämienverkaufsstrategien sehen in der Varianzwelt attraktiv aus und in der LPM-Welt teuer — die Schiefe der Gleichung (1) wird hier zur Allokationsinformation.³⁵

Der Preis der Methode ist statistisch: LPM-Schätzungen stützen sich nur auf die Beobachtungen unterhalb der Zielrendite und sind entsprechend rauschanfälliger als Varianzschätzungen; die Bootstrap-Intervalle des Abschnitts 6.2 fallen breit aus, und kurze Historien tragen keine belastbare Downside-Optimierung. Die Praxis begegnet dem mit simulierten Verteilungen aus dem Monte-Carlo-Repertoire des Abschnitts 6.3 — das Downside-Ziel bleibt, die Datengrundlage wird modellgestützt verbreitert.

8.4 Quartile in der Praxis: der Peer-Vergleich und seine Tücken

Die Quantilssprache des Abschnitts 7.3.3 begegnet dem privaten Anleger am häufigsten im Rahmen von Peer-Group-Vergleichen: Fondsuniversen werden nach Rendite oder einer risikoadjustierten Kennzahl geordnet und in Quartile unterteilt, wobei das erste Quartil als Qualitätsausweis und das vierte als Anlass zur Mandatsbeendigung gilt. Drei methodische Fallstricke gebieten indes Zurückhaltung bei der Interpretation. Erstens der Survivorship Bias: Eine Rangfolge, die nur fortbestehende Fonds enthält, beruht auf einer verzerrten Grundgesamtheit. Zweitens die Gruppenabgrenzung: Quartilsränge sind nur so aussagekräftig wie die Homogenität der Vergleichsgruppe — ein defensiver Mischfonds im offensiven Universum erntet strukturelle Viertquartilsränge ohne jede Managementaussage. Drittens die fehlende Persistenz: Quartilsränge wandern stark zwischen Perioden, im Einklang mit dem Zufallsbefund von Fama und French (2010) — das erste Quartil von gestern ist kein Prädiktor für morgen.³⁶

Richtig eingesetzt bleibt der Quartilsvergleich gleichwohl nützlich: über lange Fenster, gegen sauber abgegrenzte Gruppen, auf risikoadjustierte Größen wie die Sortino-Ratio der Gleichung (12) statt auf Rohrenditen — und stets als Ausgangspunkt für die Attributionsanalyse des Abschnitts 11, nie als deren Ersatz. Der Rang sagt, dass etwas geschah; die Attribution sagt, was.

³⁵ Harlow (1991) zeigt die Wirkung an historischen Allokationen: LPM-optimierte Portfolios verschieben Gewichte zugunsten von Anlagen mit asymmetrisch günstigem Profil, ohne die Zielrendite aufzugeben.

³⁶ Der Survivorship Bias entsteht, weil geschlossene und fusionierte Fonds aus den Datenbanken verschwinden; da überwiegend schwache Produkte schließen, überzeichnen die verbleibenden Ränge die Durchschnittsqualität.

9 Sensitivitätskennzahlen: die Griechen im Portfoliokontext

9.1 Delta, Gamma, Vega und die Taylor-Logik

Für Portfolios mit Derivaten reichen Verteilungskennzahlen nicht aus, denn ihr Risiko ändert sich mit dem Marktniveau selbst. Die Sensitivitätskennzahlen — die Griechen — messen deshalb die Reaktion des Portfoliowerts auf marginale Änderungen einzelner Marktparameter: das Delta auf den Kurs des Basiswerts, das Gamma als Änderungsrate des Deltas die Krümmung des Wertprofils, das Vega auf die implizite Volatilität; Theta (Zeitwertverfall) und Rho (Zins) vervollständigen den Satz. Gleichung (13) bündelt sie in der Taylor-Näherung der Wertänderung:³⁷

$$dV \approx \Delta \cdot dS + \frac{1}{2} \cdot \Gamma \cdot (dS)^2 + Vega \cdot d\sigma \quad (13)$$

Gleichung (13): Die Wertänderung dV eines derivativehaltigen Portfolios zerfällt in den linearen Delta-Term, den quadratischen Gamma-Term und den Volatilitätsterm. Die Gleichung ist das Scharnier zwischen Sensitivitäts- und Verteilungswelt: In der parametrischen VaR-Rechnung des Abschnitts 4 ersetzt sie die Neubewertung (Delta-Gamma-VaR), und in der Monte-Carlo-Simulation des Abschnitts 6.3 beschleunigt sie die Portfolio-Neubewertung auf zehntausenden Pfaden.

Im Risikobericht anspruchsvoller Privatmandate haben die Griechen zwei Rollen. Erstens als Limitgrößen: Delta-, Gamma- und Vega-Limite begrenzen die Risikonahme von Overlay- und Derivatemandaten dort, wo Verteilungsmaße zu träge wären — Sensitivitäten reagieren sofort, Quantile erst mit der Statistik. Zweitens als Erklärgrößen: Die tägliche Ergebniszerlegung nach Gleichung (13) (P&L-Attribution auf Risikofaktoren) deckt auf, ob ein Ergebnis aus der beabsichtigten Position oder aus einem unbeabsichtigten Nebenrisiko stammt — die mikroskopische Schwester der Performance-Attribution des Abschnitts 10. Ein Portfolio, dessen Vega-Position das Vermögensmanagement nicht kennt, hat keine Volatilitätsmeinung — es hat eine Volatilitätswette.

9.2 Sensitivitäten jenseits der Derivate: Duration, Spread-Duration, Beta

Die Logik der Griechen trägt weit über Optionen hinaus — jede Anlageklasse hat ihre Sensitivitätskennzahlen, und gute Risikoberichte sprechen durchgängig diese Sprache. Für Anleihen ist die Duration das Delta gegenüber dem Zins und die Konvexität das Gamma; die Spread-Duration misst die Empfindlichkeit gegenüber Kreditaufschlägen und trennt damit Zins- von Bonitätsrisiko. Für Aktienportfolios übernimmt das Beta die Delta-Rolle

³⁷ Die ausführliche Entwicklung der Optionsgriechen einschließlich Delta-Hedging eines Händlerbuchs gibt Rupprechter (2026h); hier steht die Risikoberichtsperspektive im Vordergrund.

gegenüber dem Markt, ergänzt um die Faktorladungen des Abschnitts 10.2. Der Nutzen der einheitlichen Sprache ist die Aggregierbarkeit: Sensitivitäten lassen sich über Anlageklassen zu Gesamtpositionen je Risikofaktor verdichten — das Haus weiß dann nicht nur, was jedes Buch hält, sondern was die Institution insgesamt gegen Zins, Spread, Aktienmarkt und Volatilität positioniert hat.³⁸

Diese Faktorsicht ist zugleich das Eingangstor der parametrischen Risikorechnung: Wird ein Portfolio als Vektor von Sensitivitäten gegenüber wenigen Dutzend Risikofaktoren beschrieben, lassen sich VaR und Expected Shortfall aus der Kovarianzmatrix dieser Faktoren berechnen — der Weg, den RiskMetrics (J.P. Morgan, 1996) industrialisiert hat und den die kommerziellen Risikomodelle bis heute gehen. Sensitivitäten sind damit nicht das Gegenstück zur Verteilungswelt der Abschnitte 3 bis 6, sondern ihr Vokabular.

9.3 Sensitivitäten in der Aussteuerung: die Overlay-Praxis

In der institutionellen Praxis werden die aggregierten Sensitivitäten des Abschnitts 9.2 von Overlay-Programmen angesteuert: Ein Zins-Overlay hält die Duration des Gesamtvermögens im Zielband der Anlagerichtlinien, ein Währungs-Overlay die offenen Fremdwährungsquoten, ein Aktien-Overlay das Beta — jeweils mit den liquiden Termininstrumenten, deren Mechanik Rupprechter (2026h) entwickelt. Der Reiz der Architektur liegt in der Arbeitsteilung: Die Grundmandate optimieren Selektion in ihren Märkten, das Overlay steuert die Faktorsummen zentral — und die Sensitivitätssprache verbindet beide Ebenen verlustfrei.³⁹

Die Risikorechnung des Overlays selbst folgt den Regeln dieser Arbeit: Terminpositionen erzeugen die Nachschusspflichten des Abschnitts 7.3 und gehören in die Liquiditätsablaufbilanz; ihre Wirkung auf VaR und Expected Shortfall wird über die Faktorzerlegung gemessen, und ihre Erfolgskontrolle läuft über die Attributionslogik des Abschnitts 11 — gegen den Steuerungsauftrag, nicht gegen den Markt. Ein Overlay ohne diese Einbettung ist kein Steuerungs-, sondern ein Positionsrisiko.

³⁸ Die Key-Rate-Durations verfeinern das Bild, indem sie die Sensitivität je Laufzeitpunkt der Zinskurve ausweisen — das Instrument gegen Drehungen der Kurve, die eine einzige Durationszahl nicht erfasst.

³⁹ Overlay-Mandate steuern definierte Risikofaktoren des Gesamtportfolios mit Derivaten, ohne die Grundbestände zu bewegen; ihre Erfolgsmessung erfolgt gegen den Steuerungsauftrag, nicht gegen eine Marktbenchmark.

