



 Union  
Investment

Edition Risikomanagement 1.12

## Szenariobasierte Asset Allocation

Timo Six – Arnd Wiedemann

# Die Autoren

## **Timo Six M. Sc.**

Lehrstuhl für Finanz- und Bankmanagement  
Universität Siegen  
Hölderlinstraße 3  
57076 Siegen  
Tel.: 0271 740-2878  
<http://www.banklehrstuhl.de>  
E-Mail: [six@bank.wiwi.uni-siegen.de](mailto:six@bank.wiwi.uni-siegen.de)

## **Professor Dr. Arnd Wiedemann**

Lehrstuhl für Finanz- und Bankmanagement  
Universität Siegen  
Hölderlinstraße 3  
57076 Siegen  
Tel.: 0271 740-2664  
<http://www.banklehrstuhl.de>  
E-Mail: [wiedemann@bank.wiwi.uni-siegen.de](mailto:wiedemann@bank.wiwi.uni-siegen.de)



KlimaneutralesDrucken-Logo



## Inhalt

	<b>Vorwort</b>	<b>5</b>	3.4	Ermittlung einer Asset Allocation unter Berücksichtigung aller Szenarien	27
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>	3.4.1	Entscheidung unter Unsicherheit	27
			3.4.2	Entscheidung unter Risiko	38
<b>2</b>	<b>Traditionelle Asset Allocation nach Markowitz</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>51</b>
<b>3</b>	<b>Szenariobasierte Asset Allocation</b>	<b>19</b>		<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>56</b>
3.1	Prozess einer szenariobasierten Asset Allocation	19			
3.2	Definition zukünftiger Entwicklungsszenarien	21			
3.3	Ableitung optimaler Portfolios für einzelne Szenarien	24			





# Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir leben in einer Welt voller Risiken und Ungewissheiten. Gerade in der Kapitalanlage sind die Ergebnisse unseres Handelns einer Fülle von Einflüssen unterworfen. Nicht zu handeln oder ausschließlich vermeintlich risikolose Entscheidungen zu treffen, kann jedoch keine Alternative sein.

Gesucht sind Orientierungshilfen, um bei den Entscheidungen den richtigen Kurs zu finden. Risikomodelle sind erste Ansatzpunkte, stoßen aber oftmals an Grenzen, wenn Extremsituationen eintreten. Schwarze Schwäne sind verbreiteter, als Modelle sie prognostizieren. Entscheidungstheorie und Szenariotechnik können hier wertvolle Unterstützung bieten.

Die diesjährige Risikomanagement-Studie von Union Investment wurde von Professor Arnd Wiedemann und Timo Six von der Universität Siegen erstellt. Sie zeigt, wie Szenariotechnik in der Asset Allocation eingesetzt wird und wie bei der Optimierung die individuelle Risikoeinstellung des Investors berücksichtigt werden kann. Dabei können auch extreme Fat-Tail-Ereignisse in die Analyse einbezogen werden.

Was allerdings auch die beste Technik dem Entscheider nicht abnehmen kann: der Investor muss sich intensiv mit seiner Risikoeinstellung auseinandersetzen, seine Anlageziele klar definieren und entscheiden, welche Szenarien für ihn relevant sind. Was oftmals intuitiv geschieht, wird hier systematisiert – und alleine dadurch gewinnt der Anleger trotz der ungewissen Zukunft Klarheit und Perspektive.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre!



Alexander Schindler





# 1 Einleitung

Seit Jahrzehnten dominiert in der finanzwirtschaftlichen Literatur das von Harry Markowitz zu Beginn der 50er-Jahre formulierte Konzept der rendite-/risikoorientierten Asset Allocation.<sup>1</sup> Diese Methodik hat in den letzten Jahren jedoch eine grundlegende konzeptionelle Weiterentwicklung erfahren, die nicht zuletzt durch die jüngsten Krisenereignisse an den Finanzmärkten vorangetrieben wurde.

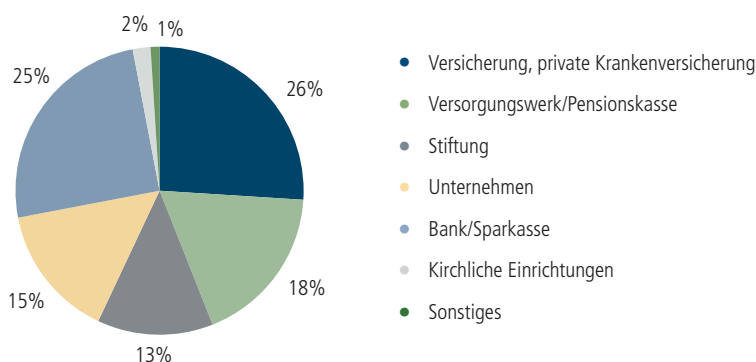
Unter anderem wächst bei Investoren der Wunsch, extreme Fat-Tail-Ereignisse im Rahmen der Asset-Allocation-Entscheidung zu berücksichtigen. Der Einsatz von Szenariotechniken ermöglicht neben der Einbeziehung realistischer ökonomischer Entwicklungsszenarien zusätzlich auch die Berücksichtigung von Stressszenarien. Eine szenariogestützte Asset Allocation kann daher ein effektives Instrument zur Generierung von stressrobusten Portfolios darstellen.

Ziel dieser Arbeit ist es, aufzuzeigen, wie realistische ökonomische Entwicklungsszenarien sowie Stressszenarien systematisch in den Prozess der Asset Allocation eingebunden werden können. Weiterhin wird gezeigt, wie investorenspezifische Risikoeinstellungen im Rahmen einer szenariobasierten Allokationsentscheidung Berücksichtigung finden können und welchen Einfluss sie auf die künftige Performance der Anlagestrategie nehmen.

Zu diesem Zweck wird zunächst in Kapitel 2 der traditionelle Ansatz der Asset Allocation nach Markowitz dargestellt und hinsichtlich seiner Eignung zur Ableitung von Portfolioallokationen auf Basis historischer Daten untersucht. Kapitel 3 beschreibt den Prozessablauf einer szenariobasierten Asset Allocation und stellt methodische Alternativen in einzelnen Schritten ausführlich vor.

Den Auslöser für diese Forschungsarbeit bilden die aktuellen Ergebnisse der seit 2005 jährlich von Union Investment durchgeführten Befragung institutioneller Investoren in Deutschland. Die Risikoinventur 2013 basiert auf einer telefonischen Befragung von 104 Investoren im Zeitraum vom 2. Mai 2013 bis zum 21. Juni 2013. Abbildung 1 zeigt die Zusammensetzung der Stichprobe.

**Abbildung 1:**  
**Zusammensetzung der Stichprobe der Risikomanagementstudie 2013**



Die gleichmäßige Branchenverteilung der Befragten ermöglicht repräsentative Auswertungen.

Alle im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Konzepte werden anhand eines einheitlichen Beispielfalls illustriert. Die Aufgabenstellung für den Investor lautet, einen bestimmten Anlagebetrag auf verschiedene Asset-Klassen aufzuteilen.

<sup>1</sup> Vgl. Michaud et al. (2013), S. 6.

Als Anlagemöglichkeiten stehen ihm die sieben in Tabelle 1 gezeigten Asset-Klassen zur Verfügung. Ferner zeigt Tabelle 1, mit welchen Indizes die Asset-Klassen abgebildet werden.

**Tabelle 1:  
Betrachtete Asset-Klassen und zugehörige Indizes**

Asset-Klasse	Index
Sovereigns Core Euroland	BofA Merrill Lynch Euro Government x Greece x Ireland x Italy x Portugal x Spain
Sovereigns Peripherie Euroland	BofA Merrill Lynch Greece, Ireland, Italy, Portugal, Spain Government
Credits High Grade	BofA Merrill Lynch EMU Corporates
Credits High Yield ex Financials	BofA Merrill Lynch Euro High Yield – Constrained/Non-Financials B-BB Fixed & Floating Rate
Emerging Markets Sovereigns	J.P. Morgan EMBI Global Diversified
Equities MSCI All Countries	MSCI AC World

Die betrachtete Datenhistorie bezieht sich auf den Zeitraum vom 31. Dezember 1997 bis zum 30. August 2013. Es werden monatliche Kursdaten zugrunde gelegt. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse für die sieben Asset-Klassen dargestellt. Den auf Jahreswerte verdichteten Durchschnittsrenditen der Asset-Klassen ist ihre Schwankungsbreite, gemessen durch die Volatilität p.a., gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass die Renditen der einzelnen Asset-Klassen sehr unterschiedlich ausfallen. Große Unterschiede lassen sich auch bei der Volatilität p.a. beobachten.

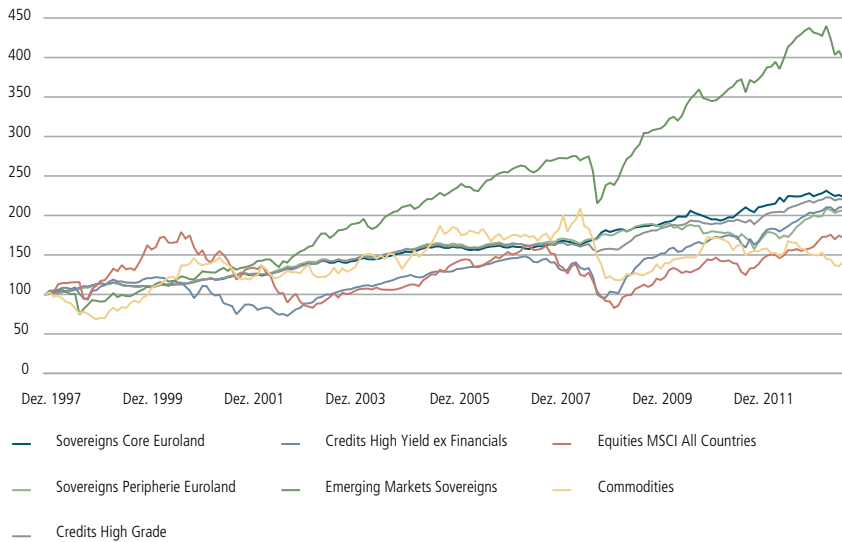
**Tabelle 2:  
Historische Renditen p.a. und Volatilitäten p.a. der Asset-Klassen**

Asset-Klasse	Durchschnittsrendite p.a.	Volatilität p.a.
Sovereigns Core Euroland	5,28%	3,91%
Sovereigns Peripherie Euroland	4,80%	5,16%
Credits High Grade	5,16%	3,46%
Credits High Yield ex Financials	5,53%	12,61%
Emerging Markets Sovereigns	9,60%	12,54%
Equities MSCI All Countries	4,80%	15,90%
Commodities	3,48%	15,59%

Zusätzlich zeigt Abbildung 2 die indexierte historische Wertentwicklung der sieben Asset-Klassen für den betrachteten Zeitraum. Die Grafik unterstützt die Ergebnisse von Tabelle 2. Auch hier wird deutlich, dass sich die Rendite-Risiko-Profile der betrachteten Asset-Klassen erheblich unterscheiden. So hat zum Beispiel die Asset-Klasse „Emerging Markets Sovereigns“ im betrachteten Zeitraum eine deutlich positivere Performance erzielt als alle anderen Asset-Klassen. Gleichzeitig weist sie jedoch eine der größten Schwankungsbreiten auf.



**Abbildung 2:**  
**Historische Wertentwicklung der betrachteten Asset-Klassen**



Aus Abbildung 2 lassen sich auch erste Schlussfolgerungen zur Korrelation der Asset-Klassen ableiten. Beispielsweise ist für die Asset-Klassen „Commodities“ und „Equities“ ein starker Gleichlauf zu beobachten, während eine Korrelation dieser Asset-Klassen mit der Asset-Klasse „Credits High Grade“ kaum erkennbar ist. Dies wird insbesondere im Krisenjahr 2008 deutlich. Die „optische“ Analyse der Daten lässt sich quantitativ anhand der Ergebnisse in Tabelle 3 nachvollziehen.

**Tabelle 3:**  
**Empirische Korrelationsmatrix**

Korrelationsmatrix	Sovereigns Core Euroland	Sovereigns Peripherie Euroland	Credits High Grade	Credits High Yield ex Financials	Emerging Markets Sovereigns	Equities MSCI All Countries	Commodities
Sovereigns Core Euroland	1	0,49	0,61	-0,16	0,04	-0,28	-0,20
Sovereigns Peripherie Euroland	0,49	1	0,57	0,08	0,20	-0,11	-0,14
Credits High Grade	0,61	0,57	1	0,38	0,35	0,11	0,03
Credits High Yield ex Financials	-0,16	0,08	0,38	1	0,52	0,61	0,19
Emerging Markets Sovereigns	0,04	0,20	0,35	0,52	1	0,26	0,21
Equities MSCI All Countries	-0,28	-0,11	0,11	0,61	0,26	1	0,31
Commodities	-0,20	-0,14	0,03	0,19	0,21	0,31	1

Tabelle 3 bildet die empirische Korrelationsmatrix der betrachteten Asset-Klassen auf Basis des von Bravais und Pearson definierten Korrelationskoeffizienten ab. Dieser kann Werte im Intervall [-1; 1] annehmen. Während ein Korrelationskoeffizient von 1 auf eine perfekt positive Korrelation hindeutet, liegt bei einem Korrelationswert von -1 eine perfekt negative Korrelation vor.<sup>2</sup> Die größte Diversifikationswirkung im betrachteten Zeitraum ging von Euro-Staatsanleihen (Core Euroland) aus, die mit Aktien (-0,28), Rohstoffen (-0,20) und

<sup>2</sup> Vgl. Wiedemann (2013), S. 47 ff.

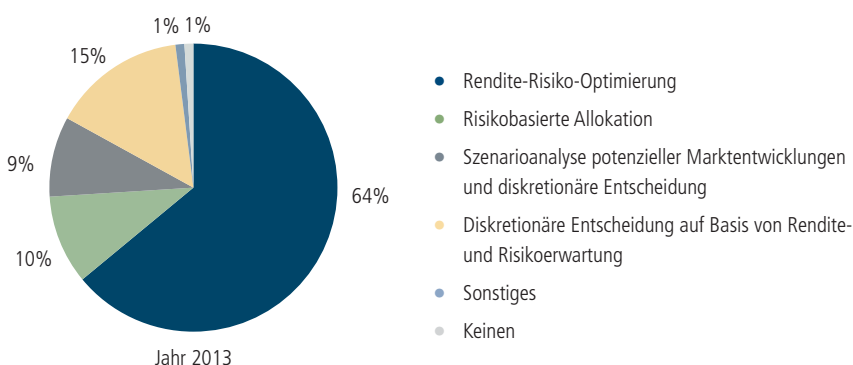
Credits High Yield ex Financials (-0,16) negativ korrelieren. Negative Korrelationen bestanden auch zwischen der Asset-Klasse Euro-Peripheriestaaten und den beiden Asset-Klassen Aktien (-0,11) und Rohstoffe (-0,14). Auf Grundlage der geschilderten Ausgangssituation soll im weiteren Verlauf die Einbindung von Szenariotechniken in die Asset Allocation aufgezeigt werden.



## 2 Traditionelle Asset Allocation nach Markowitz

Knapp zwei Drittel aller im Zuge der Risikoinventur 2013 befragten institutionellen Investoren geben, wie Abbildung 3 zeigt, an, dass sie im Rahmen ihrer Anlageentscheidung eine Rendite-Risiko-Optimierung verwenden. Eine rein diskretionäre Entscheidung auf Basis von Rendite- und Risikoerwartungen nehmen treffen nur 15 Prozent der Investoren. 10 Prozent der Investoren betreiben eine risikobasierte Allokation, und 9 Prozent wenden Szenariotechniken an, wie sie Gegenstand der vorliegenden Forschungsarbeit sind. Natürlich sind zwischen den Ansätzen auch Kombinationen und fließende Übergänge möglich, die durch die Umfrage aber nicht trennscharf erfasst werden können.

**Abbildung 3:**  
**Welchen Allokationsansatz verfolgen Sie vorwiegend bei Ihrer Entscheidung über Asset Allocation?**



Die klassische Rendite-Risiko-Optimierung basiert auf der 1952 von Harry Markowitz veröffentlichten Theorie der Portfolioselektion.<sup>3</sup> Demnach erfolgt die Ableitung einer Asset Allocation auf der Grundlage der beiden Parameter Portfoliorendite (gemessen durch den Erwartungswert) und Portfoliorisiko (gemessen durch die Portfoliovolatilität).

Die erwartete Portfoliorendite  $\mu_p$  lässt sich als Mittelwert der mit den Portfolioanteilen  $x_i$  gewichteten erwarteten Renditen der einzelnen Asset-Klassen  $\mu_i$  für N Asset-Klassen wie folgt bestimmen:<sup>4</sup>

$$\mu_p = \sum_{i=1}^N x_i \cdot \mu_i$$

Im Gegensatz dazu werden zur Ermittlung der Portfoliovolatilität zusätzlich risikoreduzierende Korrelationseffekte berücksichtigt. Diese ergeben sich immer dann, wenn die Renditen der betrachteten Asset-Klassen nicht perfekt positiv miteinander korrelieren. Die Portfoliovarianz  $\sigma_p^2$  lässt sich wie folgt bestimmen, wobei  $\sigma_{i,j}$  die Kovarianz der Renditen zwischen den Asset-Klassen i und j angibt.<sup>5</sup>

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \cdot x_j \cdot \sigma_{i,j}$$

Im vorhergehenden Abschnitt konnte für die betrachteten Asset-Klassen gezeigt werden, dass deren Renditen zwar überwiegend positiv, aber keinesfalls perfekt positiv miteinander korrelieren. Es ist daher sinnvoll, risikoreduzierende Verbundeffekte zu berücksichtigen.

<sup>3</sup> Vgl. Markowitz (1952), S. 77 ff.

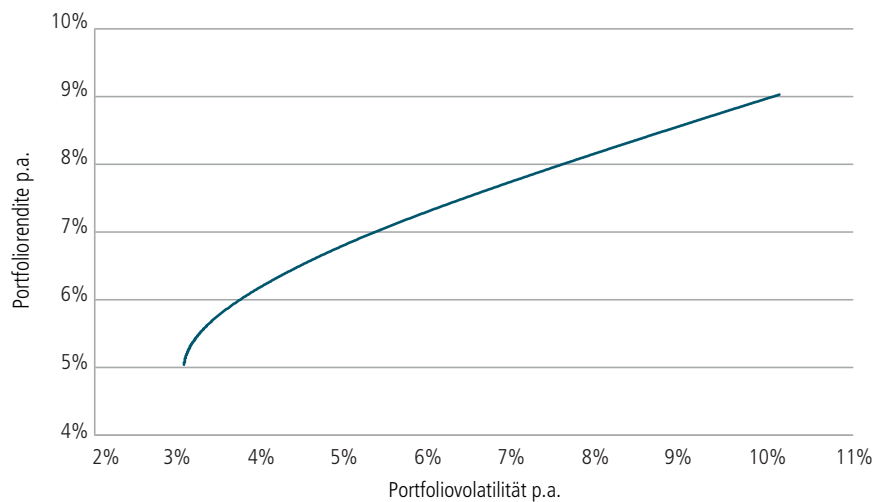
<sup>4</sup> Vgl. Nöll/Wiedemann (2008), S. 147.

<sup>5</sup> Vgl. Markowitz (1952), S. 81.

Werden die erwartete Portfoliorendite sowie die Portfoliovolatilität für alle denkbaren Portfolioanteile der betrachteten Asset-Klassen bestimmt, kann das Entscheidungsfeld von der gesamten Menge an möglichen Allokationen auf die Menge effizienter Allokationen reduziert werden.<sup>6</sup> Eine Allokation gilt als effizient, wenn keine andere Allokation existiert, die bei gleichem Risiko eine höhere Rendite liefert oder bei identischer Rendite ein geringeres Risiko aufweist.<sup>7</sup>

Werden die erwarteten Portfoliorenditen sowie die zugehörigen Portfoliovolatilitäten in einem Rendite-Risiko-Diagramm abgetragen, ergibt sich eine Kurve, die den effizienten Rand der Menge aller möglichen Allokationen markiert. Diese Kurve wird als Effizienzlinie bezeichnet.<sup>8</sup> Abbildung 4 zeigt die Effizienzlinie für die sieben Asset-Klassen des Beispielfalls auf Jahresbasis.

**Abbildung 4:**  
**Effizienzlinie für die Asset-Klassen des Beispielfalls**



Die dargestellte Effizienzlinie grenzt zwar das Entscheidungsfeld eines Investors auf die Menge effizienter Portfolios ein, liefert jedoch noch keine Entscheidung für eine bestimmte Allokation. Zur Identifikation einer spezifischen Allokation auf der Effizienzlinie wird klassischerweise auf die in Tabelle 4 dargestellten Optimierungsmodelle zurückgegriffen.

<sup>6</sup> Vgl. Markowitz (1952), S. 82.

<sup>7</sup> Vgl. Focardi/Fabozzi (2004), S. 474.

<sup>8</sup> Vgl. Markowitz (1952), S. 82.

