

*Band
27*

Bianca Krol (Hrsg.)

*Backtesting von
volatilitätsgesteuerten Aktienportfolios*

~
Simon Pleines, Frank Lehrbass

ifes Schriftenreihe

FOM
Hochschule

ifes

Institut für Empirie & Statistik
der FOM Hochschule
für Oekonomie & Management

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2021 by



**Akademie
Verlags- und Druck-
Gesellschaft mbH**

MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH
Leimkugelstraße 6, 45141 Essen
info@mav-verlag.de

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urhebergesetzes ist ohne Zustimmung der MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind.

Simon Pleines, Frank Lehrbass

Backtesting von volatilitätsgesteuerten Aktienportfolios

ifes Institut für Empirie & Statistik
der FOM Hochschule für Oekonomie & Management

ifes Schriftenreihe
Band 27, 2021

ISBN (Print) 978-3-89275-429-9
ISBN (eBook) 978-3-89275-430-5

ISSN (Print) 2191-3366
ISSN (eBook) 2569-5355

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
Formel- und Symbolverzeichnis.....	X
1 Einleitung.....	17
2 Fundamentaler Hintergrund zu volatilitätsbasierten Steuerungsansätzen ..	23
2.1 Rendite-Risiko-Beziehungen aus der Perspektive etablierter Portfolio- und Faktormodelle	23
2.2 Volatilitätsbasierte Steuerungsansätze für Aktienportfolios.....	27
2.3 Stand der Forschung.....	32
3 Empirische Untersuchung zu volatilitätsgesteuerten Aktienportfolios	39
3.1 Verwendetes Datenmaterial und angewandte Backtesting-Methodik	39
3.2 Backtesting-Ergebnisse	61
3.3 Optimierung der Backtesting-Ergebnisse	87
4 Evaluation und Reflektion der empirischen Ergebnisse	107
4.1 Robustheitsanalysen.....	107
4.2 Erklärungsansätze für die empirischen Resultate.....	121
4.3 Limitationen im Backtesting-Design und kritische Würdigung.....	126
5 Fazit und Ausblick.....	130
Anhang.....	132
Literaturverzeichnis.....	144
Internetquellen.....	163

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Globale Zinsniveaus und Zinskurven-Steilheiten im Zeitverlauf .	19
Abb. 2:	Rendite- und Risikovergleich zwischen Aktien und Anleihen	20
Abb. 3:	Sequenzielle Volatilitäts-Volatilitäts- und Volatilitäts-Rendite- Beziehungen des ACWI (2000-2020).....	30
Abb. 4:	Datengrundlage für die Transaktionskosten des ACWI	47
Abb. 5:	Bedeutung der Transaktions- und Verwahrkosten für die passive Replikation des ACWI.....	49
Abb. 6:	Kumulierte und tägliche Renditen der betrachteten Aktienindizes im Zeitverlauf.....	53
Abb. 7:	Entwicklungen und Verteilungen der Volatilitäten zu den betrachteten Aktienindizes.....	54
Abb. 8:	Risikokennzahlen zu den betrachteten Aktienindizes im Zeitverlauf.....	55
Abb. 9:	Empirische Renditeverteilungen der betrachteten Aktienindizes..	56
Abb. 10:	Aktien- und Geldmarktgewichte der auf den ACWI bezogenen Strategien im Zeitverlauf	66
Abb. 11:	Kumulierte Renditen und Volatilitäten der auf den ACWI bezogenen Strategien im Zeitverlauf.....	67
Abb. 12:	Korrelations-Zeitverläufe und Rendite-Streudiagramme zu den auf den ACWI bezogenen Strategien	69
Abb. 13:	Risikokennzahlen der auf den ACWI bezogenen Strategien im Zeitverlauf.....	73
Abb. 14:	Empirische Renditeverteilungen und QQ-Plots der auf den ACWI bezogenen Strategien	74
Abb. 15:	„Timing“-Bewertungen der auf den ACWI bezogenen DVTS im Zeitverlauf.....	80
Abb. 16:	„Timing“-Bewertungen der auf den ACWI bezogenen KVTS15 im Zeitverlauf.....	81
Abb. 17:	Linker Rand der empirischen Renditeverteilungen der auf den ACWI bezogenen Strategien für Bären-Markt- und NBER- Rezessions-Phasen	85
Abb. 18:	Drawdown-Analysen der auf den ACWI bezogenen Strategien ...	86
Abb. 19:	Motivation für die explizite Modellierung der Heteroskedastizität	89
Abb. 20:	Prüfung der Anwendungsvoraussetzungen für das GARCH(1,1)- und Student-t-GARCH(1,1)-Modell.....	90
Abb. 21:	„News-Impact“-Kurven der GARCH-Modelle im Vergleich.....	93

Abb. 22:	Volatilitätsdifferenzen der unterschiedlichen Modelle im Zeitverlauf.....	95
Abb. 23:	Empirische Verteilungen der Volatilitätsdifferenzen (EGARCH(1,1)- / 22-tägige SMA-Volatilität)	96
Abb. 24:	Volatilitätsmodelle im Vergleich (Fokus auf COVID-19-Krise)....	97
Abb. 25:	Spannweiten und Veränderungen der Volatilitäten in Abhängigkeit von der Neugewichtungsfrequenz	103
Abb. 26:	Kumulierte Renditen und Volatilitäten der auf den ACWI bezogenen Strategien im Zeitverlauf (EGARCH(1,1)-Modell mit täglicher Neugewichtungsfrequenz).....	105
Abb. 27:	Sharpe-Ratio-Differenzen der auf den ACWI bezogenen VTS in Abhängigkeit von der Halteperiode.....	112
Abb. 28:	Kumulierte Renditen und Volatilitäten der auf den WORLD bezogenen Strategien im Zeitverlauf (EGARCH(1,1)-Modell mit täglicher Neugewichtungsfrequenz).....	116
Abb. 29:	Kumulierte Renditen und Volatilitäten der auf den EM bezogenen Strategien im Zeitverlauf (EGARCH(1,1)-Modell mit täglicher Neugewichtungsfrequenz)	117
Abb. 30:	Sharpe-Ratios der unterschiedlichen Strategien in Abhängigkeit von der Analysewährung im Vergleich	120

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Volatilitätsbasierte Steuerungsansätze im Vergleich	29
Tab. 2:	Überblick zu wesentlichen Publikationen mit direktem Bezug zur konstanten oder dynamischen Volatilitätsziel-Strategie	36
Tab. 3:	Übersicht zu den für die Kostenermittlungen herangezogenen ETFs	45
Tab. 4:	Übersicht der im Backtesting verwendeten Daten	50
Tab. 5:	Wesentliche Performance- und Risikokennzahlen zu den betrachteten Aktienindizes	51
Tab. 6:	Übersicht zu den Strategiecharakteristika-bezeichnenden Abkürzungen	62
Tab. 7:	Charakteristika und Performance der auf den ACWI bezogenen Strategien	63
Tab. 8:	Renditebewegungen der auf den ACWI bezogenen Strategien relativ zum Markt	68
Tab. 9:	Risikokennzahlen der auf den ACWI bezogenen Strategien	72
Tab. 10:	Charakteristika und Performance der auf den ACWI bezogenen Strategien ohne Berücksichtigung von Kosten	76
Tab. 11:	Backtesting-Ergebnisse im Vergleich zu einer BHS mit konstantem Skalierungsfaktor von 1,4	79
Tab. 12:	Übersicht zu den „Timing“-Bewertungen der Volatilitätsziel-Strategien	82
Tab. 13:	Charakteristika und Risikokennzahlen der auf den ACWI bezogenen Strategien (Bären-Markt- und NBER-Rezessions-Phasen)	83
Tab. 14:	Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen DVTS unter Verwendung konditioneller Volatilitätsmodelle	98
Tab. 15:	Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen KVTS15 unter Verwendung konditioneller Volatilitätsmodelle	99
Tab. 16:	Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen VTS unter Verwendung verschiedener Neugewichtungsfrequenzen	104
Tab. 17:	Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen DVTS unter Verwendung unterschiedlicher Skalierungsrestriktionen	109
Tab. 18:	Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen KVTS15 unter Verwendung unterschiedlicher Skalierungsrestriktionen ..	110
Tab. 19:	Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen KVTS unter Verwendung verschiedener konstanter Volatilitätsziele	111

Tab. 20:	Auswertung zu den Sharpe-Ratio-Differenzen in Abhängigkeit von der Halteperiode	113
Tab. 21:	Backtesting-Ergebnisse der auf den WORLD und EM bezogenen VTS	115

Abkürzungsverzeichnis

1D	tägliche Neugewichtungsfrequenz
22D	monatliche Neugewichtungsfrequenz (22 Tage)
Acc	thesaurierend
ACWI	MSCI All Country World Index(es)
AR	AutoRegressive
ARCH	AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity
BHS	„Buy-and-Hold“-Strategie(n)
BofA	Bank of America
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CBOE	Chicago Board Options Exchange
CMA	„Conservative-Minus-Aggressive“
COVID-19	Coronavirus-Krankheit-2019 (Coronavirus Disease 2019)
CVaR	Conditional Value-at-Risk
Dist	ausschüttend
DVTS	dynamische Volatilitätsziel-Strategie(n)
EG	EGARCH(1,1)
EGARCH	Exponential-GARCH
EM	MSCI Emerging Markets Index(es)
erw.	erwartete
ESG	Environmental, Social, Governance
ETF(s)	Exchange-Traded-Fund(s)
EWMA	Exponentially Weighted Moving Average
EWS	Equal-Weighting-Strategie(n),
FC4	4-Faktoren-Modell von Carhart
FF3	3-Faktoren-Modell von Fama und French
FF5	5-Faktoren-Modell von Fama und French
FF6	6-Faktoren-Modell von Fama und French
GARCH	Generalized AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity
GJR-GARCH	Glosten-Jagannathan-Runkle-GARCH
HAC	Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent
hist.	historische
HML	„High-Minus-Low“
ISIN	Internationale Wertpapierkennnummer
KVTS	konstante Volatilitätsziel-Strategie(n)
KVTS15	konstante Volatilitätsziel-Strategie mit 15% Volatilitätsziel
KVTSX	konstante Volatilitätsziel-Strategie mit X% Volatilitätsziel
IS	linke Spalte

MDD	maximaler Drawdown
MF1	1-Faktor-Marktmodell
MVS	Minimum-Varianz-Strategie(n)
NBER	National Bureau of Economic Research
NG	Normal-GARCH(1,1)
NL	kein Skalierungslimit
QQ-Plots	Quantil-Quantil-Plots
RIC	Reuters Instrument Code
RMW	„Robust-Minus-Weak“
RP	Risk-Parity
rS	rechte Spalte
SF	Skalierungsfaktor
SMA	Simple Moving Average
SMB	„Small-Minus-Big“
SR(s)	Sharpe-Ratio(s)
TER	Verwahrkosten (Total Expense Ratio)
TG	Student-t-GARCH(1,1)
VaR	Value-at-Risk
VAR	Varianz
VIX-Index	CBOE Volatilitäts-Index
VOL	Volatilität
VT	konstantes Volatilitätsziel
VTS	Volatilitätsziel-Strategie(n)
WML	„Winners-Minus-Losers“
WORLD	MSCI World Index(es)

Formel- und Symbolverzeichnis

$ASK_{i,t}$	Briefkurs des zum i -ten Aktienindex gehörenden ETFs zum Zeitpunkt t
α	Parameter eines GARCH-Modells
α_l	l -ter α -Parameter in einem GARCH-Modell
α_{lag}	lag -ter Regressionskoeffizient einer Hilfsregression
α_n	zum n -ten Asset gehörender α -Parameter in einem linearen Regressionsmodell
α_0	Achsenabschnitts-Parameter einer Hilfsregression
α_1	1-ter Regressionskoeffizient einer Hilfsregression
$\hat{\alpha}_v$	zur v -ten Strategie gehörender, geschätzter α -Parameter einer linearen Regression
$BID_{i,t}$	Geldkurs des zum i -ten Aktienindex gehörenden ETFs zum Zeitpunkt t
β	Parameter eines GARCH-Modells
β_m	m -ter β -Parameter in einem GARCH-Modell
β_n^{CMA}	zum n -ten Asset gehörender Koeffizient für die „Conservative-Minus-Aggressive“-Faktorprämien in einem linearen Regressionsmodell
β_n^{HML}	zum n -ten Asset gehörender Koeffizient für die „High-Minus-Low“-Faktorprämien in einem linearen Regressionsmodell
β_n^M	zum n -ten Asset gehörender Koeffizient für die Renditen des Marktportfolios in einem linearen Regressionsmodell
β_n^P	Beta des n -ten Assets in Bezug zum betrachteten Portfolio
β_n^{RMW}	zum n -ten Asset gehörender Koeffizient für die „Robust-Minus-Weak“-Faktorprämien in einem linearen Regressionsmodell
β_n^{SMB}	zum n -ten Asset gehörender Koeffizient für die „Small-Minus-Big“-Faktorprämien in einem linearen Regressionsmodell
β_n^{WML}	zum n -ten Asset gehörender Koeffizient für die „Winners-Minus-Losers“-Faktorprämien in einem linearen Regressionsmodell
$\hat{\beta}_v^M$	zur v -ten Strategie gehörender geschätzter β -Parameter einer linearen Regression
\vec{B}_v	Vektor, der die Neugewichtungstage zur v -ten Strategie enthält
$\chi^2(2)$	Chi-Quadrat-Verteilung mit 2 Freiheitsgraden
CMA_t	„Conservative-Minus-Aggressive“-Faktorprämie zum Zeitpunkt t

CMA_t^{USD}	„Conservative-Minus-Aggressive“-Faktorprämie in USD zum Zeitpunkt t
$Cov(.)$	Kovarianz aus $(.)$
$CR_{v,T}$	kumulierte Rendite der v -ten Strategie zum Zeitpunkt T
$CR_{v,t}^\tau$	kumulierte Rendite der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t unter Anwendung einer Halteperiode von τ Tagen
$CR_{v,t-j}^\tau$	kumulierte Rendite der v -ten Strategie zum Zeitpunkt $t - j$ unter Anwendung einer Halteperiode von τ Tagen
$CR_{v,t-1}^\tau$	kumulierte Rendite der v -ten Strategie zum Zeitpunkt $t - 1$ unter Anwendung einer Halteperiode von τ Tagen
$CR_{v,t-\theta}^\tau$	kumulierte Rendite der v -ten Strategie zum Zeitpunkt $t - \theta$ unter Anwendung einer Halteperiode von τ Tagen
$CVaR_{v,t}$	Conditional Value-at-Risk der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
$DownR_{v,T}$	Downward-Capture Ratio der v -ten Strategie zum Zeitpunkt T
DT_t	Kalendertag zum Zeitpunkt t
DT_{t+1}	Kalendertag zum Zeitpunkt $t + 1$
$E(.)$	Erwartungswert von $(.)$
$e_{n,t}$	zum n -ten Asset gehörendes Residuum aus einem linearen Regressionsmodell zum Zeitpunkt t
e_t	Residuum eines linearen Regressionsmodells zum Zeitpunkt t
e_{t-lag}	Residuum eines linearen Regressionsmodells zum Zeitpunkt $t - lag$
e_{t-1}	Residuum eines linearen Regressionsmodells zum Zeitpunkt $t - 1$
ε	Residuum einer Hilfsregression
FX_t	Wechselkursnotierung in Mengennotierung zum USD zum Zeitpunkt t
FX_{t-1}	Wechselkursnotierung in Mengennotierung zum USD zum Zeitpunkt $t - 1$
γ	Parameter eines EGARCH-Modells
<i>Half - Life</i>	Halbwertszeit eines EWMA-Modells
HML_t	„High-Minus-Low“-Faktorprämie zum Zeitpunkt t
HML_t^{USD}	„High-Minus-Low“-Faktorprämie in USD zum Zeitpunkt t
$H_{0,(.)}$	Nullhypothese zu $(.)$
i	Variable für die Indexierung der betrachteten Aktienindizes
$I_{(.)}$	Hilfsfunktion, die den Wert 1 oder 0 in Abhängigkeit von $(.)$ bestimmt
$INDX_{i,t}$	Schlusskurs des i -ten Aktienindexes zum Zeitpunkt t

$INDX_{i,t-1}$	Schlusskurs des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt $t - 1$
j	Laufvariable
$JB_{v,T}$	Jarque-Bera-Teststatistik der v -ten Strategie zum Zeitpunkt T
l	Laufvariable
lag	Parameter, der die verwendete Zeitverzögerung in einer Zeitreihe markiert
LC	Skalierungslimit
λ	Gewichtungsparameter für die EWMA-Volatilität
m	Laufvariable
$MDD_{v,t}$	maximaler Drawdown der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
n	Variable für die Indexierung der betrachteten Assets
N	Anzahl der Assets im Portfolio
N_{LV}	Anzahl der Assets in einem Low-Volatility-Portfolio
ω	Parameter eines GARCH-Modells
Ω	Varianz-Kovarianz-Matrix zu den im Portfolio enthaltenen Assets
p	Anzahl der herangezogenen Parameter in Bezug auf die verzögerten Varianzen in einem GARCH-Modell
q	Anzahl der herangezogenen Parameter in Bezug auf die verzögerten Renditen in einem GARCH-Modell
$Q^\alpha(\cdot)$	Funktion, die den Grenzwert zum α -Intervall einer empirischen Renditeverteilung wiedergibt
R	diskrete Rendite
$R_{FX,t}$	diskrete Rendite einer Fremdwährung zum Zeitpunkt t
R_M	diskrete Rendite des Marktportfolios
$R_{M,t}$	diskrete Rendite des Marktportfolios zum Zeitpunkt t
R_n	diskrete Rendite des n -ten Assets
$R_{n,t}$	diskrete Rendite des n -ten Assets zum Zeitpunkt t
R_p	diskrete Rendite des betrachteten Portfolios
$R_{i,t}$	diskrete Rendite des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt t
$R_{i,t-j}$	diskrete Rendite des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt $t - j$
$R_{i,t-1}$	diskrete Rendite des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt $t - 1$
$R_{v,l}$	diskrete Rendite der v -ten Strategie zum Zeitpunkt l
$R_{v,t}$	diskrete Rendite der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
$R_{v,t}^{EQY}$	diskrete Rendite der Aktien-Portfoliokomponente der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t

$R_{v,t}^{MMKT}$	diskrete Rendite der Geldmarkt-Portfoliokomponente der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
\bar{R}_{BHS}^-	Mittelwert der „Buy-and-Hold“-Strategie-Renditen der Stichtage, an denen die „Buy-and-Hold“-Strategie-Renditen negativ sind
\bar{R}_{BHS}^+	Mittelwert der „Buy-and-Hold“-Strategie-Renditen der Stichtage, an denen die „Buy-and-Hold“-Strategie-Renditen positiv sind
\bar{R}_{VTS}^-	Mittelwert der Volatilitätsziel-Strategie-Renditen der Stichtage, an denen die „Buy-and-Hold“-Strategie-Renditen negativ sind
\bar{R}_{VTS}^+	Mittelwert der Volatilitätsziel-Strategie-Renditen der Stichtage, an denen die „Buy-and-Hold“-Strategie-Renditen positiv sind
$\bar{R}_{v,t}$	Mittelwert aus den diskreten Renditen der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
RF	risikoloser Zinssatz, ausgedrückt als diskrete Rendite
RF_t	risikoloser Zinssatz, ausgedrückt als diskrete Rendite zum Zeitpunkt t
$RF_t^{p.a.}$	risikoloser Zinssatz in annualisierter Form zum Zeitpunkt t
RMW_t	„Robust-Minus-Weak“-Faktorprämie zum Zeitpunkt t
RMW_t^{USD}	„Robust-Minus-Weak“-Faktorprämie in USD zum Zeitpunkt t
$SC_{v,T}$	Schiefe-Koeffizient der v -ten Strategie zum Zeitpunkt T
$SE_{\hat{\alpha}_v}$	Standardfehler des zur v -ten Strategie gehörenden, geschätzten α -Parameters einer linearen Regression
$SE_{\hat{\beta}_v^M}$	Standardfehler des zur v -ten Strategie gehörenden, geschätzten β -Parameters einer linearen Regression
SMB_t	„Small-Minus-Big“-Faktorprämie zum Zeitpunkt t
SMB_t^{USD}	„Small-Minus-Big“-Faktorprämie in USD zum Zeitpunkt t
$SR_{v,T}^{p.a.}$	annualisierte Sharpe-Ratio der v -ten Strategie zum Zeitpunkt T
σ	Volatilität
$\sigma_{i,t}$	Volatilität des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt t
$\sigma_{i,t-1}$	Volatilität des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt $t - 1$
$\sigma_{i,t}^{AVG}$	1260-tägige SMA-Volatilität des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt t
$\sigma_{i,t}^{SMA}$	22-tägige SMA-Volatilität des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt t
$\sigma_{i,t}^2$	Varianz des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt t
$\sigma_{i,t-1}^2$	Varianz des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt $t - 1$

σ_M	Volatilität des Marktportfolios
σ_n	Volatilität des n -ten Assets
σ_{nP}	Kovarianz zwischen dem n -ten Asset und dem betrachteten Portfolio
$\sigma_{R_{v,t}}$	Standardabweichung der diskreten Renditen der v -ten Strategie
$\bar{\sigma}_{n,t}$	durchschnittliche historische Volatilität vom n -ten Asset zum Zeitpunkt t
$\hat{\sigma}_{n,t+1 t}$	geschätzte zukünftige Volatilität vom n -ten Asset zum Zeitpunkt t
σ_P	Volatilität des betrachteten Portfolios
t	Variable für die Indexierung der Handelstage
t_0	Markierung des 0-ten Zeitpunkts einer Zeitreihe
t_1	Markierung des 1-ten Zeitpunkts einer Zeitreihe
$t - \theta$	Zeitpunkt, der θ -Tage von Zeitpunkt t ausgehend zurückliegt
T	Zeitpunkt, der das Ende des Backtesting-Zeitraums markiert
$TC_{v,t}$	diskrete Rendite der Transaktionskosten-Portfoliokomponente der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
$TER_i^{p.a.}$	Verwahrkosten des i -ten Aktienindexes in annualisierter Form
$TER_{v,t}$	diskrete Rendite der Verwahrkosten-Portfoliokomponente der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
τ	Variable für die Länge der verwendeten Halteperiode
θ	Variable für die Länge des verwendeten Rückschaufensters
$UpR_{v,T}$	Upward-Capture Ratio der v -ten Strategie zum Zeitpunkt T
v	Variable für die Indexierung der betrachteten Backtesting-Strategien
$V_{v,t-1}^{EQY}$	Geldwert der Aktien-Portfoliokomponente der v -ten Strategie zum Zeitpunkt $t - 1$
$V_{v,t-1}^{PORT}$	Geldwert des Portfolios der v -ten Strategie zum Zeitpunkt $t - 1$
$Var(.)$	Varianz aus (.)
$VaR_{v,t}$	Value-at-Risk der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
VT	konstantes Volatilitätsziel
w_n	Portfoliogewicht des n -ten Assets
$w_{v,t}^{EQY}$	Portfoliogewicht der Aktien-Portfoliokomponente der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
$w_{v,t-1}^{EQY}$	Portfoliogewicht der Aktien-Portfoliokomponente der v -ten Strategie zum Zeitpunkt $t - 1$

$w_{v,t}^{MMKT}$	Portfoliogewicht der Geldmarkt-Portfoliokomponente der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t
$WC_{v,T}$	Wölbungs-Koeffizient der v -ten Strategie zum Zeitpunkt T
WML_t	„Winners-Minus-Losers“-Faktorprämie zum Zeitpunkt t
WML_t^{USD}	„Winners-Minus-Losers“-Faktorprämie in USD zum Zeitpunkt t
\vec{w}	Vektor aus Portfoliogewichten
z_t	unabhängige und identisch verteilte Innovation zum Zeitpunkt t
$(\cdot)_{BHS}$	auf eine „Buy-and-Hold“-Strategie bezogener Wert
$(\cdot)_{VTS}$	auf eine Volatilitätsziel-Strategie bezogener Wert
$(\cdot)_t^{USD}$	Faktorprämie zum Zeitpunkt t in USD
$(\cdot)_v$	auf die v -te Strategie bezogener Wert

1 Einleitung

Aktien spielen in der Asset-Allokation institutioneller Investoren üblicherweise eine bedeutsame Rolle.¹ Eine Bedeutungszunahme erwächst zudem aus der Tatsache, dass verzinsliche Anlageformen angesichts des niedrigen Zinsniveaus aktuell nur geringe Ertragserwartungen aufweisen.² Abbildung 1 verdeutlicht dies anhand ausgewählter Zinsinstrumente. Zunächst zeigen die Abbildungsbereiche (a) und (b), dass das Zinsniveau gemessen an 10-jährigen Swapsätzen und der Marktrendite eines globalen Anleihen-Indexes (BofA Merrill Lynch Global Broad Market Index) in wesentlichen Wirtschaftsräumen seit Jahren im Trend rückläufig ist. Anknüpfend stellt Abbildungsbereich (c) Boxplots zu empirischen Verteilungen der Zinskurven-Steilheiten dar. Erkennbar ist, dass zum jüngsten Betrachtungsstichtag die Übernahme von Zinsänderungsrisiken im Verhältnis zur eigenen Historie wenig bis moderat honoriert wird.

Dass Aktieninvestments demgegenüber durchschnittlich höhere Erträge erwirtschaften, wird durch die Darstellungen in Abbildung 2 gestützt. Abbildungsbereich (a) zeigt, dass Aktien in den vergangenen 20 Jahren unter Anwendung rollierender 5-jähriger Halteperioden im Durchschnitt höhere annualisierte Renditen als Anleihen unter gleichen Bedingungen erzielen konnten.