10 Ausfallrisiko in Swap-Geschäften: Exposure-Simulation und CVA

10.1 Warum Swaps ein besonderes Kreditrisiko tragen

Das Ausfallrisiko eines Kredits ist einfach: Der ausstehende Betrag steht fest. Das Ausfallrisiko eines Swaps ist es nicht — sein Wiederbeschaffungswert ist heute null und morgen eine Zufallsgröße, die mit den Märkten schwankt und das Vorzeichen wechseln kann. Verluste entstehen nur, wenn zwei Dinge zusammentreffen: Die Gegenpartei fällt aus, und der Vertrag hat aus Sicht des überlebenden Partners gerade positiven Wert. Die Risikomessung braucht deshalb die Verteilung künftiger Vertragswerte über die gesamte Laufzeit — eine pfadabhängige Größe, die nur die stochastische Simulation des Abschnitts 5.3 liefern kann (Duffie und Singleton, 1999; Zhu und Pykhtin, 2007). Die Kerngrößen definieren die Gleichungen (14) und (15):⁴⁰

$$EE(t) = E[\max(V_t, 0)] \quad (14)$$

Gleichung (14): Das erwartete Exposure $EE(t)$ ist der Erwartungswert des positiven Teils des Vertragswerts V_t zum künftigen Zeitpunkt t — nur positive Werte sind im Ausfall verloren. Ergänzend misst das Potential Future Exposure (PFE) das hohe Quantil derselben Verteilung — der VaR-Gedanke des Abschnitts 4, angewendet auf künftige Wiederbeschaffungswerte.

$$CVA = LGD \cdot \sum EE(t_i) \cdot \Delta PD(t_i) \cdot DF(t_i) \quad (15)$$

Gleichung (15): Die Kreditbewertungsanpassung CVA ist der Marktwert des erwarteten Ausfallverlusts: Verlustquote LGD mal erwartetes Exposure mal marginale Ausfallwahrscheinlichkeit, über die Laufzeit abgezinst und summiert. Sie macht das Kontrahentenrisiko bepreisbar — als Abschlag auf den Vertragswert und als Kostenbestandteil jedes unbesicherten Geschäfts.

10.2 Rechenbeispiel: Monte-Carlo-CVA eines Zinsswaps

Das durchgerechnete Beispiel: Der Spezialfonds einer Familie hält einen Payer-Zinsswap über 100 Millionen Euro Nominal mit zehn Jahren Laufzeit gegen eine unbesicherte Gegenpartei mit einem CDS-Spread von 120 Basispunkten. Die Monte-Carlo-Simulation erzeugt zehntausend Zinspfade, bewertet den Swap auf jedem Pfad an jedem Stützpunkt neu und mittelt die positiven Werte zu dem Exposure-Profil der Abbildung 5: Das erwartete Exposure steigt mit der Zinsunsicherheit, fällt mit der abschmelzenden

⁴⁰ Nach den Reformen seit 2009 sind standardisierte Swaps überwiegend zentral geleast und bilaterale Geschäfte besichert; das Exposure-Denken bleibt für Restrisiken, Besicherungslücken und die Bepreisung unverändert grundlegend.

Restlaufzeit und erreicht seinen Gipfel von rund 3,5 Millionen Euro — dreieinhalb Prozent des Nominals — nach etwa dreieinhalb Jahren; das 95-Prozent-PFE erreicht in der Spitze 14,5 Prozent. Nach Gleichung (15) ergibt sich eine CVA von rund 0,24 Millionen Euro oder 24 Basispunkte des Nominals — der faire Preis des Ausfallrisikos dieses einen Geschäfts.⁴¹

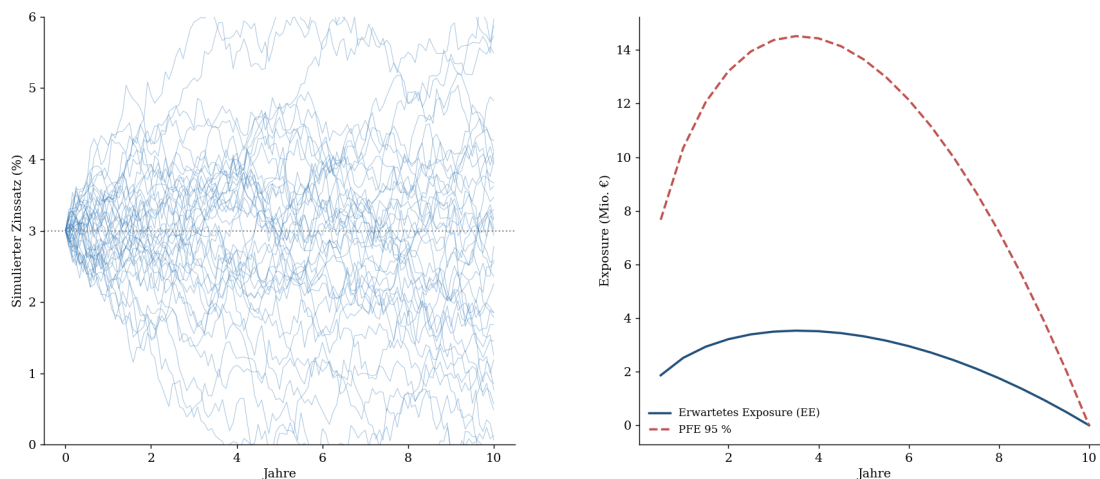


Abbildung 5: Monte-Carlo-Simulation des Zinsswap-Beispiels: simulierte Zinspfade (links) und daraus gewonnenes Profil von erwartetem Exposure und Potential Future Exposure (rechts).
Quelle: Eigene Darstellungen und Berechnungen.

Tabelle 6: Kontrahentenrisiko des Zinsswap-Beispiels (Nominal 100 Millionen Euro, Laufzeit zehn Jahre, unbesichert)

Größe	Wert	Erläuterung
Zinsvolatilität	0,80 % p. a.	Streuung des simulierten Swapsatzes
EE-Spitze (Gleichung 14)	3,5 Mio. € (3,5 %)	nach rund 3,5 Jahren; danach dominiert die Restlaufzeit
Mittleres EE	2,5 Mio. €	Durchschnitt über die Laufzeit
PFE 95 %	14,5 Mio. € (14,5 %)	hohes Quantil des künftigen Wiederbeschaffungswerts
CDS-Spread der Gegenpartei	120 Bp.	impliziert rund 2 % jährliche Ausfallwahrscheinlichkeit bei LGD 60 %
CVA (Gleichung 15)	0,24 Mio. € (24 Bp.)	Marktwert des erwarteten Ausfallverlusts

Quelle: Eigene Berechnung; Monte-Carlo-Simulation mit 10.000 Pfaden nach den Gleichungen (14) und (15).

Tabelle 6 und Abbildung 5 zeigen, was die Simulationsrechnung dem Risikomanagement einbringt: Das buckelige Exposure-Profil — erst wachsende Unsicherheit, dann abschmelzende Restlaufzeit — ist mit keiner statischen Kennzahl zu erfassen, bestimmt

⁴¹ Das Beispiel nutzt ein Mean-Reversion-Zinsmodell im Geist von Vasicek (1977) mit 80 Basispunkten Zinsvolatilität; die Ausfallwahrscheinlichkeiten sind aus einem CDS-Spread von 120 Basispunkten bei 60 Prozent Verlustquote abgeleitet.

aber Besicherungsbedarf, Limite und Preis des Geschäfts. Dieselbe Architektur trägt die Alternativen: Die historische Simulation ersetzt die Modellpfade durch historische Zinsänderungen und beantwortet, was das Portfolio in den tatsächlichen Krisen gekostet hätte; der Bootstrap des Abschnitts 6.2 legt Konfidenzintervalle um EE-Profil und CVA und zeigt, wie stark die Preisgröße an der Datengrundlage hängt. Erst der Dreiklang der Verfahren macht aus der einen CVA-Zahl eine belastbare Entscheidungsgrundlage.

10.3 Besicherung, Wrong-Way-Risk und die xVA-Familie

Zwei Verfeinerungen vervollständigen die Kontrahentenrechnung. Die erste ist die Besicherung: Mit täglichem Sicherheitenaustausch nach dem Marktstandard bilateraler Anhänge schrumpft das erwartete Exposure der Gleichung (14) auf die Bewegung weniger Tage zwischen letztem Austausch und Verwertung — die CVA des Rechenbeispiels fiele von 24 Basispunkten auf einen Bruchteil. Das erklärt die Architektur der Nachkrisenregulierung: Besicherung und zentrales Clearing ersetzen Kreditrisiko durch Liquiditätsrisiko — die Nachschüsse des Abschnitts 7.3 sind der Preis der niedrigen CVA.⁴²

Die zweite ist das Wrong-Way-Risk: die ungünstige Abhängigkeit zwischen Exposurehöhe und Ausfallwahrscheinlichkeit der Gegenpartei. Ein mit einer Bank abgeschlossener Swap, dessen Wert genau in jenen Szenarien steigt, in denen die Bonität der Bank sich verschlechtert, begründet ein Exposure-Profil, das die Unabhängigkeitsannahme der Gleichung (15) systematisch unterschätzt — die Monte-Carlo-Architektur erlaubt es, diese Abhängigkeit über gemeinsame Simulation von Marktfaktoren und Bonität einzubauen (Zhu und Pykhtin, 2007). Die Erkenntnis ist einfacher als die Rechnung: Gegenparteien meiden, deren Bonität mit der eigenen Forderung korreliert — der Grundsatz, den die Finanzkrise am Fall der Monoline-Versicherer exemplarisch gelehrt hat.