**Tabelle 4:**  
**Zielfunktionen und Nebenbedingungen der klassischen Rendite-Risiko-Optimierung**  
**im Vergleich**

	Zielfunktion	Nebenbedingungen
<b>Modell 1</b>	<p>Wähle die Gewichte der Asset-Klassen derart, dass die erwartete Portfoliorendite maximiert wird:</p> $\mu_p = \sum_{i=1}^N x_i \cdot \mu_i \rightarrow \max!$	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\sum_{i=1}^N x_i = 1</math></li> <li><math>x_i \geq 0</math></li> <li><math>\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \cdot x_j \cdot \sigma_{ij} \leq \text{Obergrenze}</math></li> </ol>
<b>Modell 2</b>	<p>Wähle die Gewichte der Asset-Klassen derart, dass das Portfoliorisiko minimiert wird:</p> $\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \cdot x_j \cdot \sigma_{ij} \rightarrow \min!$	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\sum_{i=1}^N x_i = 1</math></li> <li><math>x_i \geq 0</math></li> <li><math>\mu_p = \sum_{i=1}^N x_i \cdot \mu_i \geq \text{Mindestrendite}</math></li> </ol>
<b>Modell 3</b>	<p>Wähle die Gewichte der Asset-Klassen derart, dass die Erwartungswert-Varianz-Nutzenfunktion maximiert wird:</p> $\text{Nutzen} = \mu_p = \frac{\gamma}{2} \sigma_p^2 \rightarrow \max!$	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>\sum_{i=1}^N x_i = 1</math></li> <li><math>x_i \geq 0</math></li> </ol>

Im Rahmen von Modell 1 werden die Gewichte der im Portfolio enthaltenen Asset-Klassen  $x_i$  derart festgelegt, dass die erwartete Portfoliorendite maximiert wird. Die Optimierung erfolgt dabei unter drei Nebenbedingungen: Die erste Nebenbedingung stellt eine vollständige Allokation sicher. Die zweite Nebenbedingung verbietet negative Gewichte und damit die Möglichkeit, Leerverkäufe durchzuführen. Die dritte Nebenbedingung schränkt den Ergebnisraum hinsichtlich des maximal zulässigen Portfoliorisikos ein. Dieses maximal tolerierbare Risiko ist exogen durch den Investor vorzugeben.

Im Gegensatz dazu geht Modell 2 genau in umgekehrter Reihenfolge vor: Unter exogener Vorgabe einer erwarteten Mindestrendite (Nebenbedingung 3) werden die Gewichte so gewählt, dass das Portfoliorisiko minimiert wird. Die Nebenbedingungen 1 und 2 sind identisch mit denen aus Modell 1.

Gleiches gilt für Modell 3, das allein mit den ersten beiden Nebenbedingungen auskommt. Die in Tabelle 4 dargestellte Nutzenfunktion basiert auf der nachfolgend beschriebenen allgemeinen Nutzenfunktion. Als Zielwert wird eine negativ exponentielle Nutzenfunktion zugrunde gelegt, die den Nutzen in Abhängigkeit von der Rendite  $r$  beschreibt:<sup>9</sup>

$$\text{Nutzen}(r) = 1 - e^{-\gamma \cdot r}$$

Diese Nutzenfunktion ist streng konkav, womit der Risikoaversion der Investoren Rechnung getragen wird. Der Koeffizient  $\gamma$  wird als Risikoaversionsparameter bezeichnet. Je höher dieser ist, desto ausgeprägter ist die Risikoaversion eines Investors.<sup>10</sup> Freund (1956) zeigt, dass die im Rahmen des Optimierungsmodells 3 dargestellte Zielfunktion (vgl. Tabelle 4) die oben aufgeführte konkave Nutzenfunktion maximiert.<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Vgl. Freund (1956), S. 255.

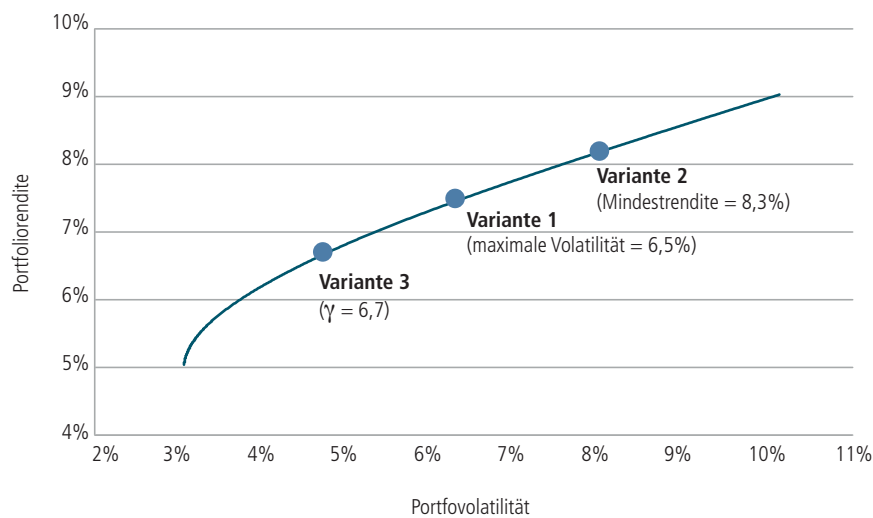
<sup>10</sup> Vgl. Freund (1956), S. 255.

<sup>11</sup> Eine Herleitung findet sich in Freund (1956), S. 255.



Abbildung 5 veranschaulicht exemplarisch die Rendite-Risiko-Kombinationen der auf Basis der drei Modelle ermittelten Asset Allocation-Varianten im Rendite-Risiko-Diagramm. Für Variante 1 wurde dabei eine maximale Portfoliovolatilität von 6,5 Prozent und für Variante 2 eine erwartete Mindestrendite von 8,3 Prozent exogen festgesetzt. Der Wert des für Variante 3 erforderlichen Risikoaversionsparameters  $\gamma$  ist abhängig vom Grad der Risikoaversion des Investors festzulegen. Im Beispielfall wird  $\gamma$  auf einen Wert von 6,7 festgesetzt.<sup>12</sup> Durch die Wahl entsprechender Parameter ist es selbstverständlich möglich, mit allen drei Modellen das gleiche optimale Portfolio zu erhalten.

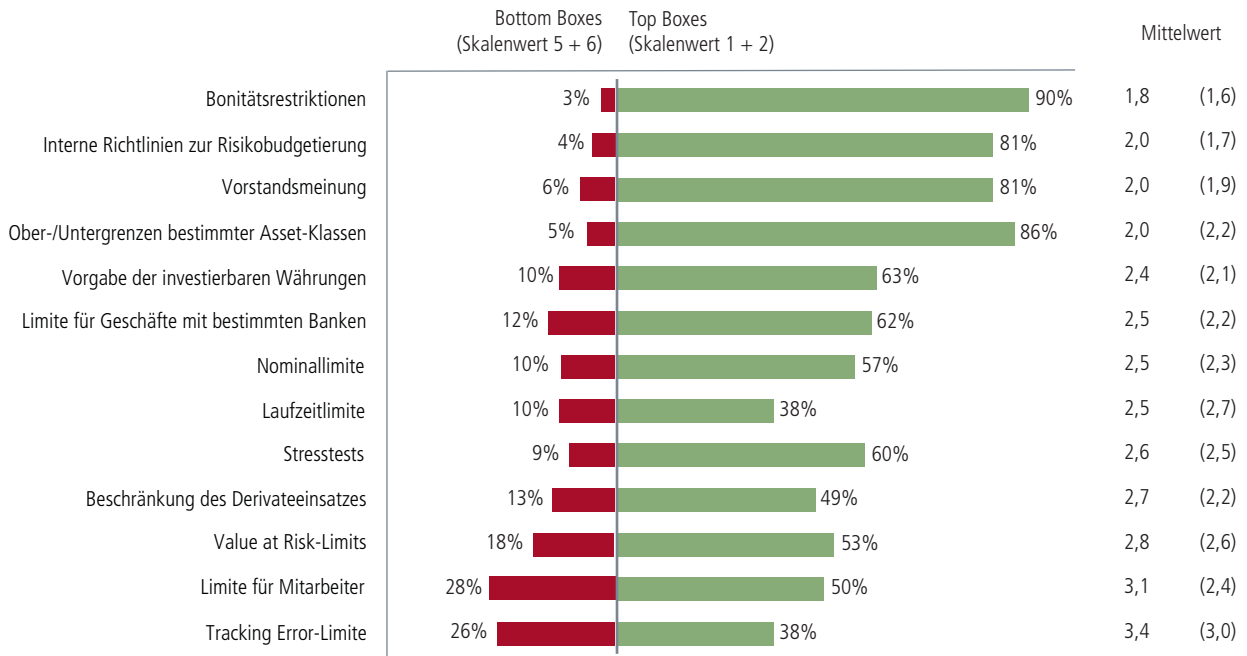
**Abbildung 5:**  
**Rendite-Risiko-Kombinationen der Asset Allocation-Varianten im Vergleich**



Neben den oben aufgeführten Nebenbedingungen können in den Optimierungsmodellen weitere investoren-spezifische Nebenbedingungen Berücksichtigung finden. Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die Bedeutung externer und interner Beschränkungen aus Sicht institutioneller Investoren auf Basis der Ergebnisse der Risikoinventur 2013.

<sup>12</sup> Für den Beispielfall wurde dieser Wert aus den historischen Daten als Überrendite des Marktportfolios im Vergleich zur risikolosen Verzinsung bezogen auf die Varianz des Marktportfolios berechnet.

**Abbildung 6:**  
**Bedeutung interner Anlagerestriktionen aus Sicht institutioneller Investoren**

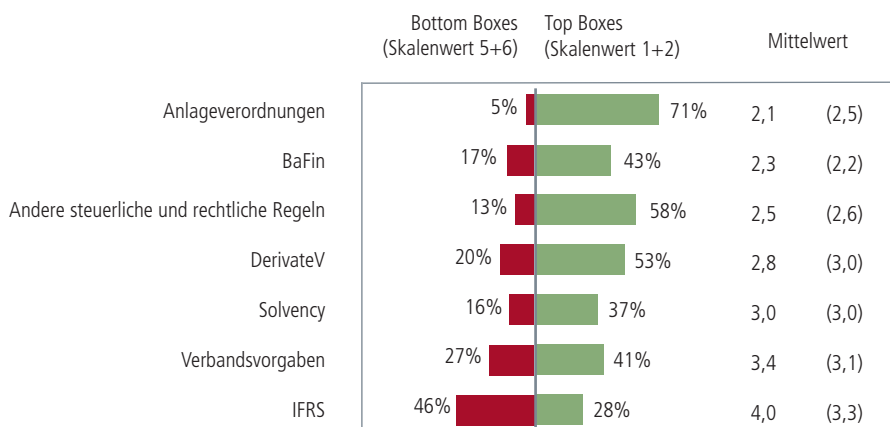


Frage 7: alle Befragten (n = 104); Skala von 1 = außerordentlich wichtig bis 6 = gar nicht wichtig; Werte von 2012 in Klammern

Bonitätsrestriktionen, interne Richtlinien zur Risikobudgetierung, die Vorstandsmeinung sowie Ober- und Untergrenzen bestimmter Asset-Klassen stellen die wichtigsten internen Anlagerestriktionen für institutionelle Investoren dar. Im Gegensatz dazu sind Value-at-Risk-, Mitarbeiter- und Tracking-Error-Limite, wie Abbildung 6 zeigt, von untergeordneter Bedeutung.

Auch externe Gesetzesvorschriften und Verordnungen grenzen den Entscheidungsspielraum institutioneller Investoren im Rahmen der Anlageentscheidung ein. Abbildung 7 listet verschiedene externe Restriktionen auf und zeigt auf, wie stark diese Einfluss auf die Anlageentscheidungen nehmen.

**Abbildung 7:**  
**Bedeutung externer Restriktionen aus Sicht institutioneller Investoren**



Alle Befragten (n = 104); Skala von 1 = außerordentlich wichtig bis 6 = gar nicht wichtig; Werte von 2012 in Klammern

Ungeachtet der konkreten Ausformulierung der Zielfunktion und der Nebenbedingungen hat die klassische Rendite-Risiko-Optimierung nach Markowitz Schwächen. Ein wesentlicher Nachteil ist die starke Abhängigkeit der Ergebnisse von den Inputgrößen, die im Beispiel auf Basis historischer Daten ermittelt wurden.<sup>13</sup> Schon kleine Veränderungen, insbesondere der erwarteten Renditen, können starke Unterschiede der Allokationsentscheidungen herbeiführen.<sup>14</sup> Die Ergebnisse der reinen Markowitz-Optimierung sind daher nicht sehr robust.<sup>15</sup> Zudem werden nicht selten extreme Portfoliokonstellationen generiert.<sup>16</sup>

Ein weiteres Problem der klassischen Portfoliooptimierung ist in der ihr implizit zugrunde liegenden Renditeverteilungsannahme zu sehen. Konkret werden lediglich die ersten beiden Momente der Verteilung – Erwartungswert und Varianz – betrachtet. Höhere Momente wie Schiefe und Kurtosis werden ignoriert. Damit liegt der klassischen Rendite-Risiko-Optimierung die Annahme normalverteilter Renditen zugrunde.<sup>17</sup>

Empirische Untersuchungen zeigen jedoch, dass die Normalverteilung – insbesondere in turbulenten Marktsituationen – die Wahrscheinlichkeit stark negativer Renditen deutlich unterschätzt.<sup>18</sup> Die Renditen der im Beispielfall betrachteten Asset-Klassen weisen, wie Tabelle 5 zeigt, teils deutlich von der Normalverteilung abweichende Werte auf.

**Tabelle 5:**  
**Empirische Schiefe und Kurtosis der Renditen der betrachteten Asset-Klassen**

	Sovereigns Core Euroland	Sovereigns Peripherie Euroland	Credits High Grade	Credits High Yield ex Financials	Emerging Markets Sovereigns	Equities MSCI All Countries	Commodities
<b>Schiefe</b>	0,22649	-0,38255	-0,54915	-0,83418	-3,38066	-0,63590	-0,09178
<b>Kurtosis</b>	3,20946	6,20021	4,88168	7,97153	27,48780	4,35501	3,46809

Insbesondere die Kurtosis der Renditen der Asset-Klassen „Emerging Markets Sovereigns“, „Sovereigns Peripherie Euroland“ sowie „High Yield Credits“ weisen erheblich breitere Verteilungsränder im Vergleich zur Normalverteilung auf.

Abbildung 8 zeigt die empirische Verteilung der historischen Renditen der Asset-Klasse „Credits High Yield ex Financials“ im Vergleich zur Normalverteilung, deren zwei Parameter Mittelwert und Standardabweichung denen der empirischen Renditeverteilung entsprechen. Zur Veranschaulichung der breiten Verteilungsränder wurde die linke Verteilungsflanke vergrößert. Es ist deutlich erkennbar, dass die Normalverteilung die Wahrscheinlichkeit stark negativer Renditen weit unterschätzt.

<sup>13</sup> Vgl. Gosling (2010), S. 53.

<sup>14</sup> Vgl. Best/Grauer (1991), S. 332, Michaud (1989), S. 35.

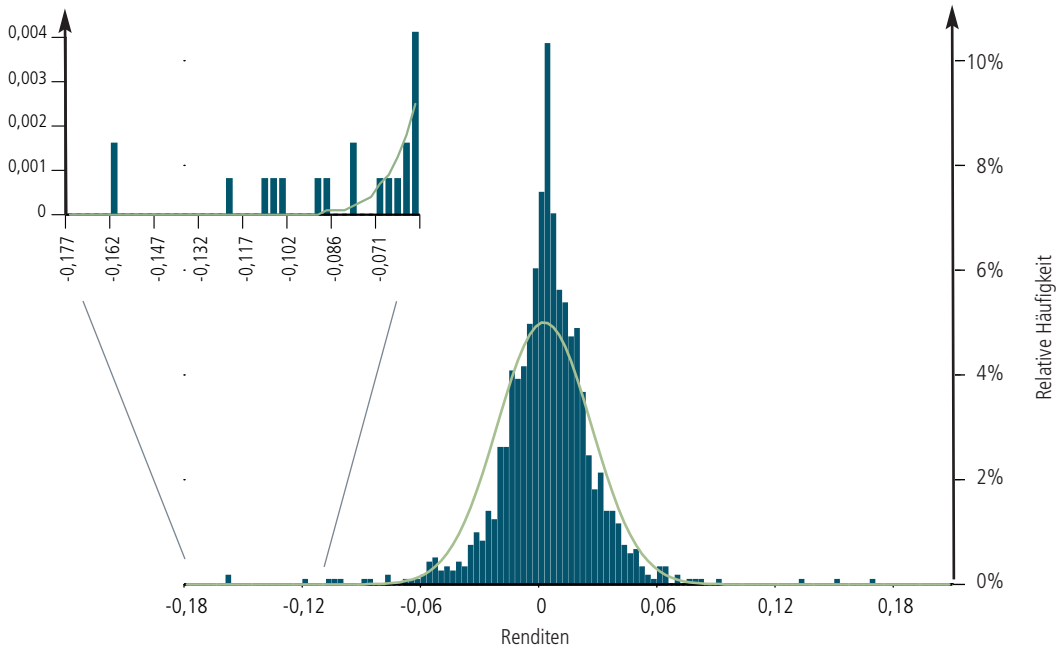
<sup>15</sup> Vgl. Michaud et al. (2013), S. 6.

<sup>16</sup> Vgl. Black/Litterman (1992), S. 28, He/Litterman (1999), S. 3.

<sup>17</sup> Vgl. Gosling (2010), S. 53.

<sup>18</sup> Vgl. z. B. Mandelbrot (1963), S. 394 ff.

**Abbildung 8:**  
**Empirische Renditeverteilung der Asset-Klasse „Credits High Yields ex Financials“ im Vergleich zur Normalverteilung**



Empirisch lassen sich somit stark negative Renditen beobachten, für die gemäß der Normalverteilungshypothese lediglich eine infinitesimale Wahrscheinlichkeit vorliegt. Empirische Renditeverteilungen sind nicht symmetrisch und weisen breite Ränder (sog. Fat Tails) auf.<sup>19</sup>

Eine Möglichkeit, den geschilderten Problemen des traditionellen Ansatzes der Asset Allocation entgegenzuwirken, besteht in der Einbindung zukunftsgerichteter Entwicklungsszenarien. Insbesondere erlangt der Investor auf diese Weise die Möglichkeit, sowohl Fat-Tail-Ereignisse als auch asymmetrische Renditeerwartungen im Rahmen seiner Asset Allocation zu erfassen.

<sup>19</sup> Vgl. hierzu ausführlich Nöll/Wiedemann (2008), S. 152 ff.





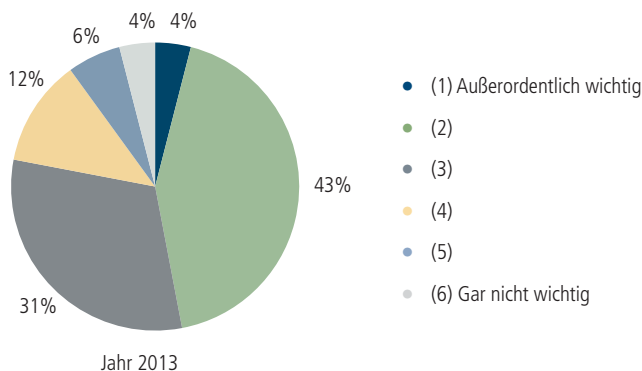
# 3 Szenariobasierte Asset Allocation

## 3.1 Prozess einer szenariobasierten Asset Allocation

Wie im vorhergehenden Abschnitt angedeutet, können insbesondere asymmetrische Renditeerwartungen und Fat-Tail-Ereignisse über Szenariotechniken in die Asset Allocation eingebunden werden. Dies entspricht auch einem zunehmenden Wunsch institutioneller Investoren.

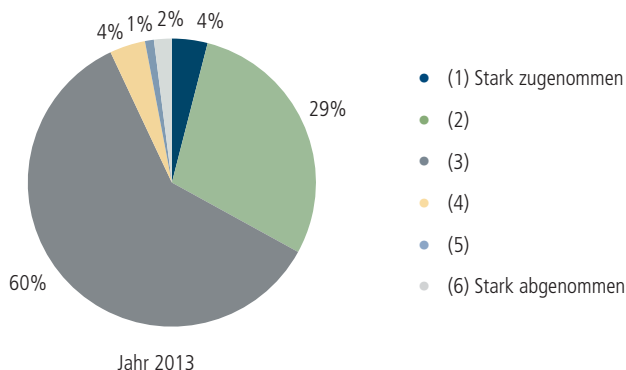
Die im Rahmen der Risikoinventur 2013 befragten institutionellen Investoren schätzen die Bedeutung des Einsatzes von Szenariotechniken überwiegend als hoch ein (vgl. Abbildung 9), wobei 29 Prozent der Befragten angaben, dass die Bedeutung des Einsatzes von Szenariotechniken im Rahmen ihrer Anlageentscheidung sogar noch zugenommen hat (vgl. Abbildung 10).

**Abbildung 9:**  
**Bedeutung des Einsatzes von Szenariotechniken aus Sicht institutioneller Investoren**



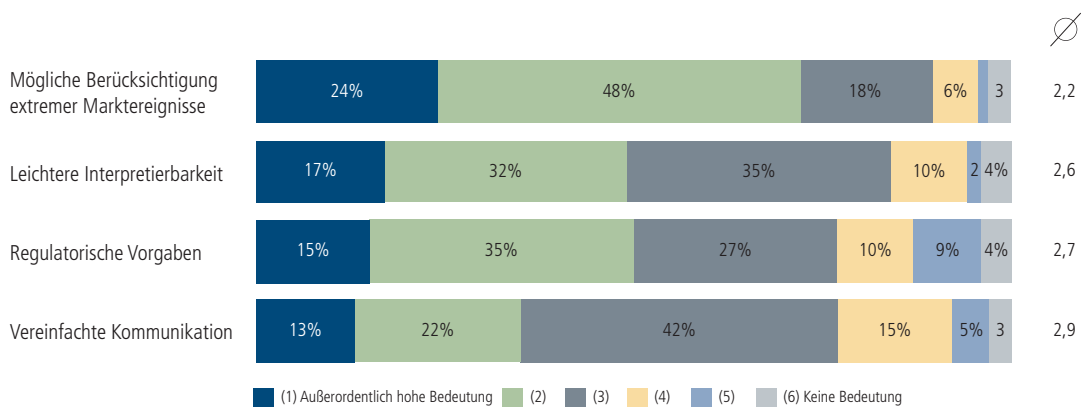
Diese Ergebnisse belegen, dass Investoren sich bereits intensiv mit differenzierten Renditeerwartungen auseinandersetzen, auch wenn sie diese im Rahmen einer klassischen Markowitz-Optimierung (noch) nicht berücksichtigen.