Andererseits bringen großzügigere Aktiendotierungen auch höhere Risikoauslastungen mit sich. So werden im Portfoliokontext Volatilität sowie Verlustszenario-Budgets üblicherweise vom Aktienkursrisiko dominiert.³ Abbildungsbereich (b) aus Abbildung 2 verdeutlicht in einer rollierenden Betrachtung, dass sowohl die Volatilität als auch der Value-at-Risk (VaR) des betrachteten Aktienindex über den Realisierungen des betrachteten Anleihen-Indexes liegen. Komplementierend, zeigt Abbildungsbereich (c) anhand des VIX-Indexes⁴, dass im letzten Jahrzehnt sprunghafte Volatilitätsanstiege (tägliche relative Veränderung größer 30%) vermehrt auftreten. Diese in der jüngeren Historie beobachtbare höhere

¹ Vgl. Harvey, C. R. et al., *Krisen-Strategien*, 2019, S. 7.

² Vgl. Haesen, D. et al., *Optimierung Risk-Parity*, 2017, S. 54; Gösmann, J., Ziggel, D., *Wechselpunkte*, 2018, S. 99.

³ Vgl. Chaves, D. et al., *Heuristiken Asset-Allokation*, 2011, S. 108; Asness, C. S. et al., *Skalierungsbeschränkungen*, 2012, S. 47; Asvanunt, A. et al., *Absicherungsvergleich*, 2015, S. 134; Gösmann, J., Ziggel, D., *Wechselpunkte*, 2018, S. 99.

⁴ Der VIX-Index wird von der Chicago Board Options Exchange (CBOE) aus auf den S&P 500 Index bezogenen Optionen mit 30-tägiger Restlaufzeit berechnet. Er gehört zu den weltweit bekanntesten Volatilitätsindizes (vgl. Wang, Q., Wang, Z., *VIX*, 2020, S. 1).

Schwankungsintensität der Volatilität gesellt sich zum ohnehin höheren Volatilitätsniveau von Aktien.

Institutionelle Anleger stehen somit im Spannungsfeld zwischen der ertragstechnischen Notwendigkeit eines Aktieninvestments und der daraus resultierenden höheren Risikoauslastung. Volatilitätsbasierte Steuerungsansätze versuchen in diesem Spannungsfeld zu vermitteln. Sie verfolgen das Ziel, Partizipation an den attraktiveren Ertragsersparungen der Aktienmärkte unter gleichzeitiger Kontrolle der Risiken zu ermöglichen.⁵

Die in dieser Arbeit untersuchten Volatilitätsziel-Strategien (VTS)⁶ repräsentieren eine Art von volatilitätsbasierten Steuerungsansätzen.⁷ Grundgedanke der VTS ist es, die Portfoliovolatilität durch Umschichtungen zwischen risikobehafteten und risikolosen Anlageformen auf ein definiertes Volatilitätsziel-Niveau hin auszusteuern.⁸ Gegenüber der Benchmark soll so eine höhere risikoadjustierte Rendite und eine Absicherung vor starken Wertverlusten erreicht werden.⁹

Eine hohe Portfoliodiversifikation alleine kann die genannten Zielsetzungen nicht erfüllen. Diese Erkenntnis resultiert aus den Beobachtungen, dass Diversifikationseffekte aufgrund stärkerer Globalisierungstendenzen und dem Trend zu passiven Investmentstrategien abnehmen¹⁰, Korrelationszusammenhänge zwischen Assetklassen und Regionen insbesondere bei starken Marktbewegungen zunehmen¹¹ sowie der Tatsache, dass Korrelationen zwischen Aktien und Zinsinstrumenten in der Zeit variieren.¹²

⁵ Vgl. Albeverio, S. et al., Volatilitätsinstrumente, 2013, S. 1519.

⁶ Das Akronym wird aus dem in der Literatur üblichen englischen Begriff „Volatility-Targeting-Strategy“ gebildet.

⁷ Vgl. Krein, D., Fernandez, J., Index-Risikokontrollstrategien, 2012, S. 62.

⁸ Vgl. Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 94; Vassallo, D. et al., Effekte VTS, 2020, S. 41.

⁹ Vgl. Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management, 2013, S. 31-32.

¹⁰ Vgl. Dachraoui, K., Anlagenklassenvergleich Volatilitätsziel-Strategie, 2018, S. 58; Ramkumar, S. R. et al., Internationale Aktien, 2019, S. 88-90, 104.

¹¹ Vgl. Longin, F., Solnik, B., Korrelationsanalyse Aktien, 1995, S. 17-18; Karolyi, G. A., Stulz, R. M., Korrelationszusammenhänge, 1996, S. 984; De Santis, G., Gerard, B., Internationale Diversifikation, 1997, S. 1908; Hill, J. M., Index-Analyse, 2010, S. 21; Daskalaki, C., Skiadopoulos, G., Rohstoff-Integration, 2011, S. 2624; Zhu, S. et al., Crash-Absicherung, 2020, S. 1.

¹² Vgl. Ramkumar, S. R., Bates, A., Aktien-Zins-Korrelation, 2020, S. 138-139.

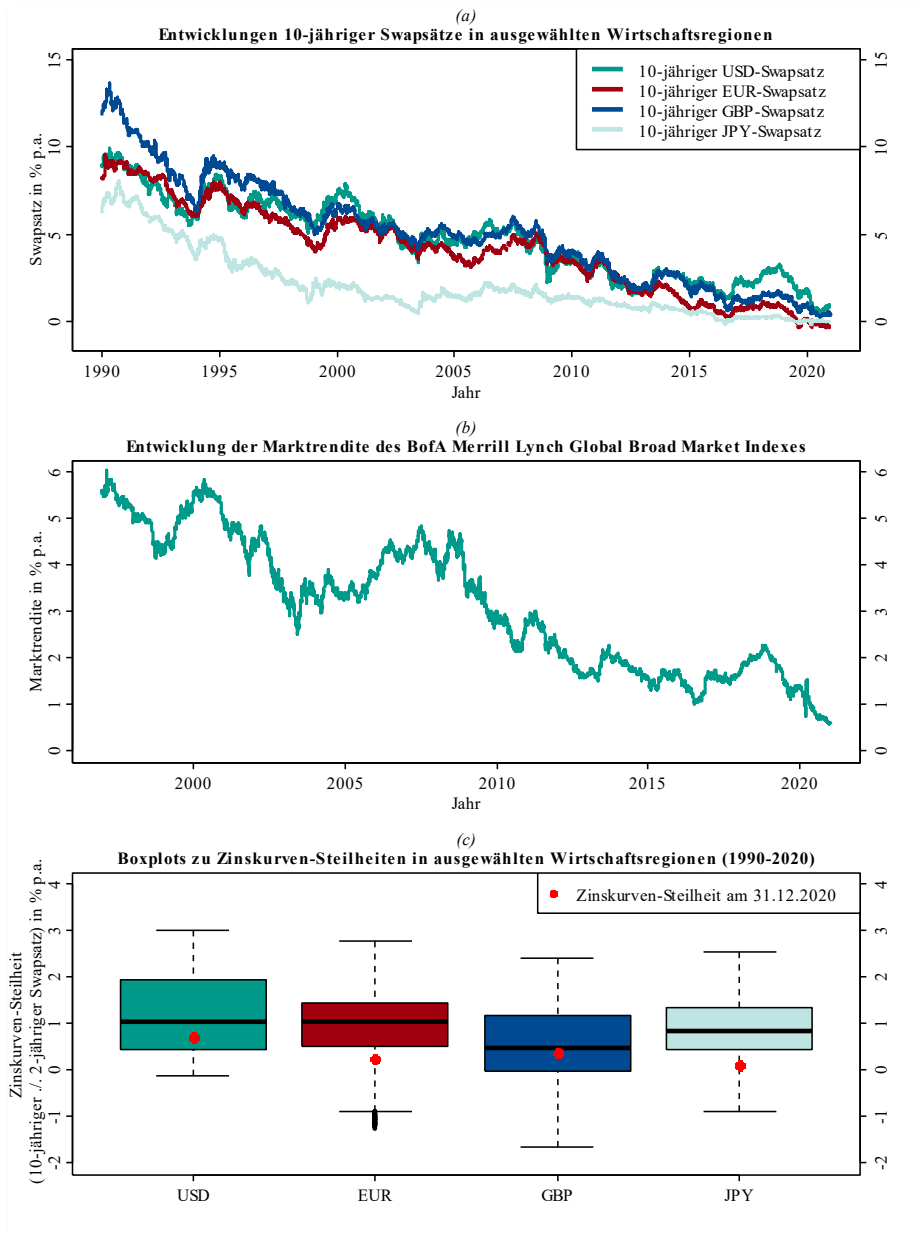


Abb. 1: Globale Zinsniveaus und Zinskurven-Steilheiten im Zeitverlauf, Datenquelle: Refinitiv Eikon

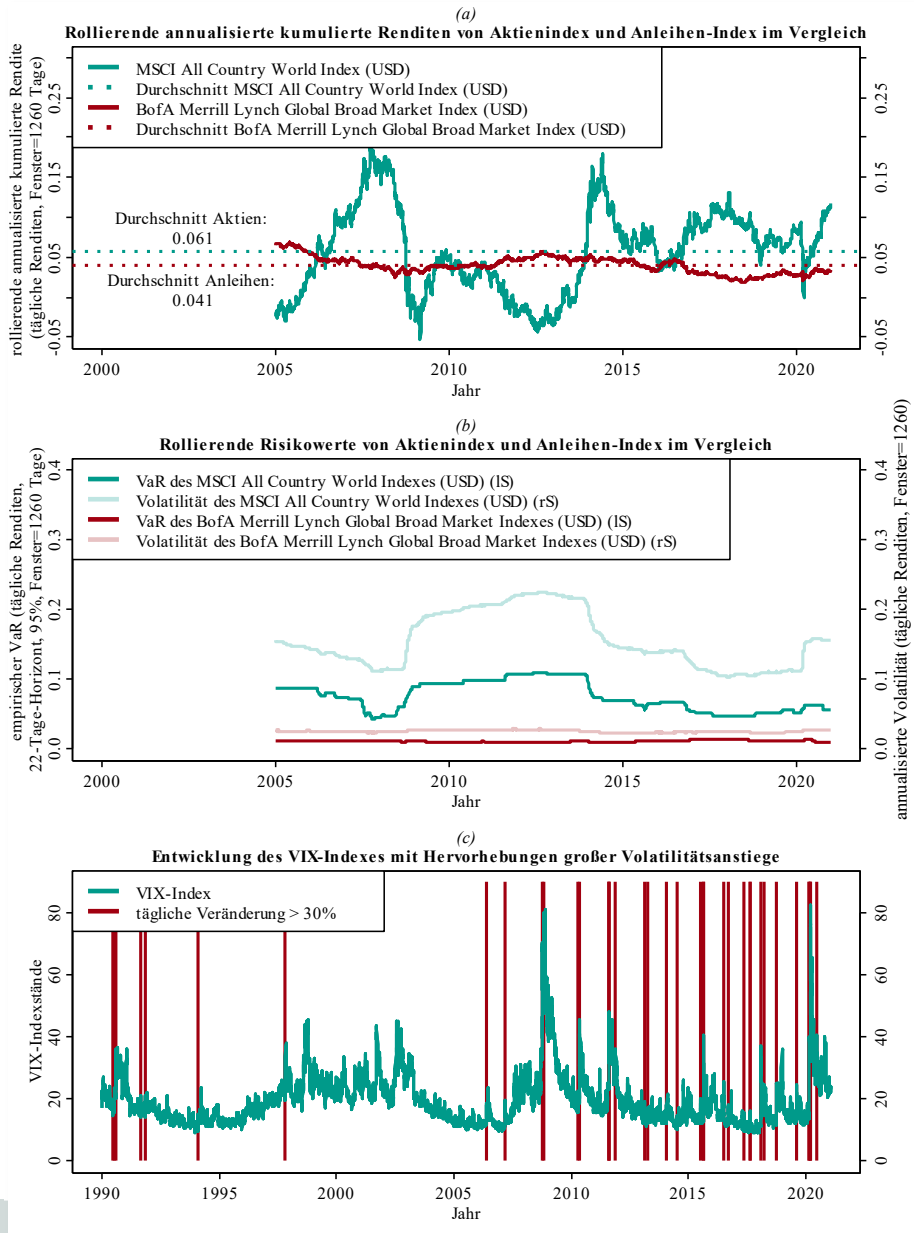


Abb. 2: Rendite- und Risikovergleich zwischen Aktien und Anleihen, (c) in Anlehnung an: Zweber, A., Vorteile Neugewichtungen, 2011, S. 96, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Auch klassische Absicherungsstrategien über Optionskontrakte stellen aufgrund ihrer Kostenintensität keine praxistauglichen Alternativen zu VTS dar. Zum einen resultiert ein kontinuierlicher Performanceabrieb aus den Prämienzahlungen für die permanente Sicherungsaufrechterhaltung¹³ und zum anderen steigen die Optionsprämien in volatilen Marktphasen.¹⁴

Die damit begründete Relevanz der VTS für die Aktienmärkte motivieren zur näheren Beschäftigung und bilden das Fundament für die vorliegende Studie. Zielsetzung ist es, die Rendite- und Risikorealisationen der VTS im Vergleich zu „Buy-and-Hold“-Strategien (BHS) zu analysieren. Konkret wird folgende Forschungsfrage aufgestellt:

Forschungsfrage: Können VTS unter Berücksichtigung realistischer Transaktions- und Refinanzierungskosten für einen repräsentativen Aktienindex höhere Sharpe-Ratios gegenüber BHS erzielen?

Nullhypothese: VTS und BHS weisen unter Berücksichtigung realistischer Transaktions- und Refinanzierungskosten für einen repräsentativen Aktienindex keine signifikanten Unterschiede in den erzielten Sharpe-Ratios auf.

Alternativhypothese: VTS und BHS weisen unter Berücksichtigung realistischer Transaktions- und Refinanzierungskosten für einen repräsentativen Aktienindex signifikante Unterschiede in den erzielten Sharpe-Ratios auf.

Die Beantwortung der Forschungsfrage erfolgt durch Anwendung von retrospektiven Simulationsrechnungen (Backtesting), wobei alle verwendeten Zeitreihen am Kapitalmarkt beobachtbar sind. Zur Bewertung der statistischen Signifikanz der Sharpe-Ratio-Unterschiede wird der Test von *Ledoit, O.* und *Wolf, M.*¹⁵, wie er im R-Paket „PeerPerformance“¹⁶ umgesetzt wird, unter Verwendung einer 10%-igen Fehlerwahrscheinlichkeit herangezogen. Neben der Beantwortung der Forschungsfrage werden weitere praxisrelevante Performance- und Risikokennzahlen sowie zeitliche Teilausschnitts-Analysen präsentiert.

Strukturell leitet Kapitel 2 mit der Darstellung des fundamentalen Hintergrunds zu volatilitätsbasierten Steuerungsansätzen ein. Hierdurch wird das Gesamtver-

¹³ Vgl. Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management, 2013, S. 28; Harvey, C. R. et al., Krisen-Strategien, 2019, S. 7-8.

¹⁴ Vgl. Asvanunt, A. et al., Absicherungsvergleich, 2015, S. 140-141.

¹⁵ Vgl. Ledoit, O., Wolf, M., Hypothesentests Sharpe-Ratio, 2008, S. 850-859.

¹⁶ Vgl. Anhang 8.

ständnis zu den Strategien gefördert und eine Einordnung in übergeordnete Kapitalmarktforschungs-Themen erreicht. Kapitel 2.1 widmet sich den theoretischen Rendite-Risiko-Beziehungen, wie sie von etablierten Portfolio- und Faktormodellen postuliert werden. Die Darstellung der theoretischen Beziehung ist insofern relevant, als dass die empirischen Backtesting-Resultate hierzu in Abgleich gebracht werden. Kapitel 2.2 erörtert unterschiedliche Ausprägungsformen von volatilitätsbasierten Steuerungsansätzen für Aktienportfolios. Unter anderem wird eine Differenzierung in Querschnitt- und Längsschnittansätzen vorgenommen und die Begründung für die Fokussierung auf VTS dargelegt. Kapitel 2.3 präsentiert dann den aktuellen Forschungsstand anhand wesentlicher Publikationen zu VTS.

Den empirischen Backtesting-Untersuchungen widmet sich Kapitel 3. Einleitend stellt Kapitel 3.1 das verwendete Datenmaterial und die für das Backtesting angewandte Methodik dar. Die hieraus resultierenden Ergebnisse werden in Kapitel 3.2 präsentiert. Im Fokus stehen wesentliche Charakteristika sowie Performance- und Risikorealisationen zu zwei Grundvarianten der VTS. Darauf aufbauend erörtert Kapitel 3.3 verschiedene Optimierungsansätze, welche die risikoadjustierten Renditen der Grundvarianten erhöhen können.

Kapitel 4 widmet sich anschließend der Evaluation und Reflektion der Backtesting-Resultate. Um einen „Data-Snooping“-Vorwurf¹⁷ zu konfrontieren, beschäftigt sich Kapitel 4.1 mit Robustheitsanalysen zu den empirischen Resultaten. Anknüpfend erörtert Kapitel 4.2 mögliche Erklärungsansätze für die ermittelten Ergebnisse. Kapitel 4.3 weist auf mögliche Limitationen im Backtesting-Design hin und würdigt VTS kritisch. Abschließend fasst Kapitel 5 die wesentlichen Ergebnisse zusammen.

¹⁷ „Data-Snooping“-Vorwürfe lassen sich immer dann anbringen, wenn Datensätze für die Zwecke von Ergebnisableitungen oder Modellspezifikationen mehrfach untersucht werden. Die mehrfache Analyse kann dazu führen, dass sich vorteilbringende Szenarien nur durch Zufall und nicht aus intrinsischen Mehrwerten der Strategien ergeben (vgl. White, H., „Data-Snooping“, 2000, S. 1097-1099).

2 Fundamentaler Hintergrund zu volatilitätsbasierten Steuerungsansätzen

Nachdem die Einleitung Motivation, Zielsetzung und Struktur der Arbeit dargelegt hat, widmet sich dieses Kapitel den thematischen Grundlagen zum Einsatz von VTS. Kapitel 2.1 geht zunächst auf die postulierten Rendite-Risiko-Beziehungen von etablierten Portfolio- und Faktormodellen ein. Anknüpfend ordnet Kapitel 2.2 VTS in die breitere Gruppe volatilitätsbasierter Steuerungsansätze ein. Gleichfalls wird gezeigt, auf welchen Prämissen die Umsetzung von VTS beruht. Schließlich stellt Kapitel 2.3 den aktuellen Forschungsstand anhand einer Auswahl wesentlicher Publikationen zum Thema dar.

2.1 Rendite-Risiko-Beziehungen aus der Perspektive etablierter Portfolio- und Faktormodelle

Markowitz, H. M.¹⁸ legte mit seinen Gedanken zur Mittelwert-Varianz-Optimierung von risikobehafteten Assets den Grundstein für etablierte Portfoliomodelle.¹⁹ Ein Kernresultat seiner Überlegungen ist die Charakterisierung effizienter Portfolios. Effizient sind Portfolios dann, wenn für einen Investor keine höhere erwartete Rendite bei gegebener Volatilität oder keine niedrigere Volatilität bei gegebener erwarteter Rendite erreicht werden kann.²⁰ Durch die Erweiterung um eine risikolose Anlageform führt die Mittelwert-Varianz-Optimierung zum Konzept der Kapitalmarktlinie.²¹ Die Kapitalmarktlinie beschreibt den folgenden Zusammenhang:²²

$$E(R_P) = RF + \frac{E(R_M) - RF}{\sigma_M} \sigma_P \quad (1)$$

¹⁸ Vgl. Markowitz, H. M., Mittelwert-Varianz-Optimierung, 1952, S. 77-91.

¹⁹ Vgl. Jensen, M. C., Kapitalmarkttheorien, 1972, S. 358; Wu, L.-C. et al., Index-Tracking, 2007, S. 50.

²⁰ Vgl. Markowitz, H. M., Mittelwert-Varianz-Optimierung, 1952, S. 82; Wu, L.-C. et al., Index-Tracking, 2007, S. 50.

²¹ Vgl. Tobin, J., Kapitalmarktlinie, 1958, S. 66; Levy, H., CAPM, 2012, S. 120-121, 128-133.

²² Vgl. Merton, R. C., Rendite-Schätzungen, 1980, S. 324.

Dabei sind $E(R_p)$ und σ_p die erwartete Rendite und Volatilität des betrachteten Portfolios, $E(R_M)$ und σ_M die erwartete Rendite und Volatilität des Marktportfolios sowie RF der risikolose Zinssatz. Ersichtlich wird, dass $E(R_p)$ linear von σ_p abhängig ist.

Durch Berücksichtigung weiterer Gleichgewichtsbedingungen²³ führen die Überlegungen der Kapitalmarktklinie zum Capital Asset Pricing Model (CAPM).²⁴ Das CAPM postuliert, dass nur ein Marktportfolio existiert, welches die risikoadjustierte Rendite der Investoren maximiert.²⁵ Folglich decken alle Investoren den risikobehafteten Portfolioanteil ausschließlich durch eine skalierte Variante des Marktportfolios ab.²⁶ Konkret beschreibt das CAPM die folgende Gleichgewichtsbeziehung:²⁷

$$E(R_n) = RF + \beta_n^M [E(R_M) - RF] = RF + \frac{Cov(R_n, R_M)}{Var(R_M)} [E(R_M) - RF] \quad (2)$$

Hierbei stellt $E(R_n)$ die erwartete Rendite des n -ten Assets und $E(R_M)$ die erwartete Rendite des Marktportfolios dar. β_n^M lässt sich aus der Kovarianz der Renditen von Asset n und dem Marktportfolio ($Cov(R_n, R_M)$) im Verhältnis zur Varianz der Renditen des Marktportfolios ($Var(R_M)$) errechnen.

Aus Gleichung 2 wird ersichtlich, dass das CAPM einen linearen positiven Zusammenhang zwischen der erwarteten Rendite und dem Marktrisiko (Beta) als unabhängige Variable herstellt. Die unbekanntenen Parameter für das CAPM werden

²³ Die wesentlichsten Gleichgewichtsbedingungen sind: (1) Investoren maximieren ihren Nutzen nach dem Mittelwert-Varianz-Prinzip und sind risikoavers; (2) Alle Investoren können unbegrenzt zum risikolosen Zinssatz Geld aufnehmen; (3) Es existieren keine Leerverkaufsrestriktionen; (4) Alle Investoren haben gleiche Erwartungen bezüglich zukünftiger Renditen, Varianzen und Kovarianzen der Assets; (5) Alle existierenden Assets sind hochliquide, handelbar und beliebig teilbar; (6) Es existieren keine Transaktionskosten und Steuern; (7) Alle Investoren sind in dem Marktportfolio investiert (vgl. Jensen, M. C., Kapitalmarkttheorien, 1972, S. 358-359; Goltz, F., Le Sourd, V., Kapitalisierungsgewichtete Indizes, 2011, S. 60-61; Asness, C. S. et al., Skalierungsbeschränkungen, 2012, S. 49).

²⁴ Vgl. Sharpe, W. F., Kapitalmarktpreise, 1964, S. 425-442; Lintner, J., Auswahl Risiko-Assets, 1965, S. 13-37; Mossin, J., Gleichgewicht Kapitalmarkt, 1966, S. 768-783.

²⁵ Vgl. Anderson, R. M. et al., Gehebelte Portfolios, 2014, S. 55.

²⁶ Vgl. Asness, C. S. et al., Skalierungsbeschränkungen, 2012, S. 47; Frazzini, A., Pedersen, L. H., Beta, 2014, S. 1.

²⁷ Vgl. Merton, R. C., Rendite-Schätzungen, 1980, S. 323-324.

üblicherweise durch Regression mittels des folgenden 1-Faktor-Marktmodells (MF1) ermittelt:²⁸

$$R_{n,t} - RF_t = \alpha_n + \beta_n^M (R_{M,t} - RF_t) + e_{n,t} \quad (3)$$

Jeweils zum Zeitpunkt t stellt $R_{n,t}$ ($R_{M,t}$) die realisierte Rendite des n -ten Assets (Marktportfolios) und $e_{n,t}$ das aus der Regression resultierende Residuum dar. α_n ist der geschätzte Achsenabschnitt, welcher ökonomisch die über die Prämierung des systematischen Risikos hinausgehende Mehrrendite (Alpha) repräsentiert.

Um den unterstellten Wirkungszusammenhang des CAPM zu testen, wurde umfangreiche Kapitalmarktforschung betrieben.²⁹ Hierbei wurde zum einen festgestellt, dass empirische Beobachtungen im Widerspruch zur postulierten positiven linearen Marktisikoprämie stehen³⁰ und zum anderen, dass das CAPM die erwartete Überschussrendite von Aktien unzureichend erklärt.³¹

Mit der Zeit wurden weitere Faktoren ermittelt, welche einen signifikanten Erklärungsgehalt für die durchschnittlichen Aktienrenditen liefern. Prominente Beispiele hierfür sind die Faktoren „Size“³², „Value“³³, „Momentum“³⁴, „Profitability“³⁵, „Investment“³⁶ und „Low-Volatility“³⁷. Eine kombinierte Anwendung führt zu den heute als State of the Art geltenden Multi-Faktor-Modellen.³⁸

²⁸ Vgl. Verbeek, M., *Moderne Ökonometrie*, 2017, S. 40-44.

²⁹ Vgl. Blitz, D. C. et al., *Volatilitätseffekt*, 2020, S. 46; Karolyi, G. A., van Nieuwerburgh, S., *Rendite-Querschnitt*, 2020, S. 1879-1880.