10.4 Vom Einzelgeschäft zum Portfolio: Netting und Kreditportfoliomodelle

Kontrahentenrisiko wird nicht je Geschäft, sondern je Gegenpartei gesteuert: Innerhalb eines Netting-Rahmenvertrags verrechnen sich positive und negative Vertragswerte zu einem Saldo, und das erwartete Exposure der Gleichung (14) wird über das gesamte Netting-Set simuliert — ein neuer Swap kann das Exposure einer bestehenden Beziehung senken, wenn er gegenläufig wirkt. Erst diese Portfoliosicht macht Limite und Bepreisung

⁴² Zur CVA sind weitere Bewertungsanpassungen getreten — für eigene Ausfallwahrscheinlichkeit (DVA), Finanzierungskosten (FVA) und Kapitalbindung (KVA) —, die der Sammelbegriff xVA bündelt.

konsistent: Dasselbe Geschäft ist mit der einen Gegenpartei risikoerhöhend und mit der anderen risikosenkend.⁴³

Über der Gegenpartei liegt das Kreditportfolio insgesamt. CreditMetrics (Gupton, Finger und Bhatia, 1997) hat gezeigt, wie sich die Verteilungslogik dieser Arbeit auf Ausfall- und Migrationsrisiken übertragen lässt: Bonitätsübergänge werden simuliert, Portfolioverluste aggregiert, und aus der Verlustverteilung folgen Kredit-VaR und ökonomisches Kapital. Die tragende Größe ist auch hier die Korrelation — gemeinsame Ausfälle bestimmen den Rand der Verteilung, wie es die Tranchenlogik von Rupprechter (2026h) illustriert. Damit schließt sich der methodische Kreis: Markt-, Kredit- und Kontrahentenrisiko sprechen dieselbe Verteilungssprache und unterscheiden sich in den Risikofaktoren, nicht in der Methode.

10.5 Zentrale Gegenparteien aus Investorensicht

Für geclarte Geschäfte verschiebt sich die Kontrahentenrechnung grundlegend: An die Stelle des bilateralen Exposure-Profiles tritt die zentrale Gegenpartei mit täglicher Besicherung — die CVA des Abschnitts 10.2 schrumpft auf Restgrößen, und an ihre Stelle treten neue, liquiditätsförmige Kennzahlen: die gebundene Initial Margin, die Schwankung der täglichen Nachschüsse und das Konzentrationsrisiko gegenüber der Clearingstelle selbst. Der Risikobericht eines derivateintensiven Hauses weist deshalb heute Margin-Kennzahlen aus, wo früher CVA-Zahlen standen — dieselbe Verschiebung von Kredit- zu Liquiditätsrisiko, die sich durch die gesamte Nachkrisenarchitektur zieht.⁴⁴

Die Stressrechnung folgt: Simuliert wird nicht mehr nur der Marktwert, sondern der Nachschussbedarf unter Extrembewegungen — einschließlich der prozyklischen Margin-Erhöhungen der Clearingstellen in Krisen. Die Archegos-Fallstudie des Abschnitts 12.1 ist die Fallstudie dieser Rechnung; ihr Fehlen war keine Modell-, sondern eine Programmlücke.

11 Performance-Attribution: Brinson-Zerlegung und Barra-Faktorrahmen

11.1 Die Brinson-Zerlegung: Allokation, Selektion, Interaktion

Risikonahme ohne systematische Ergebniskontrolle bleibt ohne Erkenntniswert — die Performance-Attribution schließt den Steuerungskreislauf, indem sie die aktive Rendite eines Portfolios gegenüber seiner Benchmark in die Beiträge der einzelnen Anlageentscheidungen zerlegt. Der klassische Rahmen von Brinson, Hood und Beebower

⁴³ CreditMetrics (Gupton, Finger und Bhatia, 1997) übertrug die VaR-Methodik auf Kreditportfolios und wurde zur Blaupause der bankinternen Kreditrisikomodellierung.

⁴⁴ Die Einschusslogik zentraler Gegenparteien — Initial und Variation Margin, Ausfallfonds — behandelt Rupprechter (2026h) im Detail; hier zählt die Wirkung auf die Risikokennzahlen.

(1986) und Brinson und Fachler (1985) unterscheidet je Segment die Gewichtungsentscheidung von der Auswahlentscheidung nach den Gleichungen (16) und (17):⁴⁵

$$A = \sum_i (w_{P,i} - w_{B,i}) \cdot (r_{B,i} - R_B) \quad (16)$$

Gleichung (16): Der Allokationsbeitrag A belohnt Übergewichtungen von Segmenten, die besser liefen als die Gesamtbenchmark R_B . Im Rechenbeispiel — Portfolio 60/40 in Aktien/Anleihen gegen eine 50/50-Benchmark, Segmentrenditen 10 und 3 Prozent — bringt die Übergewichtung der besser laufenden Aktien 0,70 Prozentpunkte.

$$S = \sum_i w_{B,i} \cdot (r_{P,i} - r_{B,i}) \quad (17)$$

Gleichung (17): Der Selektionsbeitrag S misst die Titelauswahl innerhalb der Segmente zu Benchmarkgewichten. Im Beispiel liefert die Aktienausswahl zwei Prozentpunkte Mehrrendite im Segment und damit 1,00 Prozentpunkte Beitrag; die leicht schwächere Anlehenausswahl kostet 0,10 Punkte, per Saldo 0,90 Punkte Selektion über beide Segmente. Mit dem Interaktionsterm von 0,22 Punkten summieren sich die Beiträge exakt zur aktiven Rendite von 1,82 Prozentpunkten — die Zerlegung geht auf. Abbildung 6 zeigt die Brücke.

11.2 Der Barra-Rahmen: Attribution über Faktoren

Die Brinson-Zerlegung denkt in Segmenten — moderne Portfolios denken in Faktoren. Der von Rosenberg (1974) begründete und in den Barra-Modellen operationalisierte Rahmen erklärt jede Einzelrendite durch gemeinsame Faktoren nach Gleichung (18):⁴⁶

$$r = \sum_k \beta_k \cdot f_k + \varepsilon \quad (18)$$

Gleichung (18): Die Rendite r zerfällt in Faktorladungen β_k mal Faktorrenditen f_k — Industrien und Stilfaktoren wie Value, Größe, Momentum und Qualität (Fama und French, 1993; Carhart, 1997) — plus einen spezifischen Rest ε . Auf Portfolioebene wird die aktive Rendite damit zur Summe aktiver Faktorpositionen mal Faktorrenditen plus titelspezifischer Selektion: dieselbe Zerlegung wie bei Brinson, nur entlang der Dimensionen, in denen Risikoprämien tatsächlich verdient werden.

$$IR = \alpha / TE \quad (19)$$

Gleichung (19): Die Information Ratio verdichtet die Attribution zur Steuerungsgröße — aktive Rendite α je Einheit aktiven Risikos (Tracking Error TE). Grinold und Kahn (2000)

⁴⁵ Brinson, Hood und Beebower (1986) zeigten zudem, dass die Anlagepolitik — die strategische Gewichtung der Anlageklassen — den weit überwiegenden Teil der Ergebnisschwankung institutioneller Portfolios erklärt.

⁴⁶ Die kommerziellen Barra-Modelle gehen auf die Arbeiten von Rosenberg (1974) zurück; ihre Faktoren decken Industrien und Stile (Value, Größe, Momentum, Qualität, Volatilität) ab und werden im Querschnitt geschätzt.

machen sie zum Zentralmaß des aktiven Managements; ein Wert von 0,4 wie im Beispiel (1,2 Prozent Alpha bei 3 Prozent Tracking Error) gilt in der Praxis als gut.

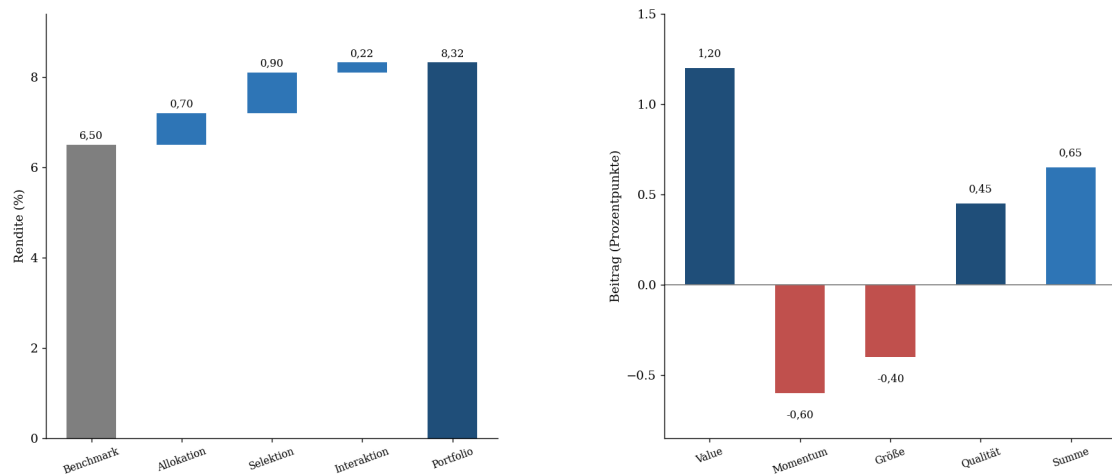


Abbildung 6: Attribution des Rechenbeispiels: Brinson-Brücke von der Benchmark- zur Portfoliorendite (links) und Zerlegung der aktiven Rendite in Stilfaktorbeiträge (rechts).
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung.