**Abbildung 10:**  
**Veränderung der Bedeutung des Einsatzes von Szenariotechniken aus Sicht institutioneller Investoren**



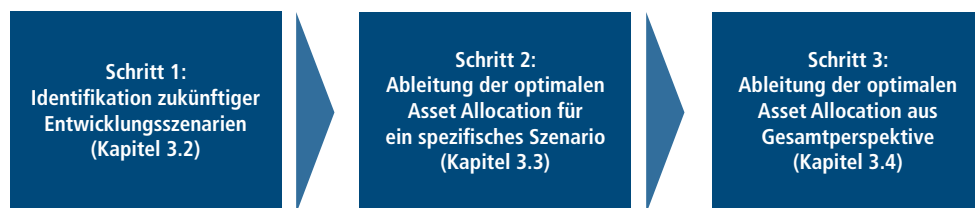
Weiterhin geben die Befragten an, dass der bedeutendste Grund für den Einsatz von Szenariotechniken die Möglichkeit der Berücksichtigung extremer Marktereignisse ist (vgl. Abbildung 11).

**Abbildung 11:**  
**Motive für den Einsatz von Szenariotechniken aus Sicht institutioneller Investoren**



Angesichts des stark gestiegenen Interesses von Investoren, Szenariotechniken in den Anlageentscheidungsprozess einzubinden, stellt sich die Frage, wie dies strukturiert geschehen kann und wie sich eine entscheidungstheoretisch fundierte Asset Allocation ableiten lässt. Hierzu wird der Allokationsprozess, wie Abbildung 12 zeigt, in drei Teilschritte zerlegt.

**Abbildung 12:**  
**Prozess einer szenariobasierten Asset Allocation**



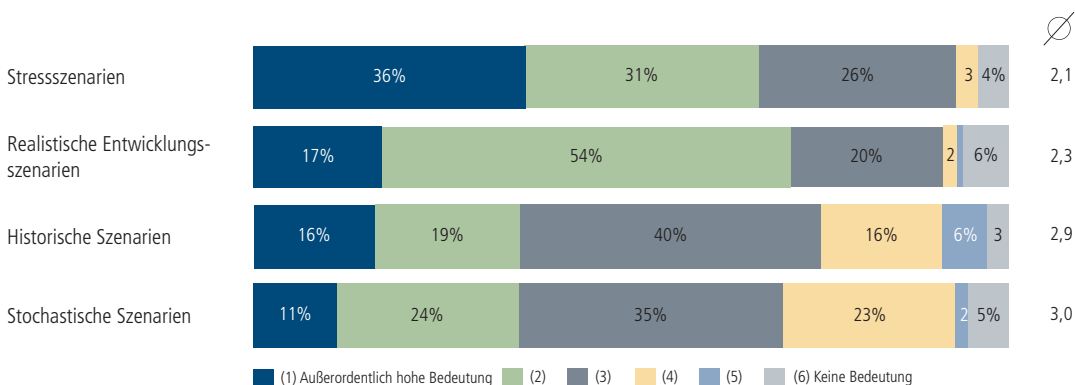
Im Fokus von Schritt 1 steht die Identifikation zukünftiger Entwicklungsszenarien. Ziel ist zuerst die Festlegung möglicher Entwicklungsszenarien und anschließend die Prognose der Renditeentwicklungen der betrachteten Asset-Klassen für diese Szenarien. Darüber hinaus sind szenariospezifische Korrelationsmatrizen zum Zwecke der Abbildung unterschiedlicher Korrelationen zwischen den Asset-Klassen in den verschiedenen Szenarien festzusetzen.

Im Anschluss daran wird für jedes der im Rahmen von Schritt 1 definierten Szenarien eine optimale Asset Allocation abgeleitet. Im dritten Schritt sind die Ergebnisse zu verdichten und es wird auf Basis der innerhalb des zweiten Schrittes identifizierten optimalen szenariospezifischen Asset Allocation eine für den Investor unter Berücksichtigung aller Szenarien für seine individuellen Erwartungen und Vorgaben optimale Allokation identifiziert.

### 3.2 Definition zukünftiger Entwicklungsszenarien

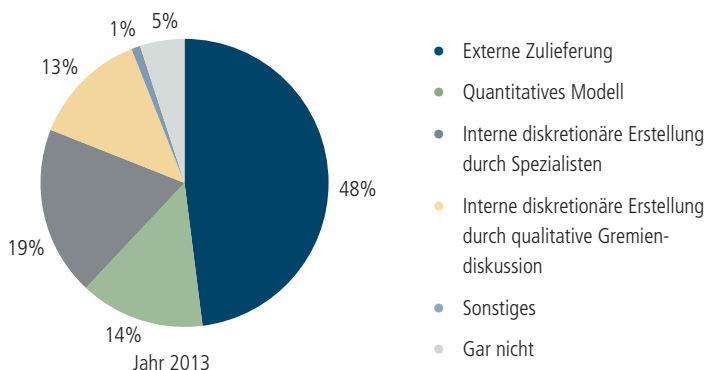
Wie im vorhergehenden Abschnitt dargelegt, steht am Anfang des Prozesses die Festlegung der im Rahmen der Asset Allocation einzubeziehenden Szenarien. Dabei stellt sich zunächst die Frage, welche Arten von Szenarien zu betrachten sind. Abbildung 13 gibt eine Übersicht über die Bedeutung, die institutionelle Anleger den verschiedenen Szenarioarten im Rahmen ihrer Anlageentscheidung beimessen.

**Abbildung 13:**  
**Welche Bedeutung wird aus Ihrer Sicht den nachfolgenden Szenarioarten im Rahmen Ihrer Anlageentscheidungen zukünftig zukommen?**



Aus Abbildung 13 geht deutlich hervor, dass das Hauptaugenmerk institutioneller Investoren auf Stress- sowie realistischen Entwicklungsszenarien liegt. Historischen und stochastischen Szenarien wird eine deutlich geringere Bedeutung beigemessen. Auch diese Ergebnisse belegen, dass Szenariotechniken für Investoren das Mittel der Wahl sind, um strukturiert mögliche Marktentwicklungen zu analysieren. Stochastische Szenarien haben andere Vorteile, können hierbei aber nicht helfen. Bei der Ableitung ökonomischer Entwicklungsszenarien greift, wie Abbildung 14 zeigt, fast die Hälfte aller Investoren auf externes Know-how zurück.

**Abbildung 14:**  
**Wie werden bei Ihnen im Unternehmen ökonomische Entwicklungsszenarien aufgestellt?**



Zur illustrativen Darstellung der szenariobasierten Asset Allocation wird im Rahmen dieser Arbeit auf die in Tabelle 6 dargestellten realistischen Entwicklungsszenarien für die betrachteten sieben Asset-Klassen zurückgegriffen.<sup>20</sup> Hierdurch können gezielt asymmetrische Renditeerwartungen und Fat Tails formuliert und in verschiedenen Optimierungsproblemen adressiert werden. Für jede Asset-Klasse wird die erwartete Renditeentwicklung p.a. im jeweiligen Entwicklungsszenario festgelegt.

**Tabelle 6:**  
**Entwicklungsszenarien im Beispielfall**

Asset-Klassen	Haupt-szenario	Opti-mistisch	Pessi-mistisch I	Pessi-mistisch II	Fat Tail
Sovereigns Core Euroland	2,2%	1,5%	3,0%	0,0%	3,0%
Sovereigns Peripherie Euroland	2,6%	4,0%	-2,0%	1,0%	1,0%
Credits High Grade	2,8%	2,5%	1,0%	1,5%	2,0%
Credits High Yield ex Financials	5,0%	6,0%	0,5%	3,0%	1,5%
Emerging Markets Sovereigns	5,5%	7,0%	5,0%	4,0%	0,0%
Equities MSCI All Countries	7,0%	18,0%	-10,0%	0,0%	-30,0%
Commodities	6,0%	15,0%	-7,0%	0,0%	-15,0%

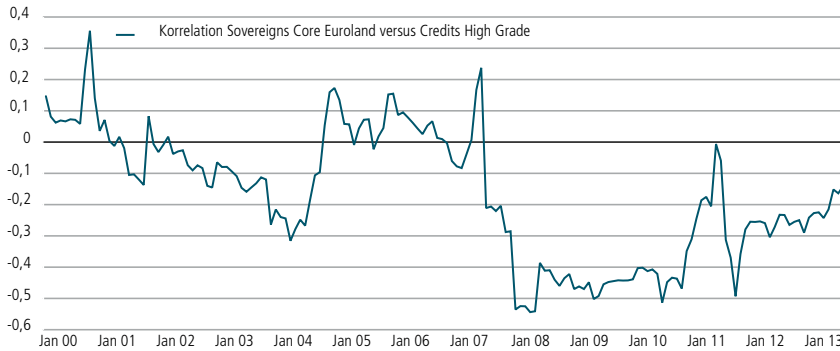
Innerhalb dieses illustrativen Beispiels prognostiziert das Hauptszenario die Renditeentwicklung im Falle eines moderaten Konjunkturaufschwungs, verbunden mit einem stabilen Zinsniveau. Risikoassets performen etwas besser als sichere Staatsanleihen. Dem optimistischen Szenario liegt die Prämisse einer nachhaltigen globalen Konjunkturerholung zugrunde, welche den Risikoassets zu zum Teil sehr deutlicher Outperformance verhilft. Das Szenario „pessimistisch I“ unterstellt ein Wiederaufflammen der Euro-Krise mit deutlichen Verlusten in Peripherie-Anleihen sowie am Aktienmarkt. Dem Szenario „pessimistisch II“ liegt die Annahme eines starken Zinsanstieges zugrunde. Dieser reduziert die Erträge aller Rentenanlagen, während Aktien und Rohstoffe einen Nullertrag liefern. Zusätzlich zu den beiden pessimistischen Szenarien wird ein Fat-Tail-Szenario betrachtet, das ein extremes Marktereignis a la Lehman-Pleite abbilden soll. Hier verlieren die Aktien 30 Prozent, während sichere Staatsanleihen zulegen können.

Neben den zuvor definierten szenarioabhängigen Renditeerwartungen der einzelnen Asset-Klassen können zusätzlich szenariospezifische Varianz-Kovarianz-Matrizen mit in den Anlageentscheidungsprozess einbezogen werden. Dieses Vorgehen trägt der Tatsache Rechnung, dass das Korrelationsverhalten zwischen einzelnen Asset-Klassen je nach Marktumfeld teilweise stark variiert.<sup>21</sup> Dies verdeutlicht auch Abbildung 15 am Beispiel der jährlichen gleitenden Korrelation zwischen den Renditen der Asset-Klassen „Sovereigns Core Euroland“ und „Credits High Grade“.

<sup>20</sup> Gosling (2010) beschäftigt sich in ihrem Artikel ausführlich mit der Ableitung von Entwicklungsszenarien für Zwecke der szenariobasierten Asset Allocation. Saffo (2007) gibt allgemeine Hinweise, die im Rahmen von Zukunftsprognosen zu berücksichtigen sind.

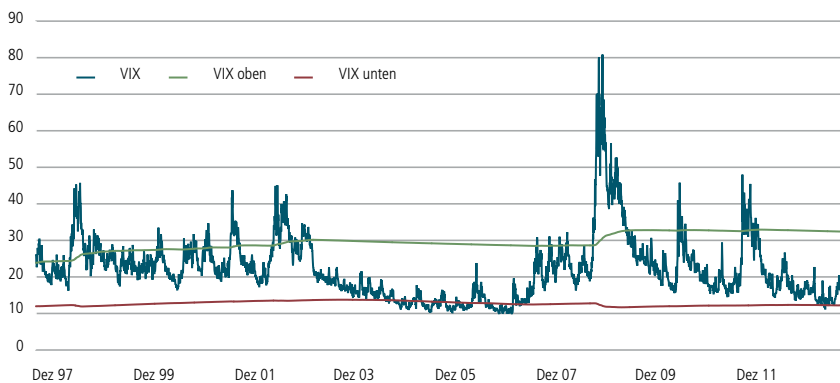
<sup>21</sup> Vgl. hierzu z. B. Loretan/English (2000), S. 1; Kotkatvuori-Örnberg et al. (2013) zeigen dies am Beispiel von Aktienmärkten.

**Abbildung 15:**  
**Korrelation „Sovereign Core Euroland“ vs. „Credits High Grade“**



Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt die Regimeeinteilung auf Basis des VIX (Volatilitätsindex S&P 500). Zu diesem Zweck wird die betrachtete Historie in drei Marktphasen eingeteilt: in Phasen mit hoher, normaler und niedriger Volatilität. Dieses Vorgehen veranschaulicht Abbildung 16. Die Trennung der Marktphasen erfolgt mittels der beiden Bänder „VIX oben“ und „VIX unten“.<sup>22</sup>

**Abbildung 16:**  
**Regimeeinteilung mittels VIX**



Die Bestimmung der szenariospezifischen Kovarianzen wird auf Basis der historischen Renditen der sieben Asset-Klassen vorgenommen, wobei in Abhängigkeit vom betrachteten Szenario auf verschiedene Zeiträume mit unterschiedlich volatilen Marktverhältnissen zurückgegriffen wird (vgl. Tabelle 7).<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Das untere Band markiert die Abweichungen vom Mittelwert des VIX um eine Standardabweichung nach unten. Das obere Band markiert die Abweichung vom Mittelwert des VIX um die 1,5-fache Standardabweichung nach oben.

<sup>23</sup> Die im Beispielfall verwendeten szenariospezifischen Kovarianzmatrizen sind im Anhang A abgebildet.



**Tabelle 7:**  
**Zeiträume zur Bestimmung szenariospezifischer Kovarianzmatrizen**

<b>Hauptszenario</b>	Gesamtzeitraum
<b>Optimistisches Szenario</b>	100% Phasen normaler Volatilität
<b>Pessimistisches Szenario I</b>	70% Phasen hoher Volatilität und 30% Gesamtzeitraum
<b>Pessimistisches Szenario II</b>	50% Phasen geringer Volatilität 50% Gesamtzeitraum
<b>Fat-Tail-Szenario</b>	100% Phasen hoher Volatilität

Auf Basis der im Rahmen dieses Abschnittes definierten Szenarien soll im Folgenden die Funktionsweise von verschiedenen Verfahren zur szenariobasierten Asset Allocation aufgezeigt werden.

### 3.3 Ableitung optimaler Portfolios für einzelne Szenarien

Im Fokus des zweiten Schrittes der szenariobasierten Asset Allocation steht die Generierung von optimalen Portfolios für die im ersten Schritt formulierten Szenarien. Ziel ist die Identifikation von Portfoliostrukturen, die bei Eintritt der jeweiligen Szenarien aus Investorensicht optimal wären. Zu diesem Zweck ist zunächst ein geeignetes Optimierungsmodell auszuwählen, dessen Form sich an den in Kapitel 2 vorgestellten Varianten orientieren kann. Die Wahl des Optimierungsmodells hat sich an der investorenspezifischen Risikoeinstellung sowie an den internen und externen Restriktionen zu orientieren. Im Rahmen dieser Arbeit wird auf Variante 3 der beschriebenen Zielfunktionen zurückgegriffen.<sup>24</sup> Es ist somit folgende Zielfunktion in Abhängigkeit vom Vektor der Portfoliogewichte  $x$  der einzelnen Asset-Klassen für alle betrachteten Szenarien  $s = 1, \dots, 5$  zu maximieren:

$$\text{Nutzen}_s = \mu_{p,s} - \frac{\gamma}{2} \cdot \sigma_{p,s}^2 \rightarrow \max!$$

Im Beispielfall wird die erwartete Portfoliorendite  $\mu_{p,s}$  direkt auf Basis der im vorhergehenden Schritt definierten Renditen der Asset-Klassen  $R_s^{\text{AK}}$  in den jeweiligen Entwicklungsszenarien wie folgt ermittelt:

$$\mu_{p,s} = \underline{x}^T \cdot \underline{R}_s^{\text{AK}}$$

Die Portfoliorendite bestimmt sich somit durch Multiplikation des transponierten Vektors der Portfoliogewichte  $\underline{x}^T$  mit dem Vektor der erwarteten Renditen der Asset-Klassen  $\underline{R}_s^{\text{AK}}$  in den verschiedenen Szenarien. Neben der Möglichkeit der direkten Einbeziehung der szenariospezifischen Renditeerwartungen in die Optimierung, besteht auch die Option, mithilfe des Black-Litterman-Modells die individuellen Renditeeinschätzungen mit den am Kapitalmarkt beobachtbaren langfristigen Gleichgewichtsrenditen der betrachteten Asset-Klassen zu verbinden.<sup>25</sup>

Die Berechnung der Portfoliovarianz erfolgt auf Basis szenariospezifischer Varianz-Kovarianz-Matrizen  $\Sigma_s$ , deren Ableitung aus den historischen Kapitalmarktdaten im vorhergehenden Abschnitt erläutert wurde.<sup>26</sup> Die szenariospezifische Portfoliovarianz  $\sigma_{p,s}^2$  in Abhängigkeit vom Gewichtungsvektor der Asset-Klassen  $\underline{x}_s$  bestimmt sich somit wie folgt:

$$\sigma_{p,s}^2 = \underline{x}_s^T \cdot \Sigma_s \cdot \underline{x}_s$$

<sup>24</sup> Die Verwendung alternativer Optimierungsmodelle ist ebenfalls möglich und zielführend.

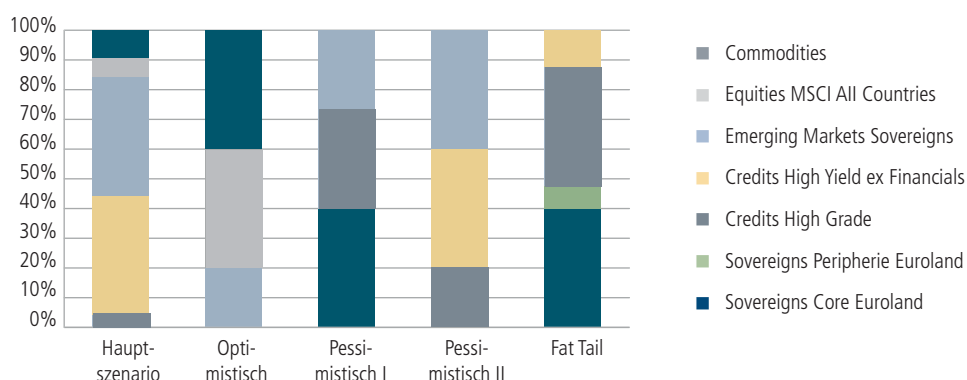
<sup>25</sup> Vgl. Black/Litterman (1992), S. 28 ff., und Anhang B.

<sup>26</sup> Die im Beispielfall verwendeten szenariospezifischen Kovarianzmatrizen sind im Anhang A abgebildet

Dieses Vorgehen stellt sicher, dass das variierende Korrelationsverhalten der Renditen der Asset-Klassen in den verschiedenen Marktsituationen im Rahmen der Identifikation der optimalen Anlageentscheidung Berücksichtigung findet.

Der Risikoavversionsparameter  $\gamma$  wird wie im vorhergehenden Kapitel auf 6,7 festgelegt. Zusätzlich zu den zwei Nebenbedingungen der vollständigen Allokation sowie der Nichtnegativität der Portfoliogewichte der Asset-Klassen wurde der maximale Portfolioanteil jeder Asset-Klasse auf 40 Prozent begrenzt.<sup>27</sup> Abbildung 17 zeigt die Ergebnisse der Optimierung im Überblick.

**Abbildung 17:**  
**Ergebnisse der szenariospezifischen Einzeloptimierung**

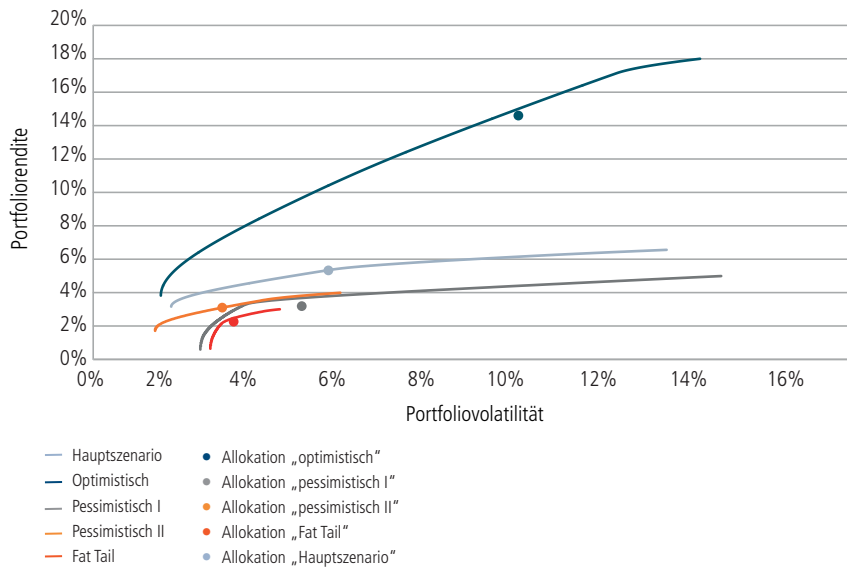


Bei Betrachtung von Abbildung 17 wird deutlich, dass im Hauptszenario sowie im optimistischen Szenario verstärkt in risikobehafteten Asset-Klassen mit hohen Renditepotenzialen investiert wird, während innerhalb der pessimistischen Szenarien sowie des Fat-Tail-Szenarios der Großteil des Anlagevolumens in risikoarmen Anleihen der Euro-Kernstaaten sowie in Unternehmensanleihen mit guter Bonität investiert wird. Die optimalen Allokationen unterscheiden sich somit in Abhängigkeit vom zugrunde gelegten Szenario sehr stark.