³⁰ Vgl. Black, F. et al., *Tests CAPM*, 1972, S. 79-121; Haugen, R. A., Heins, A. J., *Tests Risiko-Rendite-Beziehung*, 1975, S. 780-782.

³¹ Vgl. Fama, E. F., French, K. R., *Querschnitt Aktienrenditen*, 1992, S. 445; Karolyi, G. A., van Nieuwerburgh, S., *Rendite-Querschnitt*, 2020, S. 1879.

³² Vgl. Banz, R. W., *Marktkapitalisierungs-Anomalie*, 1981, S. 3-4, 9; Fama, E. F., French, K. R., *Querschnitt Aktienrenditen*, 1992, S. 438-439.

³³ Vgl. Rosenberg, B. et al., *Buch-Kurs-Verhältnis Aktien*, 1985, S. 9, 12, 15-16; Chan, L. K. C. et al., *Fundamentaldaten Aktien*, 1991, S. 1748-1749.

³⁴ Vgl. Jegadeesh, N., Titman, S., *Momentum-Effekt*, 1993, S. 68-70, 89.

³⁵ Vgl. Novy-Marx, R., *Profitabilitätsprämie*, 2013, S. 3-6.

³⁶ Vgl. Titman, S. et al., *Investmentprämie*, 2004, S. 683-687.

³⁷ Vgl. Haugen, R. A., Heins, A. J., *Tests Risiko-Rendite-Beziehung*, 1975, S. 779-782; Ang, A. et al., *Volatilitätsprämie*, 2006, S. 279-282; Blitz, D. C., van Vliet, P., *Low-Volatility*, 2007, S. 104-107.

³⁸ Vgl. Karolyi, G. A., van Nieuwerburgh, S., *Rendite-Querschnitt*, 2020, S. 1880.

Eine erste Erweiterung des MF1 (vgl. Gleichung 3) stellt das 3-Faktoren-Modell von Fama und French (FF3) dar:³⁹

$$R_{n,t} - RF_t = \alpha_n + \beta_n^M (R_{M,t} - RF_t) + \beta_n^{SMB} SMB_t + \beta_n^{HML} HML_t + e_{n,t} \quad (4)$$

Jeweils zum Zeitpunkt t ist SMB_t die durchschnittliche Rendite kleiner Unternehmen abzüglich der durchschnittlichen Rendite großer Unternehmen sowie HML_t die durchschnittliche Rendite von Unternehmen mit hohem Buchwert/Marktwert-Verhältnis abzüglich der durchschnittlichen Rendite von Unternehmen mit niedrigem Buchwert/Marktwert-Verhältnis. β_n^{SMB} und β_n^{HML} repräsentieren die dazugehörigen zu schätzenden Koeffizienten.

Die Hinzunahme der Momentum-Prämie führt zum 4-Faktoren-Modell von Carhart (FC4).⁴⁰

$$R_{n,t} - RF_t = \alpha_n + \beta_n^M (R_{M,t} - RF_t) + \beta_n^{SMB} SMB_t + \beta_n^{HML} HML_t + \beta_n^{WML} WML_t + e_{n,t} \quad (5)$$

Dabei bildet sich WML_t je Periode t aus dem Durchschnitt der besten 1-jährigen Renditen abzüglich des Durchschnitts der schlechtesten 1-jährigen Renditen. Erneut ist β_n^{WML} der zugehörige Schätzparameter.

Das FF3 (vgl. Gleichung 4) erweitert um die Faktorprämien „Profitability“ und „Investment“ mündet in dem 5-Faktoren-Modell von Fama und French (FF5):⁴¹

$$R_{n,t} - RF_t = \alpha_n + \beta_n^M (R_{M,t} - RF_t) + \beta_n^{SMB} SMB_t + \beta_n^{HML} HML_t + \beta_n^{RMW} RMW_t + \beta_n^{CMA} CMA_t + e_{n,t} \quad (6)$$

Jeweils für die Periode t ist RMW_t (CMA_t) die durchschnittliche Rendite von Unternehmen mit robuster Profitabilität (niedrigen Investitionsausgaben) abzüglich der durchschnittlichen Rendite von Unternehmen mit schwacher Profitabilität (hohen Investitionsausgaben). Passend hierzu stellen β_n^{RMW} und β_n^{CMA} die zu schätzenden Koeffizienten für die neuen Faktoren dar.

Das FF5 (vgl. Gleichung 6) erweitert um die Momentum-Prämie führt schließlich zum 6-Faktoren-Modell wie es von Fama und French (FF6) umgesetzt wurde:⁴²

³⁹ Vgl. Fama, E. F., French, K. R., 3-Faktoren-Modell, 1993, S. 19-26.

⁴⁰ Vgl. Carhart, M. M., 4-Faktoren-Modell, 1997, S. 61.

⁴¹ Vgl. Fama, E. F., French, K. R., 5-Faktoren-Modell, 2015, S. 2-3; Fama, E. F., French, K. R., Tests 5-Faktoren-Modell, 2017, S. 441.

⁴² Vgl. Fama, E. F., French, K. R., 6-Faktoren-Modell, 2018, S. 235.

$$R_{n,t} - RF_t = \alpha_n + \beta_n^M (R_{M,t} - RF_t) + \beta_n^{SMB} SMB_t + \beta_n^{HML} HML_t + \beta_n^{RMW} RMW_t + \beta_n^{CMA} CMA_t + \beta_n^{WML} WML_t + e_{n,t} \quad (7)$$

Die Gemeinsamkeit aller aufgeführten Portfolio- und Faktor-Modelle liegt darin, dass sie die Rendite bzw. Überschussrendite eines Assets in linearer Abhängigkeit zu systematischen Risikofaktoren beschreiben. Den Modellen folgend sollte die Risikokalierung der VTS keinen höheren risikoadjustierten Ertrag mit sich bringen, da zusammen mit der Rendite auch die Risikofaktoren gehebelt werden. Diese Erwartungshaltung wird im empirischen Teil dieser Arbeit auf dem Prüfstand gestellt.

2.2 Volatilitätsbasierte Steuerungsansätze für Aktienportfolios

Volatilitätsbasierte Steuerungsansätze erfuhren in den letzten Jahren einen Bedeutungszuwachs in der Asset-Management-Praxis.⁴³ Die zunehmende Popularität wird durch empirische Resultate gestützt, welche eine Outperformance der Ansätze gegenüber BHS ausweisen.⁴⁴ Charakteristisch für die Steuerungsansätze ist, dass die Portfoliobildung unabhängig von Schätzwerten für zukünftige Renditen durchgeführt werden kann.⁴⁵ Dieser Sachverhalt erleichtert und stabilisiert den Prozess der Portfoliozusammensetzung, da Schätzungen von Varianzen und Kovarianzen gegenüber Prognosen von zukünftigen Renditen akkurater vollzogen werden können.⁴⁶

Die volatilitätsbasierten Steuerungsansätze können hinsichtlich Querschnitt- und Längsschnittansätzen differenziert werden. Einen Überblick hierzu liefert Tabelle

⁴³ Vgl. Hallerbach, W. G., Risikokontrollansätze, 2015, S. 1, 20; Haesen, D. et al., Optimierung Risk-Parity, 2017, S. 53; Gösmann, J., Ziggel, D., Wechsellpunkte, 2018, S. 99.

⁴⁴ Vgl. Zakamulin, V., Unerwartete Volatilität, 2014, S. 38; Dachraoui, K., Anlagenklassenvergleich Volatilitätsziel-Strategie, 2018, S. 59.

⁴⁵ Vgl. Fletcher, J., Minimum-Varianz-Analyse, 2009, S. 952; Clarke, R. G. et al., Minimum-Varianz-Portfolios, 2006, S. 10-12; Clarke, R. G. et al., Vergleich Volatilitäts-Risikosteuerungsansätze, 2013, S. 39; Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 33.

⁴⁶ Vgl. Merton, R. C., Rendite-Schätzungen, 1980, S. 326, 355-359; Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 33.

1. Querschnittansätze steuern die Portfoliozusammensetzung des risikobehafteten Portfolios zwischen und innerhalb der Assetklassen.⁴⁷ Zu diesem Strang zählen beispielsweise „Minimum-Varianz“⁴⁸-, „Low-Volatility“⁴⁹-, und „Risk-Parity“⁵⁰-Ansätze.⁵¹

Längsschnittansätze sind demgegenüber darauf ausgerichtet, das Portfoliorisiko im Zeitverlauf zu steuern. VTS sind Vertreter dieser Art, da sie im Zeitverlauf den Skalierungsfaktor für die risikobehaftete Anlageklasse im inversen Verhältnis zur Marktvolatilität variieren. Der Querschnitt der risikobehafteten Anlageklasse bleibt dagegen unverändert. Typischerweise bildet eine Geldmarktposition den risikolosen Gegenspieler zum risikobehafteten Asset. Ein Skalierungsfaktor größer 1 wird durch Fremdkapitalaufnahme umgesetzt.⁵²

Diese Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit VTS, da diese gegenüber den Querschnittansätzen einige vorteilhafte Eigenschaften mit sich bringen: (1) Die Abbildung der risikobehafteten Assetklasse kann durch vorher definierte marktweite Indizes geschehen. Es bedarf daher keiner individuellen Titelselektion.⁵³ (2) Die Strategien können durch den Einsatz von Exchange-Traded-Funds (ETFs) umgesetzt werden. Damit stehen effiziente Investitionsvehikel zur Verfügung, welche sich durch hohe Liquidität und niedrige Transaktionskosten auszeichnen.⁵⁴ (3) Einzelne Querschnittansätze können in dem Punkt kritisiert werden, dass die Portfoliokonstruktion die Titel-, Sektor- und Länderdiversifikation beeinträchtigt. VTS sind nicht anfällig für diese Problematik.⁵⁵

⁴⁷ Vgl. Hallerbach, W. G., Risikokontrollansätze, 2015, S. 19.

⁴⁸ Vgl. Haugen, R. A., Baker, N. L., Minimum-Varianz-Ansatz, 1991, S. 38-39; Clarke, R. G. et al., Minimum-Varianz-Portfolios, 2006, S. 12-14.

⁴⁹ Vgl. Blitz, D. C., van Vliet, P., Low-Volatility, 2007, S. 103; Alonso, N., Nusinzon, O., Varianten Low-Volatility, 2020, S. 60.

⁵⁰ Vgl. Maillard, S. et al., Risk-Parity-Portfolios, 2010, S. 61-63; Asness, C. S. et al., Skalierungsbeschränkungen, 2012, S. 47; Fisher, G. S. et al., Risk-Parity, 2015, S. 43-44; Bollerslev, T., Risikomodellierung, 2018, S. 2730.

⁵¹ Vgl. Hallerbach, W. G., Risikokontrollansätze, 2015, S. 10-12, 14-19.

⁵² Vgl. Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management, 2013, S. 31; Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 33; Hallerbach, W. G., Risikokontrollansätze, 2015, S. 19-20.

⁵³ Vgl. Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management, 2013, S. 33.

⁵⁴ Vgl. Marchioni, U., Niall, P., Institutionelle ETFs, 2013, S. 98-99; Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 40.

⁵⁵ Vgl. Thomas, R., Shapiro, R., Volatilitätsbasierte Aktieninvestments, 2009, S. 16; Goldberg, L. R., Mahmoud, O., Risiko-Diversifikations-Index, 2013, S. 116; Kuo, L., Li, F., Modifikation Low-Volatility, 2013, S. 8; Lohre, H. et al., Risk-Parity-Diversifikation, 2015, S. 98.

Ansatz	Konstruktionsregel	Literaturverweis
<i>Querschnittsansätze</i>		
Minimum-Varianz	$\min_{\{\bar{w}\}} \sigma_p = \sqrt{\bar{w}^T \Omega \bar{w}}$	Clarke, R. G. et al., 2013, S. 49
Low-Volatility	<ol style="list-style-type: none"> Sortiere absteigend alle Assets nach σ_n ($n = 1, \dots, N$) Wähle definierte Anzahl der niedrigsten Rangpositionen (z.B. $N/10 = N_{LV}$) $w_n = \frac{1}{N_{LV}}$, ($n = 1, \dots, N$) 	Blitz, D. C., van Vliet, P., 2007, S. 103
Risk-Parity	$w_n = \frac{\sigma_n \sigma_p}{\sigma_{nP}} = \frac{\beta_n^{p-1}}{N}$, ($n = 1, \dots, N$)	Fisher, G. S. et al., 2015, S. 44
<i>Längsschnittansätze</i>		
Dynamische Volatilitätsziel-Strategie (DVTS)	$w_n = \min\left(\frac{\bar{\sigma}_{n,t}}{\hat{\sigma}_{n,t+1 t}}, LC\right)$ mit $LC \geq 1$, ($n = 1$)	Zakulin, V., 2014, S. 43
Konstante Volatilitätsziel-Strategie (KVTS)	$w_n = \min\left(\frac{VT}{\hat{\sigma}_{n,t+1 t}}, LC\right)$ mit $LC \geq 1$, ($n = 1$)	Albeverio, S. et al., 2013, S. 1520

wobei:

β_n^p	=	Beta des n -ten Assets in Bezug zum betrachteten Portfolio
LC	=	Skalierungslimit
n	=	Variablen für die Indexierung der betrachteten Assets
N	=	Anzahl der Assets im Portfolio
N_{LV}	=	Anzahl der Assets in einem Low-Volatility-Portfolio
Ω	=	Varianz-Kovarianz-Matrix zu den im Portfolio enthaltenen Assets
σ_n	=	Volatilität des n -ten Assets
σ_{nP}	=	Kovarianz zwischen dem n -ten Asset und dem betrachteten Portfolio
$\bar{\sigma}_{n,t}$	=	durchschnittliche historische Volatilität vom n -ten Asset zum Zeitpunkt t
$\hat{\sigma}_{n,t+1 t}$	=	geschätzte zukünftige Volatilität vom n -ten Asset zum Zeitpunkt t
σ_p	=	Volatilität des betrachteten Portfolios
\bar{w}	=	Vektor aus Portfoliogewichten
w_n	=	Portfoliogewicht des n -ten Assets
VT	=	konstantes Volatilitätsziel

Tab. 1: Volatilitätsbasierte Steuerungsansätze im Vergleich

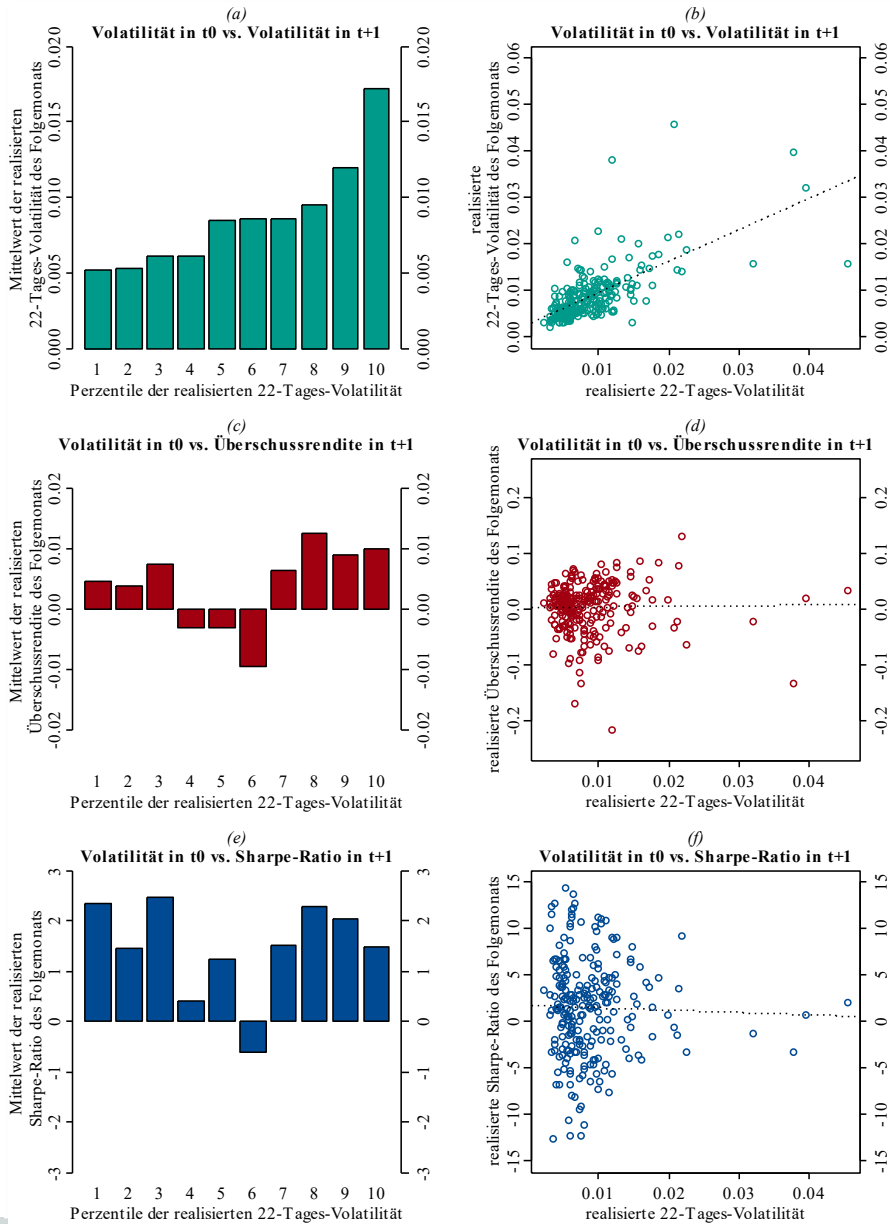


Abb. 3: Sequenzielle Volatilitäts-Volatilitäts- und Volatilitäts-Rendite-Beziehungen des ACWI (2000-2020), in Anlehnung an: Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1613; Harvey, C. R. et al., Multi-Asset VTS, 2018, S. 19, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Das argumentative Fundament für die Umsetzung von VTS basiert zum einen auf der Annahme, dass Volatilität über kurze Zeiträume persistent und somit vorhersehbar ist.⁵⁶ Dies korrespondiert zu dem stilisierten Faktum⁵⁷ der beobachtbaren Volatilitätscluster an den Finanzmärkten⁵⁸ und mündet in der Schlussfolgerung, dass die aktuelle Volatilität als Informationsgrundlage für die zukünftige Volatilität verwendet werden kann.⁵⁹

Zum anderen basiert die Implementierung von VTS auf der Prämisse, dass ein negativer Zusammenhang zwischen realisierten Volatilitäten und nachfolgenden Renditen bzw. risikoadjustierten Renditen besteht.⁶⁰ Während zwar ein Konsens darüber herrscht, dass realisierte Volatilitäten und realisierte Renditen im negativen Zusammenhang stehen⁶¹, ist der Zusammenhang zwischen realisierten Volatilitäten und erwarteten Renditen weniger eindeutig.⁶²

Abbildung 3 untersucht die beiden angeführten Prämissen für den in dieser Arbeit im Fokus stehenden MSCI All Country World Index (vgl. Kapitel 3.1). Abbildungsbereich (a) und (b) stellen den Zusammenhang zwischen realisierten Volatilitäten (t_0) und nachfolgenden Volatilitäten (t_1) dar. Erkennbar ist ein starker positiver Zusammenhang zwischen den aktuellen und den verzögerten Volatilitäten.

⁵⁶ Vgl. Busse, J. A., Volatilitätsziel-Strategien Fonds, 1999, S. 1009; Dopfel, F. E., Ramkumar, S. R., Volatilitäts-Regime, 2013, S. 31-32; Johannes, M. et al., Vorhersage Rendite, 2014, S. 611; Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1611, 1616.

⁵⁷ Eine gute Übersicht zu stilisierten Kapitalmarkt-Fakten gibt Cont, R., Stilisierte Kapitalmarkt-Fakten, 2001, S. 224.

⁵⁸ Vgl. Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Volatilitätsvorhersage, 2005, S. 47; Shabarisha, N., Madegowda, J., GARCH-Anwendung, 2019, S. 70.

⁵⁹ Vgl. Dachraoui, K., Anlagenklassenvergleich Volatilitätsziel-Strategie, 2018, S. 58-60.

⁶⁰ Vgl. Dachraoui, K., Anlagenklassenvergleich Volatilitätsziel-Strategie, 2018, S. 58; Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1612-1614. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass die historische Volatilität als Schätzer für die aktuelle Volatilität verwendet wird.

⁶¹ Vgl. Dopfel, F. E., Ramkumar, S. R., Volatilitäts-Regime, 2013, S. 30-31; Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management, 2013, S. 36-37; Dachraoui, K., Anlagenklassenvergleich Volatilitätsziel-Strategie, 2018, S. 60-61; Moreira, A., Muir, T., Evaluierung Volatilitäts-Timing, 2019, S. 507.

⁶² Vgl. Campbell, J. Y., Zins-Aktien-Verhalten, 1987, S. 393-394; French, K. R. et al., Rendite-Risiko-Beziehung, 1987, S. 27; Turner, C. M. et al., Risikozustände, 1989, S. 17-21; Campbell, J. Y., Hentschel, L., Modell Volatilität, 1992, S. 311-312; Glosten, L. R. et al., Rendite-Volatilitäts-Beziehung, 1993, S. 1780; Harvey, C. R., Konditionelle Erwartungen, 2001, S. 604-607; Dachraoui, K., Anlagenklassenvergleich Volatilitätsziel-Strategie, 2018, S. 60-61.

Weiterführend zeigen die Abbildungsbereiche (c) und (d) die Beziehung zwischen realisierten Volatilitäten und nachfolgenden Überschussrenditen. Im Gegensatz zur sequenziellen Volatilitäts-Volatilitäts-Beziehung, ist hier kein eindeutiger Zusammenhang auszumachen. Gleiches gilt für die in den Abbildungsbereichen (e) und (f) dargestellte Beziehung zwischen risikoadjustierten Renditen und verzögerten Volatilitäten. Die Resultate aus Abbildungsbereich (a) bis (d) stehen einerseits im Einklang zu den Erkenntnissen von *Moreira, A. und Muir, T.*⁶³ sowie *Harvey, C. R. et al.*⁶⁴. Andererseits steht die in Abbildungsbereich (e) und (f) dargelegte Beziehung zu diesen Arbeiten im Widerspruch. Zu erwähnen ist jedoch, dass Basiswert und Untersuchungszeitraum von den genannten Arbeiten abweichen.

Zusammenfassend lässt sich die in der ersten Anwendungsprämisse geforderte kurzfristige Persistenz in der Volatilität der untersuchten Renditezeitreihe beobachten. Die in der zweiten Implementierungsannahme verlangte negative Beziehung zwischen den realisierten Volatilitäten und den nachfolgenden Renditen bzw. risikoadjustierten Renditen, ist hingegen nicht auszumachen. Diese Verletzung soll jedoch nicht als kategorischer Anwendungs-Ausschluss gesehen werden. So zeigen die empirischen Resultate dieser Arbeit den Vorüberlegungen zum Trotz, dass die Umsetzung einer VTS einen Mehrwert generieren kann.

2.3 Stand der Forschung

Die Untersuchung der VTS war bereits Gegenstand mehrerer empirischer Untersuchungen. Einen Überblick über wesentliche Arbeiten und deren Erkenntnisse liefert Tabelle 2. Die Anzahl der veröffentlichten Arbeiten im letzten Jahrzehnt zeigt, dass der Risikosteuerungsansatz sowohl praktische als auch theoretische Relevanz besitzt.

In allen in Tabelle 2 dargestellten Arbeiten stehen Aktien im Zentrum der empirischen Untersuchungen. Vereinzelt ergänzen Erkenntnisse zu Rohstoffen, Währungen, Staatsanleihen, Unternehmensanleihen und Multi-Asset-Portfolios das Bild.⁶⁵ Deutlich wird, dass VTS insbesondere bei risikoreicheren Anlageklassen

⁶³ Vgl. *Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien*, 2017, S. 1612-1613.

⁶⁴ Vgl. *Harvey, C. R. et al., Multi-Asset VTS*, 2018, S. 19.

⁶⁵ Vgl. *Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management*, 2013, S. 38-39; *Daniel, K., Moskowitz, T. J., Momentum Crashes*, 2016, S. 239-242; *Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien*, 2017, S. 1-2, 14 (im Internet Anhang); *Dachraoui, K., Anlagenklassenvergleich Volatilitätsziel-Strategie*, 2018, S. 63-66; *Harvey, C. R. et al., Multi-Asset VTS*, 2018, S. 22-29.

(z.B. Aktien oder Unternehmensanleihen) einen Mehrwert gegenüber BHS generieren können. Dagegen ist der positive Einfluss bei sichereren Anlageklassen (z.B. Staatsanleihen) vernachlässigbar gering.⁶⁶

Hinsichtlich der geografischen Auswahl dominiert der nordamerikanische Markt. 13 der 16 dargestellten Publikationen untersuchen ausschließlich diesen Markt oder setzen ihn in den Mittelpunkt. 8 Arbeiten präsentieren ausschließlich oder zusätzlich Ergebnisse zu anderen entwickelten Volkswirtschaften (z.B. Europa, Vereinigtes Königreich oder Japan). Lediglich 2 Arbeiten berücksichtigen auch Aktien aus Schwellenländern, wobei diese in einem Fall Teil eines diversifizierten Portfolios sind⁶⁷ und in dem anderen Fall ausschließlich Ergebnisse für die regionalen Märkte in Chile und Mexiko präsentiert werden.⁶⁸ Empirische Resultate zur singulären Betrachtung des aggregierten Schwellenländermarktes findet sich im dargestellten Literaturangebot folglich nicht. Dieser Aspekt wird durch die vorliegende Arbeit adressiert. Teil der empirischen Robustheitsanalysen zu den VTS ist die Untersuchung des MSCI Emerging Markets Indexes (vgl. Kapitel 4.1).