Tabelle 7: Attribution des Rechenbeispiels: Brinson-Zerlegung und Faktorbeiträge (aktive Rendite 1,82 Prozentpunkte)

Ebene	Beitrag	Wert	Interpretation
Brinson	Allokation (Gleichung 16)	+0,70 %-P.	Übergewichtung der besser laufenden Aktien
Brinson	Selektion (Gleichung 17)	+0,90 %-P.	Titelauswahl, überwiegend im Aktiensegment
Brinson	Interaktion	+0,22 %-P.	Zusammenwirken von Über- und Mehrgewicht
Faktoren	Value	+1,20 %-P.	aktive Value-Ladung 0,3 bei 4 % Faktorrendite
Faktoren	Momentum	-0,60 %-P.	Unterladung eines gut gelaufenen Faktors
Faktoren	Größe	-0,40 %-P.	Nebenwerteübergewicht bei negativer Faktorrendite
Faktoren	Qualität	+0,45 %-P.	Qualitätsladung 0,15 bei 3 % Faktorrendite

Quelle: Eigene Berechnung nach den Gleichungen (16) bis (18); Faktorsumme 0,65 Prozentpunkte, Rest titelspezifisch.

Tabelle 7 zeigt den Erkenntnisgewinn der doppelten Brille: Die Brinson-Sicht attestiert gelungene Allokation und Selektion — die Faktorsicht deckt auf, dass ein erheblicher Teil der „Selektion“ in Wahrheit eine Value-Position war, die in der Periode 1,2 Prozentpunkte beisteuerte, teilweise aufgezehrt von Momentum- und Größenpositionen. Für die Mandatssteuerung ist dieser Unterschied entscheidend: Faktorprämien sind billig replizierbar, echte titelspezifische Selektion ist es nicht ; aktive Gebühren sind in Kenntnis

dessen zu zahlen, welche der beiden Größen erworben wird — dazu ist zu klären, welche davon vorliegt (Grinold und Kahn, 2000). Attribution ist damit Risikomanagement der Managerauswahl: dieselbe Zerlegungslogik, eine Ebene höher.

11.3 Grenzen der Attribution: Zufall, Benchmark und Datenqualität

Attribution beantwortet, woher ein Ergebnis kam — nicht, ob es Können war. Die Unterscheidung ist statistisch anspruchsvoll: Bei einer Information Ratio von 0,4 wie im Rechenbeispiel braucht es Jahrzehnte an Daten, um Können von Glück auf üblichem Signifikanzniveau zu trennen, und Fama und French (2010) zeigen für das US-Fondsuniversum, dass die Verteilung der Fondsalphas nach Kosten kaum von reiner Zufallsstreuung zu unterscheiden ist. Für die Praxis der Managerauswahl folgt daraus zweierlei: Zurückhaltung gegenüber kurzen Erfolgsserien sowie der Vorrang der Prozess- vor der Ergebnisanalyse. Die Attribution belegt, ob ein Manager die Tätigkeit ausübt, für die er mandatiert wurde; über deren künftige Ertragskraft trifft sie keine Aussage.

Hinzu treten zwei methodische Fallstricke. Zum einen beeinflusst die Benchmarkwahl das Ergebnis maßgeblich: Gegenüber einer unpassenden Vergleichsgröße erscheint eine bloße Stilneigung als Selektionsleistung — die Faktorperspektive des Abschnitts 11.2 dient hier als Korrektiv. Zum anderen setzt die Datenqualität jeder Analyse Grenzen: Eine Attribution auf Tagesbasis erfordert bewertungs- und transaktionssynchrone Daten; jede Lücke schlägt sich als Residuum in der Selektionskomponente nieder. Ein großes unerklärtes Residuum ist daher nicht als Schönheitsfehler, sondern als Indikator unzureichender Datenqualität zu werten.

11.4 Attribution für Anleihenportfolios

Für Anleihenmandate greift die Brinson-Logik zu kurz, denn ihre Ergebnistreiber sind keine Segmente, sondern Kurvenbewegungen. Die festverzinsliche Attribution zerlegt die aktive Rendite deshalb entlang der Risikofaktoren der Anlageklasse: den Carry-Beitrag aus Rendite und Roll-down, den Zinsbeitrag aus Parallelverschiebung und Drehung der Kurve — gemessen über die aktiven Key-Rate-Durationen —, den Spreadbeitrag aus der Entwicklung der Kreditaufschläge, gewichtet mit der aktiven Spread-Duration, den Währungsbeitrag und einen Selektionsrest auf Titelebene. Sie ist damit die konsequente Anwendung der Sensitivitätssprache des Abschnitts 9.2 auf die Ergebnisrechnung — dieselben Kennzahlen, die vorab das Risiko begrenzten, erklären hinterher das Ergebnis.⁴⁷

Genau diese Spiegelbildlichkeit ist das Qualitätsmerkmal jeder Attributionsarchitektur: Risikomodell und Attributionsmodell sollten dieselben Faktoren verwenden, damit jede eingegangene Position eine messbare Ergebniszeile besitzt. Steuert ein Institut sein Risiko

⁴⁷ Die Zerlegung nutzt die Sensitivitätskennzahlen des Abschnitts 9.2: Duration und Key-Rate-Durationen tragen den Zinsbeitrag, die Spread-Duration den Kreditbeitrag.

anhand von Key-Rate-Durationen, erklärt seine Ergebnisse jedoch auf Segmentebene, entsteht zwischen beiden Darstellungsebenen eine Übersetzungslücke, in der unbeabsichtigte Positionen unentdeckt fortbestehen können.

11.5 Attribution und Anreize: die Vergütungsfrage

Attribution entfaltet ihre stärkste Wirkung dort, wo sie an Vergütung gekoppelt ist — und dort ist sie am gefährlichsten. Eine Vergütung allein nach Mehrrendite vergütet zugleich das Risiko, mit dem sie erzielt wurde: Ein Manager, der kurz vor Jahresende hinter der Benchmark liegt, hat unter Rohrendite-Anreizen jeden Grund, das aktive Risiko zu verdoppeln — die Optionslogik der Vergütung wirkt wie die verkauften Prämienstrategien des Abschnitts 8.3: asymmetrisch zulasten des Kapitalgebers. Risikoadjustierte Bemessungsgrößen — Information Ratio nach Gleichung (19), Sortino-Ratio nach Gleichung (12) — und mehrjährige Zeiträume nehmen diesem Anreiz die Spitze.⁴⁸

Die Attribution liefert dazu die Kontrolle der Quelle: Vergütet werden soll, was beauftragt wurde — titelspezifische Selektion im aktiven Mandat, Faktortreue im Stilmandat, Absicherungsqualität im Overlay. Ein Vergütungssystem, das die Attributionszeilen ignoriert, bezahlt regelmäßig Faktorprämien zum Preis aktiver Selektion — der teuerste Einkaufsfehler der Vermögensverwaltungsbranche (Grinold und Kahn, 2000).

12 Die Gesamtvermögens-Perspektive: Entnahmen, Verpflichtungen und Aufsichtsmaßstäbe

12.1 Vom Portfolio zum Surplus: Duration-Gap und Immunisierung

Auch ein großes Privatvermögen ist eine Bilanz: Den Anlagen A stehen Verpflichtungen L gegenüber — die zugesagten Ausschüttungen einer Stiftung, die geplanten Entnahmen der Familie, Kredite und Zusagen —, und beide Seiten reagieren auf dieselben Zinsen. Gesteuert wird deshalb nicht der Depotwert, sondern der Überschuss (Surplus) über diese Verpflichtungen, mit allen Instrumenten dieser Arbeit, angewendet auf die Differenz. Das klassische Erstinstrument ist das Duration-Gap nach Gleichung (20):⁴⁹

$$\Delta \text{Surplus} \approx -(D_A \cdot A - D_L \cdot L) \cdot \Delta y \quad (20)$$

Gleichung (20): Die Surplus-Änderung bei einer Zinsverschiebung Δy hängt am Duration-Gap — der Differenz der mit Marktwerten gewichteten Durationen von Aktiva und

⁴⁸ Bewährte Praxis sind mehrjährige Bemessungszeiträume, Hürden auf risikoadjustierte Größen und Rückbehalte (Clawbacks) — die Vergütung soll den Anlagehorizont des Mandats spiegeln, nicht das Kalenderjahr.

⁴⁹ Die Immunisierungsidee geht auf Redington (1952) zurück, der Duration-Begriff auf Macaulay (1938); Leibowitz und Henriksson (1988) sowie Sharpe und Tint (1990) übertrugen die Portfoliotheorie in den Surplus-Rahmen.

Verpflichtungen (Macaulay, 1938; Redington, 1952). Ein Beispiel: Eine Stiftung mit Anlagen von 10 Millionen Euro (Duration 8), deren zugesagte künftige Ausschüttungen einem Barwert von 9 Millionen Euro mit einer Duration von 15 entsprechen, verliert bei einem Zinsrückgang um einen Prozentpunkt per Saldo rund 550.000 Euro an Surplus — obwohl ihre Aktiva 800.000 Euro an Wert gewinnen. Eine Messung allein auf der Aktivseite weist einen Gewinn aus, obwohl die Bilanz ein Risiko trägt; die Duration-Verlängerung über die Zinsderivate aus Rupprechter (2026h) ist das übliche Gegeninstrument.