Abbildung 18 veranschaulicht die szenariospezifischen Allokationen im Rendite-Risiko-Diagramm. Dank der innerhalb von Schritt 1 festgelegten szenarioabhängigen Renditeerwartungen der Asset-Klassen sowie der unterschiedlichen Kovarianzmatrizen, lässt sich für jedes Szenario eine separate Effizienzlinie ableiten. Investoren können durch die Formulierung und Lösung des Optimierungsmodells einen bestimmten Punkt auf der Effizienzlinie als den für sie optimalen Punkt identifizieren. Hierbei ist zu beachten, dass, bedingt durch die Beschränkung der Portfolioanteile der Asset-Klassen auf maximal 40 Prozent, die Punkte teilweise leicht unterhalb der Effizienzlinien liegen. Die Einbeziehung zusätzlicher Restriktionen kann somit eine Herabsetzung der Effizienz der generierten Portfolios bewirken, was bei der Formulierung des Optimierungsproblems zu berücksichtigen ist.

<sup>27</sup> Diese Restriktion ist nicht zwingend erforderlich. Allerdings wird sie stellvertretend für eine Vielzahl interner und externer Restriktionen, die Investoren im Rahmen ihrer Anlageentscheidung einzuhalten haben, berücksichtigt (vgl. hierzu Abbildung 6 und Abbildung 7 in Kapitel 2).

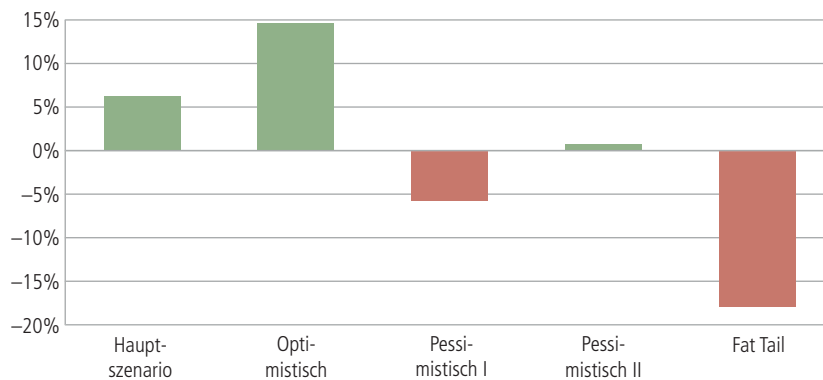
**Abbildung 18:**  
**Szenariospezifische Allokationen im Rendite-Risiko-Diagramm**



Da der zukünftige Eintritt der definierten Szenarien unsicher ist, steht der Investor vor der Frage, wie er sich entscheiden soll, denn jedes Portfolio wurde für ein konkretes Szenario optimiert.

Eine Fehlentscheidung kann, wie Abbildung 19 zeigt, zu desaströsen zukünftigen Ergebnissen führen. Zur Verdeutlichung der möglichen Auswirkungen sei unterstellt, dass sich der Investor in der Beispielsituation für die für das optimistische Entwicklungsszenario optimierte Asset Allocation entscheidet. Abbildung 19 zeigt, welche Renditen dieses Portfolio bei Eintritt der verschiedenen Szenarien generiert.

**Abbildung 19:**  
**Renditeentwicklung des auf das optimistische Szenario optimierten Portfolios in den verschiedenen Szenarien**



Während das Portfolio bei Eintritt des Hauptszenarios, des optimistischen Szenarios sowie des Szenarios „pessimistisch II“ positive Renditen generiert, wird insbesondere bei Eintritt des Fat-Tail-Ereignisses eine stark negative Portfoliorendite erwirtschaftet.

Die extreme Ausrichtung auf ein einzelnes Entwicklungsszenario führt somit nur dann zu optimalen Ergebnissen, wenn das Szenario tatsächlich eintritt, für das das Portfolio optimiert wurde. Sobald aber ein anderes als das erwartete Szenario eintritt, läuft der Investor Gefahr, starke Verluste zu erleiden.

Es stellt sich daher die Frage, ob und wie sich ein Portfolio identifizieren lässt, das unter Berücksichtigung aller Szenarien optimal ist.

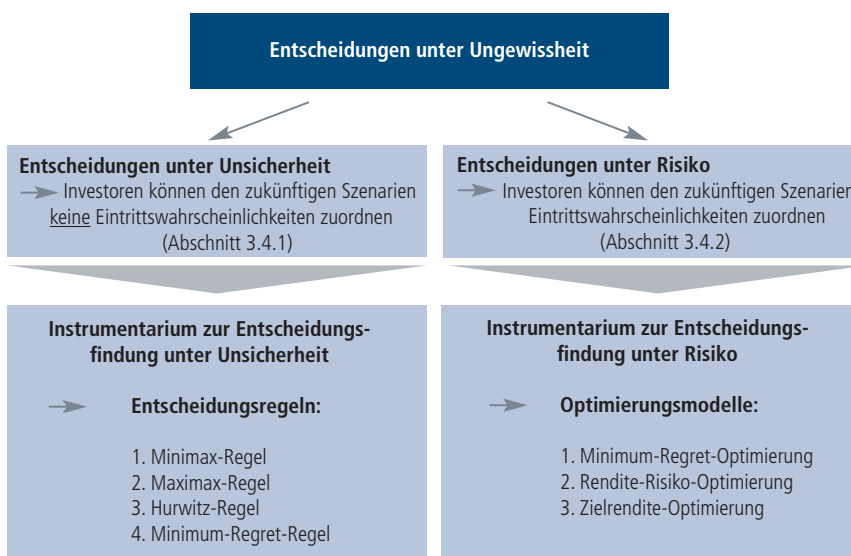
### 3.4 Ermittlung einer Asset Allocation unter Berücksichtigung aller Szenarien

#### 3.4.1 Entscheidung unter Unsicherheit

Ziel dieses Kapitels ist die Identifikation einer optimalen Asset Allocation, wobei im Gegensatz zum vorhergehenden Abschnitt nicht ein einzelnes Szenario betrachtet und die Asset Allocation isoliert für dieses optimiert wird, sondern die Optimierung unter Berücksichtigung aller Szenarien erfolgen soll.

Unter entscheidungstheoretischen Gesichtspunkten steht der Investor bei der Auswahl einer für ihn optimalen Alternative vor dem Problem einer Entscheidung unter Ungewissheit. Entscheidungssituationen unter Ungewissheit sind dadurch charakterisiert, dass es dem Investor nicht möglich ist, vorherzusagen, welches Szenario zukünftig tatsächlich eintritt.<sup>28</sup> Entscheidungen unter Ungewissheit lassen sich, wie Abbildung 20 zeigt, weiter in zwei Kategorien unterteilen: Entscheidungen unter Risiko und Entscheidungen unter Unsicherheit. Während der Investor im Rahmen einer Entscheidung unter Risiko den zukünftig möglichen Szenarien Eintrittswahrscheinlichkeiten zuweisen kann, ist ihm dies in einer Entscheidungssituation unter Unsicherheit nicht möglich.<sup>29</sup>

**Abbildung 20:**  
**Instrumentarium zur Entscheidungsfindung unter Unsicherheit und Risiko<sup>30</sup>**



<sup>28</sup> Vgl. Parmigiani/Inoue (2009), S. 13.

<sup>29</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 82.

<sup>30</sup> Es existiert eine Vielzahl weiterer Entscheidungsregeln. Aufgeführt sind nur die Instrumente, die im Folgenden betrachtet werden.

Im Folgenden soll die Wahl der optimalen Anlageentscheidung in beiden Entscheidungssituationen untersucht, entsprechende Entscheidungsverfahren aufgezeigt sowie die daraus abgeleiteten Allokationen miteinander verglichen werden. Liegt eine Entscheidungssituation unter Unsicherheit vor, d. h., ist der Investor nicht in der Lage oder nicht willens, den formulierten Szenarien Eintrittswahrscheinlichkeiten zuzuordnen, helfen ihm Entscheidungsregeln bei der Auswahl eines für ihn optimalen Portfolios. Diese Situation soll in diesem Abschnitt analysiert werden. Weiter gehende Möglichkeiten zur Portfoliooptimierung erschließen sich einem Investor, wenn eine Entscheidungssituation unter Risiko vorliegt, d. h., wenn der Investor den formulierten Szenarien zusätzlich auch jeweils eine Eintrittswahrscheinlichkeit zuordnen kann. Dieser Fall wird im sich anschließenden Kapitel 3.4.2 vorgestellt.

Begonnen wird mit der Analyse einer Entscheidungssituation unter Unsicherheit. Bezogen auf das Beispiel stehen dem Investor fünf Portfolios zur Auswahl, die isoliert für ein spezifisches Szenario optimiert wurden. Er steht nun vor der Frage, für welche Allokation er sich entscheiden soll, wenn er den zukünftig möglichen Szenarien keine Eintrittswahrscheinlichkeiten zuweisen kann. Die verschiedenen Allokationen sind in diesem Fall als Alternativen aufzufassen, zwischen denen sich der Investor entscheiden muss.<sup>31</sup> Tabelle 8 zeigt die Zusammensetzung der einzelnen Portfolios auf, die jeweils für ein Szenario optimiert wurden. Alternative 1 stellt beispielsweise das optimale Portfolio für das Hauptszenario „moderate Konjunkturerholung, verbunden mit einem stabilen Zinsniveau“ dar. Dieses Portfolio setzt sich zu jeweils 40 Prozent aus den Asset-Klassen „Credits High Yield ex Financials“ und „Emerging Markets Sovereigns“ zusammen. Ferner sind 10 Prozent Rohstoffe, 6 Prozent Aktien und 4 Prozent „Credits High Grade“ beigemischt.

**Tabelle 8:**  
**Portfoliostrukturen der Alternativen im Vergleich**

Alternativen Asset-Klassen	Alternative 1: optimales Portfolio im Hauptszenario	Alternative 2: optimales Portfolio im optimistischen Szenario	Alternative 3: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch I“	Alternative 4: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch II“	Alternative 5: optimales Portfolio im Fat-Tail- Szenario
Sovereigns Core Euroland	0%	0%	40%	0%	40%
Sovereigns Peripherie Euroland	0%	0%	0%	0%	8%
Credits High Grade	4%	0%	25%	20%	40%
Credits High Yield ex Financials	40%	0%	0%	40%	12%
Emerging Markets Sovereigns	40%	20%	35%	40%	0%
Equities MSCI All Countries	6%	40%	0%	0%	0%
Commodities	10%	40%	0%	0%	0%
<b>Summe</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

<sup>31</sup> Diese Annahme wird im Rahmen von Abschnitt 3.4.2 fallen gelassen.

Tabelle 9 zeigt auf, welche erwarteten Renditen mit den jeweiligen Alternativen bei Eintritt der verschiedenen Szenarien verbunden sind. Zur Berechnung dieser Renditen sind die innerhalb von Schritt 1 prognostizierten Renditen in den jeweiligen Szenarien (vgl. Tabelle 6 in Abschnitt 3.2) mit den obigen Portfoliogewichten multipliziert worden (vgl. Tabelle 8).

**Tabelle 9:**  
**Renditen p.a. der Alternativen bei Eintritt der unterschiedlichen Szenarien**

Szenarien Alternativen	Haupt-szenario	Opti-mistisch	Pessi-mistisch I	Pessi-mistisch II	Fat Tail
Alternative 1: optimales Portfolio im Hauptszenario	5,33%	7,86%	0,95%	2,86%	-2,64%
Alternative 2: optimales Portfolio im optimistischen Szenario	6,30%	14,60%	-5,80%	0,80%	-18,00%
Alternative 3: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch I“	3,50%	3,66%	3,19%	1,77%	1,71%
Alternative 4: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch II“	4,76%	5,70%	2,40%	3,10%	1,00%
Alternative 5: optimales Portfolio im Fat-Tail-Szenario	2,81%	2,65%	1,51%	1,05%	2,26%

Entscheidet sich der Investor beispielsweise für Alternative 3 und tritt das Szenario „pessimistisch I“ ein, wird für dieses Portfolio eine Rendite von 3,19 Prozent erwartet. Träte hingegen das Szenario „pessimistisch II“ ein, würde die erwartete Portfoliorendite lediglich 1,77 Prozent betragen.

Wie aufgezeigt, sind Entscheidungssituationen unter Unsicherheit dadurch charakterisiert, dass es dem Entscheider (im konkreten Fall dem Investor) nicht möglich ist, den verschiedenen Entwicklungsszenarien Eintrittswahrscheinlichkeiten zuzuweisen. Die klassische Entscheidungstheorie hat für derart spezifische Probleme eine Vielzahl von Entscheidungsregeln hervorgebracht. Für die Zwecke der Asset Allocation sollen, wie in Abbildung 20 dargestellt, die folgenden vier Regeln betrachtet werden:

1. Minimax-Regel
2. Maximax-Regel
3. Hurwitz-Regel
4. Minimum-Regret-Regel

Ausgangspunkt für die Anwendung sämtlicher Regeln ist die oben stehende Tabelle 9, die angibt, welche Renditen die Alternativen bei Eintritt der verschiedenen Szenarien erwirtschaften.

## 1. Minimax-Regel

Zur Ableitung einer Entscheidung mittels der Minimax-Regel<sup>32</sup> ist zunächst die minimale Rendite jeder Alternative zu bestimmen. Dies zeigt Tabelle 10 für den Beispielfall.

**Tabelle 10:**  
**Bestimmung der minimalen Renditen p.a. der Alternativen**

Szenarien Alternativen	Haupt-szenario	Opti-mistisch	Pessi-mistisch I	Pessi-mistisch II	Fat Tail	Minimum
Alternative 1: optimales Portfolio im Hauptszenario	5,33%	7,86%	0,95%	2,86%	-2,64%	-2,64%
Alternative 2: optimales Portfolio im optimistischen Szenario	6,30%	14,60%	-5,80%	0,80%	-18,00%	-18,00%
Alternative 3: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch I“	3,50%	3,66%	3,19%	1,77%	1,71%	<b>1,71%</b>
Alternative 4: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch II“	4,76%	5,70%	2,40%	3,10%	1,00%	1,00%
Alternative 5: optimales Portfolio im Fat-Tail-Szenario	2,81%	2,65%	1,51%	1,05%	2,26%	1,05%

Entscheidet sich der Investor beispielsweise für Alternative 1, würde diese Alternative im schlechtesten Falle eine Rendite von -2,64% erwirtschaften. Diese wird genau dann generiert, wenn das Szenario „Fat Tail“ eintritt.

Gemäß der Minimax-Regel ist in einem weiteren Schritt diejenige Alternative zu wählen, deren minimale Rendite größer ist als die minimalen Renditen aller anderen Alternativen.<sup>33</sup> Dies ist im Beispielfall die Alternative 3. Bei ihr kann der Investor, vollständig unabhängig von Eintrittswahrscheinlichkeiten, eine Mindestrendite von 1,71 Prozent erwarten.

Es ist offensichtlich, dass ein Investor, der sich an diesem Kriterium orientiert, lediglich die schlechtesten aller möglichen Fälle in sein Entscheidungskalkül einbezieht. Sämtliche anderen Informationen, wie beispielsweise die Möglichkeit der Alternative, hohe Renditen in anderen Szenarien zu erzielen, werden ignoriert. Bei der Minimax-Regel handelt es sich daher um eine sehr pessimistische Entscheidungsregel, die es einem Investor jedoch ermöglicht, Verluste zu begrenzen resp. bestimmte Mindestrenditen zu generieren.

<sup>32</sup> Diese Regel geht zurück auf die Arbeit von Wald (1945).

<sup>33</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 83.



## 2. Maximax-Regel

Während die Minimax-Regel eine sehr pessimistische Entscheidungsregel darstellt, handelt es sich bei der Maximax-Regel um ein äußerst optimistisches Entscheidungskriterium.

**Tabelle 11:**  
Bestimmung der maximalen Renditen p.a. der Alternativen

Szenarien Alternativen	Haupt-szenario	Opti-mistisch	Pessi-mistisch I	Pessi-mistisch II	Fat Tail	Maximum
Alternative 1: optimales Portfolio im Hauptszenario	5,33%	7,86%	0,95%	2,86%	-2,64%	7,86%
Alternative 2: optimales Portfolio im optimistischen Szenario	6,30%	14,60%	-5,80%	0,80%	-18,00%	14,60%
Alternative 3: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch I“	3,50%	3,66%	3,19%	1,77%	1,71%	3,66%
Alternative 4: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch II“	4,76%	5,70%	2,40%	3,10%	1,00%	5,70%
Alternative 5: optimales Portfolio im Fat-Tail-Szenario	2,81%	2,65%	1,51%	1,05%	2,26%	2,81%

Für jede Alternative ist, wie in Tabelle 11 dargestellt, zuerst die maximale Rendite über alle Szenarien zu bestimmen. Die Maximax-Regel wählt anschließend diejenige Alternative aus, deren maximale Rendite größer ist als die maximalen Renditen aller anderen Alternativen.

Im Beispielfall gilt dies für Alternative 2: Die maximale Rendite von 14,60 Prozent übertrifft die maximalen Renditen aller anderen Alternativen.<sup>34</sup>

## 3. Hurwitz-Regel

Einen Kompromiss zwischen der pessimistischen Minimax-Regel und der äußerst optimistischen Maximax-Regel stellt das Hurwitz-Kriterium dar. Auf Basis der minimal resp. maximal erzielbaren Renditen einer jeden Alternative wird der sogenannte Hurwitz-Wert ermittelt.

<sup>34</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 84.

**Tabelle 12:**  
**Bestimmung des Hurwitz-Wertes im Beispielfall**

Szenarien Alternativen	Minimum	Maximum	Hurwitz-Wert
Alternative 1: optimales Portfolio im Hauptszenario	-2,64%	7,86%	$-2,64\% \cdot (1 - 0,4) + 7,86\% \cdot 0,4 = 1,56\%$
Alternative 2: optimales Portfolio im optimistischen Szenario	-18,00%	14,60%	$-18,00\% \cdot (1 - 0,4) + 14,60\% \cdot 0,4 = -4,96\%$
Alternative 3: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch I“	1,71%	3,66%	$1,71\% \cdot (1 - 0,4) + 3,66\% \cdot 0,4 = 2,49\%$
Alternative 4: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch II“	1,00%	5,70%	$1,00\% \cdot (1 - 0,4) + 5,70\% \cdot 0,4 = 2,88\%$
Alternative 5: optimales Portfolio im Fat-Tail-Szenario	1,05%	2,81%	$1,05\% \cdot (1 - 0,4) + 2,81\% \cdot 0,4 = 1,75\%$

Der Hurwitz-Wert wird als gewichtetes Mittel wie folgt bestimmt:<sup>35</sup>

$$\text{Hurwitz-Wert}_{\text{Alternative}} = \text{minimale Rendite der Alternative} \cdot (1 - \lambda) + \text{maximale Rendite der Alternative} \cdot \lambda$$

Der Parameter  $\lambda$  darf dabei Werte im Intervall [0; 1] annehmen und ist vom Investor vorzugeben. Er misst den Grad des Optimismus. Je größer  $\lambda$ , desto größer der Optimismus. Gemäß der Hurwitz-Regel ist diejenige Alternative zu wählen, die den größten Hurwitz-Wert aufweist. Dies ist im Beispielfall für einen exogen vorgegebenen Optimismusparameter von  $\lambda = 0,4$  Alternative 4 (vgl. Tabelle 12).

Im Vergleich zu den beiden vorhergehenden Kriterien fokussiert sich das Hurwitz-Kriterium nicht ausschließlich auf eine extreme Ausprägung (Minimum oder Maximum). Vielmehr werden in der Entscheidungskalkül die beiden extremen Ausprägungen je nach individueller Risikoneigung in die Entscheidungsfindung mit einbezogen. Kritisch ist jedoch festzuhalten, dass diese Entscheidungsregel sämtliche Informationen, die über den optimistischsten und pessimistischsten Fall hinausgehen, vernachlässigt.

#### 4. Minimum-Regret-Regel

“I should have computed the historical covariance of the asset classes and drawn an efficient frontier. Instead I visualized my grief if the stock market went way up and I wasn't in it – or if it went way down and I was completely in it. My intention was to minimize my future regret, so I split my [pension scheme] contributions 50/50 between bonds and equities.”<sup>36</sup>

Harry Markowitz

<sup>35</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 84.

<sup>36</sup> Zitiert in Zweig (2007), S. 4. Das Zitat von Harry Markowitz stammt aus einem Artikel der Januar-Ausgabe der Zeitschrift „Money“ aus dem Jahre 1998.