Länge und Aktualität der untersuchten Zeiträume variieren zwischen den Arbeiten aus Tabelle 2 stark. Die kürzeste Untersuchungsperiode umfasst 10 Jahre (2003-2012)⁶⁹, die längste 93 Jahre (1926-2018)⁷⁰. 13 der 16 Arbeiten wählen einen Untersuchungszeitraum von länger als 20 Jahren. Ein struktureller Zusammenhang zwischen Länge bzw. Aktualität des gewählten Untersuchungszeitraums und Performancevorteilhaftigkeit der VTS gegenüber BHS ist nicht erkennbar. Es besteht jedoch ein Konsens darin, dass VTS insbesondere in Phasen starker Marktkorrekturen relativ zur BHS höhere Renditen erzielen.⁷¹ Inklusionen solcher Zeiträume wirken somit positiv auf die feststellbare Renditevorteilhaftigkeit. Die Arbeit mit dem aktuellsten Untersuchungszeitraum untersucht das Verhalten der VTS bis einschließlich Januar 2018.⁷² Damit sind die volatilen Aktienmärkte aus dem Kalenderjahr 2020, welche im Zusammenhang mit dem Ausbruch des neu-

⁶⁶ Vgl. Harvey, C. R. et al., Multi-Asset VTS, 2018, S. 14.

⁶⁷ Vgl. Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management, 2013, S. 33-34.

⁶⁸ Vgl. Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 19 (im Internet Anhang).

⁶⁹ Vgl. Krein, D., Fernandez, J., Index-Risikokontrollstrategien, 2012, S. 74.

⁷⁰ Vgl. Qiao, X. et al., Abwärts-Volatilität, 2020, S. 15-16.

⁷¹ Vgl. u.a. Krein, D., Fernandez, J., Index-Risikokontrollstrategien, 2012, S. 73; Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 96; Liu, F. et al., Nachteile Volatilitätsziel-Strategien, 2019, S. 43.

⁷² Vgl. Qiao, X. et al., Abwärts-Volatilität, 2020, S. 15-16.

artigen Coronavirus (COVID-19) stehen, in keiner der empirischen Untersuchungen enthalten.⁷³ Resultate hierzu liefert die vorliegende Arbeit und ergänzt damit die bisherigen Erkenntnisse zur VTS.

In den dargestellten Publikationen wird grundsätzlich der gleichen Konstruktionsregel für die Bildung der VTS-Portfolios gefolgt. Nuancierte Abweichungen beziehen sich meist auf die verwendete Art oder Dimension der Volatilität. So unterscheiden die Arbeiten in der Art insbesondere zwischen historischer und erwarteter Volatilität sowie in der Dimension zwischen Volatilität und Varianz. Einzelne Arbeiten beziehen sich auf die unerwartete Volatilität⁷⁴ und die Semi-Varianz⁷⁵.

Diese Divergenzen korrespondieren auch zur Heterogenität in den angewandten Verfahren zur Berechnung der Volatilität bzw. Varianz. Die meisten Arbeiten nutzen mehrere Verfahren. Die SMA⁷⁶-Volatilität wird in 11, GARCH⁷⁷-Varianten in 6, EWMA⁷⁸-Volatilitätsmodelle in 4 und auf impliziter Volatilität basierende Verfahren in 2 Arbeiten verwendet. Insgesamt lässt sich feststellen, dass komplexere Verfahren eine höhere Prognosegüte zur zukünftigen Volatilität liefern.⁷⁹ Dass dies auch zu einer strukturell höheren Performance von VTS gegenüber BHS führt, kann nicht beobachtet werden.⁸⁰

Tabelle 2 liefert darüber hinaus zu jeder Arbeit eine Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse. Hieraus lassen sich die folgenden Punkte hervorheben: (1) Positiver Werttreiber bei VTS ist zum einen die Tatsache, dass am langfristig positiven Trend des Aktienmarktes im Durchschnitt gehebelt partizipiert wird⁸¹ und zum anderen die Beobachtung, dass die Strategien im Durchschnitt starke Marktkorrekturen unterproportional nachverfolgen.⁸² (2) Negativ wirkt dagegen,

⁷³ Vgl. Baker, S. R. et al., Aktienreaktion COVID-19, 2020, S. 743; Zhang, D. et al., Kapitalmarkt COVID-19, 2020, S. 2-3.

⁷⁴ Vgl. Zakamulin, V., Unerwartete Volatilität, 2014, S. 39.

⁷⁵ Vgl. Qiao, X. et al., Abwärts-Volatilität, 2020, S. 15.

⁷⁶ SMA ist die Abkürzung für Simple Moving Average.

⁷⁷ GARCH ist die Abkürzung für Generalized AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity.

⁷⁸ EWMA ist die Abkürzung für Exponentially Weighted Moving Average.

⁷⁹ Vgl. Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 94.

⁸⁰ Vgl. Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 100; Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 36; Zakamulin, V., Unerwartete Volatilität, 2014, S. 39.

⁸¹ Vgl. Cooper, T., Alpha Volatilitätsziel-Strategien, 2010, S. 30.

⁸² Vgl. Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 96; Daniel, K., Moskowitz, T. J., Momentum Crashes, 2016, S. 233-234; Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1623; Liu, F. et al., Nachteile Volatilitätsziel-Strategien, 2019, S. 43.

dass der gehebelte Kapitaleinsatz zum einen höhere Transaktions- und Fremdkapitalkosten nach sich zieht sowie zum anderen einen höheren Volatilitätswiderstand⁸³ bei der geometrischen Renditebetrachtung erzeugen kann.⁸⁴ (3) Begleitend zu den oft dokumentierten höheren Sharpe-Ratios (SRs) erreichen VTS häufig auch weniger ausgeprägte Realisierungen beim Value-at-Risk und maximalen Drawdown sowie niedrigere Wölbungs- und höhere Schiefe-Koeffizienten bei den empirischen Renditeverteilungen.⁸⁵ (4) Die realisierten SRs der VTS sind gleichzeitig weitgehend unabhängig vom avisierten Volatilitätsziel⁸⁶ und etwaigen Skalierungsrestriktionen des Investors.⁸⁷ (5) Der Mehrwert von VTS lässt sich besonders bei Anwendung auf die Momentum-Faktorprämie beobachten.⁸⁸

Erwähnenswert ist abschließend, dass 12 der 16 Arbeiten aus Tabelle 2 zu dem Schluss kommen, dass VTS höhere risikoadjustierte Renditen gegenüber BHS erzielen. 3 Arbeiten ermitteln einen nicht signifikanten Unterschied bzw. zeichnen ein heterogenes Bild.⁸⁹ Eine Arbeit beobachtet niedrigere Werte.⁹⁰ Trotz großer Schnittmengen bezüglich der Datengrundlage und des empirischen Forschungsdesigns, besteht damit kein Konsens über den Mehrwert von VTS. Dies motiviert zu weiteren Untersuchungen. In Abgrenzung zu anderen Arbeiten soll das Backtesting-Design in dieser Arbeit explizit realistische Annahmen und Restriktionen berücksichtigen, um herauszufinden, ob ein Investor den Mehrwert der VTS auch in der Praxis abschöpfen kann.

⁸³ Der Begriff Volatilitätswiderstand bezieht sich auf folgenden Zusammenhang: $(1 - R)(1 + R) = 1 - R^2$. Gemeint ist, dass geometrisch verknüpfte, aufeinanderfolgende negative und positive Renditen (R) in gleicher absoluter Höhe den Ausgangswert um R^2 reduzieren. Dieses Phänomen tritt bereits bei einem nicht gehebelten Kapitaleinsatz auf. Bei einem gehebelten Kapitaleinsatz kann der Effekt jedoch aufgrund der absolut gesehenen höheren Realisierungen von R stärker ausfallen (vgl. Cooper, T., Alpha Volatilitätsziel-Strategien, 2010, S. 3-4).

⁸⁴ Vgl. Anderson, R. M. et al., Gehebelte Portfolios, 2014, S. 64.

⁸⁵ Vgl. u.a. Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management, 2013, S. 36; Dachraoui, K., Anlagenklassenvergleich Volatilitätsziel-Strategie, 2018, S. 64.

⁸⁶ Vgl. Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 91-92.

⁸⁷ Vgl. Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 92-93; Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1625-1629.

⁸⁸ Vgl. Cederburg, S. et al., Performance Volatilitätsziel-Strategien, 2020, S. 99.

⁸⁹ Vgl. Liu, F. et al., Nachteile Volatilitätsziel-Strategien, 2019, S. 46-47; Cederburg, S. et al., Performance Volatilitätsziel-Strategien, 2020, S. 100; Barroso, P., Detzel, A., Arbitrage-Begrenzungen, 2021, S. 749.

⁹⁰ Vgl. Anderson, R. M. et al., Gehebelte Portfolios, 2014, S. 64-66.

Jahr/ Autor(en)	Zeitraum/ Risiko-Asset	Strategie(n)	Konstruktions- regel(n)	Volatilitäts- / Varianzmaß	Wesentliche Erkenntnisse
2010/ Cooper, T.	1950-2009/ verschiedene Aktienindizes; im Fokus: S&P500	u.a.: KVTS	SF = Konstante/ erw. VOL	EGARCH(1,1)- VOL	(1) KVTS erzielen höhere risikoadjustierte Renditen ggü. BHS, da der positive Trend des Aktienmarktes im Durchschnitt gehebelt nachvollzogen wird (2) KVTS reduzieren ggü. BHS die Volatilitäten, Drawdowns und Wölbungs-Koeffizienten (3) KVTS liefern in allen Marktphasen höhere risiko- adjustierte Renditen ggü. BHS
2012/ Krein, D., Fernandez, J.	2003-2012/ europäische Aktienindizes	KVTS	(1) SF = Ziel-VOL/ hist. VOL (2) SF = Ziel-VOL/ erw. VOL	(1) historische VOL (Tagesrenditen; Horizont = 30 Tage) (2) implizite VOL (3) EWMA-VOL	(1) KVTS erzielen ggü. BHS höhere Renditen und niedrigere Volatilitäten (2) Im Zeitraum um die Finanzkrise 2008/2009 konnten KVTS einen Großteil der höheren Rendite erzielen
2013/ Hocquard, A. et al.	1990-2011/ globale und regionale Aktienindizes sowie Rohstoff- index	KVTS i.V.m. Ziel zur Erreichung einer Normal- verteilung der Renditen	Nutzung ausgewählter Hedging- maßnahmen, um angestrebtes Volatilitätslevel und Normalverteilung zu erreichen	GARCH(1,1)- VOL	(1) KVTS erzielen ggü. BHS höhere Renditen und niedrigere Volatilitäten (2) KVTS gewichten in ruhigen Marktphasen die Anlageklasse Aktien ggü. BHS durchschnittlich um 50% höher. In der Finanzkrise konnte eine Untergewichtung von 80% ausgewiesen werden (3) KVTS erzielen ggü. BHS auch vorteilhafte Werte bei den Schiefe- Koeffizienten, Wölbungs- Koeffizienten, Drawdowns und VaR-Werten
2014/ Anderson, R. M. et al.	1929-2012/ US-Aktien und Treasury-Bills	u.a. KVTS angewendet auf ein RP- Portfolio aus Aktien und Anleihen	SF des RP- Portfolios = Ziel-VOL/ hist. VOL	historische VOL (Monats- renditen; Horizont = 36 Monate)	(1) Der Renditebeitrag aus der Hebelung des Investments wird bei KVTS zu großen Teilen durch höhere Transaktionskosten, Finanzierungskosten und Effekten aus der geometrischen Verknüpfung von Renditen aufgezehrt (2) RP-Portfolios erreichen höhere SRs gegenüber einem 60/40- Portfolio aus Aktien und Anleihen
2014/ Benson, R. et al.	1993-2012/ US-Aktienindex (S&P 500)	KVTS	SF = Ziel-VOL/ erw. VOL	im Fokus: EWMA-VOL (Halbwertszeit = 34 Tage)	(1) Unabhängig vom gewählten Skalierungslimit sind die SRs der KVTS ggü. BHS höher; bei einem SF > 1 sind auch die absoluten Renditen höher (2) KVTS erreichen ggü. BHS verbesserte Verteilungs- eigenschaften hinsichtlich Schiefe- und Wölbungs-Koeffizienten (3) Die Höhe des VT hat keinen signifikanten Einfluss auf die erzielten SRs (4) In der geometrischen Renditebetrachtung ist die Vermeidung von starken Drawdowns ein Haupttreiber für die bessere Performance der KVTS

Jahr/ Autor(en)	Zeitraum/ Risiko-Asset	Strategie(n)	Konstruktions- regel(n)	Volatilitäts-/ Varianzmaß	Wesentliche Erkenntnisse
2014/ Füss, R. et al.	1992-2011/ europäischer Aktienindex (EuroStoxx50)	KVTS, EWS, MVS	SF = Ziel-VOL/ erw. VOL	(1) historische VOL (2) implizite VOL (3) GARCH(1,1)- VOL	(1) Die SRs der KVTS, EWS und MVS dominieren die der ungesteuerten kapitalisierungs- gewichteten Benchmarks (2) MVS erreichen leicht höhere SRs ggü. der KVTS
2014/ Zakamulin, V.	für Parameter: 1950-2012 für Rendite: 1970-2012/ US-Aktien- indizes	(1) DVTS auf Basis der unerwartete n VOL (2) Binärer Investment- stil auf Basis der un- erwarteten VOL	(1) SF = jetzige unerwartete VOL / historischer Durchschnitt der unerwarteten VOL (max SF = 1) (2) Wenn die jetzige unerwartete VOL \geq dem historischen Durchschnitt der unerwarteten VOL dann Aktien- gewicht = 1; ansonsten 0	jeweils angewendet auf die unerwartete VOL: GARCH(1,1) (betrachtet, aber nicht dargestellt: GJR- GARCH(1,1) und EGARCH (1,1))	(1) Unerwartete VOL hat einen gewissen aber nicht robusten Erklärungsgehalt für die erwartete Rendite (2) Die Risikosteuerung über die unerwartete VOL erzielt höhere SRs als KVTS, welche das herkömmliche VOL-Maß verwenden
2015/ Barroso, P., Santa- Clara, P.	1927-2011; ex USA: 1980-2011/ im Fokus: US-Aktien; zusätzlich: Aktien aus Frankreich, Deutschland, Japan und UK	KVTS	SF = Ziel-VOL/ erw. VOL	(1) historische VOL (Tages- renditen, Horizont = 126 Tage) (2) EWMA-VOL (Halbwerts- zeiten = 1, 3 und 6 Monate)	(1) Momentum-Strategien verlieren ggü. anderen Aktienstrategien überproportional bei starken Marktkorrekturen (2) KVTS angewendet auf Momentum-Strategien erzielen höhere SRs, niedrigere Wölbungs- Koeffizienten und vermindern die Linksschiefe der Rendite- verteilungen ggü. BHS
2016/ Daniel, K., Moskowitz , T. J.	längste Periode: 1927-2013/ im Fokus: US-Aktien; weiterhin: Aktien aus UK, Japan und Europa, Anleihen, Rohstoffe und Währungen	KVTS	u.a.: SF = (erw. Rendite / Konstante für die Risikotoleranz) * (1 / erw. VAR)	GJR- GARCH(1,1)- VAR	(1) KVTS angewendet auf Momentum-Portfolios erzielen in verschiedenen Assetklassen und Märkten höhere SRs ggü. BHS (2) Eine wesentliche Performancequelle stellt die Vermeidung von starken Marktkorrekturen dar
2017/ Moreira, A., Muir, T.	längste Periode 1927-2017/ US-Aktien (Fokus: Faktorprämien), Währungen, Unternehmens- anleihen, globale Aktienindizes	KVTS	im Fokus: (1) SF = Konstante/ hist. VAR; weiterhin: (2) SF = Konstante/ hist. VOL	im Fokus: (1) historische VAR (Tages- renditen, Horizont = 22 Tage); weiterhin: (2) historische VOL (Tages- renditen, Horizont = 22 Tage) (3) AR(1)-VAR	(1) Aktuelle Varianz und erwartete Renditen haben keinen erkennbaren empirischen Zusammenhang (2) KVTS erzielen ggü. BHS signifikant höhere SRs, Alphas und Nutzensgewinne für Mittelwert- Varianz-Investoren (3) Die Betas von KVTS sind in Rezessionsphasen niedriger als die Betas der BHS (4) Die Alphas sind auch unter Berücksichtigung von Trans- aktionskosten signifikant höher
2018/ Dachraoui, K.	1990-2015/ US-Aktien-index, globale Anleihen- und Rohstoffindizes	KVTS	SF = Ziel-VOL/ erw. VOL	historische VOL (Tages- renditen, Horizont = 60 Tage)	(1) KVTS verbessern die SRs, Schiefe- und Wölbungs- Koeffizienten der Rendite- verteilung sowie verringern das Downside-Risiko ggü. BHS (2) Der Erfolg der Strategien hängt vom gewählten VOL-Horizont und der Neugewichtungsfrequenz ab (3) Eine negative Kovarianz zwischen der SR und Volatilität des Referenzportfolios ist Grundvoraussetzung für die bessere Performance der KVTS

Jahr/ Autor(en)	Zeitraum/ Risiko-Asset	Strategie(n)	Konstruktions- regel(n)	Volatilitäts- / Varianzmaß	Wesentliche Erkenntnisse
2018/ Harvey, C. R. et al.	längste Periode: 1927-2017/ US-Aktien- und US-Anleihen- indizes, globale Rohstoff-, Währungs- und Aktienfutures sowie Multi- Asset-Portfolios	KVTS	SF = Ziel-VOL/ erw. VOL	EWMA-VOL (Halbwerts- zeiten: 10, 20, 40, 60 und 90 Tage)	(1) KVTS führen bei Risiko-Assets (Aktien und Unternehmensanleihen) zu besseren SRs; bei Staatsanleihen, Währungen und Rohstoffen sind keine nennenswerten positiven Effekte festzustellen (2) KVTS führen zu einer niedrigeren Wahrscheinlichkeit von extremen Ereignissen (d.h. die Ränder der Renditeverteilung sind weniger stark ausgeprägt)
2019/ Liu, F. et al.	1936-2017/ US-Aktien	u.a.: (1) KVTS (2) DVTS	(1) SF = Konstante/ hist. VAR (2) SF = TV/ hist. VOL	(1) historische VAR (Tages- renditen, Horizont = 1 Morat) (2) historische VOL (Tages- renditen, Horizont = 1 Morat)	(1) KVTS und DVTS erreichen keine signifikant höheren SRs ggü. BHS (2) KVTS und DVTS erzielen lediglich in Phasen starker Marktkorrekturen bessere Ergebnisse ggü. BHS (3) Die maximalen Drawdowns von KVTS und DVTS sind ggü. BHS signifikant höher
2020/ Cederburg, S. et al.	längste Periode: 1926-2016/ 9 Faktor- und 94 Anomalie- portfolios aus US-Aktien	KVTS	SF = Konstante/ hist. VAR	historische VAR (Tages- renditen, Horizont = 1 Morat)	(1) Bei den untersuchten Aktienstrategien (103) halten sich die SR-Verbesserungen und SR- Verschlechterungen von KVTS ggü. BHS die Waage (2) Mit Blick auf die Faktorprämien (9) erzielen KVTS bei der Momentum-, Betting-against-Beta- -, und Return-on-Equity- Faktorprämie signifikant höhere SRs ggü. den BHS
2020/ Qiao, X. et al.	1926-2018/ US-Aktien (Fokus: Faktor- prämien)	KVTS basierend auf der Downside- VAR (Downside- VAR = Semi- VAR)	SF = Konstante/ Downside-VAR	historische Downside-VAR (Tagesrenditen, Horizont = 1 Morat)	(1) Downside-VOL und „normale“ VOL sind im Durchschnitt hoch korreliert; in stark volatilen Zeiten ist dieser Zusammenhang weniger stark ausgeprägt (2) KVTS unter Verwendung der Downside-VOL erreichen signifikante Alphas und höhere SRs ggü. klassischen Faktorportfolios sowie ggü. KVTS unter Verwendung der „normalen“ VOL
2021/ Barroso, P., Detzel, A.	1926-2015/ US-Aktien (Fokus: Faktor- prämien)	KVTS	SF = Konstante/ hist. VAR	historische VAR (Tages- renditen, Horizont = 1 Morat)	(1) Bezogen auf Faktorprämien erzielen KVTS keine Alphas und niedrigere SRs ggü. BHS; Ausnahme: Marktprämie (2) Bezüglich der Marktprämie lässt sich die bessere Performance von KVTS ggü. BHS insbesondere bei Aktien mit hoher Arbitragefreiheit und hoher Liquidität beobachten (3) U.a. lässt sich die bessere Performance plausibel durch Sentiment-abhängiges Investorenverhalten erklären (Kaufbereitschaft in optimistischen Marktphasen überwiegt die Leerverkaufsbereitschaft)

Abkürzungen:
AR = AutoRegressive, **BHS** = „Buy-and-Hold“-Strategie(n), **DVTS** = Dynamische Volatilitätsziel-Strategie(n), **EGARCH** = Exponential GARCH, **erw.** = erwartete, **EWMA** = Exponentially Weighting Moving Average, **EWVS** = Equal-Weighting-Strategie(n), **GARCH** = Generalized AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity, **GJR-GARCH** = Glisten-Jagannathan-Runkle GARCH, **SF** = Skalierungsfaktor, **hist.** = historische, **KVTS** = Konstante Volatilitätsziel-Strategie(n), **MVS** = Minimum-Varianz-Strategie(n), **RP** = Risk-Parity, **SR** = Sharpe-Ratio, **VT** = Volatilitätsziel, **VAR** = Varianz, **Var** = Value-at-Risk, **VOL** = Volatilität

Tab. 2: Überblick zu wesentlichen Publikationen mit direktem Bezug zur konstanten oder dynamischen Volatilitätsziel-Strategie

3 Empirische Untersuchung zu volatilitätsgesteuerten Aktienportfolios

Nachdem das vorstehende Kapitel das Fundament für die Beschäftigung mit volatilitätsgesteuerten Aktienportfolios gelegt hat, werden in diesem Kapitel die empirischen Backtesting-Resultate der VTS im Vergleich zu denen der BHS dargestellt. Dazu werden in Kapitel 3.1 zunächst das verwendete Datenmaterial und die angewandte Backtesting-Methodik dargestellt. Im Anschluss präsentiert Kapitel 3.2 wesentliche Charakteristika sowie Performance- und Risikorealisationen zu Grundvarianten der VTS. Anknüpfend bespricht Kapitel 3.3 mögliche Optimierungsansätze zu diesen Grundvarianten.

3.1 Verwendetes Datenmaterial und angewandte Backtesting-Methodik

Eine wesentliche Aussage des CAPM lautet, dass alle Investoren in das gleiche kapitalisierungsgewichtete Portfolio aus risikobehafteten Anlagen investieren.⁹¹ Der Theorie folgend besteht dieses Marktportfolio aus allen liquiden sowie illiquiden risikobehafteten Anlageformen.⁹² Da die theoretische Definition des Marktportfolios in der Praxis schwer zu erfassen ist⁹³, wird üblicherweise ein breiter kapitalisierungsgewichteter Aktienindex als Proxy für das nicht unmittelbar beobachtbare Marktportfolio genutzt.⁹⁴ Kapitalisierungsgewichtete Indizes gelten

⁹¹ Vgl. Doeswijk, R. et al., Marktportfolio, 2014, S. 26; siehe auch Kapitel 2.1.

⁹² Vgl. Thomas, R., Shapiro, R., Volatilitätsbasierte Aktieninvestments, 2009, S. 16.

⁹³ Einen Versuch hierzu liefert Gadzinski, G. et al., Proxy Marktportfolio, 2018, S. 14-21.

⁹⁴ Vgl. Soe, A. M., Versionen Low-Volatility, 2012, S. 63.

vor diesem Hintergrund als Konstruktionsstandard⁹⁵ und übliche Performancebenchmark⁹⁶ in der Investmentpraxis.⁹⁷ Diesen Überlegungen folgend beziehen sich die Backtesting-Berechnungen ebenfalls auf kapitalisierungsgewichtete Benchmarks.

Konkret fällt die Wahl auf den MSCI All Country World Index (ACWI). Dieser breite kapitalisierungsgewichtete Index beinhaltet Aktien von mittel- bis hochkapitalisierten Unternehmen aus 23 Industriestaaten und 27 Schwellenländern.⁹⁸ Für die effiziente und transparente Abbildung stehen passive Investitionsvehikel in Form von ETFs zur Verfügung.⁹⁹

Im Allgemeinen fördern passive Investmentstile die Transparenz, Skalierbarkeit¹⁰⁰ und Diversifikation im Portfolio.¹⁰¹ Im Speziellen sind ETFs hochliquide, flexibel handelbar und kostengünstig.¹⁰² Gemeinsam sind dies Eigenschaften, wie sie für die Umsetzung der VTS erforderlich sind.¹⁰³ Von aktiven Querschnitt-Portfolioansätzen, nimmt diese Arbeit hingegen vollständig Abstand. Dies resultiert aus der

⁹⁵ Vgl. Philips, C. B., *Index Methodologien*, 2013, S. 62.

⁹⁶ Vgl. Madhavan, A. et al., *Benchmark-Komponenten*, 2018, S. 66.