Auf dem Duration-Gap bauen die verteilungsbasierten Überschussgrößen auf: Der Surplus at Risk überträgt die VaR-Logik des Abschnitts 4 auf den Überschuss, die Shortfall-Wahrscheinlichkeit — LPM_0 aus Abschnitt 8 mit dem Deckungsgrad als Ziel — misst die Gefahr der Unterdeckung, und die stochastische Simulation des Abschnitts 6.3 erzeugt die gemeinsamen Pfade von Kapitalmarkt und Verpflichtungen, auf denen beides gerechnet wird. Leibowitz und Henriksson (1988) und Sharpe und Tint (1990) haben diese Surplus-Sicht formalisiert: Dieselbe Anlage kann im Aktiv-Rahmen riskant und im Surplus-Rahmen risikosenkend sein — lange Anleihen sind das Paradebeispiel.

Wie existenziell das Zusammenspiel von Überschusssteuerung und Liquiditätsrisiko ist, zeigt die private Vermögenspraxis regelmäßig am Hebel: Wertpapierkredite und Terminpositionen erzeugen Nachschusspflichten genau in dem Moment, in dem die Kurse fallen ; ein erzwungener Verkauf erfolgt dann in fallende Märkte und beschleunigt den Verlust. Der Zusammenbruch des Family Office Archegos (2021), dessen über Total Return Swaps aufgebauter Hebel binnen Tagen Zwangsverkäufe von mehr als zehn Milliarden US-Dollar auslöste, ist die extreme Fallstudie. Die Erkenntnis ist die des Abschnitts 7.3: Jede gehebelte oder derivativebasierte Steuerung braucht eine Liquiditätsrechnung für ihre Nachschüsse, gestresst auf Marktbewegungen, die das Modell für nahezu unmöglich hält.

12.2 Der regulatorische Anker: Basel und Solvency II

Vermögende Privatanleger unterliegen keiner Solvenzaufsicht — doch die Instrumente dieser Arbeit sind zugleich die Sprache der Aufsicht über Banken und Versicherer, und deren Regime setzen die Maßstäbe, an denen sich ein gutes privates Mandat messen lassen kann: Risikomessung ist im regulierten Sektor keine Wahl, sondern Eigenmittelanforderung. Tabelle 8 ordnet die Kerngrößen: Banken berechnen ihr Marktrisiko seit der Handelsbuchreform als Expected Shortfall zum Niveau 97,5 Prozent über gestresste Perioden (Basel Committee on Banking Supervision, 2019), Versicherer ihr Solvenzkapital nach Solvency II als Value at Risk der Basiseigenmittel zum Niveau 99,5 Prozent über ein Jahr — methodisch exakt die Größen der Abschnitte 4 und 5, angewendet auf die Gesamtbilanz. Das Backtesting des Abschnitts 4.4, die Kontrahentenrisikogrößen

des Abschnitts 9 und die Szenariorechnungen der Simulationsverfahren sind jeweils regulatorisch verankert.⁵⁰

Tabelle 8: Regulatorische Risikokennzahlen im Überblick (vereinfacht)

Regelwerk	Adressat	Kennzahl	Kalibrierung	Bezug in dieser Arbeit
Basel III / FRTB	Banken	Expected Shortfall	97,5 % / gestresste Perioden	Abschnitte 5, 6.5
Basel III	Banken	VaR-Backtesting (Ampel)	99 % / 250 Tage	Abschnitt 4.4
Basel III (SA-CCR/CVA)	Banken	Kontrahentenexposure, CVA-Kapital	aufsichtliche Faktoren	Abschnitt 10
Solvency II	Versicherer	Solvenzkapitalanforderung (SCR)	VaR 99,5 % / 1 Jahr	Abschnitte 4, 12.1
Solvency II (ORSA)	Versicherer	unternehmenseigene Risikobeurteilung	szenario- und simulationsbasiert	Abschnitte 6, 12.1
EbAV/Pensionskassen der Altersversorgung	Einrichtungen der Altersversorgung	Deckungsgrad, Stresstests	national unterschiedlich	Abschnitte 8, 12.1

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Basis der Daten des Basel Committee on Banking Supervision (2019) und die Solvency-II-Rahmenrichtlinie (2009); Stand Mitte 2026, vereinfacht.

Die Tabelle erklärt zudem, warum die Kennzahlenwahl keine reine Methodenfrage ist: Konfidenzniveau und Horizont sind reguliert, und die Kapitalanforderung folgt direkt aus der gemessenen Zahl. Damit entsteht der bekannte Anreiz, Modelle eher an der Anforderung als an der Wirklichkeit zu kalibrieren — das Modellrisiko-Argument, das Danielsson, Embrechts, Goodhart, Keating, Muennich, Renault und Shin (2001) früh gegen eine mechanische Modellgläubigkeit der Regulierung vorgebracht haben. Die Antwort der Praxis sind Modellvalidierung, Stresstests jenseits der Modelle und die Vielfalt der Verfahren aus Abschnitt 6.

12.3 Das integrierte Risikoanalyse-Instrumentarium: eine Gebrauchsanleitung

Im Ergebnis fügt sich das Instrumentarium der Risikoanalyse zu einem komplementären Gefüge mit klarer Funktionszuweisung. Die Verteilungsmomente des Abschnitts 3 charakterisieren die empirische Datengrundlage; der Value at Risk definiert die kommunizierbare Verlustschwelle, der Expected Shortfall quantifiziert die jenseits dieser Schwelle liegenden Verluste; die Cornish-Fisher-Erweiterung und die Simulationsverfahren erfassen schwere Verteilungsränder und Nichtlinearitäten; CFaR und EaR überführen die Ergebnisse in die Sprache der Finanzplanung, der Risikowert in jene des unternehmensweiten Risikomanagements; die Lower Partial Moments verankern das Anlegerziel, die Sensitivitätskennzahlen die tägliche Steuerung, die Exposure-Simulation

⁵⁰ Hinzu treten die Liquiditätskennzahlen der Bankenregulierung und die Eigenmittelanforderungen für das operationelle Risiko; die Tabelle beschränkt sich auf die markt- und bilanzrisikobezogenen Kerngrößen.

das Kontrahentenrisiko, und die Attribution überprüft, ob die eingegangenen Risiken vergütet wurden. Für Stiftungen und Entnahmevermögen treten Duration-Gap und Überschussgrößen als verbindende Klammer über die Aktiv- und Passivseite des Vermögens hinzu.⁵¹

Daraus ergibt sich derselbe methodische Leitsatz, der sich durch sämtliche Abschnitte zieht: Keine Kennzahl trägt für sich allein eine Entscheidung. Der Value at Risk ohne Expected Shortfall lässt die Verteilungsränder unbeleuchtet; der Expected Shortfall ohne Backtesting bleibt eine unbelegte Behauptung; die Simulation ohne Bootstrap verschweigt ihre Schätzunsicherheit; und jede statistische Kennzahl ohne ergänzenden Stresstest unterstellt implizit, dass die Zukunft eine Ziehung aus der Verteilung der Vergangenheit darstellt. Professionelle Risikosteuerung lässt sich insofern als institutionalisierte Skepsis gegenüber der jeweils bevorzugten Einzelkennzahl charakterisieren.

12.4 Die organisatorische Verankerung: Limite, Komitees, Verteidigungslinien

Kennzahlen entfalten keine Steuerungswirkung aus sich heraus — gesteuert wird durch Menschen, und der organisatorische Rahmen entscheidet darüber, ob die in diesem Kapitel dargestellten Instrumente wirksam werden. Drei Elemente haben sich als tragend erwiesen. Erstens die Limitarchitektur: eine Hierarchie, die vom Risikobudget des Gesamtvermögens ausgeht und in VaR-, Sensitivitäts- und Stresslimite je Mandat heruntergebrochen wird, mit definierten Eskalationswegen bei Annäherung an und Überschreitung von Grenzwerten — Limite ohne Eskalationsfolgen bleiben wirkungslos. Zweitens die organisatorische Unabhängigkeit: Die risikomessende Einheit darf nicht an die risikonehmende berichten; der zweiten Verteidigungslinie obliegen Modellverantwortung, Datenhoheit und Vetorecht. Drittens die Regelmäßigkeit der Governance: ein Anlageausschuss, der die Berichte nicht lediglich entgegennimmt, sondern inhaltlich erörtert — mit Backtesting-Ergebnissen, Modellabweichungen und Stresstestresultaten als ständigen Tagesordnungspunkten.⁵²

Die Verlustfälle der Finanzgeschichte sind fast nie Messfehler gewesen, sondern Organisationsfehler: Kennzahlen, die niemand eskalierte, Limite, die still erhöht wurden, Modelle, deren Warnungen als technische Störung galten. Das Risikoanalyse-Instrumentarium dieser Arbeit entfaltet seinen Wert dort, wo seine Ergebnisse ernst — die letzte und wichtigste Voraussetzung professionellen Risikomanagements.

12.5 Das Berichtswesen: vom Zahlenwerk zum Entscheidungsdokument

⁵¹ Die Zuordnung ist eine Heuristik der Praxis, keine Norm; entscheidend ist, dass jede Kennzahl mit ihrem blinden Fleck gemeinsam berichtet wird.

⁵² Das Modell der drei Verteidigungslinien — Markt- und Portfolioverantwortung, unabhängiges Risikocontrolling, interne Revision — ist Standard der einschlägigen Governance-Rahmenwerke.