Während alle zuvor vorgestellten Entscheidungsregeln auf das Minimum, das Maximum resp. einen gewichteten Mittelwert aus Minimum und Maximum abstellen, versucht das Minimum-Regret-Kriterium eine Entscheidung auf Basis des sog. Bedauerns zu treffen. Der Begriff des Bedauerns bezeichnet dabei das Gefühl, das mit einer getroffenen Entscheidung für eine Alternative einhergeht, wenn sich im Nachhinein herausstellt, dass die Auswahl einer anderen Alternative zu einem besseren Ergebnis geführt hätte.<sup>37</sup>

Das Konzept des Bedauerns hat eine bedeutende Stellung im Feld der Entscheidungstheorie.<sup>38</sup> In der wissenschaftlichen Literatur findet sich eine Vielzahl von Publikationen, die die Eignung dieser Regel im Rahmen der Entscheidungsfindung untersuchen.<sup>39</sup>

Zur Ableitung einer Entscheidung auf Basis des Minimum-Regret-Kriteriums ist zunächst die sog. „Bedauernsmatrix“ zu bestimmen. Dies setzt zunächst die Bestimmung der erzielbaren höchstmöglichen Renditen für jedes Szenario voraus (vgl. Tabelle 13).

**Tabelle 13:**  
**Bestimmung der maximalen Renditen p.a. je Szenario**

Szenarien Alternativen	Haupt-szenario	Opti-mistisch	Pessi-mistisch I	Pessi-mistisch II	Fat Tail
Alternative 1: optimales Portfolio im Hauptszenario	5,33%	7,86%	0,95%	2,86%	-2,64%
Alternative 2: optimales Portfolio im optimistischen Szenario	6,30%	14,60%	-5,80%	0,80%	-18,00%
Alternative 3: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch I“	3,50%	3,66%	3,19%	1,77%	1,71%
Alternative 4: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch II“	4,76%	5,70%	2,40%	3,10%	1,00%
Alternative 5: optimales Portfolio im Fat-Tail-Szenario	2,81%	2,65%	1,51%	1,05%	2,26%
<b>Maximale Rendite</b>	<b>6,30%</b>	<b>14,60%</b>	<b>3,19%</b>	<b>3,10%</b>	<b>2,26%</b>

Tritt beispielsweise das Hauptszenario ein, hätte sich der Investor im Idealfall für Alternative 2 entscheiden sollen. Die Wahl dieser Alternative hätte mit 6,30 Prozent die maximale Rendite erbracht. Bei Eintritt des Fat-Tail-Szenarios wäre rückblickend betrachtet eine Entscheidung für Alternative 5 wünschenswert gewesen, denn in diesem Szenario wäre die höchstmögliche Rendite von 2,26 Prozent generiert worden.

Entscheidet sich der Investor für Alternative 1 und tritt das Hauptszenario ein, erwirtschaftet diese Alternative eine Rendite von 5,33 Prozent. Wie beschrieben, wäre in diesem Fall rückblickend jedoch Alternative 2 optimal gewesen. Im Vergleich zu Alternative 2 liefert Alternative 1 bei Eintritt des Hauptszenarios eine um 6,30 Prozent – 5,33 Prozent = 0,97 Prozent geringere Portfoliorendite. Dieser Minderertrag im Vergleich zur bestmöglichen Rendite im jeweiligen Szenario wird als Bedauern des Investors bezeichnet. Das Bedauern kann daher als entgangene Renditemöglichkeit interpretiert werden, die dadurch entsteht, dass dem Investor ex ante nicht bekannt ist, welches Szenario zukünftig eintritt.<sup>40</sup> Tabelle 14 bildet die vollständige Bedauernsmatrix für den Beispielfall ab.

<sup>37</sup> Vgl. Coricelli et al. (2007), S. 259.

<sup>38</sup> Vgl. Connolly/Zeelenberg (2002), S. 212.

<sup>39</sup> Siehe hierzu z. B. Kahneman/Tversky (1982) sowie Gilovich/Medvec (1995).

<sup>40</sup> Vgl. King (1993), S. 174.

**Tabelle 14:**  
**Bedauernsmatrix im Beispielfall**

Szenarien Alternativen	Haupt-szenario	Opti-mistisch	Pessi-mistisch I	Pessi-mistisch II	Fat Tail
Alternative 1: optimales Portfolio im Hauptszenario	0,97%	6,74%	2,24%	0,24%	4,90%
Alternative 2: optimales Portfolio im optimistischen Szenario	0,00%	0,00%	8,99%	2,30%	20,26%
Alternative 3: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch I“	2,80%	10,94%	0,00%	1,33%	0,55%
Alternative 4: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch II“	1,54%	8,90%	0,79%	0,00%	1,26%
Alternative 5: optimales Portfolio im Fat-Tail-Szenario	3,49%	11,95%	1,68%	2,05%	0,00%

In einem zweiten Schritt zur Auswahl der optimalen Alternative mittels des Minimum-Regret-Kriteriums ist das maximale Bedauern jeder Alternative zu ermitteln. Dies geschieht für den Beispielfall in Tabelle 15.

**Tabelle 15:**  
**Bestimmung des maximalen Bedauerns für jede Alternative**

Szenarien Alternativen	Haupt-szenario	Opti-mistisch	Pessi-mistisch I	Pessi-mistisch II	Fat Tail	Maximales Bedauern
Alternative 1: optimales Portfolio im Hauptszenario	0,97%	6,74%	2,24%	0,24%	4,90%	6,74%
Alternative 2: optimales Portfolio im optimistischen Szenario	0,00%	0,00%	8,99%	2,30%	20,26%	20,26%
Alternative 3: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch I“	2,80%	10,94%	0,00%	1,33%	0,55%	10,94%
Alternative 4: optimales Portfolio im Szenario „pessimistisch II“	1,54%	8,90%	0,79%	0,00%	1,26%	8,90%
Alternative 5: optimales Portfolio im Fat-Tail-Szenario	3,49%	11,95%	1,68%	2,05%	0,00%	11,95%

Das höchstmögliche Bedauern, das bei Auswahl von Alternative 1 eintreten könnte, beträgt 6,74 Prozent. Für Alternative 2 ergibt sich ein Wert von 20,26 Prozent. Gemäß dem Minimum-Regret-Kriterium ist diejenige Alternative auszuwählen, deren maximales Bedauern kleiner ist als die maximalen Bedauernswerte aller anderen Alternativen.<sup>41</sup> Im Beispielfall minimiert Alternative 1 das potenziell mögliche maximale Bedauern des Investors.

<sup>41</sup> Vgl. Laux et al. (2012), S. 85.

Tabelle 16 fasst die auf Basis der vorgestellten Entscheidungsregeln abgeleiteten Entscheidungen zusammen.

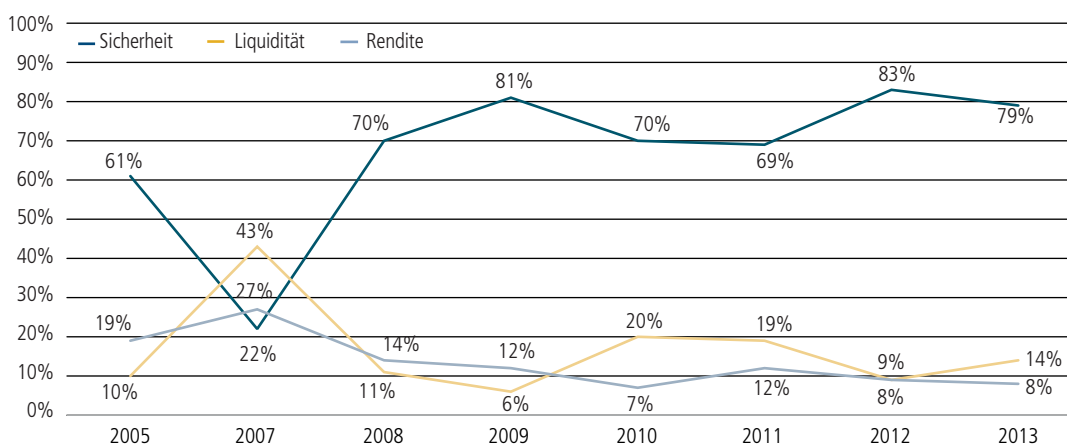
**Tabelle 16:**  
**Entscheidungen der Regeln im Vergleich**

Entscheidungsregel	Entscheidung
Minimax-Regel	Alternative 3
Maximax-Regel	Alternative 2
Hurwitz-Regel	Alternative 4
Minimum-Regret-Regel	Alternative 1

Deutlich wird, dass die Anwendung der unterschiedlichen Entscheidungsregeln auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führt. Welches Kriterium herangezogen werden soll, ist abhängig von der individuellen Risikoeinstellung des Investors.

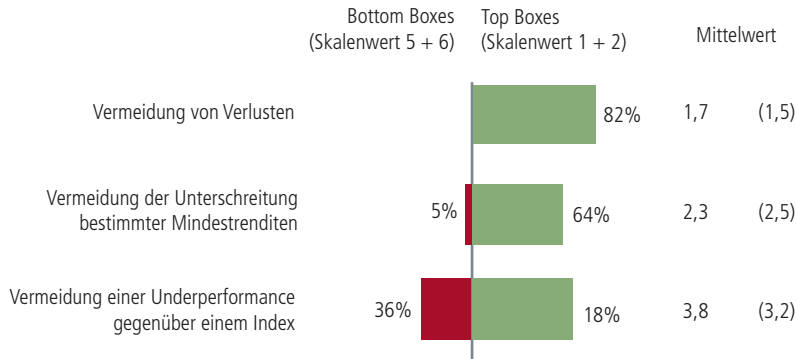
Im Rahmen der Risikoinventur 2013 geben 79 Prozent aller befragten institutionellen Investoren an, dass das vorrangige Ziel der Anlageentscheidung das Sicherheitsziel ist. Mit großem Abstand folgen Liquiditäts- und Renditeziele (vgl. Abbildung 21). Dieser Wert ist im Vergleich zu 2012 zwar geringfügig gesunken, befindet sich aber immer noch auf sehr hohem Niveau.

**Abbildung 21:**  
**Welcher der folgenden Anlage-Aspekte ist für Ihr Haus bei den aktuellen Anlageentscheidungen generell am wichtigsten?**



Weiterhin geht aus der Umfrage hervor, dass die bedeutendsten Aspekte, die im Rahmen der Anlageentscheidung berücksichtigt werden, die Verlustvermeidung sowie die Vermeidung der Unterschreitung bestimmter Mindestrenditen sind. Dies veranschaulicht Abbildung 22.

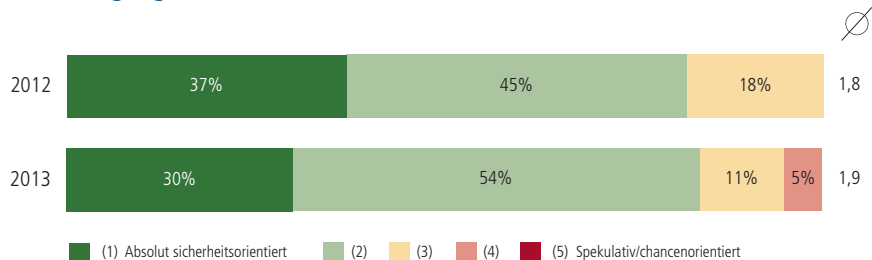
**Abbildung 22:**  
**Zu berücksichtigende Aspekte im Rahmen der Asset Allocation und deren Bedeutung**



Frage 5: alle Befragten (n = 104); Skala von 1 = außerordentlich wichtig bis 6 = gar nicht wichtig; Werte von 2012 in Klammern

Die Risikoinventur 2013 macht deutlich, dass die Sicherheitsorientierung nach wie vor der dominierende Aspekt im Rahmen der Anlageentscheidung ist. Jedoch ist der Anteil der absolut sicherheitsorientierten Investoren im Vergleich zum Vorjahr um 7 Prozentpunkte (von 37 Prozent auf 30 Prozent) zurückgegangen (vgl. Abbildung 23). Zudem bezeichnen fünf Prozent der Investoren ihre Risikoneigung im Jahr 2013 als spekulativ/chancenorientiert. Dies ist bemerkenswert, denn noch im Vorjahr gab keiner der Befragten an, eine solche Strategie zu verfolgen. Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass noch immer eine große Sicherheitsorientierung vorherrscht, diese aber im Vergleich zum Vorjahr leicht abgenommen hat.

**Abbildung 23:**  
**Risikoneigung institutioneller Investoren**

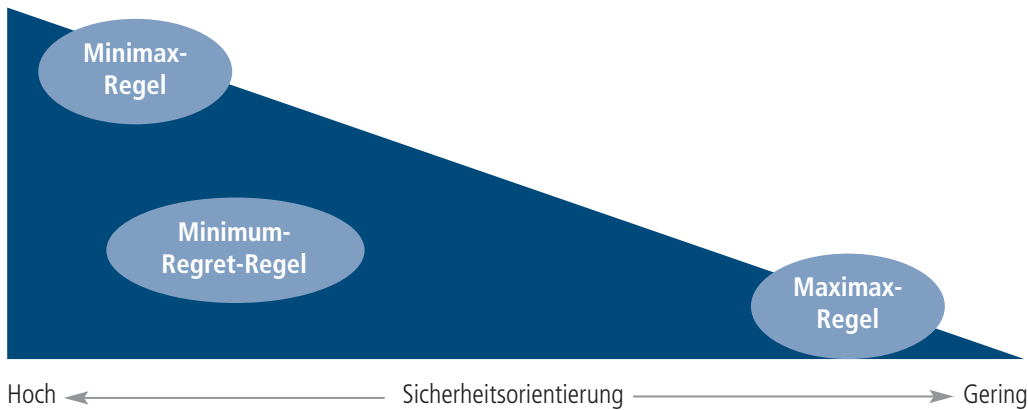


Die Umfrageergebnisse verdeutlichen, dass Optimierungsansätze, die das Kriterium Sicherheit in den Vordergrund stellen, für Investoren von großem Interesse sind. Wird eine Entscheidungssituation unter Unsicherheit betrachtet, bietet das Minimax-Kriterium eine Möglichkeit, einen hohen Risikoaversionsgrad in den Anlageentscheidungsprozess einfließen zu lassen.

Im Hinblick auf die individuelle Risikoneigung des Investors lassen sich die betrachteten Entscheidungsregeln gemäß Abbildung 24 einteilen.<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Da die Zuordnung des Hurwitz-Kriteriums von der Höhe des Optimismusparameters  $\lambda$  abhängt, kann dieses Verfahren durch eine entsprechende Festlegung von  $\lambda$  alle denkbaren Positionen im Diagramm einnehmen und wird daher nicht explizit aufgeführt.

**Abbildung 24:**  
**Systematisierung der Entscheidungsregeln nach Risikoeinstellung**



Die Minimax-Regel stellt das Erreichen einer maximalen Mindestrendite sicher. Durch diese sehr hohe Sicherheitsorientierung nimmt sich der Investor jedoch gleichzeitig einen Großteil seiner Renditechancen in allen anderen Szenarien. Diesen Trade-off verdeutlicht Abbildung 25, in der die Renditeentwicklung der durch die Entscheidungskriterien gewählten Portfolios in den verschiedenen Szenarien dargestellt wird.

**Abbildung 25:**  
**Performance der Portfolios im Vergleich**

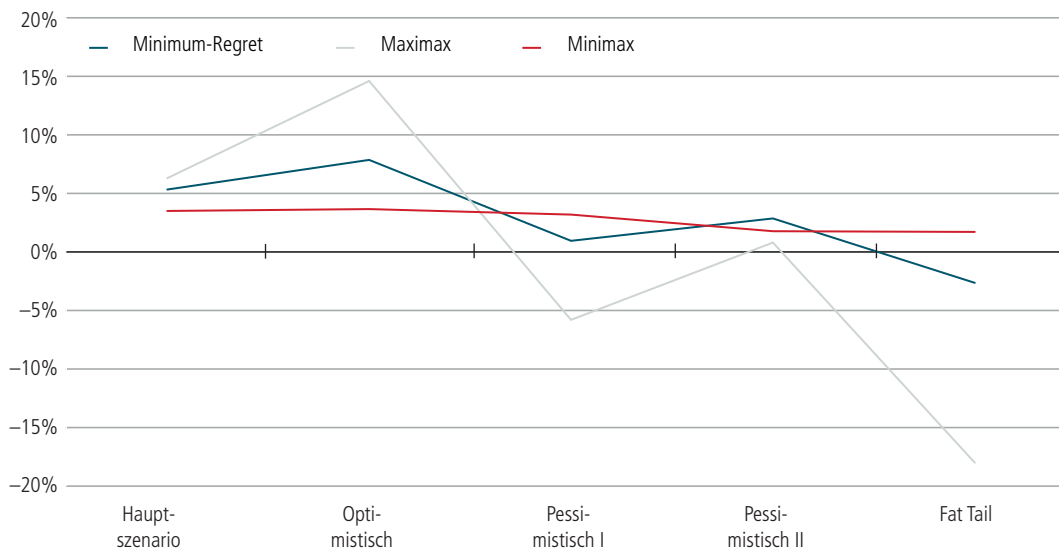


Abbildung 25 zeigt ferner, dass die mittels des Minimax-Prinzips ermittelte Alternative stets positive Renditen generiert. Im Gegenzug verzichtet der Investor aber auf große Renditechancen, die sich bei Eintritt des optimistischen Szenarios sowie des Hauptszenarios ergeben würden. Die mittels des Maximax-Prinzips gewählte Alternative bewirkt das Gegenteil: Der Investor kann bei Eintritt des optimistischen Szenarios sowie des Hauptszenarios an der positiven Entwicklung partizipieren, jedoch erleidet er zum Teil schwere Verluste, wenn diese Szenarien nicht eintreten. Die auf Basis des Minimum-Regret-Kriteriums abgeleitete Entscheidung stellt gewissermaßen einen Kompromiss dar, wobei diese Regel durch die Minimierung des maximal möglichen Bedauerns in der Tendenz eher sicherheitsorientiert ist. Der Investor kann hier zum großen Teil an der positi-



tiven Entwicklung im Hauptszenario und im optimistischen Szenario teilhaben, gleichzeitig erleidet er lediglich moderate Verluste, wenn die aus Sicht seiner Positionierung wünschenswerten Szenarien nicht eintreten.

Sämtlichen bislang vorgestellten Entscheidungsregeln ist gemein, dass sie ohne die Festsetzung von Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Entwicklungsszenarien auskommen. Im Rahmen des nachfolgenden Abschnittes wird diese Annahme aufgehoben, und es soll gezeigt werden, wie unter Einbeziehung von Eintrittswahrscheinlichkeiten Portfolios generiert werden können, die unter Berücksichtigung aller Szenarien optimal sind.

### 3.4.2 Entscheidung unter Risiko

Wurde im vorhergehenden Abschnitt unterstellt, dass es den Investoren nicht möglich ist, den zukünftigen Szenarien Eintrittswahrscheinlichkeiten zuzuordnen, gilt es im Folgenden, aufzuzeigen, wie eine szenario-basierte Asset Allocation unter Berücksichtigung von Eintrittswahrscheinlichkeiten erfolgen kann.

Sowohl das Minimax- als auch das Maximax-Prinzip ist als Regel für Entscheidungssituationen unter Risiko wenig geeignet. Der Grund ist darin zu sehen, dass das Minimax-Kriterium (Maximax-Kriterium) in der Regel Portfolios identifiziert, die auf Worst-Case-Szenarien (Best-Case-Szenarien) ausgerichtet sind. Alle anderen Szenarien werden vernachlässigt. Somit wird nur ein Teil der zur Verfügung stehenden Informationen für die Anlageentscheidung genutzt.<sup>43</sup> Da das Hurwitz-Kriterium eine Mischung aus Minimax- und Maximax-Regel darstellt, gilt die Kritik für dieses Verfahren gleichermaßen.

Bei der Entscheidungsfindung unter Risiko steht hingegen die Identifikation von Portfolios im Vordergrund, die unter Berücksichtigung sämtlicher verfügbaren Informationen (d. h. aller Szenarien) optimal sind. Zu diesem Zweck werden im weiteren Verlauf drei Optimierungsmodelle vorgestellt:

1. Minimum-Regret-Optimierung
2. Rendite-Risiko-Optimierung
3. Zielrendite-Optimierung

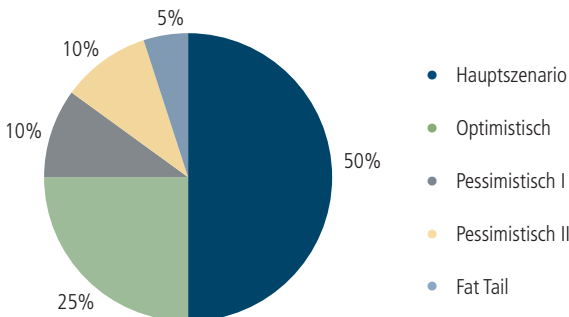
Im vorhergehenden Abschnitt konnte auf Basis der Umfrageergebnisse der Risikostudie 2013 eine starke Sicherheitsorientierung institutioneller Investoren bei der Anlageentscheidung identifiziert werden. Wie im Folgenden gezeigt werden soll, kann mithilfe der Zielrendite-Optimierung der Wunsch nach Sicherheit im Rahmen der Asset Allocation Berücksichtigung finden. Für risikofreudigere Investoren bietet sich die klassische Rendite-Risiko-Optimierung an, die bereits in Kapitel 2 vorgestellt wurde, wobei das Konzept zunächst für Entscheidungssituationen unter Risiko erweitert werden muss. Gleiches gilt für die Minimum-Regret-Optimierung, die auf dem Konzept der Minimierung des erwarteten Bedauerns beruht und neue Wege eröffnet. Das Ausmaß der Risikofreude kann durch die Einbeziehung von Nebenbedingungen in das Optimierungsmodell, zum Beispiel zur Mindestrendite, an die individuellen Risikoeinstellungen der Investoren angepasst werden.