⁹⁷ Diese Praxis wird in der Kapitalmarktforschung durchaus kontrovers diskutiert. So kommen mehrere Untersuchungen zu dem Schluss, dass kapitalisierungsgewichtete Aktienindizes nicht effiziente Proxies für das Marktportfolio darstellen (vgl. Goltz, F., Le Sourd, V., *Kapitalisierungsgewichtete Indizes*, 2011, S. 66-68). Weiter wird kritisch gesehen, dass wenige Assets häufig ein hohes Gewicht in kapitalisierungsgewichtete Indizes besitzen und somit ein Konzentrationsrisiko beinhalten (vgl. Staines, J., *Risikobezogene Indexgewichtung*, 2016, S. 82). Gegenpol zu den kapitalisierungsgewichteten Benchmarks bilden „Equal-Weighted“-Indizes. Deren Umsetzung ist jedoch mit der Implementierung eines Small-Cap-Bias (vgl. Kritzman, M., *Portfolio-Bildung*, 1987, S. 21) und höheren Transaktionskosten verbunden (vgl. Bacon, C. R., *Performancemesung*, 2008, S. 42-43; Novy-Marx, R., Velikov, M., *Handelskosten Anomalien*, 2016, S. 106).

⁹⁸ Vgl. MSCI Inc., *Factsheet ACWI*, 2021a, S. 1.

⁹⁹ Vgl. Ziggel, D., Armbruester, C., *Passives Aktienportfolio*, 2016, S. 89.

¹⁰⁰ Vgl. Blitz, D. C., *Passives Investieren*, 2014, S. 1.

¹⁰¹ Vgl. Ben-David, I. et al., *Volatilität ETFs*, 2018, S. 2531.

¹⁰² Vgl. Marchioni, U., Niall, P., *Institutionelle ETFs*, 2013, S. 98-99, 101-102; Füss, R. et al., *Effizienz Volatilitätsziel-Strategie*, 2014, S. 40.

¹⁰³ Die Bedeutungszunahme von passiven Investmentstilen (vgl. Elton, E. J. et al., *Passive Fonds*, 2019, S. 265) kann auch kritisch betrachtet werden. So kommen empirische Analysen zu dem Schluss, dass ein positiver Zusammenhang zwischen dem ETF-Eigentumsanteil einer Aktie und deren Volatilität besteht (vgl. Ben-David, I. et al., *Volatilität ETFs*, 2018, S. 2531).

empirischen Beobachtung, dass aktive Investmentstile nach Kosten oft keine persistenten, signifikanten Überrenditen gegenüber passiven Benchmarks erzielen können.¹⁰⁴

Hinsichtlich der geografischen Perspektive korrespondiert die Wahl einer internationalen Benchmark zur Marktportfolio-Definition des CAPM¹⁰⁵ und folgt gleichzeitig dem Trend zur stärkeren internationalen Portfolioausrichtung im institutionellen Assetmanagement.¹⁰⁶ Diese Entwicklung ist eine Konsequenz aus der zunehmenden globalen Integration der Aktienmärkte und der Tatsache, dass der Abbau von nationalen Beschränkungen gleichbedeutend mit der Erweiterung des bestehenden Investmentuniversums ist.¹⁰⁷

Dies zusammengenommen ist die Begründung für die Fokussierung auf den ACWI im Rahmen der Backtesting-Untersuchungen. Vereinzelt werden auch Erkenntnisse zu dessen beiden Sub-Indizes, dem MSCI World Index (WORLD)¹⁰⁸ und dem MSCI Emerging Markets Index (EM)¹⁰⁹, präsentiert. Dies geschieht zum einen, um robustere empirische Resultate liefern zu können und zum anderen, um das bisher wenig erforschte Verhalten der VTS in Schwellenländeraggregaten näher zu untersuchen (vgl. Kapitel 2.3).

Für die Renditeberechnungen werden die täglichen Indexstände der Performanceindizes des ACWI, WORLD und EM herangezogen.¹¹⁰ Gemeinsame vollständige Zeitreihen konnten für den Zeitraum vom 04.01.2000 bis zum 31.12.2020 abgerufen werden. Daher bildet diese Zeitspanne den Backtesting-Zeitraum. Hierin enthalten sind 3 vom National Bureau of Economic Research (NBER) ausgewiesene Rezessionszeiträume sowie 10 auf den ACWI bezogene Ab-

¹⁰⁴ Vgl. Carhart, M. M., 4-Faktoren-Modell, 1997, S. 79-81; Busse, J. et al., Institutionelle Produkt-Performance, 2010, S. 766-767, 788; Fama, E. F., French, K. R., Querschnitt Fondsrenditen, 2010, S. 1918-1921; Blitz, D. C., Faktor-Investments, 2015, S. 7; Pástor, L., Vorsatz, M. B., Fondspersformance COVID-19-Krise, 2020, S.798-804.

¹⁰⁵ Vgl. Thomas, R., Shapiro, R., Volatilitätsbasierte Aktieninvestments, 2009, S. 16.

¹⁰⁶ Vgl. Ramkumar, S. R. et al., Internationale Aktien, 2019, S. 86.

¹⁰⁷ Vgl. Ramkumar, S. R. et al., Internationale Aktien, 2019, S. 90-95.

¹⁰⁸ Der MSCI World Index enthält ca. 1.600 Aktien von mittel- bis hochkapitalisierten Unternehmen aus Industriestaaten (vgl. Giese, G. et al., Performance ESG, 2021, S. 3; MSCI Inc., Factsheet WORLD, 2021b, S. 1).

¹⁰⁹ Der MSCI Emerging Markets Index enthält ca. 1.300 Aktien von mittel- bis hochkapitalisierten Unternehmen aus Schwellenländern (vgl. MSCI Inc., Factsheet EM, 2021c, S. 1).

¹¹⁰ Konkret werden die „Net-Return-Indizes“ verwendet.

wärtstrendphasen (Bären-Märkte). Dabei ist anzumerken, dass in der Finanzliteratur keine einheitlichen Definitionen für die Begriffe „Bullen-Markt“ und „Bären-Markt“ besteht.¹¹¹ Diese Arbeit verwendet zur Einsortierung den Algorithmus von *Lunde, A.* und *Timmermann, A.*¹¹², wie er von *Zakamulin, V.*¹¹³ im R-Package „bbdetection“ umgesetzt wird. Die Schwellenwerte für die Wechsellagererkennung (Bullen-Markt zu Bären-Markt und Bären-Markt zu Bullen-Markt) werden jeweils auf 20% gesetzt.

Eine Vorlaufperiode aus 1260 Handelstagen (ca. 5 Jahre) wird dem eigentlichen Backtesting-Zeitraum vorgeschaltet, um Risikoparameter, welche einen Vorlauf in der Berechnung benötigen (z.B. 5-jährige SMA-Volatilität oder Parameterschätzungen für die GARCH-Modelle) direkt zum Backtesting-Anfang zur Verfügung zu haben. Hierzu werden die täglichen Renditen der Preisindizes des ACWI, WORLD und EM herangezogen. Diese weisen gegenüber den Performanceindizes eine längere Historie auf.

Zeitreihenanalysen bedienen sich häufig stetiger Renditen, da eine Addition der stetigen Renditen entlang der Zeitachse zur kumulierten Rendite führt. Ebenfalls verlaufen stetige Renditeverteilungen gegenüber diskreten symmetrischer und weisen damit eine höhere Konformität zu Normalverteilungen auf.¹¹⁴ Dennoch verwendet diese Arbeit das diskrete Renditemaß. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass im Backtesting die Rendite einer Strategie als gewichtete Summe einzelner Portfoliopositionen berechnet wird. Hierfür muss sich das gewählte Renditemaß additiv in Bezug auf die einzelnen Portfoliokomponenten verhalten. Diese Eigenschaft bringt das diskrete Renditemaß im Gegensatz zum stetigen mit sich.¹¹⁵ Für kleine absolute Ausprägungen sind stetige und diskrete Renditen jedoch approximativ gleich.¹¹⁶

Konkret lautet die angewandte Berechnungsformel für die diskreten Renditen des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt t ($R_{i,t}$) wie folgt:

¹¹¹ Vgl. *Lunde, A., Timmermann, A., Bären-Märkte*, 2004, S. 254.

¹¹² Vgl. *Lunde, A., Timmermann, A., Bären-Märkte*, 2004, S. 254-255.

¹¹³ Vgl. Anhang 8.

¹¹⁴ Vgl. *Dorfleitner, G., Vergleich Renditemaße*, 2002, S. 220-222; *Daniëlsson, J., Risikoschätzungen*, 2011, S. 3-4.

¹¹⁵ Vgl. *Daniëlsson, J., Risikoschätzungen*, 2011, S. 3-4.

¹¹⁶ Vgl. *Dorfleitner, G., Vergleich Renditemaße*, 2002, S. 218.

$$R_{i,t} = \left(\frac{\frac{INDX_{i,t}}{FX_t}}{\frac{INDX_{i,t-1}}{FX_{t-1}}} - 1 \right) \quad (8)$$

Dabei stellt $INDX_{i,t}$ ($INDX_{i,t-1}$) den Schlusskurs des i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt t ($t - 1$) dar. FX_t (FX_{t-1}) repräsentiert den Schlusskurs der gewählten Analysewährung in Mengennotierung bezogen auf den USD zum Zeitpunkt t ($t - 1$).

Um die Renditerealisierungen der VTS relativ zum Markt bewerten zu können, werden Faktorprämien von Kenneth R. French's Datenbank genutzt. Konkret werden die täglichen Faktorprämien „Small-Minus-Big“ (SMB), „High-Minus-Low“ (HML), „Robust-Minus-Weak“ (RMW), „Conservative-Minus-Aggressive“ (CMA) und „Winners-Minus-Losers“ (WML) der entwickelten internationalen Aktienportfolios herangezogen. Die Unschärfe, die aus der Tatsache resultiert, dass das Aktienuniversum von Kenneth R. French's Website von dem der betrachteten Aktienindizes abweicht, wird im Falle des ACWI und WORLD hingenommen. Da die Aktien des EM dagegen keine Schnittmenge zum gewählten Datensatz aufweisen, werden in diesen Fällen keine Multi-Faktor-Regressionen durchgeführt.

Abweichend zur Datenbank wird die Überschussrendite des Marktes jeweils als über dem risikolosen Zinssatz liegende Rendite des ACWI, WORLD und EM abzüglich der weiter unten aufgeführten Transaktions- und Verwahrkosten definiert. Der risikolose Zinssatz wird durch den 1-Monats-Interbankensatz der jeweiligen Analysewährung repräsentiert.¹¹⁷ Zuzüglich eines Zu- bzw. Abschlags von 10 Basispunkten dient er gleichzeitig als Berechnungsgrundlage für die Kosten und Erträge der kurzfristigen Kreditaufnahme und Einlagenhaltung, wie sie bei der Umsetzung der VTS anfallen. Die Verwendung eines Zu- bzw. Abschlags soll die Belastbarkeit der Backtesting-Ergebnisse für kleinere Finanzunternehmen fördern. Hier lässt sich beobachten, dass kleinere Institutionen regelmäßig ungünstigere Konditionen in der Refinanzierung bzw. Einlagenhaltung realisieren können.¹¹⁸

¹¹⁷ Dies stellt eine Abweichung zur üblichen Verwendung der einmonatigen Treasury-Bill-Sätze als risikolose Zinssätze dar (vgl. Asness, C. S. et al., Skalierungsbeschränkungen, 2012, S. 58; Blitz, D. C., Risikoloser Zinssatz, 2020, S. 120). Hierdurch wird jedoch ein einheitliches Vorgehen unabhängig von der Analysewährung erreicht.

¹¹⁸ Vgl. Kroszner, R., Differenzen Refinanzierungskosten, 2016, S. 159-160; Jacewitz, S., Pogach, J., Einlagenzinsen Großbanken, 2018, S. 33.

Einem für Aktien geläufigen Praxisansatz folgend¹¹⁹, wird im Backtesting keine Wechselkursabsicherung vorgenommen.¹²⁰ Um die in dieser Arbeit ermittelten Resultate mit den Erkenntnissen anderer Arbeiten vergleichen zu können, liegt der Fokus auf die in USD denominierten Rendite- und Risikoentwicklungen der Strategien. Sofern nicht explizit anders benannt, beziehen sich alle nachfolgenden Formeln, Ergebnisse und Grafiken auf diese Analysewährung.

In den Anhängen 2 bis 7 sowie in Abbildung 30 werden zusätzlich wesentliche Backtesting-Ergebnisse in EUR, GBP und JPY dargestellt. Hierzu werden die täglichen Notierungen zu den Wechselkurspaaren EUR/USD, GBP/USD und JPY/USD in Mengennotierung herangezogen, um die in USD notierten Zeitreihen der Aktienindizes und Faktorprämien in die jeweilige Analysewährung umzurechnen. Dabei werden die Währungsanpassungen für die Renditen der Aktienindizes wie bereits in Formel (8) beschrieben vorgenommen. In Abgrenzung hierzu ergeben sich Faktorprämien als Resultate von Long-Short-Portfolios.¹²¹ Daher wird die Anpassung an die jeweilige Analysewährung für die einzelnen Faktorprämien wie folgt vorgenommen:¹²²

$$SMB_t = \frac{SMB_t^{USD}}{(1 + R_{FX,t})}, HML_t = \frac{HML_t^{USD}}{(1 + R_{FX,t})}, RMW_t = \frac{RMW_t^{USD}}{(1 + R_{FX,t})}, CMA_t = \frac{CMA_t^{USD}}{(1 + R_{FX,t})} \text{ und } WML_t = \frac{WML_t^{USD}}{(1 + R_{FX,t})} \quad (9)$$

Jeweils zum Zeitpunkt t stellt $R_{FX,t}$ die diskrete Rendite der betrachteten Analysewährung gegenüber dem USD und $(\cdot)_t^{USD}$ die jeweilige Faktorprämie in USD dar.¹²³

¹¹⁹ Vgl. Bush, R., Woodham, A., Langfristige Währungsabsicherung, 2018, S. 105.

¹²⁰ Tatsächlich wird die Relevanz der Währungsabsicherung in der empirischen Kapitalmarktfor- schung intensiv diskutiert. Abhängig von Assetklasse, betrachteter Währung und unterstellten Absicherungskosten kommen Untersuchungen zu unterschiedlichen Schlüssen (vgl. Jorion, P., Vergleich Währungsabsicherung, 1989, S. 54; Braccia, J. A., Währungsmanagement, 1995, S. 93; Bush, R., Woodham, A., Langfristige Währungsabsicherung, 2018, S. 114).

¹²¹ Vgl. Fama, E. F., French, K. R., 3-Faktoren-Modell, 1993, S. 8-10; Fama, E. F., French, K. R., 5- Faktoren-Modell, 2015, S. 2-3; Fama, E. F., French, K. R., 6-Faktoren-Modell, 2018, S. 237-239.

¹²² Vgl. Glück, M. et al., Währungsanpassung Faktorprämien, 2021, S. 164.

¹²³ Erneut wird die Renditeberechnung auf Basis von Mengennotierungen durchgeführt.

	ACWI	WORLD	EM
RIC	IUSQ.DE	EUNL.DE	IQQE.DE
Name	iShares MSCI ACWI UCITS ETF USD (Acc)	iShares Core MSCI World UCITS ETF USD (Acc)	iShares MSCI EM UCITS ETF USD (Dist)
ISIN	IE00B6R52259	IE00B4L5Y983	IE00B0M63177
Auflegedatum	21.10.2011	25.09.2009	18.11.2005
Fondswährung	USD	USD	USD
TER (in %)	0,20	0,20	0,18

Tab. 3: Übersicht zu den für die Kostenermittlungen herangezogenen ETFs, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Die Backtesting-Berechnungen berücksichtigen ferner im Zeitverlauf entstehende Transaktionskosten. Eine Vernachlässigung würde die in der Praxis realisierbaren Renditen einer Handelsstrategie systematisch überzeichnen.¹²⁴ Insbesondere aktive Handelsstrategien wie die VTS neigen dazu, einen hohen Umsatz und damit auch hohe Transaktionskosten zu produzieren.¹²⁵

Als Proxy für realistische Transaktionskosten werden die an der Börse Xetra beobachtbaren hälftigen Geld-Brief-Spreads von geeigneten iShares-ETFs herangezogen. Einen Überblick zu den ETFs gibt Tabelle 3. Konkret werden die relativen Transaktionskosten der v -ten Backtesting-Strategie ($TC_{v,t}$) aus den Geldnotierungen ($BID_{i,t}$) und Briefnotierungen ($ASK_{i,t}$) des zum i -ten Aktienindex gehörenden ETFs wie folgt berechnet:

$$TC_{v,t} = \begin{cases} \left(\frac{ASK_{i,t} - BID_{i,t}}{ASK_{i,t} + BID_{i,t}} \right) * (|w_{v,t}^{EQY} - w_{v,t-1}^{EQY}|), & t \in \vec{B}_v \\ 0, & t \notin \vec{B}_v \end{cases} \quad (10)$$

$w_{v,t}^{EQY}$ ($w_{v,t-1}^{EQY}$) repräsentiert hierbei das Aktien-Portfoliogewicht der v -ten Strategie zum Zeitpunkt t ($t - 1$). \vec{B}_v stellt einen Vektor dar, der zur v -ten Strategie die

¹²⁴ Vgl. Asness, C. S. et al., Faktorprämien Asset-Klassen-Vergleich, 2013, S. 976; Novy-Marx, R., Velikov, M., Handelskosten Anomalien, 2016, S. 104-105, 107.

¹²⁵ Vgl. Kirby, C., Ostdiek, B., Timing-Strategien, 2012, S. 452; Gârleanu, N., Pedersen, L. H., Optimierung Transaktionskosten, 2013, S. 2309.

relevanten Neugewichtungstage enthält. Der dargestellte Rechnungsweg stellt sicher, dass Transaktionskosten nur bei aktiven Neugewichtungen und nicht bei wertentwicklungs-getriebenen Gewichtsveränderungen anfallen.

Kritisch anzumerken gilt, dass die alleinige Berücksichtigung von Geld-Brief-Spreads tatsächlich nur einen Proxy für die in der Realität anfallenden Transaktionskosten darstellt. Andere Kostenkomponenten wie beispielsweise Marktbeeinflussungskosten („Price-Impact“) und Handelsspesen¹²⁶ bleiben in dieser Arbeit unberücksichtigt.

¹²⁶ Vgl. Acharya, V. V., Pedersen, L. H., Liquiditätsrisiko, 2005, S. 386.

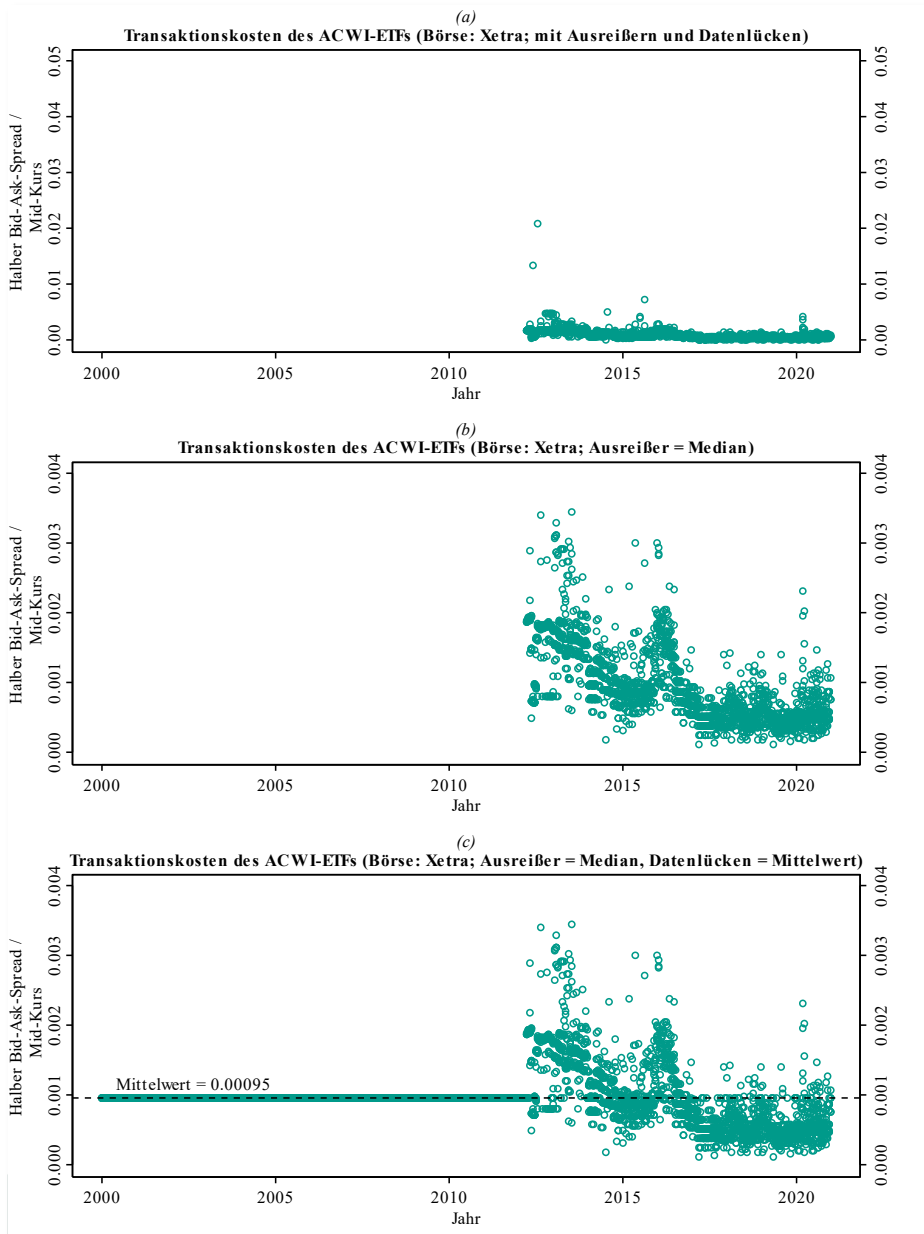


Abb. 4: Datengrundlage für die Transaktionskosten des ACWI, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Abbildung 4 zeigt die Inputdaten für die Berechnung der Transaktionskosten am Beispiel des ACWI. Die ursprüngliche Relation zwischen Mid-Kurs und hälftigem Bid-Ask-Spread ist in Abbildungsbereich (a) dargestellt. Auffällig ist zum einen, dass unrealistische Ausreißer in den Daten vorhanden sind und zum anderen, dass die verfügbaren Daten nicht den vollständigen Backtesting-Zeitraum abdecken. Abbildungsbereich (b) zeigt eine Modifikation der hälftigen Bid-Ask-Spreads. Ausreißer oberhalb des 99%-Stichproben-Quantils sind in der Abbildung durch den Stichproben-Median ersetzt. Darauf aufbauend zeigt Abbildungsbereich (c), wie fehlende Daten durch den Mittelwert der hälftigen Stichproben-Bid-Ask-Spreads ersetzt werden. Die durch dieses Vorgehen gewonnenen Daten stellen für alle Indizes den Input für die Transaktionskostenberechnungen dar. Im Durchschnitt liegen die Transaktionskosten des ACWI bei 0,095%, des WORLD bei 0,085% und des EM bei 0,110%. Andere Arbeiten zur VTS berücksichtigen ähnlich hohe Kostenniveaus für Aktieninvestments.¹²⁷

Zusätzlich zu den Transaktionskosten berücksichtigen die Backtesting-Berechnungen auch Verwahrkosten. Analog zu den Transaktionskosten dienen erneut ETFs als Vorlage für das Kostenniveau. Für den ACWI und WORLD werden laufende Kosten in Höhe von 0,20% und für den EM in Höhe von 0,18% pro Jahr berücksichtigt (vgl. Tabelle 3). Konkret folgendes die Verwahrkosten der v -ten Backtesting-Strategie ($TER_{v,t}$) der folgenden Berechnungsformel:

$$TER_{v,t} = w_{v,t}^{EQY} * TER_i^{p.a.} * \frac{(DT_{t+1} - DT_t)}{360} \quad (11)$$

Hier repräsentiert $TER_i^{p.a.}$ die Verwahrkosten des i -ten Aktienindex in annualisierter Form, DT_t das Datum des t -ten Handelstages und DT_{t+1} das Datum des folgenden Handelstages.

Explizit sei erwähnt, dass nicht nur die VTS, sondern auch die BHS den genannten Kostenkomponenten unterliegen. Es ist unrealistisch anzunehmen, dass die Performance eines Aktienindex über lange Zeiträume exakt durch eine rein passive Investmentstrategie nachvollzogen werden kann. Abbildung 5 verdeutlicht dies am Beispiel des ACWI. Dargestellt wird die kumulierte indexierte Rendite des ACWI im Vergleich zu einer auf den ACWI bezogenen BHS unter Berücksichtigung der oben angeführten Transaktions- und Verwahrkosten.¹²⁸ Erkennbar ist,

¹²⁷ Vgl. Benson, R. et al., *Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien*, 2014, S. 89; Moreira, A., Muir, T., *Volatilitätsstrategien*, 2017, S. 1625.

¹²⁸ Die Transaktionskosten haben bei einer BHS nur für die Erstdotierung der Aktienposition eine Bedeutung.

dass der Performanceabtrieb im Trend anwächst und sich zum Ende des Backtesting-Zeitraums auf etwa 10% beläuft. Um einen fairen Performancevergleich zu ermöglichen, werden die VTS daher in den folgenden Ausführungen stets mit BHS verglichen, welche den gleichen Kostenmechanismen unterliegen.

Zusammenfassend gibt Tabelle 4 einen Überblick über die im Backtesting verwendeten Finanzinstrumente und Indikatoren. Dabei stammen mit Ausnahme der Faktorprämien und der NBER-Rezessions-Indikatoren alle Daten aus dem Informationsportal Refinitiv Eikon.