Der beste Risikoanalyse-Instrumentarium misslingt an einem schlechten Bericht. Die bewährte Form ist die eine Seite, die alles trägt, was entschieden werden muss: die Kerngrößen — VaR und Expected Shortfall mit Konfidenzintervallen, Limitauslastungen, die größten Risikobeiträge nach Abschnitt 4.6 — daneben die Ausnahmen des Backtestings, die Ergebnisse der Stressszenarien und drei Zeilen Klartext zu dem, was sich seit dem letzten Bericht materiell geändert hat. Alles Weitere ist Anhang. Entscheidend ist die Stabilität des Formats: Ein Risikobericht entfaltet seinen Informationsgehalt wesentlich im Vergleich mit den Vorperioden; jede Umgestaltung des Kennzahlensystems verunmöglicht eben diese Vergleichbarkeit.

Die zweite Regel betrifft die Redlichkeit der Darstellung: Jede Schätzung ist mit ihrer Schätzunsicherheit auszuweisen, Modelländerungen sind analog zu Bilanzierungsänderungen offenzulegen, und sämtliche Kennzahlen sind gemeinsam mit ihren methodischen Grenzen darzustellen — der Value at Risk mit dem Hinweis auf die Verteilungsränder, die Simulation mit ihren Annahmen. Ein Bericht, der Sicherheit suggeriert, wo Unsicherheit besteht, stellt keine Information dar, sondern selbst ein Risiko.

13 Ökonometrische Fallstudie: Sechs Dekaden S&P 500 — von der Old Economy zur KI-Ära

13.1 Forschungsfrage, Daten und Untersuchungsdesign

Die vorangegangenen Abschnitte haben die Instrumente entwickelt; dieser Abschnitt wendet sie an. Die Forschungsfrage lautet: Haben die New Economy — der von Technologie- und Momentumwerten getragene Markt seit der Jahrtausendwende — und die KI-Ära seit 2016 die statistischen Eigenschaften der S&P-500-Renditen messbar verändert, und produzieren die jüngeren Marktphasen in den ökonometrischen Tests wie in den klassischen Rendite- und Risikokennzahlen extremere Werte als die sechs Dekaden umfassende Basislinie?

Datengrundlage sind die Monatsdaten von Robert J. Shiller für den S&P 500 von Januar 1966 bis Dezember 2025 — 720 Monatsrenditen, logarithmiert, auf Basis der Indexstände; ergänzend die Rendite zehnjähriger US-Staatsanleihen (GS10) derselben Quelle (Shiller, 2026). Zwei Eigenschaften der Daten sind für die Interpretation wesentlich: Erstens sind Shillers Indexstände Monatsmittel der Tageskurse, was die Autokorrelation erster Ordnung mechanisch erhöht; zweitens sind die Renditen reine Preisrenditen ohne Dividenden.

Das Untersuchungsdesign vergleicht drei teleskopierend angeordnete — d. h. ineinander enthaltene — Beobachtungsfenster: die Gesamtperiode Januar 1966 bis Dezember 2025 ($n = 720$) als Basislinie, die New-Economy-Periode ab Januar 2000 ($n = 312$) und die KI-Ära ab Januar 2016 ($n = 120$). Diese teleskopierende Anordnung ist methodisch beabsichtigt:

Sie beantwortet die praktisch relevante Frage, ob ein Anleger, der heute mit der langen Historie kalibriert, die Eigenschaften der jüngeren Marktphasen unter- oder überschätzt. Auf jede Periode wird dasselbe sechsteilige ökonometrische Instrumentarium angewendet.

13.2 Ökonometrisches Instrumentarium und Interpretationsrahmen

(1) Unit-Root-Test (Dickey und Fuller, 1979): Er prüft, ob Kursschocks dauerhaft wirken (Einheitswurzel, Random Walk) oder ob das Kursniveau zu einem Trend zurückkehrt. Normal für Aktienindizes ist die Nichtablehnung der Einheitswurzel — die t-Statistik liegt über dem Kritikwert von $-2,86$. Auffällig nach unten wäre Mean Reversion des Niveaus (Kurse wären aus der eigenen Historie prognostizierbar); auffällig nach oben ein explosiver Pfad mit ρ deutlich über eins.⁵³

(2) Autokorrelationstest (Ljung und Box, 1978): Er prüft, ob Renditen von ihren Vormonaten abhängen. Normal sind Werte nahe null (schwache Markteffizienz); deutlich positive Koeffizienten bedeuteten handelbares Momentum, deutlich negative systematische Überreaktion. Bei zeitgemittelten Daten ist der erste Lag um das Mittelungsartefakt von rund $+0,25$ zu bereinigen.

(3) Heteroskedastizitätstest (ARCH-LM, Engle, 1982): Er prüft, ob die Varianz zeitlich clustert. Für Finanzrenditen ist ein signifikantes Ergebnis der Normalfall, keine Anomalie; das Ausbleiben von ARCH-Effekten wäre das eigentlich Auffällige und deutet auf starke Aggregation oder geringe Teststärke.

(4) t-Test und Verteilungstests (Jarque und Bera, 1980): Der t-Test prüft, ob die Durchschnittsrendite von null verschieden ist — die Existenzfrage der Aktienprämie. Schiefe und Exzess-Kurtosis messen die Abweichung von der Normalverteilung: Werte von null sind „normal“; negative Schiefe bedeutet, dass Abstürze heftiger ausfallen als Aufschwünge, positive Exzess-Kurtosis, dass Extreme häufiger auftreten, als die Glockenkurve erlaubt (Fat Tails; vgl. Mandelbrot, 1963; Fama, 1965).

(5) Zinsabhängigkeit: Getestet wird, ob Aktienrenditen bei hohem Zinsniveau anders ausfallen (Median-Split, F- und t-Test) und wie sie mit der Zinsänderung $\Delta GS10$ korrelieren. Theoretisch erwartet ist über den Diskontsatzkanal eine negative Reaktion auf Zinsanstiege; für das Zinsniveau selbst ist kein stabiler Zusammenhang zu erwarten. Ein Vorzeichenwechsel der Korrelation zwischen Perioden zeigt einen Regimewechsel im Aktien-Anleihen-Verbund an.

⁵³ Die t-Statistik des Dickey-Fuller-Tests folgt unter der Nullhypothese keiner t-Verteilung; die verwendeten Kritikwerte ($-3,43/-2,86/-2,57$ für das Modell mit Konstante) entstammen den Response-Surface-Schätzungen von MacKinnon (1996).

(6) Klassische Kennzahlen: Rendite p. a., Volatilität p. a., deren Quotient, bester und schlechtester Monat sowie der maximale Drawdown verankern die Testergebnisse in den Größen der Anlagepraxis.

13.3 Ergebnisse im Periodenvergleich

Tabelle 9 stellt sämtliche Kennzahlen der drei Perioden gegenüber; p-Werte stehen in Klammern. Alle Berechnungen sind in einer begleitenden Excel-Arbeitsmappe formelbasiert reproduzierbar.

Tabelle 9: Ökonometrische Kennzahlen und klassische Rendite-Risiko-Maße des S&P 500 — Gesamtperiode, New Economy und KI-Ära

Kennzahl	1966–2025	2000–2025	2016–2025
n (Monate)	720	312	120
Rendite p. a. (logarithmiert)	7,2 %	6,0 %	12,0 %
Volatilität p. a.	12,6 %	13,2 %	12,6 %
Rendite/Volatilität	0,57	0,46	0,96
Bester Monat	+11,4 %	+11,4 %	+7,9 %
Schlechtester Monat	−22,8 %	−22,8 %	−21,2 %
Maximaler Drawdown	−50,8 %	−50,8 %	−20,3 %
Dickey-Fuller-t (Niveau)	+0,98	+1,46	−0,06
Autokorrelation $\rho(1)$	+0,22	+0,20	+0,09
Ljung-Box Q(12) [p]	48,6 [$<0,001$]	22,8 [0,030]	9,6 [0,649]
ARCH-LM(4) [p]	10,9 [0,028]	3,7 [0,448]	0,5 [0,972]
t-Statistik Mittel = 0 [p]	4,41 [$<0,001$]	2,33 [0,021]	3,04 [0,003]
Schiefe	−1,20	−1,82	−2,31
Exzess-Kurtosis	4,98	7,65	11,11
Jarque-Bera [p]	916 [$<0,001$]	933 [$<0,001$]	723 [$<0,001$]
Anteil $ z > 3$	1,39 %	1,60 %	0,83 %
Korrelation $r \sim \Delta \text{GS10}$ [p]	−0,10 [0,005]	+0,20 [$<0,001$]	+0,03 [0,767]

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der Daten von Robert J. Shiller (2026). Logarithmierte Monatsrenditen der Indexstände (Monatsmittel, ohne Dividenden); Dickey-Fuller-Modell mit Konstante; ARCH-LM mit vier Lags.

13.4 Befunde und Interpretation

Erstens, der Random-Walk-Befund ist regimeunabhängig: In keiner der drei Perioden lässt sich die Einheitswurzel (Unit Root) verwerfen — die Dickey-Fuller-Statistiken liegen weit über dem Kritikwert. Das Kursniveau bleibt in der Old Economy wie in der KI-Ära nicht prognostizierbar; was sich zwischen den Regimen ändert, sind die Eigenschaften der Renditeverteilung, nicht die grundsätzliche Unvorhersagbarkeit des Pfades.