Wie erläutert, wird zur Ableitung von Entscheidungen unter Risiko vorausgesetzt, dass es dem Investor, beispielsweise durch entsprechende Research-Aktivitäten, möglich ist, den definierten Szenarien Eintrittswahrscheinlichkeiten zuzuweisen. Für den Beispielfall werden die in Abbildung 26 dargestellten Wahrscheinlichkeiten festgelegt.

---

<sup>43</sup> Dieser Nachteil der beiden Verfahren kann zugleich als Vorteil angesehen werden, denn die zukünftige Performance der Portfolios ist vollständig unabhängig von den tatsächlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten und damit immun gegen Prognosefehler.

**Abbildung 26:**  
**Unterstellte Eintrittswahrscheinlichkeiten der Szenarien im Beispielfall**



Im Folgenden sollen die drei genannten Optimierungsmodelle zunächst methodisch eingeführt sowie ihre Funktionsweise anhand des um die Eintrittswahrscheinlichkeiten erweiterten Beispielfalls illustriert werden. Begonnen wird mit den beiden chancenorientierteren Verfahren der Minimum-Regret-Optimierung und der Rendite-Risiko-Optimierung, ehe das stark sicherheitsorientierte Modell der Zielrendite-Optimierung vorgestellt wird.

Neben der Darstellung der Funktionsweise der Methoden gilt es, aufzuzeigen, wie die Grundmodelle durch die Einführung zusätzlicher Nebenbedingungen modifiziert werden können, um den individuellen Grad an Risikoaversion der Investoren in der Anlageentscheidung berücksichtigen zu können.

Es sei bereits an dieser Stelle angemerkt, dass über die allgemeine Überlegenheit eines der betrachteten Optimierungsmodelle keine Aussage getroffen werden kann. Ausschlaggebend für die Modellauswahl sind vielmehr die investorenspezifische Risikoeinstellung resp. die vom Investor verfolgten Anlageziele. Die Wahl des konkreten Optimierungsmodells ist daher stets einzelfallabhängig.

### 1. Minimum-Regret-Optimierung

Im vorhergehenden Abschnitt konnte aufgezeigt werden, dass das Minimum-Regret-Kriterium eine nützliche Entscheidungsregel für Investoren darstellt, weil dieses Verfahren es ermöglicht, Portfolios zu generieren, die von positiven zukünftigen Entwicklungen profitieren, gleichzeitig aber Verlustgefahren eingrenzen.

Wie erläutert, nimmt das Kriterium des Bedauerns eine bedeutende Stellung innerhalb der Entscheidungstheorie ein. Auch im Rahmen des Risikomanagements findet es zunehmende Beachtung.<sup>44</sup> Da das Minimum-Regret-Kriterium ursprünglich für Entscheidungssituationen unter Unsicherheit konzipiert wurde, gilt es, die Methodik zunächst an die Charakteristika von Entscheidungssituationen unter Risiko anzupassen. Zu diesem Zweck wird das in Tabelle 17 dargestellte Optimierungsmodell herangezogen.<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Michenaud/Solnik (2008) zeigen auf, wie das Hedging von Währungsrisiken auf Basis dieses Konzepts erfolgen kann. Braun/Muermann (2004) modellieren auf Basis des Minimum-Regret-Kriteriums die Nachfrage nach Versicherungen. Muermann et al. (2006) übertragen das Regret-Konzept auf Vermögensanlageentscheidungen.

<sup>45</sup> In Anlehnung an Dembo/King (1992), S. 153.

**Tabelle 17:**  
**Minimum-Regret-Optimierung**

<b>Zielfunktion</b>	$\sum_{s \in S} p_s \cdot (R_{\text{opt},s} - \underline{R}_S^T \cdot \underline{w})^2 \rightarrow \min!$
<b>Nebenbedingungen</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\sum_{i=1}^A w_i = 1</math> (vollständige Allokation)</li> <li>2. <math>w_i \geq 0</math> (positive Gewichte)</li> </ol>

$\underline{R}_S^T$  entspricht dabei, wie Abbildung 27 verdeutlicht, den szenariospezifischen Renditevektoren, während  $\underline{w}^T = \{w_1; w_2; \dots; w_A\}^T$  den Gewichtungsvektor der Alternativen abbildet. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Entwicklungsszenarien  $S$  werden mit  $p_s$  bezeichnet.

**Abbildung 27:**  
**Szenariospezifische Renditevektoren**

Szenarien Alternativen	Haupt- szenario	Opti- mistisch	Pessi- mistisch I	Pessi- mistisch II	Fat Tail
Alternative 1	0,97%	6,74%	2,24%	0,24%	4,90%
Alternative 2	0,00%	0,00%	8,99%	2,30%	20,26%
Alternative 3	2,80%	10,94%	0,00%	1,33%	0,55%
Alternative 4	1,54%	8,90%	0,79%	0,00%	1,26%
Alternative 5	3,49%	11,95%	1,68%	2,05%	0,00%
	$\underline{R}_1$	$\underline{R}_2$	$\underline{R}_3$	$\underline{R}_4$	$\underline{R}_5$

Nebenbedingung 1 fordert, dass die Summe aller Gewichte 1 resp. 100 Prozent entspricht, während Nebenbedingung 2 sicherstellt, dass die Gewichte stets positiv sind. Tabelle 18 veranschaulicht die Funktionsweise der Minimum-Regret-Optimierung.

**Tabelle 18:**  
**Funktionsweise der Minimum-Regret-Optimierung unter Berücksichtigung von Eintrittswahrscheinlichkeiten**

	Rendite in Abhängigkeit vom Gewichtungsvektor	Bedauern in Abhängigkeit vom Gewichtungsvektor	Gewichtetes Bedauern in Abhängigkeit vom Gewichtungsvektor
	$\underline{w}$	$\underline{w}$	$\underline{w}$
Hauptszenario $s = 1$	$\underline{R}_1^T \cdot \underline{w}$	$R_{opt,1} - \underline{R}_1^T \cdot \underline{w}$	$P_1 \cdot (R_{opt,1} - \underline{R}_1^T \cdot \underline{w})^2$
Optimistisch $s = 2$	$\underline{R}_2^T \cdot \underline{w}$	$R_{opt,2} - \underline{R}_2^T \cdot \underline{w}$	$P_2 \cdot (R_{opt,2} - \underline{R}_2^T \cdot \underline{w})^2$
Pessimistisch I $s = 3$	$\underline{R}_3^T \cdot \underline{w}$	$R_{opt,3} - \underline{R}_3^T \cdot \underline{w}$	$P_3 \cdot (R_{opt,3} - \underline{R}_3^T \cdot \underline{w})^2$
Pessimistisch II $s = 4$	$\underline{R}_4^T \cdot \underline{w}$	$R_{opt,4} - \underline{R}_4^T \cdot \underline{w}$	$P_4 \cdot (R_{opt,4} - \underline{R}_4^T \cdot \underline{w})^2$
Fat Tail $s = 5$	$\underline{R}_5^T \cdot \underline{w}$	$R_{opt,5} - \underline{R}_5^T \cdot \underline{w}$	$P_5 \cdot (R_{opt,5} - \underline{R}_5^T \cdot \underline{w})^2$

Dembo/King schlagen die Verwendung quadratischer Abstände vor, weisen jedoch darauf hin, dass statt der quadratischen Abstände auch beliebige andere Abstandsmaße herangezogen werden können.<sup>46</sup> Durch die Wahl der quadratischen Abstandsmaße werden große Abweichungen vom szenariospezifischen Renditeoptimum  $R_{opt,s}$  stärker bestraft als kleinere Abweichungen. Somit ist diese Zielfunktion in der Lage, der im vorhergehenden Abschnitt identifizierten sicherheitsorientierten Grundhaltung der Investoren gerecht zu werden.

Die von Dembo/King vorgeschlagene Zielfunktion entspricht der Summe der mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten gewichteten quadratischen Abweichungen vom optimalen Szenarioergebnis. Würden die mit dem Vektor  $w$  der Alternativen gewichteten szenariospezifischen Renditevektoren  $\underline{R}_s^T$  durch die erwartete Portfoliorendite ersetzt, entspräche die Zielfunktion der Varianz der Portfoliorenditen über die betrachteten Szenarien. Die Minimierung dieser Varianz führt zu einer Glättung der gewichteten Portfoliorenditen um den Erwartungswert. Durch dieses Vorgehen wird die Korrelationsstruktur, die in den definierten Szenariorenditen enthalten ist, in die Anlageentscheidung mit einbezogen. Auch im Rahmen der Minimum-Regret-Optimierung wird eine Minimierung der quadratischen Abweichungen vorgenommen. Die Abweichungen beziehen sich jedoch nicht auf den Erwartungswert, sondern auf die optimalen Szenarioergebnisse. Somit erfolgt die Berücksichtigung von Korrelationen ebenfalls implizit.

Im Beispielfall liefert die Minimierung der Summe des mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten gewichteten Bedauerns das in Tabelle 19 abgebildete Ergebnis.

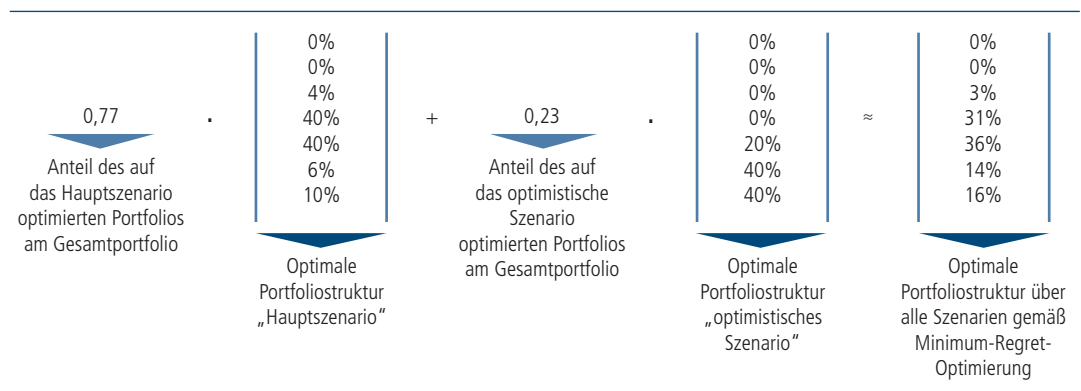
**Tabelle 19:**  
**Ausprägung des Gewichtungsvektors im Beispielfall**

Alternativen	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	Alternative 4	Alternative 5
Gewichtungsvektor $\underline{w}$	77%	23%	0%	0%	0%

<sup>46</sup> Vgl. Dembo/King (1992), S. 153.

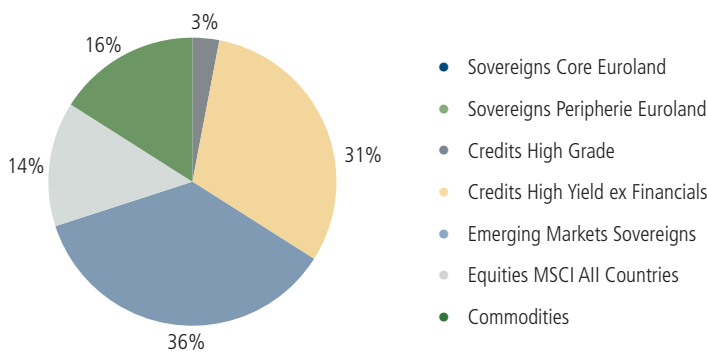
Das im Sinne des Minimum-Regret-Kriteriums optimale Portfolio setzt sich somit zu 77 Prozent aus Alternative 1 und zu 23 Prozent aus Alternative 2 zusammen. In den verbleibenden drei Alternativen, die für die Szenarien „pessimistisch I“, „pessimistisch II“ und „Fat Tail“ optimiert wurden, wird nicht investiert. Damit wird das verfügbare Anlagevolumen ausschließlich in den Portfolios der beiden als am wahrscheinlichsten angesehen Szenarien allokiert.

Die Portfolioanteile der Asset-Klassen ergeben sich als gewichtete Summe der im Rahmen von Abschnitt 3.3 für die Einzelszenarien optimierten Portfolios. Die Gewichtung wird auf Basis des oben bestimmten Gewichtungsvektors  $\underline{w}$  vorgenommen.<sup>47</sup>



Eine derartige Mischung der Alternativen führt zu den in Abbildung 28 dargestellten Anteilen der einzelnen Asset-Klassen im Portfolio. In sicheren Staatsanleihen würde nicht investiert werden.

**Abbildung 28:**  
**Minimum-Regret-Portfolio unter Berücksichtigung von Eintrittswahrscheinlichkeiten**



Investoren können ihr Sicherheitsbedürfnis noch stärker berücksichtigen, indem sie in das oben geschilderte Optimierungsproblem die folgende Nebenbedingung integrieren, die in jedem Szenario das Erreichen einer Mindestrendite fordert.<sup>48</sup>

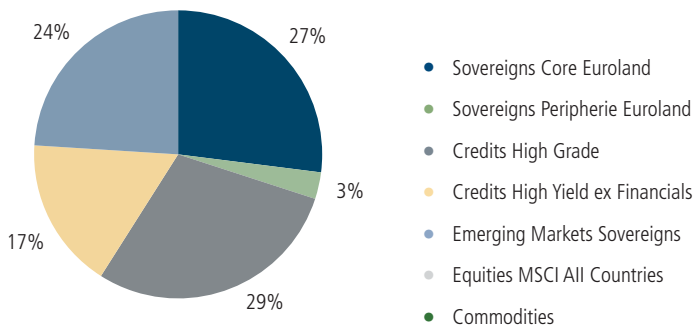
$$\underline{R}_S^T \cdot \underline{w} \geq \text{Mindestrendite } \forall s \in S$$

<sup>47</sup> Die Berechnung wurde auf Basis exakter Werte durchgeführt. Ausgewiesen werden lediglich gerundete Ergebnisse.

<sup>48</sup> Die Höhe der geforderten Mindestrendite kann alternativ auch szenarioabhängig erfolgen.

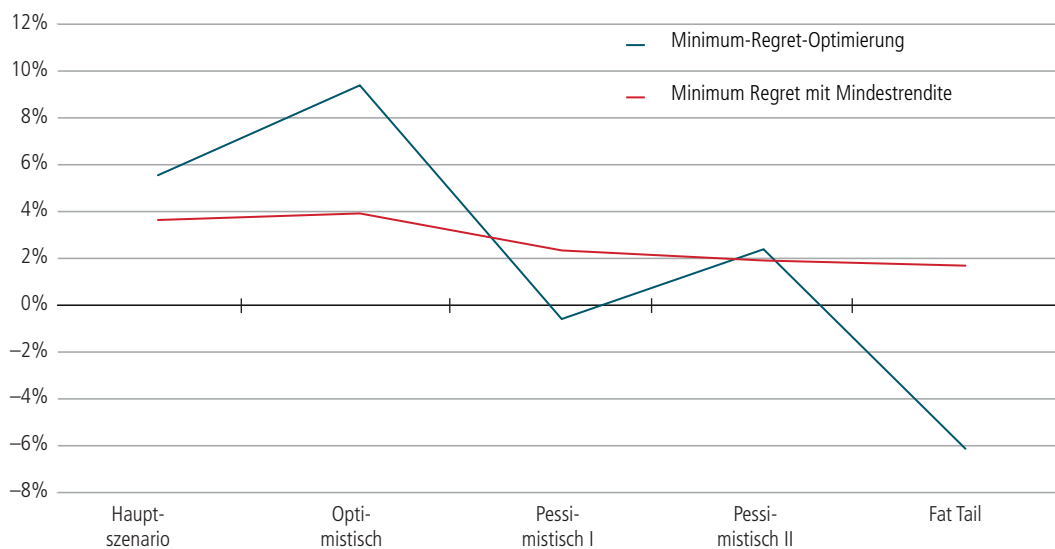
Wird im Beispielfall für jedes Szenario eine Mindestrendite von 1,7 Prozent gefordert, minimiert der Gewichtsvektor  $\underline{w}^T = \{0\%; 0\%; 0\%; 60\%; 40\%\}$  das um die Mindestrenditeanforderung erweiterte Minimum-Regret-Optimierungs-Problem.

**Abbildung 29:**  
**Minimum-Regret-Portfolio mit Mindestrendite von 1,7 Prozent**



Beim Vergleich der Portfoliostrukturen mit Mindestrenditeforderung (vgl. Abbildung 29) und ohne (vgl. Abbildung 28) wird deutlich, dass die hohen Aktien- und Rohstoffanteile des ohne Mindestrenditeforderung generierten Portfolios stark in risikoärmere Staatsanleihen von Euro-Kernstaaten umgeschichtet werden. Die Risikobegrenzung, die durch die Einbeziehung der Mindestrenditeforderung vorgenommen wird, erfolgt in erster Linie durch eine stärkere Ausrichtung der Portfoliostruktur am Fat-Tail-Szenario. Natürlich wird die auf diese Weise gewonnene Sicherheit durch entgangene Renditechancen im optimistischen Szenario sowie im Hauptszenario „erkauft“ (vgl. Abbildung 30).

**Abbildung 30:**  
**Performance des Minimum-Regret-Portfolios mit und ohne Mindestrendite**



Bei der Interpretation von Abbildung 30 ist Folgendes zu beachten: Der Investor, der die Mindestrendite sichert, muss nicht nur auf große Renditepotenziale im Haupt- und optimistischen Szenario verzichten, sondern gleichzeitig auch bedenken, dass diese Szenarien diejenigen sind, deren Eintritt mit Wahrscheinlichkeiten von 50 Prozent und 25 Prozent als am wahrscheinlichsten gilt.

## 2. Rendite-Risiko-Optimierung

Auch die im Rahmen von Kapitel 2 beschriebene klassische Rendite-Risiko-Optimierung lässt sich auf die vorliegende Entscheidungssituation übertragen. Zu diesem Zweck wird das in Tabelle 20 dargestellte Optimierungsproblem betrachtet.

**Tabelle 20:**  
**Rendite-Risiko-Optimierung**

Zielfunktion	Nebenbedingungen
$\begin{aligned} \text{Erwarteter Nutzen} &= \sum_{s=1}^S p_s \cdot \text{Nutzen}_s \\ &= \sum_{s=1}^S p_s \cdot \left( \mu_{p,s} - \frac{\gamma}{2} \cdot \sigma_{p,s}^2 \right) \rightarrow \max ! \\ \text{mit: } \sigma_{p,s}^2 &= \underline{x}^T \cdot \underline{\Sigma}_s \cdot \underline{x} \\ \text{und } \mu_{p,s} &= \underline{x}^T \cdot \underline{R}_s^{\text{AK}} \end{aligned}$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\sum_{i=1}^N x_i = 1</math></li> <li>2. <math>x_i \geq 0</math></li> </ol>

Zur Bestimmung des erwarteten Nutzens wird, wie in Tabelle 20 dargestellt, auf die Von-Neumann-Morgenstern-Erwartungsnutzenfunktion zurückgegriffen. Diese bestimmt den erwarteten Nutzen durch die Gewichtung der szenariospezifischen Nutzenwerte  $\text{Nutzen}_s$  mit den jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten der Szenarien  $p_s$ .<sup>49</sup>

Die zur Bestimmung der szenariospezifischen Nutzenwerte  $\text{Nutzen}_s$  erforderliche Nutzenfunktion entspricht der im Rahmen von Kapitel 2 erläuterten Nutzenfunktion.<sup>50</sup>

Als Nebenbedingungen werden erneut eine vollständige Allokation (Nebenbedingung 1) sowie die Nichtnegativität der Elemente des Gewichtungsvektors (Nebenbedingung 2) gefordert. Zu beachten ist, dass die Optimierung an dieser Stelle nicht wie im Rahmen der Minimum-Regret-Optimierung auf Basis der optimierten Einzelstrategien aus Schritt 2 erfolgt. Stattdessen wird die Optimierung direkt auf Basis der innerhalb der Szenariodefinition festgelegten erwarteten Renditen der einzelnen Asset-Klassen  $\underline{R}_s^{\text{AK}}$  sowie der szenariospezifischen Varianz-Kovarianz-Matrizen  $\underline{\Sigma}$  vorgenommen. Die Optimierung erfolgt daher nicht in Abhängigkeit vom Gewichtungsvektor  $\underline{w}$ , der im Rahmen der Minimum-Regret-Optimierung die Gewichte der innerhalb von Schritt 2 abgeleiteten Einzelstrategien beschreibt, sondern in Abhängigkeit vom Gewichtungsvektor  $\underline{x}$ , der direkt das Portfoliogewicht der einzelnen Asset-Klassen angibt. Die nachfolgend dargestellte Ausformulierung der Zielfunktion aus Tabelle 20 veranschaulicht dies:

$$\text{Erwarteter Nutzen} = \sum_{s=1}^S p_s \cdot \left( \mu_p - \frac{\gamma}{2} \cdot \sigma_p^2 \right) = \sum_{s=1}^S p_s \cdot \left( \underline{x}^T \cdot \underline{R}_s^{\text{AK}} - \frac{\gamma}{2} \cdot \underline{x}^T \cdot \underline{\Sigma}_s \cdot \underline{x} \right) \rightarrow \max !$$

<sup>49</sup> Vgl. Grinold (1999), S. 13.

<sup>50</sup> Die Verwendung alternativer Nutzenfunktionen ist ebenfalls möglich.