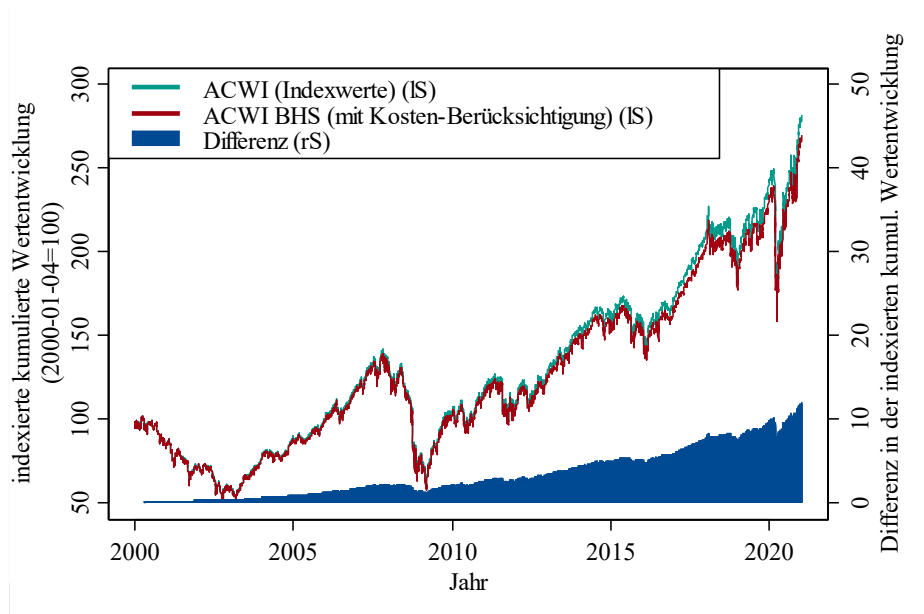


Abb. 5: Bedeutung der Transaktions- und Verwahrkosten für die passive Replikation des ACWI, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Instrument	Zeitraum	Quelle	RIC	Datenfeld
Aktienindizes (täglich; in USD)				
MSCI All Country World Price Index	1995-1999	1)	.dMIWD00000PUS	Trade Close
MSCI World Price Index	1995-1999	1)	.dMIWO00000PUS	Trade Close
MSCI Emerging Markets Price Index	1995-1999	1)	.dMIEF00000PUS	Trade Close
MSCI All Country World Net Return Index	2000-2020	1)	.dMIWD00000NUS	Trade Close
MSCI World Net Return Index	2000-2020	1)	.dMIWO00000NUS	Trade Close
MSCI Emerging Markets Net Return Index	2000-2020	1)	.dMIEF00000NUS	Trade Close
Fama-French und Momentum-Faktoren (täglich; internationales Aktienportfolio der Industrieländer)				
FF3-„Small-Minus-Big“ (SMB)	2000-2020	2)	-	-
FF3-„High-Minus-Low“ (HML)	2000-2020	2)	-	-
FF5-„Small-Minus-Big“ (SMB)	2000-2020	2)	-	-
FF5-„High-Minus-Low“ (HML)	2000-2020	2)	-	-
FF5-„Robust-Minus-Weak“ (RMW)	2000-2020	2)	-	-
FF5-„Conservative-Minus-Aggressive“ (CMA)	2000-2020	2)	-	-
„Winners-Minus-Losers“ (WML)	2000-2020	2)	-	-
Risikolose Zinssätze (täglich; annualisierte Zinssätze)				
1-Monats-USD-Libor	2000-2020	1)	USD1MFSR=X	Last Quote
1-Monats-EUR-Euribor	2000-2020	1)	EURIBOR1MD=	Last Quote
1-Monats-GBP-Libor	2000-2020	1)	GBP1MFSR=X	Last Quote
1-Monats-JPY-Libor	2000-2020	1)	JPY1MFSR=X	Last Quote
Wechselkurse (täglich; Mengennotierungen)				
EUR/USD	1995-2020	1)	EUR=	Bid Close
GBP/USD	1995-2020	1)	GBP=	Bid Close
JPY/USD	1995-2020	1)	JPY=	Bid Close
ETFs für die Kostenberechnungen (täglich)				
iShares MSCI ACWI UCITS ETF USD (Acc)	2012-2020	1)	IUSQ.DE	Bid Price
iShares MSCI ACWI UCITS ETF USD (Acc)	2012-2020	1)	IUSQ.DE	Ask Price
iShares Core MSCI World UCITS ETF USD (Acc)	2009-2020	1)	EUNL.DE	Bid Price
iShares Core MSCI World UCITS ETF USD (Acc)	2009-2020	1)	EUNL.DE	Ask Price
iShares MSCI EM UCITS ETF USD (Dist)	2006-2020	1)	IQQE.DE	Bid Price
iShares MSCI EM UCITS ETF USD (Dist)	2006-2020	1)	IQQE.DE	Ask Price
Weitere Indikatoren				
NBER-Recession-Indicator (RECM)	2000-2020	3)	-	-
Quellen:				
1) Refinitiv Eikon				
2) http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html#International				
3) https://fred.stlouisfed.org/graph?g=A9gY				

Tab. 4: Übersicht der im Backtesting verwendeten Daten

Um ein besseres Verständnis für das ausgewählte Aktienuniversum zu erhalten, gibt Tabelle 5 einen Überblick über wesentliche Performance- und Risikokennzahlen der einzelnen Indizes. Erkennbar ist, dass sich die Kennzahlen vom ACWI und WORLD nur marginal unterscheiden. Dies resultiert aus der Tatsache, dass der ACWI in seiner Zusammensetzung zu 86,3% aus dem WORLD und lediglich zu 13,7% aus dem EM besteht.¹²⁹

Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	ACWI	WORLD	EM
Anzahl an Beobachtungstagen	5310	5310	5310
Mittelwert der Renditen	0,0002	0,0002	0,0003
kumul. geom. Rendite	1,82	1,80	3,34
geom. Rendite p.a.	0,050	0,050	0,072
Volatilität p.a.	0,164	0,167	0,190
Sharpe Ratio p.a.	0,188	0,183	0,274
Korrelation (jeweils ggü. ACWI)	1,00	0,99	0,73
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,081	0,105
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,127	0,125	0,153
max. Drawdown	0,584	0,578	0,652
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1399	1391	2456
Upward-Capture Ratio	1,00	1,00	0,913
Downward-Capture Ratio	1,00	1,00	0,88
Schiefe	-0,42	-0,41	-0,34
Wölbung	13,2	13,5	10,7
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 5: Wesentliche Performance- und Risikokennzahlen zu den betrachteten Aktienindizes, Datenquelle: Refinitiv Eikon

In Summe erzielen der ACWI und WORLD im Betrachtungszeitraum mit 182% bzw. 180% eine deutlich niedrigere kumulierte Rendite als der EM mit 334%. Dafür lastet der EM alle betrachteten Risikokennzahlen höher aus. Hinsichtlich der empirischen Renditeverteilungen zeigen die Wölbungs-Koeffizienten beim ACWI und WORLD steilgipfligere Verläufe als beim EM auf. Die Normalverteilungsannahme wird in allen Fällen verworfen, da der p-Wert des Jarque-Bera-Tests in allen Fällen kleiner als 0,01 ist.

¹²⁹ Stand 29.01.2021 (vgl. MSCI Inc., Factsheet ACWI, 2021a, S. 2; MSCI Inc., Factsheet WORLD, 2021b, S. 2; MSCI Inc., Factsheet EM, 2021c, S. 2).

Abbildung 6 setzt den Vergleich fort und zeigt Rendite-Zeitverläufe zu den drei Aktienindizes. Abbildungsbereich (a) vergleicht die indexierten kumulierten Renditen. Erkennbar wird das dynamischere Verhalten sowie die deutliche Outperformance des EM gegenüber dem ACWI und WORLD von 2004 bis 2008. Die Darstellungen der täglichen Renditeverläufe in den Abbildungsbereichen (b) bis (d) unterstreichen die höhere Schwankungsintensität des EM. Insbesondere in der Zeit um die Finanzkrise 2008/2009 weisen die Renditen des EM höhere Spanneiten gegenüber den Renditen des ACWI und WORLD auf.

Anknüpfend zeigt Abbildung 7 Verläufe und Verteilungen zu den rollierenden 5-jährigen Volatilitäten der betrachteten Finanzinstrumente. Abbildungsbereich (a) kann entnommen werden, dass die Risikokennzahlen im Zeitverlauf im nennenswerten Umfang schwanken. So liegt beispielsweise die maximale 5-jährige SMA-Volatilität des ACWI bei 23,1%, während das Minimum bei 11,0% liegt. Insbesondere in Rezessionsphasen ist jeweils ein starker Anstieg des Volatilitätsniveaus zu verzeichnen. Ergänzend verdeutlicht Abbildungsbereich (b), dass das Volatilitätsniveau des EM gegenüber dem des ACWI und WORLD systematisch höher liegt.

Diese Beobachtung passt auch zu den rollierenden Risikokennzahlen aus Abbildung 8. Abbildungsbereich (a) zeigt die rollierende Entwicklung der empirischen Value-at-Risk-Werte (VaR-Werte). Der EM liegt hier systematisch über den Risiko-realisationen des ACWI und WORLD. Alle Indizes erreichen im Zeitraum um die Finanzkrise 2008/2009 hohe Risikoauslastungen. Abbildungsbereich (b) veranschaulicht den sich zu jedem Index im Zeitverlauf ergebenden maximalen Drawdown eines rollierenden 5-Jahres-Fensters. Erkennbar ist, dass Investoren im betrachteten Zeitraum durchaus hohe Vermögensverluste erleiden konnten. Im schlechtesten Fall lag der Vermögensverlust eines Investors beim ACWI (EM) bei 58,4% (65,2%).

Schließlich vergleicht Abbildung 9 die empirischen Renditeverteilungen zu den Aktienindizes. Abbildungsbereich (a) bestätigt die aus Tabelle 5 gewonnene Erkenntnis zum steilgipfligeren Verlauf des ACWI und WORLD gegenüber dem Verlauf des EM. Die deutlichen Abweichungen zur Normalverteilung werden aus den Quantil-Quantil-Plots (QQ-Plots) in den Abbildungsbereichen (b) bis (d) veranschaulicht.

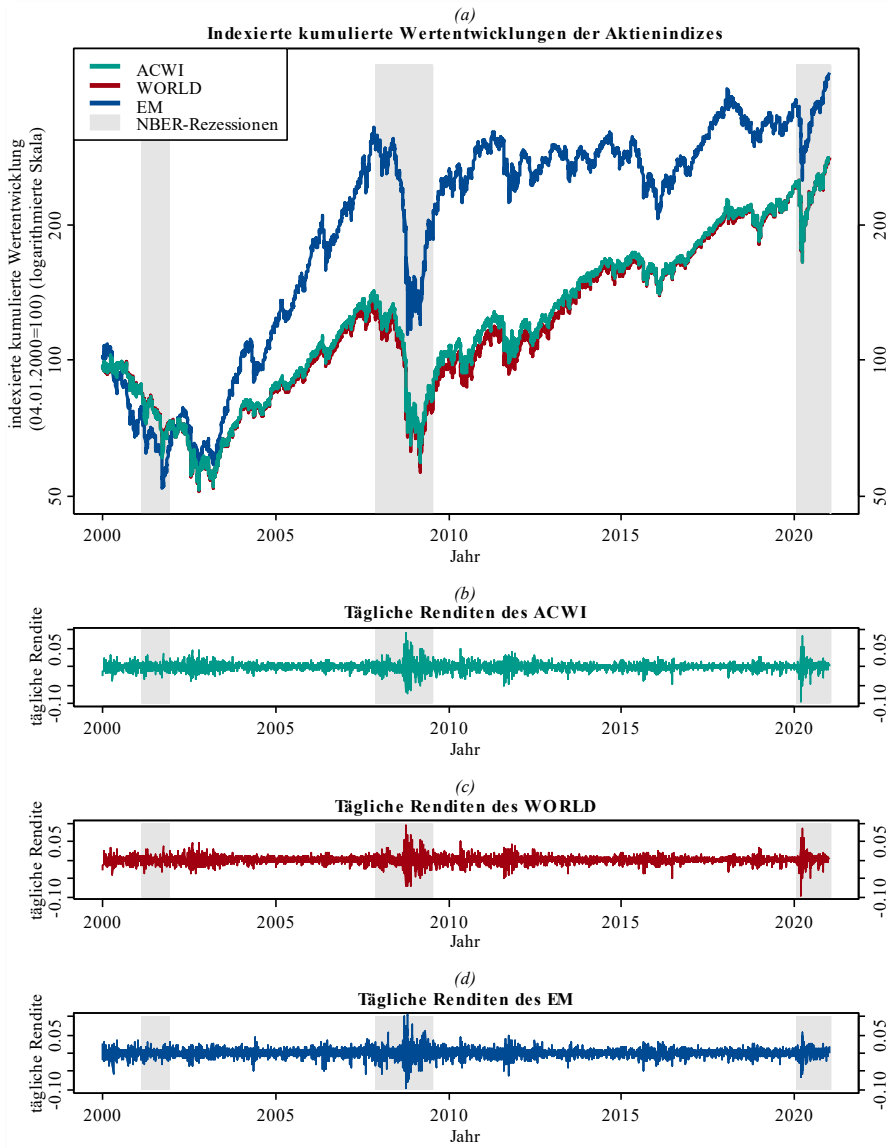


Abb. 6: Kumulierte und tägliche Renditen der betrachteten Aktienindizes im Zeitverlauf, (a) in Anlehnung an Benson, R. et al., *Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien*, 2014, S. 90, (b) bis (d) in Anlehnung an Danielsson, J., *Risikoschätzungen*, 2011, S. 6, Datenquelle: Refinitiv Eikon, Federal Reserve Economic Data

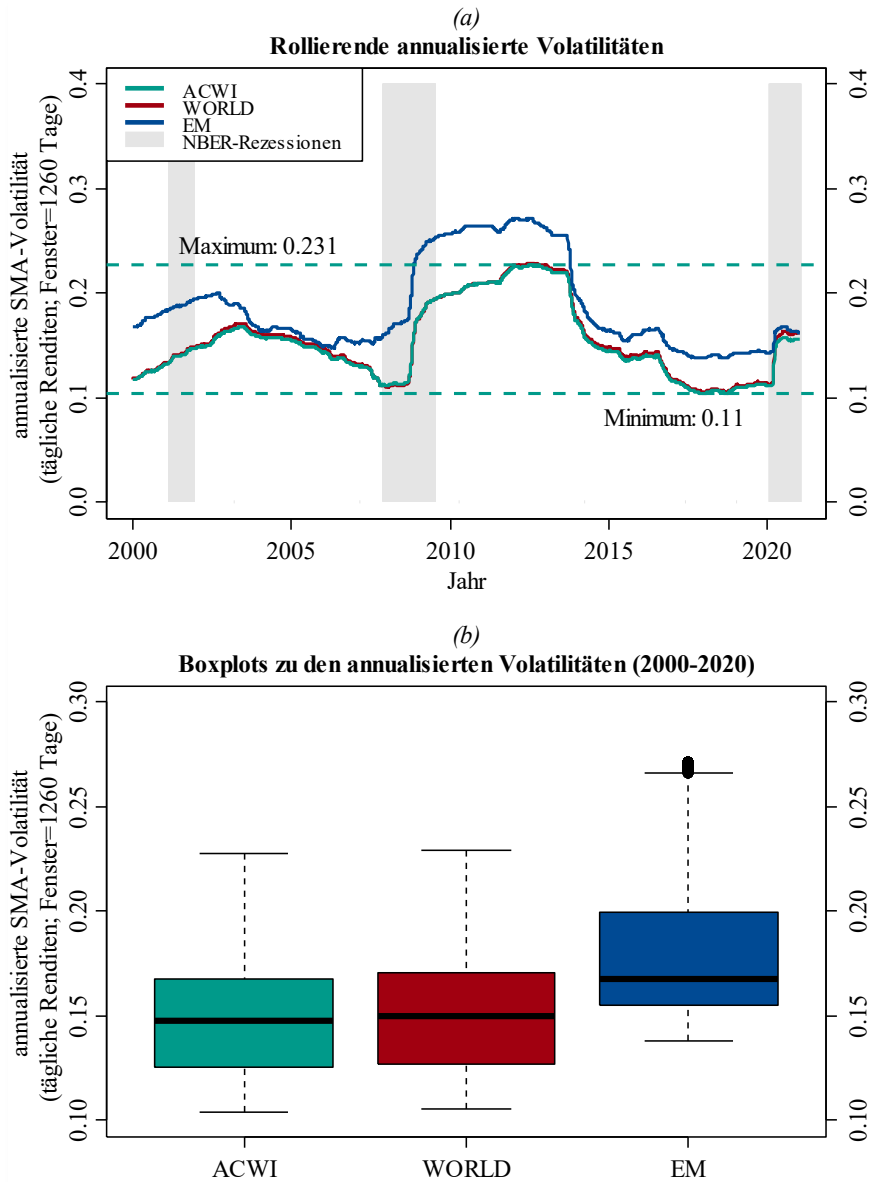


Abb. 7: Entwicklungen und Verteilungen der Volatilitäten zu den betrachteten Aktienindizes, in Anlehnung an Hill, J. M., Index-Analyse, 2010, S. 16, 18-19, Datenquelle: Refinitiv Eikon, Federal Reserve Economic Data

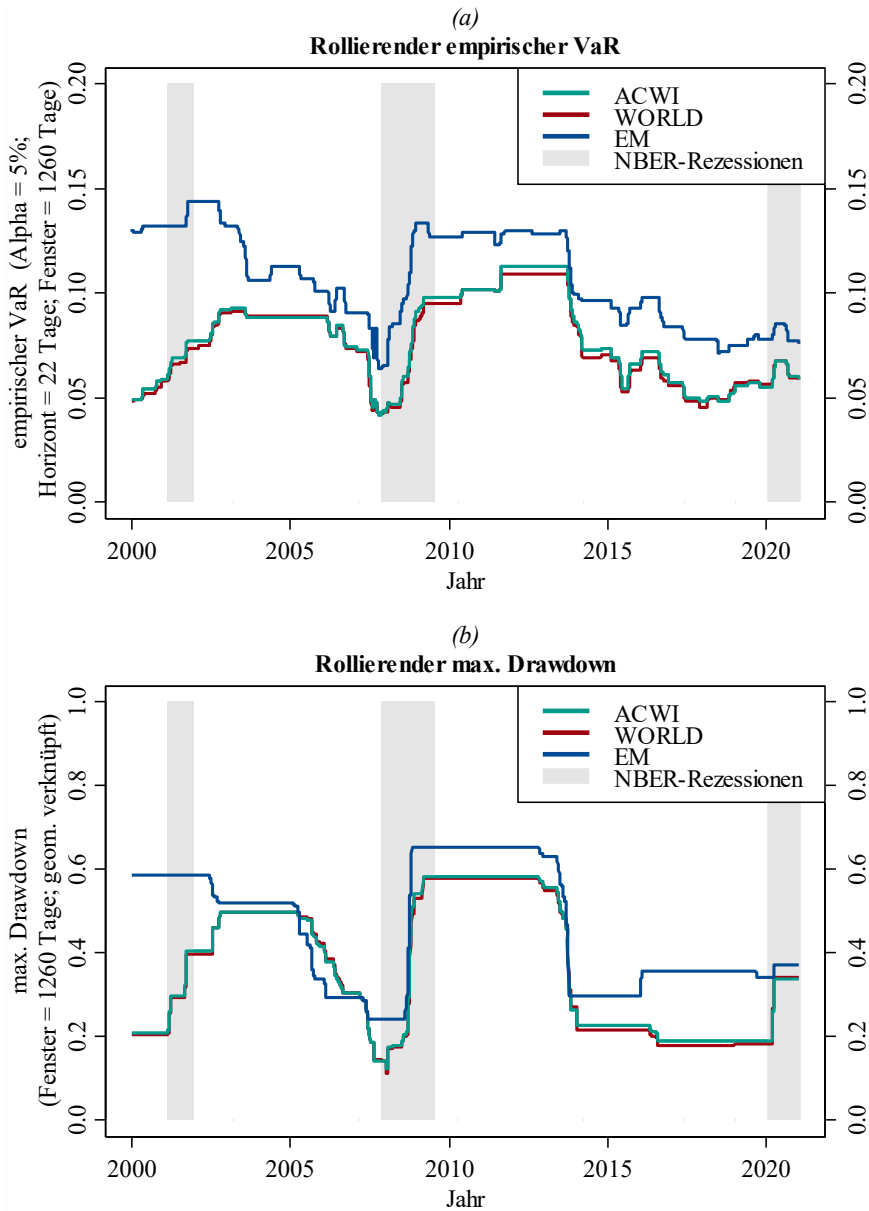


Abb. 8: Risikokennzahlen zu den betrachteten Aktienindizes im Zeitverlauf, (a) in Anlehnung an Engle, R. F., Anwendung GARCH, 2001, S. 165, (b) in Anlehnung an Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1620, Datenquelle: Refinitiv Eikon, Federal Reserve Economic Data

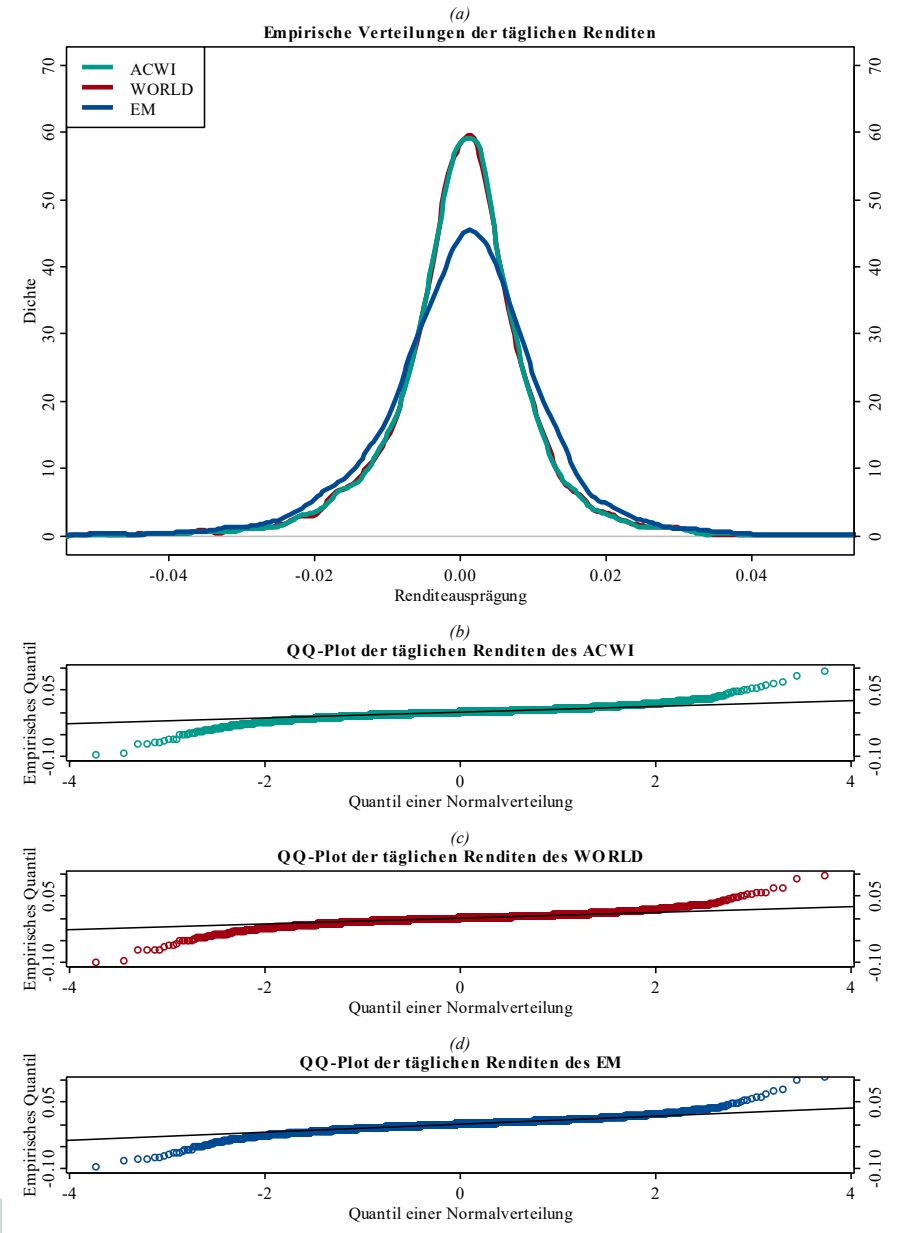


Abb. 9: Empirische Renditeverteilungen der betrachteten Aktienindizes, in Anlehnung an Danielsson, J., Risikoschätzungen, 2011, S. 15, 18, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Nachdem die Datengrundlage für das Backtesting sowie ausgewählte Charakteristika der verwendeten Aktienindizes dargestellt wurden, wird im Folgenden näher auf die Backtesting-Methodik eingegangen. Insgesamt ist der Portfoliobil- dungsprozess an den von *Moreira, A.* und *Muir, T.*¹³⁰ angelehnt. Der Allokations- Mechanismus bezieht sich auf selbst refinanzierende „Long-only“-Portfolios¹³¹. Externe Zu- oder Abflüsse finden nicht statt.

Um sparsamere Beschreibungen der Formeln vornehmen zu können, sei einlei- tend auf folgende Indexierungsvariablen hingewiesen, welche sich in den nach- stehenden Notierungen wiederholen: v indexiert die Backtesting-Strategien (VTS bzw. BHS), i die Aktienindizes, t die Handelstage und j zu t vorlaufende Handels- tage.