Zweitens, die gemessene Autokorrelation fällt von +0,22 über +0,20 auf +0,09. Da das Mittelungsartefakt der Datenkonstruktion in allen Perioden gleichermaßen rund +0,25 beiträgt, ist der Rückgang bemerkenswert: In der KI-Ära liegt die gemessene

Autokorrelation deutlich unter dem Artefaktniveau, was auf eine echte negative Korrelationskomponente — schnelle Korrekturen von Übertreibungen binnen Monatsfrist — hindeutet. Von „mehr Momentum“ auf Monatsebene kann in den jüngeren Perioden nicht gesprochen werden; eher hat die Geschwindigkeit der Preisanpassung zugenommen.⁵⁴

Drittens verlieren die ARCH-Signale in den Teilperioden ihre Signifikanz ($p = 0,45$ bzw. $0,97$). Dieser Befund ist mit Zurückhaltung zu interpretieren: Mit $n = 312$ und erst recht mit $n = 120$ sinkt die Teststärke erheblich, sodass das Ausbleiben eines Nachweises nicht als Beleg für das Ende des Volatilitäts-Clusterings gewertet werden darf — zumal die Phasen 2020 und 2022 augenscheinlich von Clusterbildung geprägt waren. Die methodisch angemessene Lesart lautet: Auf Monatsebene ist das Clustering moderat ausgeprägt und in kurzen Beobachtungsfenstern statistisch nicht mehr nachweisbar.⁵⁵

Viertens — der Kernbefund — werden die Verteilungsränder über die Regime hinweg monoton extremer: Die Schiefe fällt von $-1,20$ über $-1,82$ auf $-2,31$, die Exzess-Kurtosis steigt von $4,98$ über $7,65$ auf $11,11$. Die KI-Ära hat die höchste Jahresrendite ($12,0$ Prozent gegenüber $7,2$ Prozent der Basislinie) bei nahezu unveränderter Volatilität ($12,6$ Prozent) — und zugleich die am stärksten linksschiefe, dickschwänzigste Verteilung aller drei Perioden. Die Prämie der Momentum- und Technologiewerte wurde also nicht mit mehr laufender Schwankung bezahlt, sondern mit einer Verschärfung des Extremrisikos: seltener, aber härter. Für die Instrumente dieser Arbeit ist das die zentrale Botschaft — varianzbasierte Maße erfassen diese Verschiebung nicht, Expected Shortfall, Cornish-Fisher-Korrektur und Lower Partial Moments werden mit jedem Regime wichtiger.

Fünftens dreht die Aktien-Zins-Korrelation ihr Vorzeichen: In der Gesamtperiode dominiert der Diskontsatzkanal ($-0,10$, $p = 0,005$), seit 2000 ist die Korrelation signifikant positiv ($+0,20$, $p < 0,001$) — steigende Renditen zehnjähriger Staatsanleihen gingen mit steigenden Aktienkursen einher, wie es ein wachstumsgetriebenes Regime mit expansiver Notenbankreaktion auf Schwächephasen erwarten lässt. In der KI-Ära ist der Zusammenhang statistisch nicht mehr von null zu unterscheiden. Die praktische Konsequenz reicht bis in die Portfoliokonstruktion: Die Diversifikationseigenschaft von Anleihen gegenüber Aktien ist regimeabhängig und darf nicht als Konstante behandelt werden.

⁵⁴ Working (1960) zeigt, dass die Bildung von Periodendurchschnitten aus einem Random Walk eine künstliche Autokorrelation der Durchschnittsänderungen von rund $+0,25$ erzeugt. Da Shillers Indexstände Monatsmittel der Tageskurse sind, ist die gemessene Autokorrelation der Gesamtperiode nahezu vollständig als Mittelungsartefakt zu lesen.

⁵⁵ Die Teststärke sinkt mit der Stichprobenlänge: Dass Ljung-Box- und ARCH-Test in den kurzen Teilperioden nicht mehr anschlagen, belegt nicht das Verschwinden der Effekte, sondern zunächst nur deren Nichtnachweisbarkeit bei $n = 312$ bzw. $n = 120$.

Sechstens bestätigen die klassischen Kennzahlen das Bild asymmetrischer Extremisierung: Der beste Monat der KI-Ära (+7,9 Prozent) bleibt hinter dem der Basislinie zurück, der schlechteste (−21,2 Prozent, März 2020) erreicht fast das Gesamtperioden-Minimum (−22,8 Prozent, Oktober 2008) — die Aufwärtsseite ist geglättet, die Abwärtsseite nicht. Dass der maximale Drawdown der KI-Ära (−20,3 Prozent) dennoch deutlich unter dem der längeren Perioden (−50,8 Prozent) liegt, relativiert dies nur scheinbar: Zehn Jahre sind schlicht zu kurz, um den vollen Zyklus aus Hausse und struktureller Baisse zu enthalten.

13.5 Antwort auf die Forschungsfrage und Grenzen

Die Antwort auf die Forschungsfrage fällt differenziert aus. „Extremere Werte in allen Belangen“ haben New Economy und KI-Ära nicht hervorgebracht: Random-Walk-Charakter, Volatilität und Autokorrelation erweisen sich als stabil oder rückläufig. Verändert hat sich vielmehr spezifisch die Gestalt der Verteilungsränder — die Schiefe fällt monoton, die Kurtosis steigt monoton —, verbunden mit einer deutlich höheren Durchschnittsrendite der KI-Ära und einem Vorzeichenwechsel der Zinskorrelation. Das Risiko der Momentum-Märkte manifestiert sich demnach nicht in der laufenden Schwankungsbreite, sondern in der Intensität der seltenen Rückschläge; eine allein auf der Standardabweichung beruhende Risikomessung verfehlt somit genau jene Dimension, die sich verändert hat.

Die Grenzen der Fallstudie sind benannt: Die Beobachtungsfenster sind ineinander enthalten (teleskopierendes Design) und unterschiedlich lang, weshalb Signifikanzvergleiche zwischen den Perioden die Teststärke berücksichtigen müssen; die Monatsmittel-Konstruktion der Daten hebt die Autokorrelation; Preisrenditen ohne Dividenden unterzeichnen die Anlegerrendite; und die Periodengrenzen 2000 und 2016 sind ökonomisch motiviert, aber nicht endogen datiert. Formale Strukturbruchtests (etwa nach Chow oder Bai-Perron), Tagesdaten und die Erweiterung um GARCH-Schätzungen markieren die natürliche Fortsetzung dieser Fallstudie.

14 Fazit und Ausblick

Welche Instrumente stehen den handelnden Personen des Vermögensmanagements zur Verfügung — ob im Spezialfonds, in der Stiftung oder im Family-Office-Mandat? Die Antwort dieser Arbeit ist ein geordnetes Risikoanalyse-Instrumentarium mit einer gemeinsamen Grundlage: Alle Kennzahlen sind Verdichtungen derselben Verlustverteilung, und sie unterscheiden sich darin, welchen Ausschnitt sie greifen — das Quantil (Value at Risk), den Rand dahinter (Expected Shortfall), die höheren Momente (Schiefe, Kurtosis, Cornish-Fisher), die Zielverfehlung (Lower Partial Moments), den Zahlungsstrom (Cash-Flow at Risk und Earnings at Risk), die Sensitivität (Griechen), das künftige

Kontrahentenexposure (EE, PFE, CVA) oder die Ergebnisquellen (Brinson- und Barra-Attribution). Mit der Verteilung als gemeinsamem Bezugspunkt erschließt sich auch das Verhältnis der Maße: Sie konkurrieren nicht, sie ergänzen einander — und erst ihr Zusammenspiel, getragen von den drei Verfahrensfamilien der parametrischen Rechnung, der historischen Simulation mit Bootstrap und der Monte-Carlo-Simulation, ergibt ein belastbares Bild.⁵⁶

Für die Praxis lassen sich drei Leitlinien ableiten. Erstens richtet sich die Wahl der Kennzahl nach der Fragestellung: Die Limitsteuerung erfordert schnell verfügbare parametrische Größen, das Meldewesen die historische Simulation, Derivate- und Kontrahentenbücher die Monte-Carlo-Rechnung, Anlegermandate die zielbezogenen Lower Partial Moments und die Bilanzsteuerung Surplus-Größen; die umgekehrte Praxis, eine präferierte Kennzahl auf sämtliche Fragestellungen anzuwenden, führt in der Mehrzahl der Fälle zu unzutreffenden Antworten. Zweitens ist jede Kennzahl mit einer Angabe ihrer Schätzunsicherheit und einer retrospektiven Validierung zu versehen: Bootstrap-Intervalle und Backtesting sind obligatorische Bestandteile jedes Berichts, da eine Risikokennzahl ohne Präzisionsangabe und Trefferkontrolle keinen empirischen Aussagewert besitzt. Drittens kommt den Verteilungsrändern die entscheidende Bedeutung zu: Schiefe, Kurtosis und die Differenz zwischen Expected Shortfall und Value at Risk sind keine nachgeordneten Größen, sondern der Kern der Aufgabe — Vermögensstrategien scheitern nicht an der Mitte der Verteilung, sondern an ihren Rändern.