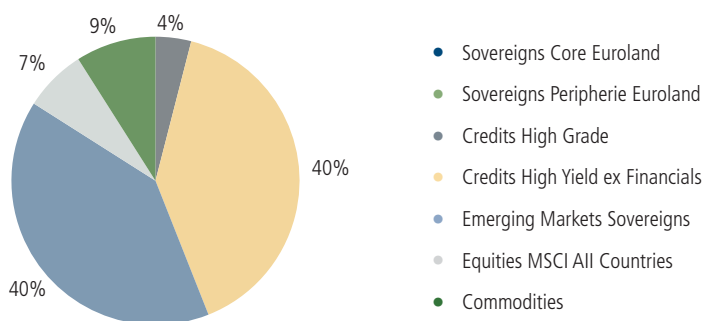


Auch im Rahmen der Rendite-Risiko-Optimierung kann durch die zusätzliche Einbeziehung einer weiteren Nebenbedingung in das Optimierungsmodell in jedem Szenario eine Mindestrendite sichergestellt werden:<sup>51</sup>

$$\underline{x}^T \cdot \underline{R}_S^{AK} \geq \text{Mindestrendite } \forall s \in S$$

Die in Abbildung 31 dargestellte Portfoliostruktur (ohne vorgegebene Mindestrendite) bildet das Ergebnis der Rendite-Risiko-Optimierung für den Beispielfall ab.

**Abbildung 31:  
Portfoliostruktur auf Basis der Rendite-Risiko-Optimierung**



Während im Rahmen der Rendite-Risiko-Optimierung die Portfoliovolatilität als Maßstab für die Risikomessung dient, wird bei der Minimum-Regret-Optimierung das Risiko auf Basis des erwarteten Bedauerns gemessen. Tabelle 21 stellt die Portfoliostrukturen der Minimum-Regret-Optimierung und der Rendite-Risiko-Optimierung gegenüber.

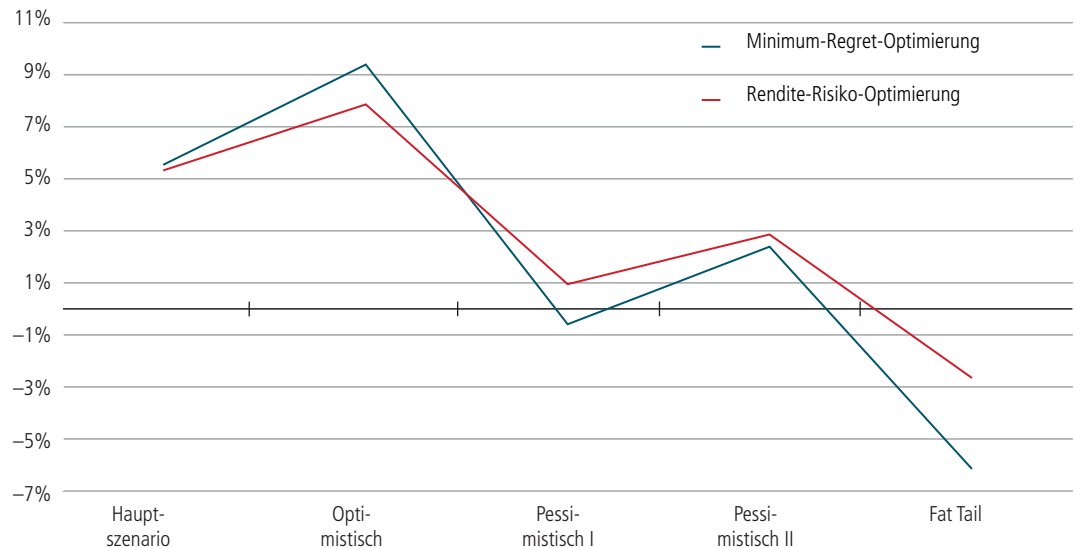
**Tabelle 21:  
Portfoliostruktur der Minimum-Regret- und Rendite-Risiko-Optimierung im Vergleich**

	Minimum-Regret-Optimierung	Rendite-Risiko-Optimierung
Sovereigns Core Euroland	0%	0%
Sovereigns Peripherie Euroland	0%	0%
Credits High Grade	3%	4%
Credits High Yield ex Financials	31%	40%
Emerging Markets Sovereigns	36%	40%
Equities MSCI All Countries	14%	7%
Commodities	16%	9%

Der grundlegende Unterschied zwischen beiden Portfoliostrukturen besteht darin, dass das Portfolio der Minimum-Regret-Optimierung stärker in Aktien und Rohstoffen investiert und damit etwas chancenorientierter ist als das Portfolio der Rendite-Risiko-Optimierung. Die Konsequenzen dieser Strategien zeigt Abbildung 32, die die Renditepotenziale beider Portfolios in den betrachteten Szenarien gegenüberstellt.

<sup>51</sup> Auch hierbei können szenarioabhängige Mindestrenditen berücksichtigt werden.

**Abbildung 32:**  
**Performance des Minimum-Regret-Portfolios im Vergleich zum Rendite-Risiko-Portfolio**



Das Minimum-Regret-Portfolio liefert sowohl im Haupt- als auch im optimistischen Szenario – bedingt durch den höheren Portfolioanteil der Asset-Klassen Aktien und Rohstoffe – höhere Renditen. Im Gegenzug werden jedoch in den pessimistischen sowie den Fat-Tail-Szenarien schlechtere Ergebnisse erzielt. Dieses Resultat ist mit der Gestalt der Zielfunktion zu erklären: Auf dem Haupt- und optimistischen Szenario liegen zusammen drei Viertel der Wahrscheinlichkeitsmasse. Da das gewichtete Bedauern in diesen Szenarien besonders hoch ausfallen kann, versucht die Minimum-Regret-Optimierung insbesondere an diesen Stellen Renditen nahe dem Optimum zu erzielen. Abweichungen in den anderen Szenarien sind aufgrund der deutlich geringeren Eintrittswahrscheinlichkeit von untergeordnetem Interesse.

### 3. Zielrendite-Optimierung

In den beiden vorhergehenden Abschnitten konnte aufgezeigt werden, wie die Asset Allocation mittels der Minimum-Regret- sowie der Rendite-Risiko-Optimierung vorgenommen werden kann. Am Beispielfall wurde verdeutlicht, dass beide Verfahren stark auf die beiden wahrscheinlichsten Szenarien ausgerichtet sind und bei deren Eintritt hohe Renditen generieren. Beide Verfahren sind daher in unterschiedlichen Ausprägungen tendenziell chancenorientiert. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass durch die Einbeziehung einer Mindestrendite-Nebenbedingung Fat-Tail- und pessimistische Szenarien stärker berücksichtigt werden können. Als weiteres Verfahren sei abschließend die Zielrendite-Optimierung betrachtet. Mittels dieses Verfahrens kann eine Asset Allocation für stark sicherheitsorientierte Investoren vorgenommen werden. Das im Rahmen dieser Arbeit verwendete Grundmodell der Zielrendite-Optimierung hat die in Tabelle 22 dargestellte formale Gestalt.

**Tabelle 22:**  
**Zielrendite-Optimierung**

<b>Zielfunktion</b>	$\sum_{s \in S} p_s \cdot (\underline{R}_s^T \cdot \underline{w} - \text{Zielrendite})^2 \rightarrow \min!$
<b>Nebenbedingungen</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\sum_{i=1}^N w_i = 1</math> (Vollständige Allokation)</li> <li>2. <math>w_i \geq 0</math> (positive Gewichte)</li> </ol>

Es ist zu beachten, dass an dieser Stelle erneut eine zweistufige Optimierung durchgeführt und somit auf den Ergebnissen der Einzeloptimierung aus Schritt 2 aufgebaut wird. Die Optimierung erfolgt in Abhängigkeit vom Gewichtungsvektor  $w$ , der die Anteile der optimalen Einzelstrategien (Schritt 2) am Gesamtportfolio angibt.

Die Zielfunktion ähnelt stark der für die Minimum-Regret-Optimierung verwendeten. Während jedoch bei der Minimum-Regret-Optimierung die quadratischen Abweichungen von den szenariospezifischen maximalen Renditen ermittelt wurden, wird für die Zielrendite-Optimierung die mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten gewichtete Summe der quadratischen Abweichung von einer exogen vorgegebenen Zielrendite minimiert. Die Zielrendite ist dabei über alle Szenarien konstant. Als Nebenbedingungen werden erneut eine vollständige Allokation (Nebenbedingung 1) sowie positive Gewichte (Nebenbedingung 2) gefordert.

Die in Tabelle 22 definierte Zielfunktion minimiert die gewichteten quadratischen Abweichungen von einer gegebenen Zielrendite. Durch das Quadrieren der Abweichungen wird sichergestellt, dass kleine Abweichungen von der geforderten Zielrendite weniger stark bestraft werden als größere Abweichungen. Ein Investor, der seine Anlageentscheidung auf diese Zielfunktion stützt, versucht das Bedauern, das das Abweichen der Portfoliorendite von der gegebenen Zielrendite auslöst, zu minimieren. Positive Abweichungen und negative Abweichungen von der Zielrendite werden gleichermaßen bestraft. Da jedoch aus Investorensicht lediglich negative Abweichungen unerwünscht sind, wird die oben dargestellte Zielfunktion durch die in Tabelle 23 dargestellte Zielfunktion modifiziert.<sup>52</sup>

**Tabelle 23:**  
**Zielrendite-Optimierung mit modifizierter Zielfunktion**

<b>Modifizierte Zielfunktion</b>	$\sum_{s \in S} p_s \cdot d_s \cdot (\underline{R}_s^T \cdot \underline{w} - \text{Zielrendite})^2 \rightarrow \min!$
	mit: $d_s = \begin{cases} 1, & \text{falls } (\underline{R}_s^T \cdot \underline{w} - \text{Zielrendite}) < 0 \\ 0, & \text{falls } (\underline{R}_s^T \cdot \underline{w} - \text{Zielrendite}) \geq 0 \end{cases}$

Die Zielfunktion wird um die Variable  $d_s$  erweitert. Diese nimmt den Wert eins an, wenn die vom Gewichtungsvektor abhängige Portfoliorendite im betrachteten Szenario kleiner ist als die geforderte Zielrendite. Negative Abweichungen werden somit nach wie vor quadratisch bestraft. Liegt die vom Gewichtungsvektor abhängige Portfoliorendite jedoch oberhalb der Zielrendite, nimmt  $d_s$  einen Wert von null an. Positive Abweichungen werden nun nicht mehr bestraft.<sup>53</sup>

<sup>52</sup> In Anlehnung an Rudolf et al. (1999), S. 89.

<sup>53</sup> Es ist darüber hinaus auch möglich, durch eine entsprechende Definition von  $d_s$  positive Abweichungen von der Zielrendite besonders zu belohnen resp. das Verhältnis von Belohnung und Bestrafung anzupassen.

**Abbildung 33:**  
**Portfoliostrukturen bei Zielrendite-Optimierung für eine Zielrendite von 4 Prozent**

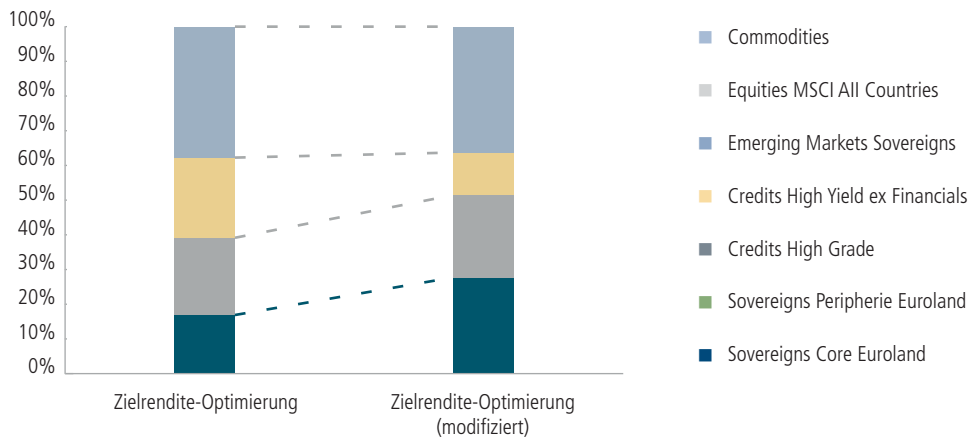
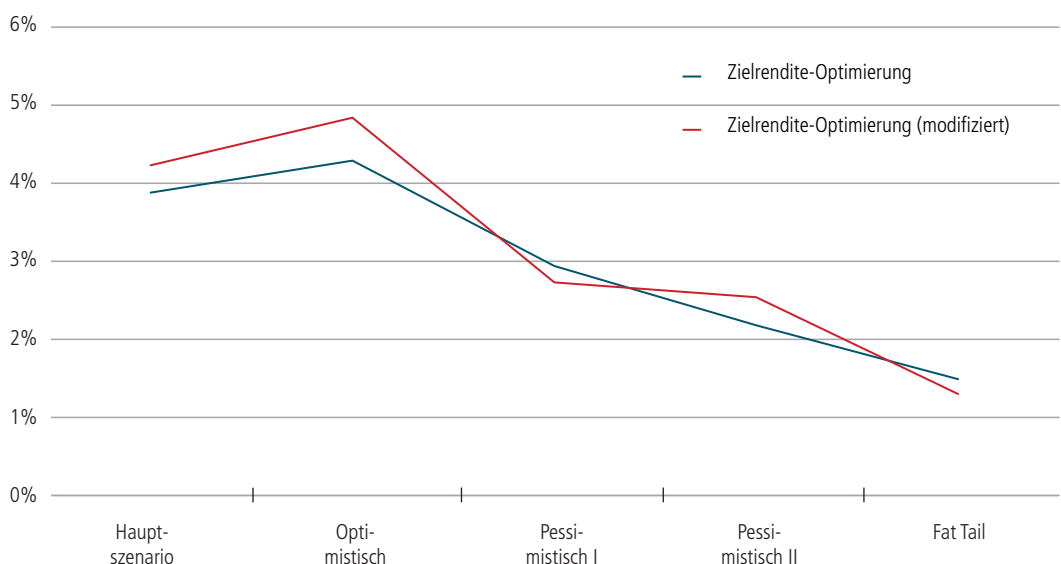


Abbildung 33 zeigt die Portfoliostrukturen beider Zielfunktionen für eine gegebene Zielrendite von 4 Prozent im Vergleich. Deutlich wird, dass beide Zielfunktionen bewirken, dass tendenziell in risikoärmeren Asset-Klassen investiert wird. Aktien und Rohstoffe sind nicht in den Portfolios enthalten. Dies stellt sicher, dass auch in den pessimistischen und Fat-Tail-Szenarien nicht zu stark von der Zielrendite abgewichen wird.<sup>54</sup> Da die modifizierte Zielfunktion positive Abweichungen nicht bestraft, weist die zugehörige Portfoliostruktur einen größeren Anteil an hochverzinslichen Anleihen und einen geringeren Anteil an den risikoärmeren Staatsanleihen der Euro-Kernstaaten auf. Abbildung 34 zeigt die Performance beider Portfolios über alle Szenarien im Vergleich.

**Abbildung 34:**  
**Performance der Portfolien der Zielrendite-Optimierung im Vergleich**



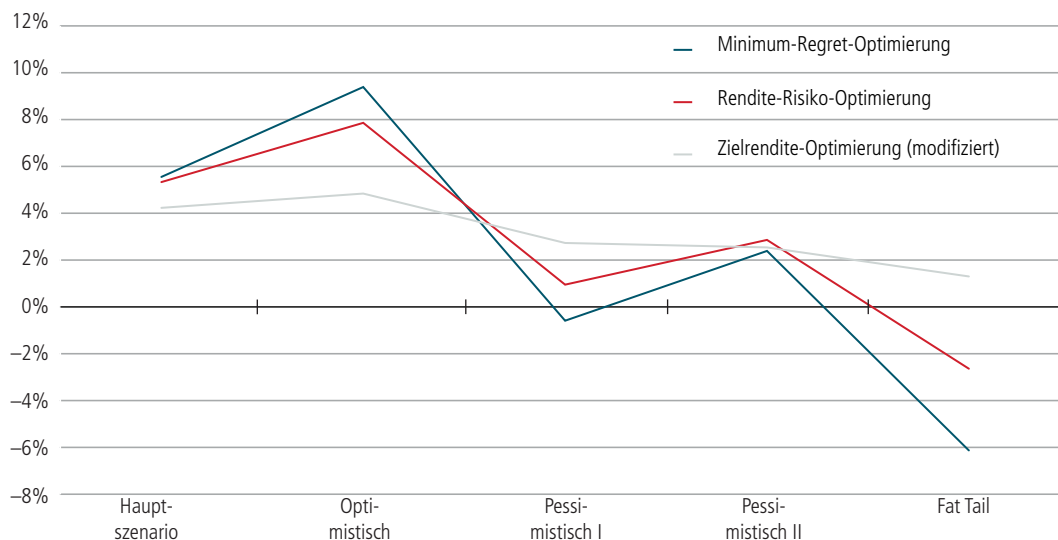
Aufgrund der ähnlichen Zusammensetzung führen beide Portfolios auch zu einer ähnlichen Performance in den einzelnen Szenarien. Die modifizierte Variante der Zielrendite-Optimierung generiert bei Eintritt des Hauptszenarios eine Rendite von 4,23 Prozent und bei Eintritt des optimistischen Szenarios eine Rendite von 4,84 Prozent. Im Gegensatz dazu erwirtschaftet das auf Grundlage der „einfachen“ Zielfunktion zusammengestellte Portfolio geringere Renditen in Höhe von 3,88 Prozent (Hauptszenario) und 4,29 Prozent (optimis-

tisches Szenario). Optisch mögen die Differenzen verhältnismäßig gering erscheinen. Wird allerdings bedacht, dass das Haupt- sowie das optimistische Szenario mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von 50 Prozent und 25 Prozent die wahrscheinlichsten Szenarien sind, muss den Differenzen eine wesentlich stärkere Bedeutung beigemessen werden.

Es ist wichtig, herauszustellen, dass im Rahmen der Zielrendite-Optimierung die festgesetzte Zielrendite durchaus unterschritten werden kann. Minimiert werden die (quadratischen) Abweichungen von dieser Zielrendite. Im Gegensatz dazu schließt die im Rahmen der Minimum-Regret-Optimierung eingeführte Nebenbedingung Renditen unterhalb der vorgegebenen Mindestrendite aus.

Auch wurde bereits eingangs darauf hingewiesen, dass über die allgemeine Überlegenheit eines der betrachteten Optimierungsmodelle keine Aussage getroffen werden kann, denn ausschlaggebend für die Auswahl einer Zielfunktion sind stets die investorenspezifische Risikoeinstellung resp. die verfolgten Anlageziele. Wird die Asset Allocation auf Basis des Modells der Zielrendite-Optimierung vorgenommen, verfolgt der Investor einen sicherheitsorientierten Ansatz. Im Gegenzug verzichtet er dafür aber bereits ex ante bewusst auf zukünftige Performance-Chancen. Abbildung 35 stellt die Performance des auf Basis der modifizierten Variante der Zielrendite-Optimierung ermittelten Portfolios der Performance der mittels Minimum-Regret-Optimierung und mittels Rendite-Risiko-Optimierung generierten Portfolios gegenüber.

**Abbildung 35:**  
**Performancevergleich der Optimierungsmodelle**



Im Vergleich zur Performance der mittels Minimum-Regret-Optimierung und Rendite-Risiko-Optimierung generierten Portfolios ist die Performance der modifizierten Zielrendite-Optimierung deutlich weniger volatil. Zudem werden in keinem Szenario Verluste erwirtschaftet. Im Gegenzug muss der Investor allerdings auf die hohen Renditechancen im Haupt- und optimistischen Szenario verzichten. Wie bereits erwähnt, ist bei der Interpretation der Differenzen stets zu beachten, dass das Haupt- und das optimistische Szenario im Beispiel zusammen eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 75 Prozent aufweisen.

Es wurde gezeigt, dass sowohl die Minimum-Regret-Optimierung als auch die Rendite-Risiko-Optimierung um eine Nebenbedingung ergänzt werden kann, die in jedem Szenario eine bestimmte Mindestrendite fordert, die nicht unterschritten werden darf. Wie weiterhin gezeigt wurde, kann durch die Erweiterung der Modelle um diese Nebenbedingung, je nach Höhe der Mindestrendite, ein Teil der Schwankungen eliminiert werden. Im Gegenzug wird natürlich auch ein Teil der Renditechancen aufgegeben.

Abschließend sei noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Wahl des konkreten Optimierungsmodells stets einzelfallabhängig und insbesondere vom Grad der Risikoaversion des Investors abhängig ist. Weiterhin ist hervorzuheben, dass die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Optimierungsmodelle stets „Grundversionen“ darstellen, die beliebig um zusätzliche investorenspezifische Restriktionen erweitert werden können.



## 4 Fazit

Die Ergebnisse der Risikostudie 2013 haben gezeigt, dass die Einbeziehung ökonomischer Entwicklungs- und Stressszenarien in den Anlageentscheidungsprozess zunehmend in den Fokus institutioneller Investoren rückt. Dies nahm die vorliegende Forschungsarbeit zum Anlass, systematisch aufzuzeigen, wie Entwicklungsszenarien unter Berücksichtigung der investorenspezifischen Risikoneigung in das Kalkül der Portfoliooptimierung einbezogen werden können.