Mit der dynamischen Volatilitätsziel-Strategie (DVTS) und der konstanten Volatili- tätsziel-Strategie (KVTS) stehen zwei Varianten von Volatilitätsziel-Strategien (VTS) im Fokus dieser Arbeit. Die DVTS skaliert das Aktien-Portfoliogewicht ($w_{v,t}^{EQY}$) wie folgt:¹³²

$$w_{v,t}^{EQY} = \frac{\sigma_{i,t}^{AVG}}{\sigma_{i,t}^{SMA}} \quad (12)$$

$\sigma_{i,t}^{AVG}$ stellt hierbei die rollierende 5-jährige SMA-Volatilität und $\sigma_{i,t}^{SMA}$ die rollie- rende 22-tägige SMA-Volatilität dar. Bei der KVTS wird das dynamische Volatili- tätsziel durch ein konstantes Volatilitätsziel (VT) ersetzt, wobei in dieser Arbeit ein VT von 15% (KVTS15) im Fokus steht. Das Aktien-Portfoliogewicht ergibt sich in diesen Fällen entsprechend durch:¹³³

$$w_{v,t}^{EQY} = \frac{VT}{\sigma_{i,t}^{SMA}} \quad (13)$$

In beiden Fällen ist nur die Kenntnis über die Volatilität der zugeordneten Aktien- indizes erforderlich, um das Aktien-Portfoliogewicht zu bestimmen. Dabei erge- ben sich $\sigma_{i,t}^{AVG}$ und $\sigma_{i,t}^{SMA}$ aus den diskreten Indexrenditen der relevanten vorlau- fenden Stichtage ($R_{i,t-j}$). Die übliche Formel zur Berechnung der Stichproben- Standardabweichung¹³⁴ führt für $\sigma_{i,t}^{AVG}$ zu:

¹³⁰ Vgl. *Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien*, 2017, S. 1616-1617.

¹³¹ Ein „Long-only“-Portfolio geht keine Leerverkaufspositionen ein.

¹³² Vgl. *Liu, F. et al., Nachteile Volatilitätsziel-Strategien*, 2019, S. 40, 43-44.

¹³³ Vgl. *Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien*, 2014, S. 89.

¹³⁴ Vgl. *Schwert, G. W., Volatilität Aktienmarkt*, 1990, S. 34.

$$\sigma_{i,t}^{AVG} = \sqrt{\frac{1}{1260 - 1} \sum_{j=1}^{1260} \left(R_{i,t-j} - \frac{\sum_{j=1}^{1260} R_{i,t-j}}{1260} \right)^2} \quad (14)$$

In gleicher Weise ergibt sich für $\sigma_{i,t}^{SMA}$:

$$\sigma_{i,t}^{SMA} = \sqrt{\frac{1}{22 - 1} \sum_{j=1}^{22} \left(R_{i,t-j} - \frac{\sum_{j=1}^{22} R_{i,t-j}}{22} \right)^2} \quad (15)$$

Eine nützliche Eigenschaft der historischen Volatilität ist ihre einfache Anwendung. Investoren können die Berechnung durchführen, ohne Parameterschätzungen durchführen zu müssen.¹³⁵ Erwähnenswert ist der eingebaute zeitliche Verzug von einem Handelstag in den Formeln (14) und (15). Dieser resultiert aus der Tatsache, dass Indexschlusskurse für die Renditebildungen herangezogen werden (vgl. Formel (8)). Der verwendete Skalierungsfaktor zum Stichtag t sollte nur auf Basis von Informationen gebildet werden, die dem Investor bis zu diesem Stichtag bekannt sind. Bei Verwendung von Indexschlusskursen, erfüllen diese Voraussetzung nur die täglichen Renditen bis einschließlich zum Stichtag $t - 1$.¹³⁶

Die bisherigen Ausführungen implizieren, dass die Portfoliogewichte der VTS täglich neu adjustiert werden. Eine Reduktion der Neugewichtungsfrequenz würde jedoch den Portfolioumsatz und in der Folge auch die Transaktionskosten reduzieren.¹³⁷ Einem üblichen Ansatz institutioneller Investoren folgend, nutzt diese Arbeit zunächst eine feste Neugewichtungsfrequenz von 22 Handelstagen.¹³⁸ Eine Abwandlung hierzu wird im Optimierungsteil (vgl. Kapitel 3.3) umgesetzt. Die Formeln (12) und (13) werden für die Zwecke der monatlichen Neugewichtungen um eine Fallunterscheidung erweitert. Für die DVTS gilt:

$$w_{v,t}^{EQY} = \begin{cases} \frac{\sigma_{i,t}^{AVG}}{\sigma_{i,t}^{SMA}}, & t \in \overrightarrow{B_v} \\ \frac{V_{v,t-1}^{EQY}}{V_{v,t-1}^{PORT}}, & t \notin \overrightarrow{B_v} \end{cases} \quad (16)$$

¹³⁵ Vgl. Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1616-1617.

¹³⁶ Andere Arbeiten verwenden ebenfalls einen eingebauten zeitlichen Verzug in der Portfoliobil-
dung (vgl. Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 89; Gösmann, J.,
Ziggel, D., Wechelpunkte, 2018, S. 104).

¹³⁷ Vgl. Alighanbari, M. et al., Konstruktion Volatilitätsstrategien, 2016, S. 26.

¹³⁸ Vgl. Brown, R. A., Intelligente Neugewichtung, 2018, S. 31.

Und für die KVTS ergibt sich:

$$w_{v,t}^{EQY} = \begin{cases} \frac{VT}{\sigma_{i,t}^{SMA}}, & t \in \overrightarrow{B}_v \\ \frac{V_{v,t-1}^{EQY}}{V_{v,t-1}^{PORT}}, & t \notin \overrightarrow{B}_v \end{cases} \quad (17)$$

Dabei repräsentiert $V_{v,t-1}^{EQY}$ ($V_{v,t-1}^{PORT}$) den Geldwert des Aktiengewichts (gesamten Portfolios) zum Stichtag $t - 1$. \overrightarrow{B}_v stellt einen Vektor dar, der die relevanten Neugewichtungstage zu den Strategien enthält. Die Formeln (16) und (17) führen somit eine zeitliche Abhängigkeit des Aktien-Portfoliogewichts zum Pfad der realisierten Renditen des Gesamtportfolios ein. Dies fördert ein realistisches Backtesting-Ergebnis, welches nicht alleine darauf beruht, dass eine am Markt beobachtbare Rendite mit einem vorgegebenen Faktor skaliert wird.

Konkret ergibt sich die Rendite der skalierten Aktien-Portfoliokomponente ($R_{v,t}^{EQY}$) vor Kosten als:

$$R_{v,t}^{EQY} = w_{v,t}^{EQY} * R_{i,t} \quad (18)$$

Aus dem Aktien-Skalierungsfaktor resultiert reziprok das Portfoliogewicht für den Geldmarkt ($w_{v,t}^{MMKT}$).¹³⁹

$$w_{v,t}^{MMKT} = 1 - w_{v,t}^{EQY} \quad (19)$$

Dabei entspricht $w_{v,t}^{MMKT} > 0$ (< 0) einer Einlagenhaltung (Kreditaufnahme). Die Ertrags- und Kostensätze werden wie vorstehend beschrieben herangezogen, um den Renditebeitrag des Geldmarktes ($R_{v,t}^{MMKT}$) zu bestimmen. Konkret ergibt sich:

$$R_{v,t}^{MMKT} = \begin{cases} w_{v,t}^{MMKT} * (RF_t^{p.a.} - 0,001) * \frac{(DT_{t+1} - DT_t)}{360}, & w_{v,t}^{MMKT} > 0 \\ w_{v,t}^{MMKT} * (RF_t^{p.a.} + 0,001) * \frac{(DT_{t+1} - DT_t)}{360}, & w_{v,t}^{MMKT} < 0 \end{cases} \quad (20)$$

Hierbei stellt ($RF_t^{p.a.}$) den risikolosen Zinssatz in annualisierter Form dar. Die Portfoliorendite der betrachteten Backtesting-Strategie ($R_{v,t}$) resultiert schließlich aus der Kombination der Formeln (10), (11), (18) und (20):

$$R_{v,t} = R_{v,t}^{EQY} - TC_{v,t} - TER_{v,t} + R_{v,t}^{MMKT} \quad (21)$$

¹³⁹ Vgl. Albeverio, S. et al., Volatilitätsinstrumente, 2013, S. 1520.

Die geometrisch verknüpften kumulierten Renditen ($CR_{v,T}$) für den gesamten Backtesting-Zeitraum ($t = 1, 2, \dots, T$) ergeben sich entsprechend durch:¹⁴⁰

$$CR_{v,T} = \prod_{t=1}^T (1 + R_{v,t}) - 1 \quad (22)$$

Trotz der inhaltlichen Anlehnung, weist der beschriebene Portfoliobildungsprozess drei wesentliche Abweichungen zum Ansatz von *Moreira, A.* und *Muir, T.* auf:¹⁴¹

(1) Anstatt $\sigma_{i,t}^{AVG}$ auf Basis des gesamten Backtesting-Zeitraums zu berechnen, wird eine rollierende durchschnittliche Volatilität bei der DVTS verwendet. Dies verhindert, dass die Berechnungen einem „Look-Ahead“-Bias unterliegen.¹⁴² In der Praxis besteht kein Konsens über den „richtigen“ Zeitraum zur Berechnung von Risikokennzahlen.¹⁴³ Der gewählte Zeitraum von 1260 Handelstagen (ca. 5 Jahre) sowie die Wahl eines rollierenden anstelle eines sich erweiternden Zeitfensters resultieren aus der Bestrebung, ein angemessenes Verhältnis zwischen ausreichend Datenpunkten und Anpassungsverhalten bezüglich Strukturbrüchen in der Zeitreihe herzustellen.¹⁴⁴

(2) Statt Varianz- und Volatilitätsziel-Strategien gemeinsam zu untersuchen, beschäftigt sich diese Arbeit ausschließlich mit der Skalierung über die Volatilität. Untersuchungen kommen zu dem Resultat, dass die Volatilitäts- gegenüber der Varianzskalierung niedrigere Portfolioumsätze produziert.¹⁴⁵

(3) Im gesamten Portfoliobildungsprozess wird das herkömmliche Renditemaß anstatt der Überschussrendite verwendet. Zwar wäre die Verwendung der Überschussrendite aus theoretischer Sicht gut begründet, da diese die Prämie für die Übernahme von Risiken unabhängig von Zeitwert des Vermögens darstellt.¹⁴⁶ Zu beachten ist jedoch, dass der Aktien-Skalierungsfaktor einer VTS bei einer nicht täglichen Neugewichtungsfrequenz Pfadabhängigkeiten zu den herkömmlichen

¹⁴⁰ Vgl. Messmore, T. E., Varianzeinfluss Renditeberechnung, 1995, S. 104-105.

¹⁴¹ Vgl. Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1616-1617.

¹⁴² Vgl. Liu, F. et al., Nachteile Volatilitätsziel-Strategien, 2019, S. 39-41.

¹⁴³ Vgl. Albeverio, S. et al., Volatilitätsinstrumente, 2013, S. 1522.

¹⁴⁴ Vgl. Bacon, C. R., Performancemessung, 2008, S. 64; Kirby, C., Ostdiek, B., Timing-Strategien, 2012, S. 449; Hollstein, F. et al., Systematisches Risiko, 2020, S. 1.

¹⁴⁵ Vgl. Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1623; Harvey, C. R. et al., Multi-Asset VTS, 2018, S. 16.

¹⁴⁶ Vgl. Harvey, C. R. et al., Multi-Asset VTS, 2018, S. 16.

Renditen der Portfoliokomponenten aufweist.¹⁴⁷ Um die Pfadabhängigkeit akkurat in die Backtesting-Ergebnisse einfließen zu lassen, wird mit dem herkömmlichen Renditemaß gearbeitet.

Neben der Rendite und der Volatilität werden in den empirischen Untersuchungen weitere Performance- und Risikokennzahlen für die Strategiebewertungen herangezogen. Anhang 1 stellt die Berechnungsformeln für die wesentlichsten Kennzahlen dar. Sämtliche Berechnungen dieser Arbeit wurden mit der Open Source Software „R“ durchgeführt. Eine Übersicht zu den verwendeten Paketen liefert Anhang 8.

3.2 Backtesting-Ergebnisse

Nachdem die Datengrundlage und die angewandte Methodik für das Backtesting im vorstehenden Kapitel beschrieben wurden, widmet sich dieser Abschnitt den Backtesting-Ergebnissen. Um die Übersicht zu wahren, werden durch Tabelle 6 Strategiecharakteristika-bezeichnende Abkürzungen eingeführt. Zwecks sparsamer Beschreibung wird im Fließtext zumeist nur von BHS, DVTS und KVTSX gesprochen. Aus dem Kontext wird ersichtlich, welche konkrete Strategie jeweils benannt wird. Wie bereits in Kapitel 3.1 angeführt, steht der ACWI im Fokus der Untersuchungen. Der WORLD und EM sind Teil der Robustheitsanalysen in Kapitel 4.1.

¹⁴⁷ Vgl. Anderson, R. M. et al., *Gehebelte Portfolios*, 2014, S. 53-55; siehe ebenfalls Formeln (16) und (17).

Inhalt	Abkürzung
Bezugsindex	
MSCI All Country World Index	ACWI
MSCI World Index	WORLD
MSCI Emerging Markets Index	EM
Strategie	
„Buy-and-Hold“-Strategie(n)	BHS
Dynamische Volatilitätsziel-Strategie(n)	DVTS
Konstante Volatilitätsziel-Strategie(n) mit X% Volatilitätsziel	KVTSX
Volatilitätsmodell	
Einfacher gleitender Durchschnitt	SMA
Exponentiell gewichteter gleitender Durchschnitt	EWMA
Normal-GARCH(1,1)	NG
Student-t-GARCH(1,1)	TG
EGARCH(1,1)	EG
Neugewichtungsfrequenz	
Monatlich (22 Tage)	22D
Täglich	1D
Skalierungslimit	
Kein Limit	NL
Limit = 100%	1
Limit = 150%	1,5
Limit = 200%	2
Beispiel:	
Auf den ACWI bezogene konstante Volatilitätsziel-Strategie mit 15% Volatilitätsziel unter Verwendung	ACWI
des einfachen gleitenden Durchschnitts für die Volatilitätsberechnungen, einer monatlichen	KVTS15
Neugewichtungsfrequenz und keinem Skalierungslimit	SMA
	22D
	NL

Tab. 6: Übersicht zu den Strategiecharakteristika-bezeichnenden Abkürzungen

Einleitend stellt Tabelle 7 wesentliche Backtesting-Ergebnisse zur DVTS und KVTS15 im Vergleich zur BHS dar. Erkennbar ist, dass beide VTS mit einem durchschnittlichen Skalierungsfaktor von 1,39 bzw. 1,40 ein höheres Aktiengewicht gegenüber der BHS aufweisen. Die Hebelung ergibt sich aus einer durchschnittlichen Kreditaufnahme von 0,47 bzw. 0,48 und einer Einlagenhaltung von 0,09 bzw. 0,08. Auffällig ist der hohe Portfolioumsatz in beiden VTS. In der DVTS (KVTS15) wird das Portfolio durchschnittlich 4,73-mal (4,90-mal) pro Jahr umgeschlagen, wobei an den einzelnen Neugewichtungs-Stichtagen jeweils durchschnittlich 41% (43%) des Portfoliowertes umgesetzt wird.

	ACWI BHS	ACWI DVTS	ACWI KVTS15
	-	SMA	SMA
	-	22D	22D
Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	1	NL	NL
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,39	1,40
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,09	0,08
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,47	-0,48
Anzahl Neugewichtungen	1	242	242
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,41	0,43
Ø Umschlag p.a.	0,05	4,73	4,90
kumul. geom. Rendite	1,70	2,96	1,65
davon Aktien-Beitrag	1,75	3,42	2,10
davon Einlagen-Beitrag	0,00	0,06	0,02
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,23	-0,27
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,11	-0,08
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,18	-0,13
geom. Rendite p.a.	0,048	0,068	0,047
Volatilität p.a.	0,164	0,180	0,176
Sharpe Ratio p.a.	0,175	0,264	0,158
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,444	0,925

Tab. 7: Charakteristika und Performance der auf den ACWI bezogenen Strategien,
Datenquelle: Refinitiv Eikon

Die DVTS erreicht mit 296% eine deutlich höhere kumulierte Rendite gegenüber der BHS mit 170%. Dagegen realisiert die KVTS15 mit 165% eine um 5% niedrigere kumulierte Rendite. Erkennbar ist, dass alle Kostenkomponenten der VTS über denen der BHS liegen. Bedingt durch den angewandten Skalierungsfaktor und den höheren Portfolioumschlag fallen insbesondere die Kredit- und Transaktionskosten ins Gewicht. In der Gesamtperiode summiert sich der Performanceabrieb aus diesen beiden Komponenten bei der DVTS (KVTS15) auf 41% (40%). Die höheren Verwahrkosten-Beiträge bei den VTS sind unmittelbares Resultat aus den im Durchschnitt gehebelten Aktiengewichtungen. Die Einlagen-Beiträge erwachsen aus den Marktphasen, in denen die VTS einen Skalierungsfaktor von < 1 umsetzen.

Im Vergleich zum durchschnittlichen Skalierungsfaktor fällt der Anstieg der annualisierten Volatilität für beide VTS unterproportional aus. Die realisierte Volatilität beträgt bei der DVTS (KVTS15) 18,0% (17,6%). Dies mündet bei der DVTS (KVTS15) in einer gegenüber der BHS um 0,089 (0,017) höheren (niedrigeren)

Sharpe-Ratio (SR). Die p-Werte der Tests zur Gleichheit der SRs¹⁴⁸ zeigen jedoch an, dass beide SR-Differenzen statistisch nicht signifikant von 0 verschieden sind.

Abbildung 10 fördert komplementär ein Verständnis zum zeitlichen Verlauf ausgewählter Kennzahlen aus Tabelle 7. Abbildungsbereich (a) verdeutlicht, dass sich der Skalierungsfaktor des Aktiengewichts dynamisch in der Zeit bewegt. Die DVTS (KVTS15) erreicht einen maximalen Faktor von 3,82 (4,94). Demgegenüber steht ein minimaler Gewichtungsfaktor von 0,19 (0,20). Die resultierende hohe Spannweite von 3,63 (4,74) verdeutlicht das dynamische Gewichtungsverhalten der VTS. Vorgreifend sei bereits erwähnt, dass konträr zur Intuition, die Variation des Skalierungsfaktors nicht mit einem schwankenden Risikoprofil im Zeitverlauf einhergeht. Im Gegenteil, Abbildungen 11 und 13 zeigen, dass eine höhere zeitliche Stabilität bei den betrachteten Risikokennzahlen erreicht wird.

Abbildungsbereich (b) aus Abbildung 10 zeigt ferner, dass im ersten Jahrzehnt des Backtesting-Zeitraums beide VTS moderate Divergenzen im verwendeten Skalierungsfaktor aufweisen. Im zweiten Jahrzehnt steigt die Divergenz deutlich an. In der absoluten Betrachtung liegt der maximale Unterschied bei 1,53. Die Divergenzen lassen sich durch die unterschiedlichen Konstruktionsansätze der VTS erklären.¹⁴⁹ Sie folgen der Abweichung der 5-jährigen SMA-Volatilität zum konstanten Volatilitätsziel von 15%. Abbildungsbereich (c) zeigt spiegelbildlich zum Abbildungsbereich (a) den zeitlichen Verlauf der Geldmarktgewichtungen. Im Maximum wird bei der DVTS (KVTS15) das 2,82-fache (3,94-fache) des Portfoliowertes als Kredit aufgenommen.

Weiterführend zeigt Abbildung 11 die zeitliche Entwicklung der kumulierten Renditen und Volatilitäten für die VTS im Vergleich zur BHS. Abbildungsbereich (a) verdeutlicht, dass die DVTS im Backtesting-Zeitraum eine deutlich höhere kumulierte Rendite erzielt. Ein Großteil dieser Outperformance wird im zweiten Jahrzehnt des Zeitfensters aufgebaut. Die kumulierte Renditeentwicklung der KVTS15 unterscheidet sich dagegen nicht fundamental von der der BHS. Ein dezidiertes Bild zeichnet Abbildungsbereich (b). Entgegen der Erwartungshaltung aus Kapitel 2.3 zeigen beide VTS keine relative Stärke in den Bären-Markt-Phasen. Mit Ausnahme des Zeitfensters um die Finanzkrise 2008/2009 stagniert der kumulierte

¹⁴⁸ Konkret handelt es sich um den Test von Ledoit, O. und Wolf, M. (vgl. Ledoit, O., Wolf, M., Hypothesentests Sharpe-Ratio, 2008, S. 850-859) wie er im R-Package „PeerPerformance“ umgesetzt wird (vgl. Anhang 8).

¹⁴⁹ Vgl. Formel (16) und (17).

Renditeabstand in den Bären-Markt-Phasen oder entwickelt sich zugunsten der BHS.

Die stärksten Zeiträume der VTS liegen außerhalb der Abwärtstrendphasen. Bei der DVTS ist die relative Entwicklung zur BHS insbesondere in den Zeiträumen 2013-2015 sowie 2016-2018 und bei der KVTS15 im Zeitraum 2016-2018 deutlich positiv. Die erzielte Outperformance in diesen Zeiträumen lässt sich leicht erklären. So entwickelt sich der Aktienmarkt in diesen Zeitfenstern im Trend aufwärts (vgl. Abbildung 11 Abbildungsbereich (a)) und die von den VTS angewandten Skalierungsfaktoren liegen im Durchschnitt nennenswert über 1 (vgl. Abbildungsbereich (a) aus Abbildung 10).

Abbildungsbereich (c) aus Abbildung 11 richtet den Blick auf die zeitliche Entwicklung der realisierten 1-jährigen SMA-Volatilitäten. Vier Dinge fallen hier auf: (1) Nicht dauerhaft aber im Durchschnitt liegen die Volatilitätsniveaus der VTS über dem der BHS. So liegt der Mittelwert der rollierenden Volatilität bei der DVTS (KVTS15) mit 17,7% (17,4%) über dem der BHS mit 14,8%. (2) Beide VTS stabilisieren den Verlauf der Volatilitätsrealisierungen. Dies bringt auch die Standardabweichung der rollierenden Volatilität zum Ausdruck. Sie beträgt bei der DVTS (KVTS15) 4,0% (2,0%). Mit 6,7% liegt dieser Wert bei der BHS deutlich höher. (3) Die KVTS15 weist die insgesamt höchste Konstanz in der Volatilitätsentwicklung auf. Das angestrebte Ziel von 15% wird dennoch im Zeitverlauf zum Teil wesentlich überschritten (max. Realisierung = 25,8%). (4) Bären-Markt-Phasen gehen oft mit starken Volatilitätsanstiegen einher. Zusammen mit Abbildung 10 betrachtet ist erkennbar, dass die VTS hierauf unmittelbar mit einem Abbau des Aktiengewichts reagieren.