Die ökonometrische Fallstudie des Abschnitts 13 unterlegt diese Leitlinien empirisch: Über sechs Dekaden S&P 500 bleibt der Random-Walk-Charakter der Kurse regimeunabhängig bestehen, doch die Verteilungsränder werden von der Old Economy über die New Economy bis zur KI-Ära monoton extremer — die Schiefe fällt auf $-2,3$, die Exzess-Kurtosis steigt auf über 11, während die Volatilität nahezu unverändert bleibt und die Aktien-Zins-Korrelation nach 2000 ihr Vorzeichen wechselt. Die Ergebnisse bestätigen die Architektur dieser Arbeit: Eine Risikomessung allein über die Standardabweichung verfehlt die Dimension, in der sich moderne Märkte tatsächlich verändert haben; Expected Shortfall, Cornish-Fisher-Korrektur und Lower Partial Moments sind keine akademischen Verfeinerungen, sondern die dem Datenbefund angemessenen Maße.

Die Grenzen dieser Arbeit markieren zugleich die offenen Felder. Die Rechenbeispiele sind stilisiert, die Modellwelt stationär; reale Märkte wechseln Regime, und die Extremwerttheorie, zeitvariable Volatilitäts- und Korrelationsmodelle sowie das Liquiditätsrisiko blieben hier ausgeklammert. Der Ausblick wird von zwei Entwicklungen geprägt: der wachsenden Rechenleistung, die vollwertige Simulationen ganzer Bilanzen auch für mittelgroße Finanzinstitute erreichbar macht, und der Regulierung, die mit dem Übergang zum Expected Shortfall die Orientierung an den Verteilungsrändern bereits

⁵⁶ Diese Arbeit dient ausschließlich Informations- und Ausbildungszwecken; sie stellt keine Anlageempfehlung dar.

vollzogen hat. Beide Entwicklungen unterstreichen die zentrale Botschaft dieses Kapitels: Das methodische Instrumentarium ist ausgereift und verfügbar — der limitierende Faktor ist die Konsequenz, es kombiniert, transparent und im Bewusstsein seiner methodischen Grenzen einzusetzen.

Literaturverzeichnis

- Acerbi, C., und D. Tasche (2002): On the Coherence of Expected Shortfall, *Journal of Banking and Finance* 26 (7), 1487–1503.
- Artzner, P., F. Delbaen, J.-M. Eber und D. Heath (1999): Coherent Measures of Risk, *Mathematical Finance* 9 (3), 203–228.
- Basel Committee on Banking Supervision (2019): Minimum Capital Requirements for Market Risk, Bank für Internationalen Zahlungsausgleich, Basel.
- Bawa, V. S. (1975): Optimal Rules for Ordering Uncertain Prospects, *Journal of Financial Economics* 2 (1), 95–121.
- Berkowitz, J., und J. O'Brien (2002): How Accurate Are Value-at-Risk Models at Commercial Banks?, *Journal of Finance* 57 (3), 1093–1111.
- Bollerslev, T. (1986): Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, *Journal of Econometrics* 31 (3), 307–327.
- Boyle, P. P. (1977): Options: A Monte Carlo Approach, *Journal of Financial Economics* 4 (3), 323–338.
- Brinson, G. P., und N. Fachler (1985): Measuring Non-US Equity Portfolio Performance, *Journal of Portfolio Management* 11 (3), 73–76.
- Brinson, G. P., L. R. Hood und G. L. Beebower (1986): Determinants of Portfolio Performance, *Financial Analysts Journal* 42 (4), 39–44.
- Carhart, M. M. (1997): On Persistence in Mutual Fund Performance, *Journal of Finance* 52 (1), 57–82.
- Christoffersen, P. F. (1998): Evaluating Interval Forecasts, *International Economic Review* 39 (4), 841–862.
- Cont, R. (2001): Empirical Properties of Asset Returns: Stylized Facts and Statistical Issues, *Quantitative Finance* 1 (2), 223–236.
- Cornish, E. A., und R. A. Fisher (1938): Moments and Cumulants in the Specification of Distributions, *Revue de l'Institut International de Statistique* 5 (4), 307–320.
- Danielsson, J., P. Embrechts, C. Goodhart, C. Keating, F. Muennich, O. Renault und H. S. Shin (2001): An Academic Response to Basel II, Special Paper 130, LSE Financial Markets Group, London.
- Dickey, D. A., und W. A. Fuller (1979): Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root, *Journal of the American Statistical Association* 74 (366), 427–431.
- Duffie, D., und J. Pan (1997): An Overview of Value at Risk, *Journal of Derivatives* 4 (3), 7–49.
- Duffie, D., und K. J. Singleton (1999): Modeling Term Structures of Defaultable Bonds, *Review of Financial Studies* 12 (4), 687–720.

- Efron, B. (1979): Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife, *Annals of Statistics* 7 (1), 1–26.
- Engle, R. F. (1982): Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation, *Econometrica* 50 (4), 987–1007.
- Fama, E. F. (1965): The Behavior of Stock-Market Prices, *Journal of Business* 38 (1), 34–105.
- Fama, E. F., und K. R. French (1993): Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds, *Journal of Financial Economics* 33 (1), 3–56.
- Fama, E. F., und K. R. French (2010): Luck versus Skill in the Cross-Section of Mutual Fund Returns, *Journal of Finance* 65 (5), 1915–1947.
- Favre, L., und J.-A. Galeano (2002): Mean-Modified Value-at-Risk Optimization with Hedge Funds, *Journal of Alternative Investments* 5 (2), 21–25.
- Fishburn, P. C. (1977): Mean-Risk Analysis with Risk Associated with Below-Target Returns, *American Economic Review* 67 (2), 116–126.
- Glasserman, P. (2004): *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*, Springer, New York.
- Gneiting, T. (2011): Making and Evaluating Point Forecasts, *Journal of the American Statistical Association* 106 (494), 746–762.
- Grinold, R. C., und R. N. Kahn (2000): *Active Portfolio Management*, 2. Auflage, McGraw-Hill, New York.
- Gupton, G. M., C. C. Finger und M. Bhatia (1997): *CreditMetrics — Technical Document*, J.P. Morgan, New York.
- Harlow, W. V. (1991): Asset Allocation in a Downside-Risk Framework, *Financial Analysts Journal* 47 (5), 28–40.
- Jarque, C. M., und A. K. Bera (1980): Efficient Tests for Normality, Homoscedasticity and Serial Independence of Regression Residuals, *Economics Letters* 6 (3), 255–259.
- Jorion, P. (2007): *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 3. Auflage, McGraw-Hill, New York.
- J.P. Morgan (1996): *RiskMetrics — Technical Document*, 4. Auflage, New York.
- Kupiec, P. H. (1995): Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models, *Journal of Derivatives* 3 (2), 73–84.
- Leibowitz, M. L., und R. D. Henriksson (1988): Portfolio Optimization within a Surplus Framework, *Financial Analysts Journal* 44 (2), 43–51.
- Ljung, G. M., und G. E. P. Box (1978): On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models, *Biometrika* 65 (2), 297–303.
- Macauley, F. R. (1938): *Some Theoretical Problems Suggested by the Movements of Interest Rates, Bond Yields and Stock Prices in the United States since 1856*, NBER, New York.
- MacKinnon, J. G. (1996): Numerical Distribution Functions for Unit Root and Cointegration Tests, *Journal of Applied Econometrics* 11 (6), 601–618.

- Mandelbrot, B. (1963): The Variation of Certain Speculative Prices, *Journal of Business* 36 (4), 394–419.
- Markowitz, H. (1952): Portfolio Selection, *Journal of Finance* 7 (1), 77–91.
- Markowitz, H. (1959): *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, Wiley, New York.
- McNeil, A. J., R. Frey und P. Embrechts (2015): *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*, 2. Auflage, Princeton University Press, Princeton.
- Redington, F. M. (1952): Review of the Principles of Life-Office Valuations, *Journal of the Institute of Actuaries* 78 (3), 286–340.
- Rockafellar, R. T., und S. Uryasev (2000): Optimization of Conditional Value-at-Risk, *Journal of Risk* 2 (3), 21–41.
- Rosenberg, B. (1974): Extra-Market Components of Covariance in Security Returns, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 9 (2), 263–274.
- Roy, A. D. (1952): Safety First and the Holding of Assets, *Econometrica* 20 (3), 431–449.
- Rupprechter, R. (2026h): Der Nutzen von Derivaten für den Investor: Formen, Preisbildung, Absicherung und Hebel — von der Option bis zum Credit Default Swap, Working Paper, R&B Wealth Management, Dornbirn, www.rbvm.at/science.html.
- Sharpe, W. F. (1966): Mutual Fund Performance, *Journal of Business* 39 (1), 119–138.
- Sharpe, W. F., und L. G. Tint (1990): Liabilities — A New Approach, *Journal of Portfolio Management* 16 (2), 5–10.
- Shiller, R. J. (2026): U.S. Stock Markets 1871–Present and CAPE Ratio, Online-Datensatz, Yale University, www.econ.yale.edu/~shiller/data.htm (abgerufen im Juli 2026).
- Sortino, F. A., und R. van der Meer (1991): Downside Risk, *Journal of Portfolio Management* 17 (4), 27–31.
- Vasicek, O. (1977): An Equilibrium Characterization of the Term Structure, *Journal of Financial Economics* 5 (2), 177–188.
- Working, H. (1960): Note on the Correlation of First Differences of Averages in a Random Chain, *Econometrica* 28 (4), 916–918.
- Zhu, S. H., und M. Pykhtin (2007): A Guide to Modeling Counterparty Credit Risk, *GARP Risk Review* 37, 16–22.