Zuerst wurden die Grundkonzeption der klassischen Portfoliooptimierung à la Markowitz erläutert sowie die Schwächen dieses Ansatzes aufgezeigt. Anschließend wurde systematisch abgeleitet, wie Entwicklungsszenarien in den Prozess der Anlageentscheidung integriert werden können. Insbesondere wurde die klassische Rendite-Risiko-Optimierung à la Markowitz auf den Szenariofall übertragen und mit einem alternativen Optimierungsmodell – der Minimum-Regret-Optimierung – verglichen. Die Grundlagen dieses Modells wurden zunächst für eine Entscheidungssituation unter Unsicherheit aufgezeigt, bevor das Modell auf eine Entscheidungssituation unter Risiko übertragen wurde. Im Unterschied zur klassischen Rendite-Risiko-Optimierung basiert die Minimum-Regret-Optimierung auf dem intuitiven Risikomaß des Bedauerns. Zusätzlich wurde das Modell der Zielrendite-Optimierung eingeführt und mit den beiden zuvor erläuterten Modellen verglichen.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass sich die ermittelten Portfoliostrukturen in Abhängigkeit vom zugrunde gelegten Modell teilweise stark unterscheiden. Dies ist nicht zu bedauern. Vielmehr zeigt es auf, welche Bedeutung ein strukturierter Allokationsprozess für den Anlageerfolg als Ganzes hat. Der Einsatz der Entscheidungstheorie und der Szenariotechnik zwingt einen Investor, sich intensiv mit seiner Risikoeinstellung und seinen Anlagezielen auseinanderzusetzen.<sup>55</sup> Durch die Wahl des Optimierungsmodells werden anschließend „nur“ die persönliche Risikoeinstellung des Investors und die von ihm verfolgten Anlageziele formal in den Entscheidungsprozess eingebracht und in einen konkreten Allokationsvorschlag überführt. Erst wenn diese Ziele klar formuliert sind, kann die passende Asset Allocation gefunden werden. Dies gilt auch für die sich anschließenden Reportings hinsichtlich Performance und Risiko – der individuelle Anlageerfolg kann nur vor dem Hintergrund der vorab definierten Ziele beurteilt werden.

---

<sup>55</sup> Speziell Kreditinstitute müssen ihr Eigenanlagenmanagement darüber hinaus in ihre übergeordnete Gesamtbanksteuerung und die dort verfolgten Ziele einordnen. Zur Konzeption einer gesamtbankbezogenen Rendite-Risiko-Steuerung vgl. ausführlich Wiedemann/Wiechers (2013).



# Anhang A

## Szenariospezifische Varianz-Kovarianz-Matrizen

Kovarianzmatrix Hauptszenario	Sove- reigns Core Euroland	Sove- reigns Peripherie Euroland	Credits High Grade	Credits High Yield ex Financials	Emerging Markets Sove- reigns	Equities MSCI All Countries	Commo- dities
Sovereigns Core Euroland	0,14%	0,09%	0,08%	-0,01%	0,00%	-0,18%	-0,09%
Sovereigns Peripherie Euroland	0,09%	0,26%	0,06%	0,02%	0,04%	0,02%	0,00%
Credits High Grade	0,08%	0,06%	0,08%	0,02%	0,03%	-0,08%	-0,03%
Credits High Yield ex Financials	-0,01%	0,02%	0,02%	0,47%	0,15%	0,32%	0,11%
Emerging Markets Sovereigns	0,00%	0,04%	0,03%	0,15%	0,65%	0,55%	0,26%
Equities MSCI All Countries	-0,18%	0,02%	-0,08%	0,32%	0,55%	2,92%	1,06%
Commodities	-0,09%	0,00%	-0,03%	0,11%	0,26%	1,06%	2,90%

Kovarianzmatrix Globale Konjunktur- erholung	Sove- reigns Core Euroland	Sove- reigns Peripherie Euroland	Credits High Grade	Credits High Yield ex Financials	Emerging Markets Sove- reigns	Equities MSCI All Countries	Commo- dities
Sovereigns Core Euroland	0,13%	0,08%	0,08%	-0,01%	0,03%	-0,12%	-0,06%
Sovereigns Peripherie Euroland	0,08%	0,26%	0,05%	0,02%	0,06%	0,08%	0,04%
Credits High Grade	0,08%	0,05%	0,08%	0,01%	0,03%	-0,05%	-0,02%
Credits High Yield ex Financials	-0,01%	0,02%	0,01%	0,30%	0,06%	0,19%	0,07%
Emerging Markets Sovereigns	0,03%	0,06%	0,03%	0,06%	0,31%	0,28%	0,13%
Equities MSCI All Countries	-0,12%	0,08%	-0,05%	0,19%	0,28%	1,89%	0,68%
Commodities	-0,06%	0,04%	-0,02%	0,07%	0,13%	0,68%	2,43%

Kovarianzmatrix Wiederaufflammen der Euro-Krise	Sove- reigns Core Euroland	Sove- reigns Peripherie Euroland	Credits High Grade	Credits High Yield ex Financials	Emerging Markets Sove- reigns	Equities MSCI All Countries	Commo- dities
Sovereigns Core Euroland	0,21%	0,15%	0,12%	-0,02%	-0,08%	-0,46%	-0,21%
Sovereigns Peripherie Euroland	0,15%	0,31%	0,10%	0,03%	-0,02%	-0,18%	-0,10%
Credits High Grade	0,12%	0,10%	0,13%	0,07%	0,01%	-0,21%	-0,08%
Credits High Yield ex Financials	-0,02%	0,03%	0,07%	1,24%	0,50%	0,84%	0,28%
Emerging Markets Sovereigns	-0,08%	-0,02%	0,01%	0,50%	2,03%	1,63%	0,78%
Equities MSCI All Countries	-0,46%	-0,18%	-0,21%	0,84%	1,63%	7,27%	2,61%
Commodities	-0,21%	-0,10%	-0,08%	0,28%	0,78%	2,61%	4,45%

Kovarianzmatrix Starker Zinsanstieg	Sove- reigns Core Euroland	Sove- reigns Peripherie Euroland	Credits High Grade	Credits High Yield ex Financials	Emerging Markets Sove- reigns	Equities MSCI All Countries	Commo- dities
Sovereigns Core Euroland	0,11%	0,09%	0,07%	-0,01%	0,02%	-0,09%	-0,04%
Sovereigns Peripherie Euroland	0,09%	0,18%	0,06%	0,01%	0,04%	0,01%	0,01%
Credits High Grade	0,07%	0,06%	0,06%	0,01%	0,03%	-0,04%	-0,01%
Credits High Yield ex Financials	-0,01%	0,01%	0,01%	0,26%	0,08%	0,17%	0,05%
Emerging Markets Sovereigns	0,02%	0,04%	0,03%	0,08%	0,39%	0,32%	0,13%
Equities MSCI All Countries	-0,09%	0,01%	-0,04%	0,17%	0,32%	1,72%	0,59%
Commodities	-0,04%	0,01%	-0,01%	0,05%	0,13%	0,59%	2,82%

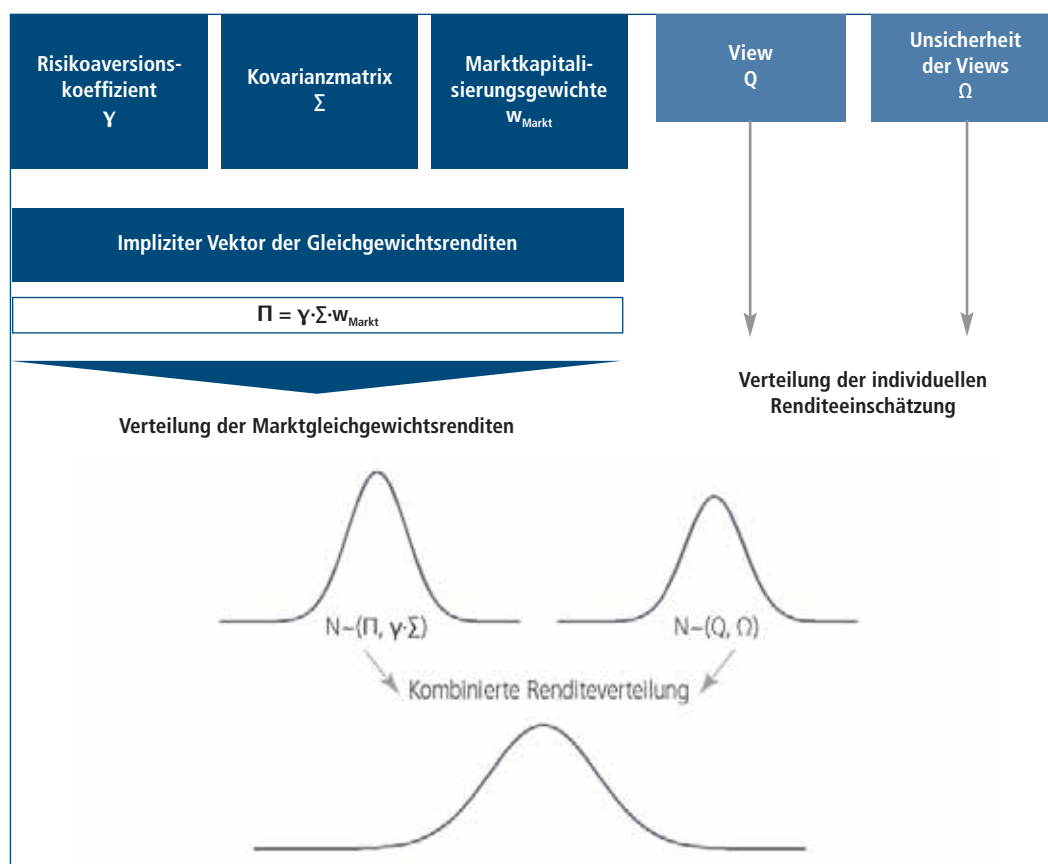
Kovarianzmatrix Extrem-Szenario	Sove- reigns Core Euroland	Sove- reigns Peripherie Euroland	Credits High Grade	Credits High Yield ex Financials	Emerging Markets Sove- reigns	Equities MSCI All Countries	Commo- dities
Sovereigns Core Euroland	0,24%	0,18%	0,14%	-0,03%	-0,12%	-0,58%	-0,26%
Sovereigns Peripherie Euroland	0,18%	0,33%	0,11%	0,03%	-0,04%	-0,26%	-0,14%
Credits High Grade	0,14%	0,11%	0,14%	0,09%	0,00%	-0,26%	-0,10%
Credits High Yield ex Financials	-0,03%	0,03%	0,09%	1,57%	0,65%	1,06%	0,35%
Emerging Markets Sovereigns	-0,12%	-0,04%	0,00%	0,65%	2,62%	2,09%	1,01%
Equities MSCI All Countries	-0,58%	-0,26%	-0,26%	1,06%	2,09%	9,13%	3,28%
Commodities	-0,26%	-0,14%	-0,10%	0,35%	1,01%	3,28%	5,11%

# Anhang B

## Grundkonzeption des Black-Litterman-Modells

Abbildung 36 veranschaulicht die grundlegende Funktionsweise des Black-Litterman-Modells.<sup>56</sup> Auf Basis des mittels Kapitalmarktdaten geschätzten Risikoaversionskoeffizienten  $\gamma$ , der Kovarianzmatrix der Renditen  $\Sigma$  sowie der Marktkapitalisierungsgewichte  $w_{\text{Markt}}$  der Asset-Klassen wird die Verteilung der Marktgleichgewichtsrenditen bestimmt. Diese entspricht im Modell einer Normalverteilung mit dem Mittelwert  $\Pi$  und der Varianz  $\gamma \cdot \Sigma$ . Die in den Szenarien festgelegten investorenspezifischen Renditeerwartungen werden über den Vektor der sog. Views  $Q$  in das Modell miteinbezogen. Die Unsicherheit der Views kann der Investor über die Matrix  $\Omega$  erfassen.<sup>57</sup> Die Verteilung der investorenspezifischen Renditeeinschätzungen entspricht ebenfalls einer Normalverteilung mit dem Mittelwert  $Q$  und der Varianz  $\Omega$ .

**Abbildung 36:**  
Funktionsweise des Black-Litterman-Modells



Letztendlich werden im Black-Litterman-Modell beide Verteilungen zu einer kombinierten Renditeverteilung zusammengeführt, die ebenfalls einer Normalverteilung entspricht.<sup>58</sup> Durch die Zwischenschaltung des Black-Litterman-Filters eröffnet sich dem Investor die Möglichkeit, seine individuellen Renditeerwartungen in den einzelnen Szenarien mit den Marktgleichgewichtsrenditen zu kombinieren.<sup>59</sup>

<sup>56</sup> In Anlehnung an Idzorek (2004), S. 16.

<sup>57</sup> Vgl. hierzu und im Folgenden Idzorek (2004), S. 3 ff.

<sup>58</sup> Vgl. Idzorek (2004), S. 16.

<sup>59</sup> Es sei ausdrücklich angemerkt, dass das Zwischenschalten des Black-Litterman-Filters optional ist. Weiterhin sei darauf hingewiesen, dass das Black-Litterman-Modell insbesondere in jüngster Zeit kritisch diskutiert wird; vgl. etwa Michaud et al. (2013), S. 16.



# Literaturverzeichnis

- Best, Michael J./Grauer, Robert R. (1991): On the Sensitivity of Mean-Variance-Efficient Portfolios to Changes in Asset Means: Some Analytical and Computational Results, in: *The Review of Financial Studies*, Vol. 4, S. 315–342.
- Black, Fischer/Litterman, Robert (1992): Global Portfolio Optimization, in: *Financial Analysts Journal*, Vol. 48, S. 28–43.
- Braun, Michael/Muermann, Alexander (2004): The Impact of Regret on the Demand for Insurance, in: *The Journal of Risk and Insurance*, Vol. 71, S. 737–767.
- Connolly, Terry/Zeelenberg, Marcel (2002): Regret in Decision Making, in: *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 11, S. 212–216.
- Coricelli, Giorgio/Dolan, Raymond J. / Sirigu, Angela (2007): Brain, emotion and decision making: The Paradigmatic Example of Regret, in: *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 11, S. 258–265.
- Dembo, Ron S./King, Alan J. (1992): Tracking Models and the optimal Regret Distribution in Asset Allocation, in: *Applied Stochastic Models and Data Analysis*, Vol. 8, S. 151–157.
- Focardi, Sergio M./Fabozzi, Frank J. (2004): *The Mathematics of Financial Modeling & Investment Management*, New Jersey.
- Freund, Rudolf J. (1956): The Introduction of Risk into a Programming Model, in: *Econometrica*, Vol. 24, S. 253–263.
- Gilovich, Thomas/Medvec, Victoria Husted (1995): The experience of regret: What, when, and why, in: *Psychological Review*, Vol. 102, S. 379–395.
- Gosling, Susan (2010): A Scenarios Approach to Asset Allocation, in: *Journal of Portfolio Management*, Vol. 37, S. 53–66.
- Grinold, Richard C. (1999): Mean-Variance and Scenario-Based Approaches to Portfolio Selection, in: *The Journal of Portfolio Management*, Vol. 25, S. 10–22.
- He, Guangliang/Litterman, Robert (1999): The Intuition Behind Black-Litterman Model Portfolios, in: *Investment Management Research*, Goldman Sachs Quantitative Resources Group.
- Idzorek, Thomas M. (2004): *A Step by Step Guide to the Black-Litterman-Model*, Working Paper.
- Kahneman, Daniel/Tversky, Amos (1982): The psychology of preferences, in: *Scientific American*, Vol. 246, S. 160–173.
- King, Alan J. (1993): Asymmetric Risk Measures and Tracking Models for Portfolios under Uncertainty, in: *Annals of Operations Research*, Vol. 45, S. 164–177.
- Kotkatvuori-Örnberg, Juha/Nikkinen, Jussi/Äijö, Janne (2013): Stock market correlations during the financial crisis of 2008–2009: Evidence from 50 Equity Markets, in: *International Review of Financial Analysis*, Vol. 28, S. 70–78.
- Laux, Helmut/Gillenkirch, Robert M./Schenk-Mathes, Heike Y. (2012): *Entscheidungstheorie*, 8. Auflage, Heidelberg.

Loretan, Mico/English, William B. (2000): Evaluating "Correlation Breakdowns" during Periods of Market Volatility, International Finance Discussion Papers, Vol. 658, Board of Governors of the Federal Reserve System.

Mandelbrot, Benoît (1963): The Variation of Certain speculative Prices, in: Journal of Business, Vol. 63, S. 394–419.

Markowitz, Harry (1952): Portfolio Selection, in: The Journal of Finance, Vol. 7, S. 77–91.

Michaud, Richard O. (1989): The Markowitz Optimization Enigma: Is 'Optimized' Optimal?, in: Financial Analysts Journal, Vol. 45, S. 31–42.

Michaud, Richard O./Escha, David N./Michaud, Robert O. (2013): Deconstructing Black-Litterman: How to get the Portfolio you already knew you wanted, in: Journal of Investment Management, Vol. 11, S. 6–20.

Michenaud, Sébastien/Solnik, Bruno (2008): Applying regret theory to investment choices: Currency hedging decisions, in: Journal of International Money and Finance, Vol. 27, S. 677–694.

Muermann, Alexander / Mitchell, Olivia S./Volkman, Jacqueline M. (2006), in: Regret, portfolio choice, and guarantees in defined contribution schemes, in: Insurance: Mathematics and Economics, Vol. 39, S. 219–229.

Nöll, Boris/Wiedemann, Arnd (2008): Investitionsrechnung unter Unsicherheit – Rendite-/Risikoanalyse von Investitionen im Kontext einer wertorientierten Unternehmensführung, München.

Parmigiani, Giovanni/Inoue, Lourdes (2009): Decision Theory: Principles and Approaches, Chichester.

Rudolf, Markus/Wolter, Hans-Jürgen/Zimmermann, Heinz (1999): A linear model for tracking error minimization, in: Journal of Banking and Finance, Vol. 23, S. 85–103.

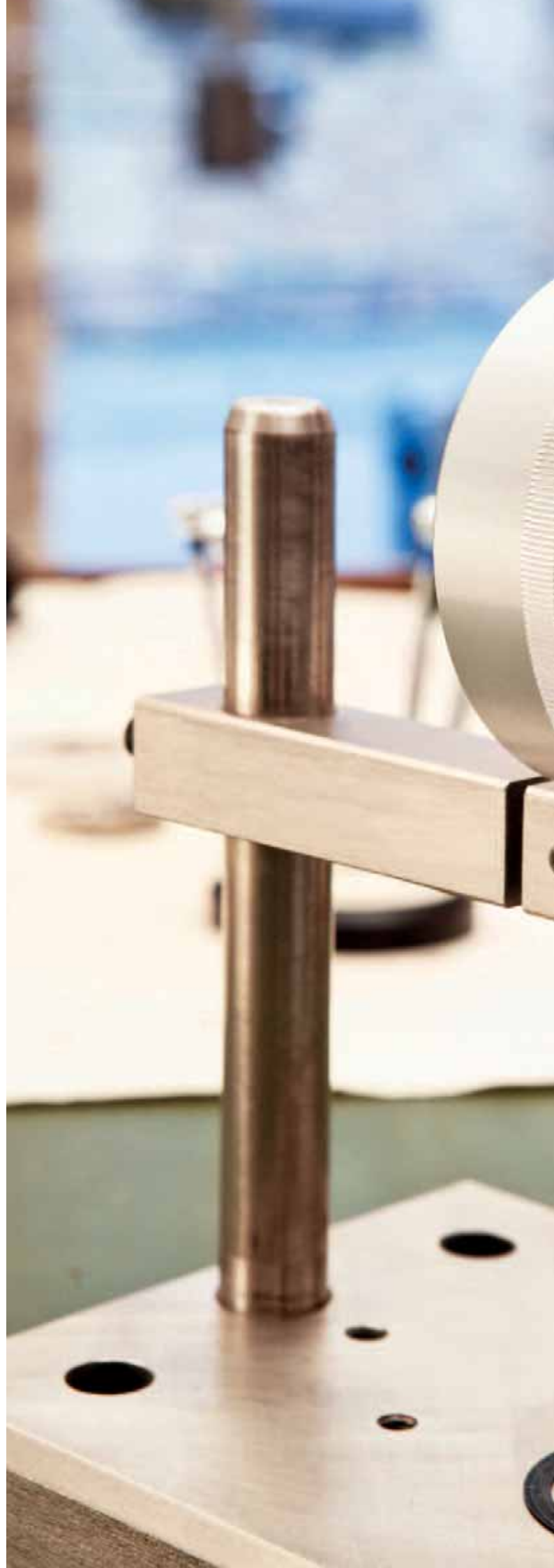
Saffo, Paul (2007): Six Rules for Effective Forecasting, in: Harvard Business Review, Juli/August, S. 1–9.

Wald, Abraham (1945): Statistical Decision Functions Which Minimize the Maximum Risk, in: Annals of Mathematics, Second Series, Vol. 46, S. 265–280.

Wiedemann, Arnd (2013): Risikotriade – Teil I. Messung von Zins-, Kredit- und operationellen Risiken, 3. Auflage, Frankfurt am Main.

Wiedemann, Arnd/Wiechers, Sebastian (2013): Risikotriade – Teil II: Integrierte Rendite-/Risikosteuerung im ökonomischen Kapitalkonzept, Frankfurt am Main.

Zweig, Jason (2007): Your Money & your Brain – How the new Science of Neuroeconomics can help make you rich, New York.









**Herausgeber:**

Union Investment Institutional GmbH  
Wiesenhüttenstraße 10  
60329 Frankfurt am Main

Telefon: 069 2567-7652  
Telefax: 069 2567-1616

[www.die-risikomanager.de](http://www.die-risikomanager.de)

Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt entworfen und hergestellt, dennoch wird die Haftung auf grobes Verschulden beschränkt. Änderungen vorbehalten.

Stand: November 2013  
005614 11.13