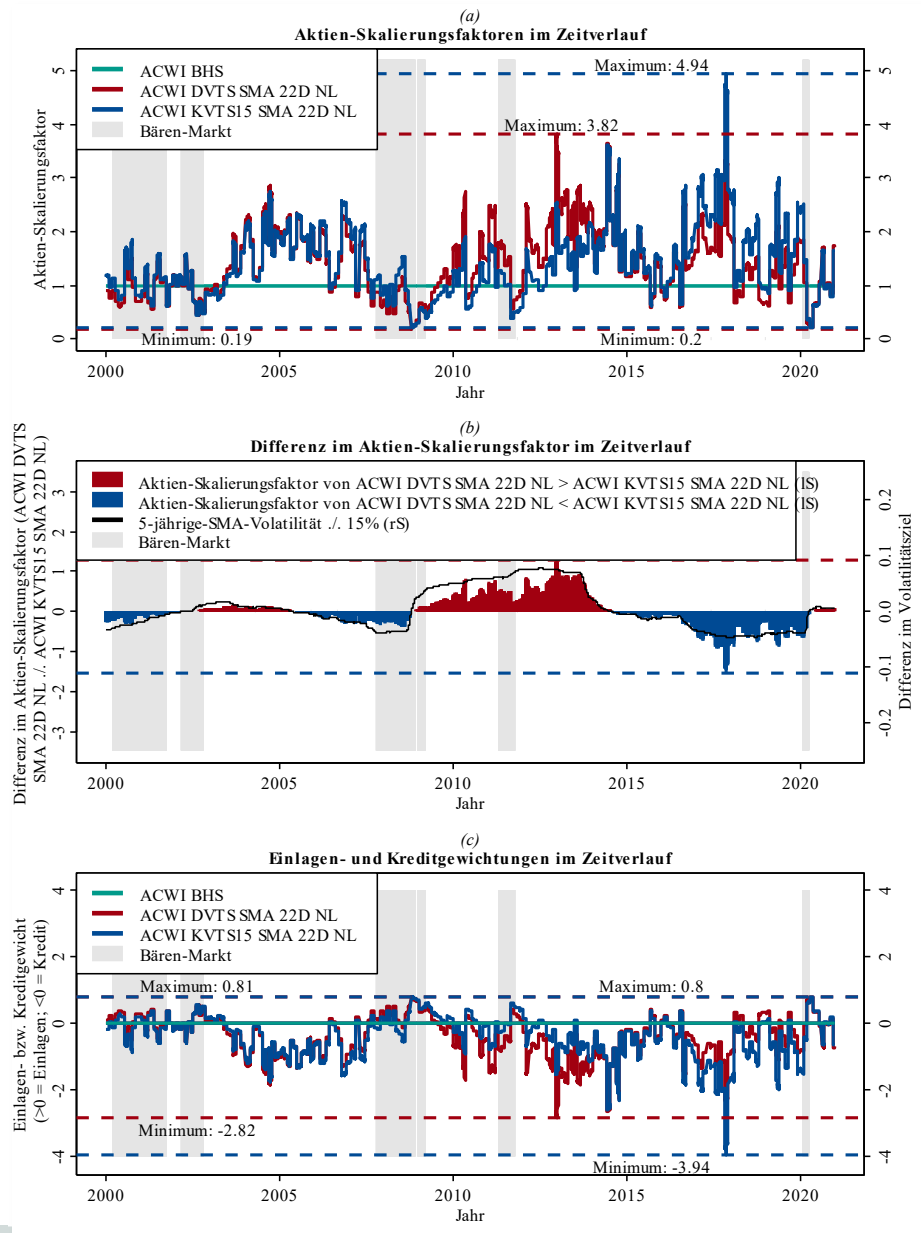


Abb. 10: Aktien- und Geldmarktgewichte der auf den ACWI bezogenen Strategien im Zeitverlauf, (a) in Anlehnung an Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 39, Datenquelle: Refinitiv Eikon

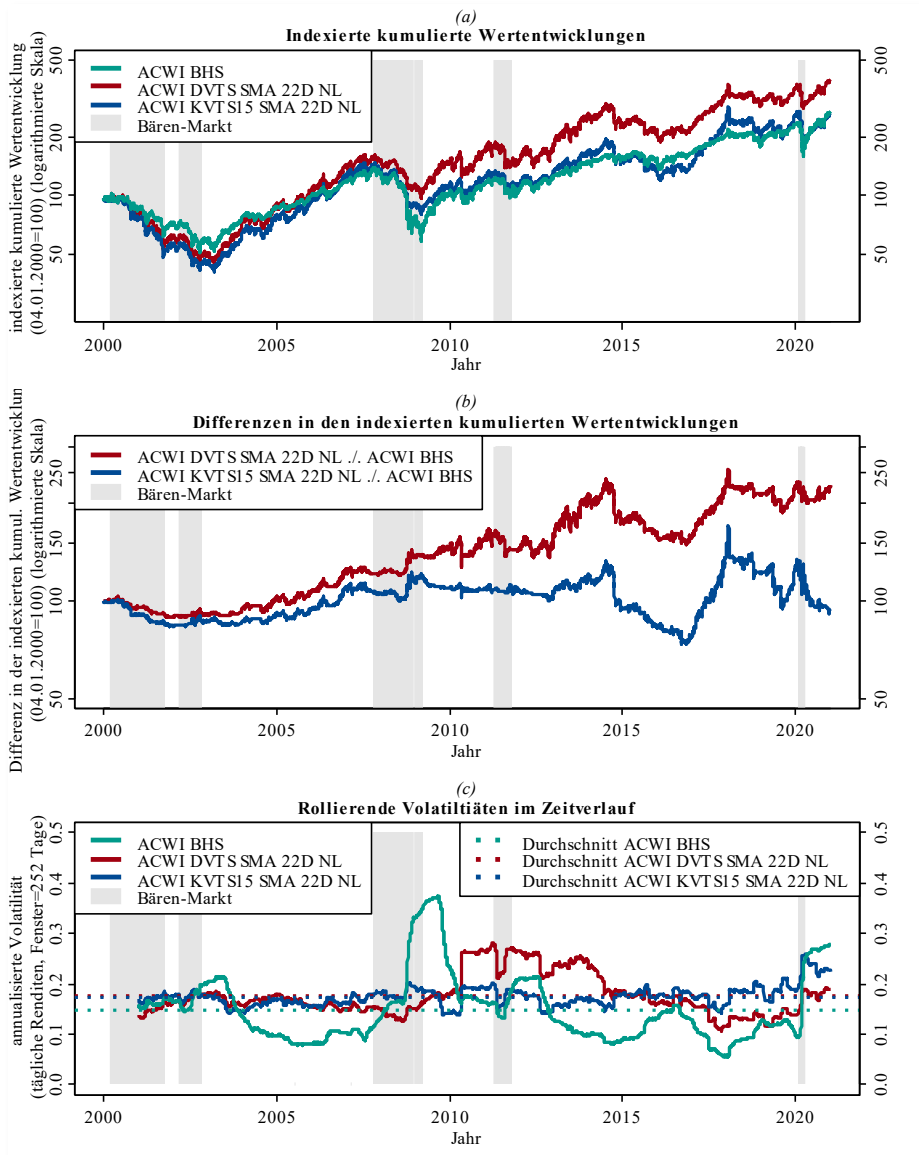


Abb. 11: Kumulierte Renditen und Volatilitäten der auf den ACWI bezogenen Strategien im Zeitverlauf, in Anlehnung an: Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 37, Alighanbari, M. et al., Konstruktion Volatilitätsstrategien, 2016, S. 29-30, Datenquelle: Refinitiv Eikon

	ACWI BHS	ACWI DVTS SMA	ACWI KVTS15 SMA
<i>Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)</i>	-	22D	22D
	1	NL	NL
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,85	0,85
MF1			
Beta	1,00	0,93	0,92
Beta (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Alpha (annualisiert)	-	0,01	-0,01
Alpha (p-Wert)	-	0,77	0,56
Bestimmtheitsmaß	-	0,71	0,73
RESET-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
FF3			
Alpha (annualisiert)	-	0,00	-0,01
Alpha (p-Wert)	-	0,93	0,54
Bestimmtheitsmaß	-	0,72	0,73
RESET-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
FC4			
Alpha (annualisiert)	-	-0,01	-0,03
Alpha (p-Wert)	-	0,61	0,21
Bestimmtheitsmaß	-	0,73	0,74
RESET-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
FF5			
Alpha (annualisiert)	-	0,00	-0,02
Alpha (p-Wert)	-	0,98	0,40
Bestimmtheitsmaß	-	0,73	0,74
RESET-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
FF6			
Alpha (annualisiert)	-	-0,01	-0,02
Alpha (p-Wert)	-	0,76	0,26
Bestimmtheitsmaß	-	0,74	0,75
RESET-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (p-Wert)	-	<0,01	<0,01

Tab. 8: Renditebewegungen der auf den ACWI bezogenen Strategien relativ zum Markt, Datenquelle: Refinitiv Eikon, Kenneth R. French's Datenbank

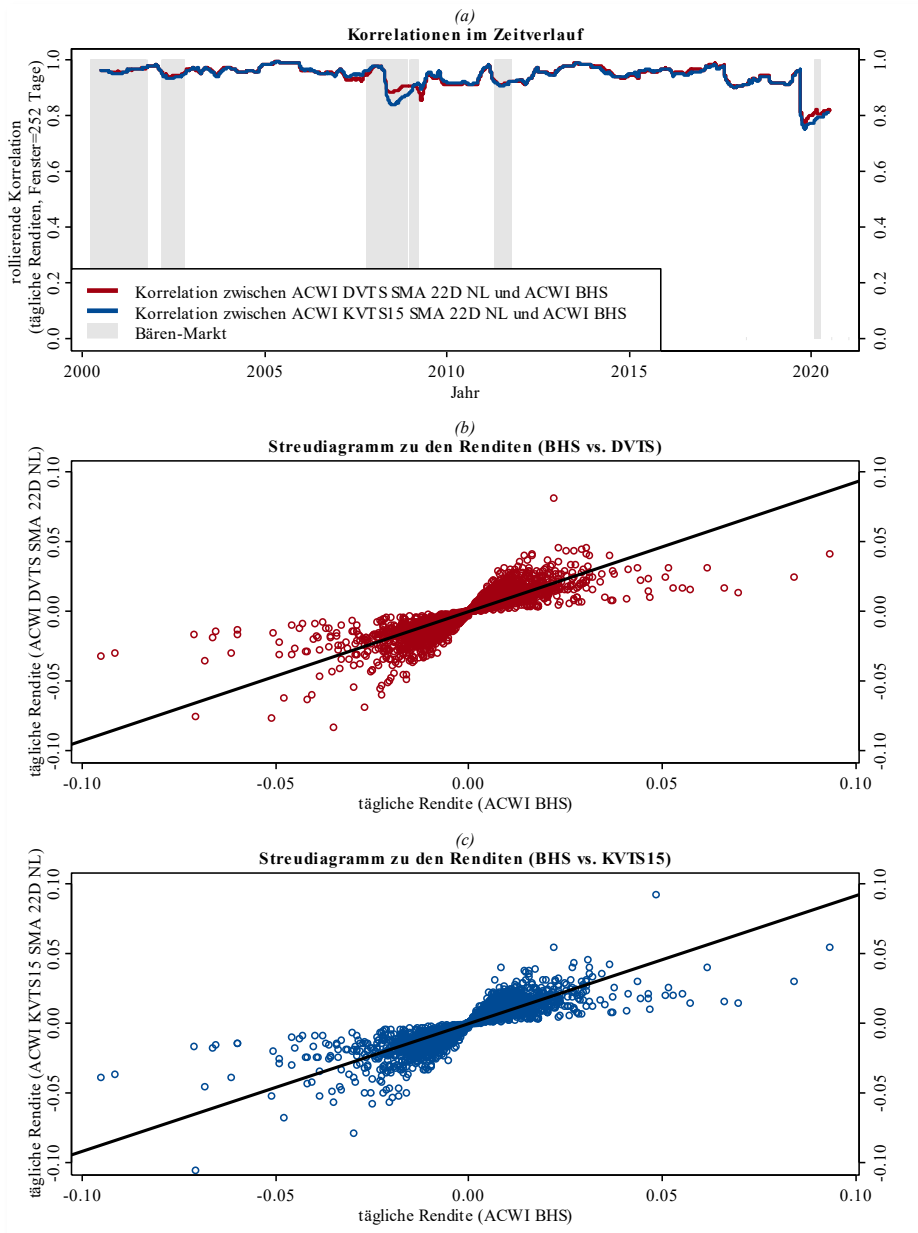


Abb. 12: Korrelations-Zeitverläufe und Rendite-Streudiagramme zu den auf den ACWI bezogenen Strategien, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Tabelle 8 stellt wesentliche Erkenntnisse in Bezug auf das Renditeverhalten der VTS relativ zum Markt dar. Die Renditen beider VTS weisen mit einem Korrelationskoeffizienten von jeweils 0,85 eine hohe Korrelation zu den Renditen der BHS auf. Ferner zeigt Abbildungsbereich (a) aus Abbildung 12, dass der hoch korrelierte Zusammenhang mit Ausnahme einzelner Rücksetzer auch im Zeitverlauf Bestand hat. Da der Basiswert in den betrachteten Strategien nicht voneinander abweicht, wundert diese Erkenntnis nicht. Nachvollziehbar ist auch, dass die Rücksetzer in den Korrelationskoeffizienten häufig in Bären-Markt-Phasen auftreten. Die Abbildungen 10 und 11 haben bereits gezeigt, dass in diesen Phasen die Marktvolatilität häufig stark ansteigt und die VTS hier mit einer Reduktion des Aktiengewichts reagieren.

Weiterhin präsentiert Tabelle 8 die Resultate aus den in Kapitel 2.1 beschriebenen Regressionsmodellen. Die Anwendung des MF1 ermittelt für die DVTS (KVTS15) ein signifikantes Marktbeta von 0,93 (0,92). Ein signifikantes Alpha kann in keinem Regressionsmodell festgestellt werden. Weiterhin zeigen die ermittelten p-Werte des Durbin-Watson-Tests¹⁵⁰ und des Breusch-Pagan-Tests¹⁵¹ in allen Modellen an, dass die Alternativhypothese zur Existenz von Autokorrelation und Heteroskedastizität angenommen werden muss. Dies unterstützt die Verwendung der heteroskedastizitäts- und autokorrelationskonsistenten Standardfehler nach Newey, W. K. und West K. D.¹⁵² (vgl. Anhang 1). Hinsichtlich des erreichten Bestimmtheitsmaßes führt die Verwendung der Multi-Faktor-Modelle nur zu einer marginalen Verbesserung gegenüber dem MF1. So liegt das Bestimmtheitsmaß bei der DVTS (KVTS15) beim MF1 bei 0,71 (0,73) und beim FF6 bei 0,74 (0,75).

Die Erkenntnisse aus den Regressionen verlieren jedoch angesichts der dargestellten Ergebnisse des RESET-Tests¹⁵³ nennenswert an Bedeutung. Der p-Wert von $<0,01$ deutet in allen Regressionsvarianten auf Modellfehlspezifikation hin. Die Streudiagramme aus Abbildung 12 veranschaulichen, dass die aufgeworfene Skepsis an den Modellen gerechtfertigt ist. So zeigen Abbildungsbereich (b) und (c), dass die Renditen der VTS rotationsförmig um den Punkt mit den Koordinaten (0,0) streuen. Dies ist inhaltlich nachvollziehbar, da die VTS die BHS-Renditen mit dem zum Zeitpunkt t geltenden Gewichtungsfaktor skalieren.

¹⁵⁰ Vgl. Durbin, J., Watson, G. S., Durbin-Watson-Test, 1950, S. 409-428.

¹⁵¹ Vgl. Breusch, T. S., Pagan, A. R., Breusch-Pagan-Test, 1979, S. 1287-1294.

¹⁵² Vgl. Newey, W. K., West, K. D., HAC, 1987, S. 703-708.

¹⁵³ Vgl. Ramsey, J. B., RESET-Test, 1969, S. 361-362.

Das in Tabelle 8 angegebene Beta von 0,93 (0,92) für die DVTS (KVTS15) ist insofern irreführend, da es sich lediglich um einen berechneten Durchschnittswert handelt, welcher den zeitlich variablen Skalierungsfaktor der VTS modellbedingt nicht angemessen berücksichtigen kann. Sei beispielsweise fiktiv angenommen, der Skalierungsfaktor betrage zum Betrachtungsstichtag 2. Dann kann die Frage nach der zeitpunktbezogenen Sensitivität der VTS gegenüber der Marktentwicklung intuitiv ohne Berechnungen beantwortet werden: Sie wird bei ca. 2 liegen und nicht bei 0,93 bzw. 0,92. Da sich der Kritikpunkt auf das gesamte lineare Regressionsmodell bezieht, sind auch die geschätzten Alpha-Werte mit Zurückhaltung zu bewerten. An dieser Stelle wird somit konstatiert, dass die etablierten Kennzahlen Beta und Alpha weitestgehend unbrauchbar sind, um das Performance- und Risikoprofil der VTS wiederzugeben. Als Orientierung werden die Schätzparameter für das MF1 jedoch in den folgenden Tabellen weiterhin dargestellt.

Tabelle 9 setzt die Analyse fort und zeigt ausgewählte Risikokennzahlen zu den im Backtesting angewandten VTS im Vergleich zur BHS. Sowohl der Value-at-Risk (VaR) als auch der Conditional Value-at-Risk (CVaR) liegen bei den VTS mit 9,3% bzw. 9,9% und 13,0% bzw. 13,6% über den Risikorealisationen der BHS. Der maximale Drawdown (MDD) unterscheidet sich dagegen nicht wesentlich. Bei der DVTS (KVTS15) liegt er mit 56,7% (60,1%) leicht unter (über) den der BHS. Die Resultate stehen auf der einen Seite im Widerspruch zu Arbeiten, die bei VTS niedrigere VaR-, CVaR- und MDD-Werte gegenüber BHS feststellen.¹⁵⁴ Auf der anderen Seite findet das Ergebnis zum partiell höheren MDD jedoch auch Unterstützung in anderen Publikationen.¹⁵⁵ Die Feststellungen scheinen zudem konsistent angesichts der im Durchschnitt höheren Aktiengewichtung und Volatilität der VTS (vgl. Tabelle 7).

Vorgreifend sei an dieser Stelle bereits erwähnt, dass die in Kapitel 3.3 erarbeiteten optimierten VTS die Konflikte zu bestehenden Arbeiten in Bezug auf die VaR- und CVaR-Realisationen ausräumen können. So sind die im folgenden Kapitel dargestellten VTS-Varianten in der Lage, die VaR- und CVaR-Werte gegenüber der BHS zu reduzieren.

¹⁵⁴ Vgl. Cooper, T., Alpha Volatilitätsziel-Strategien, 2010, S. 1; Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management, 2013, S. 36; Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 88.

¹⁵⁵ Vgl. Liu, F. et al., Nachteile Volatilitätsziel-Strategien, 2019, S. 39.

	ACWI BHS	ACWI DVTS	ACWI KVTS15
	-	SMA	SMA
	-	22D	22D
Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	1	NL	NL
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,093	0,099
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,127	0,130	0,136
max. Drawdown	0,585	0,567	0,601
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1480	1440	1512
Upward-Capture Ratio	1,00	1,19	1,16
Downward-Capture Ratio	1,00	1,17	1,17
Schiefe	-0,42	-0,26	-0,59
Wölbung	13,25	10,25	8,20
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 9: Risikokennzahlen der auf den ACWI bezogenen Strategien, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Die Upward- und Downward-Capture Ratios aus Tabelle 9 geben ein weiteres Verständnis zum Verhalten der VTS. Insgesamt weisen die VTS eine höhere Amplitude in der Renditebewegung auf. Positive wie negative BHS-Renditen werden durchschnittlich ca. 1,2-fach von VTS-Renditen begleitet. Dies korrespondiert zum im Durchschnitt gehebelten Aktiengewicht im Portfolio.

Weiterhin werden in Tabelle 9 Schiefe- und Wölbungs-Koeffizienten zur empirischen Renditeverteilung angegeben. Hinsichtlich des Schiefe-Koeffizienten fällt das Resultat gemischt aus. Während die DVTS das Ausmaß der Linksschiefe leicht abbauen kann, erhöht die KVTS15 diese. Der Schiefe-Koeffizient liegt bei der DVTS (KVTS15) bei -0,26 (-0,59). Demgegenüber weist die BHS hier einen Wert von -0,42 auf. Der steilgipfligere Verlauf der BHS wird durch beide VTS merklich reduziert. So beträgt der Wölbungs-Koeffizient bei der DVTS (KVTS15) 10,25 (8,20), während dieser bei der BHS bei 13,25 liegt.

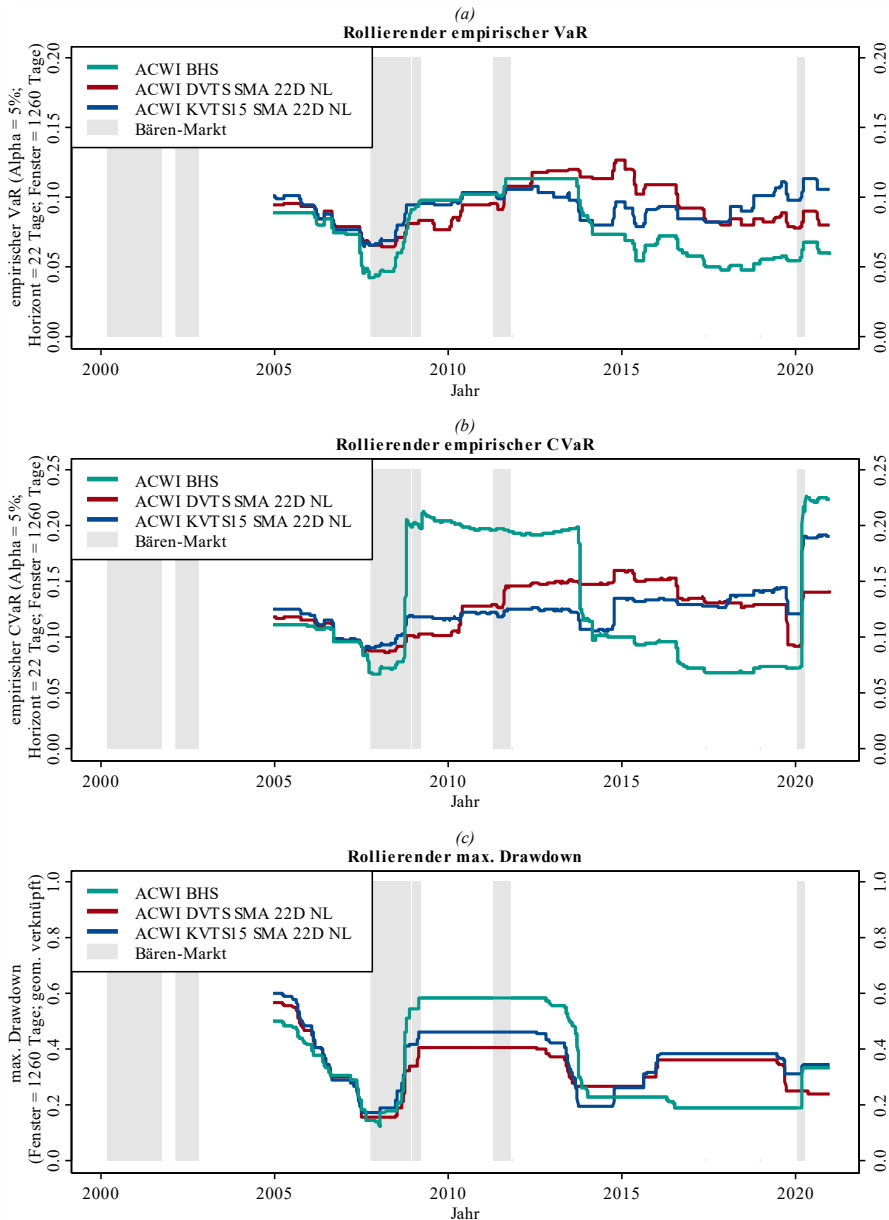


Abb. 13: Risikokennzahlen der auf den ACWI bezogenen Strategien im Zeitverlauf, (a) in Anlehnung an Engle, R. F., Anwendung GARCH, 2001, S. 165, (c) in Anlehnung an Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1620, Datenquelle: Refinitiv Eikon

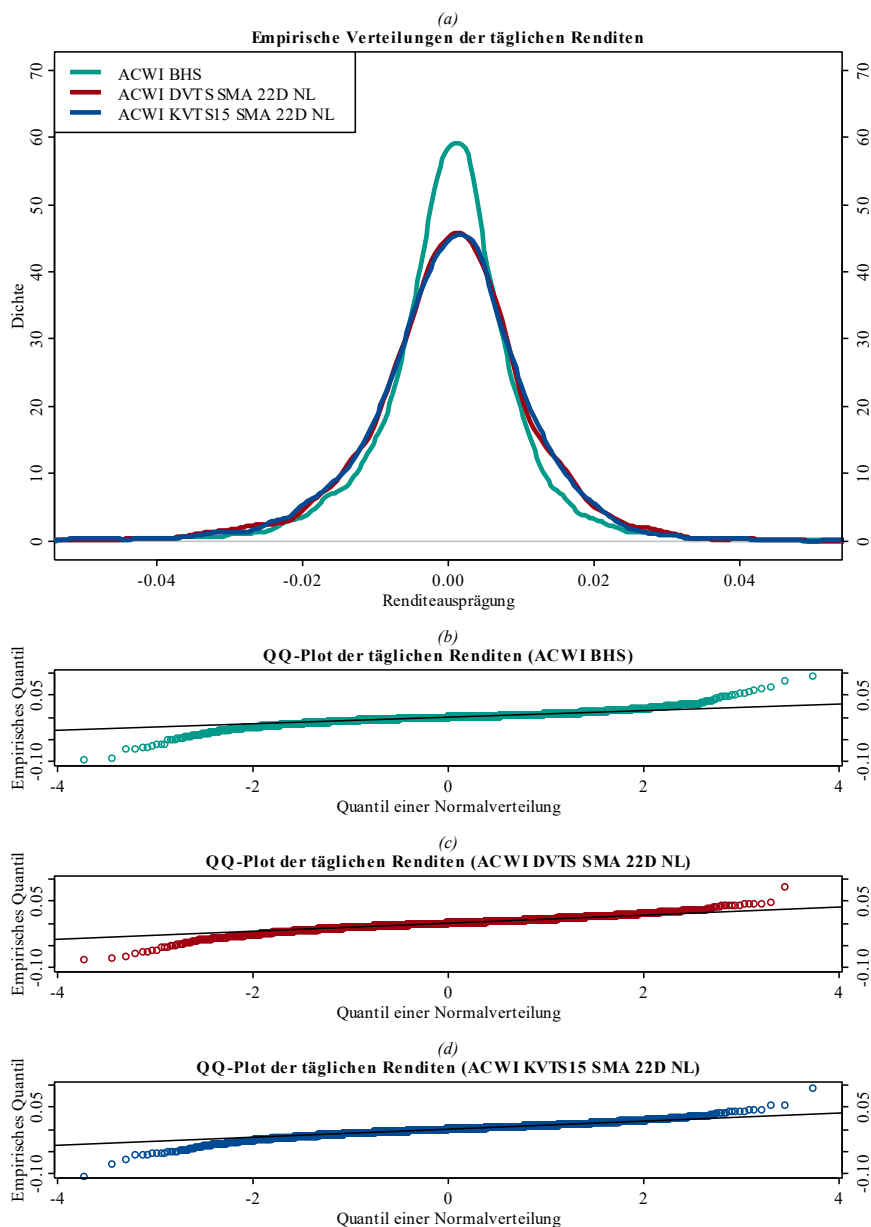


Abb. 14: Empirische Renditeverteilungen und QQ-Plots der auf den ACWI bezogenen Strategien, in Anlehnung an Danielsson, J., Risikoschätzungen, 2011, S. 15, 18, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Ein Verständnis über die sich in der Zeit entwickelnden Risikokennzahlen vermittelt Abbildung 13. Abbildungsbereich (a) zeigt zunächst, dass sich die drei Portfolios in der rollierenden VaR-Entwicklung grundsätzlich ähneln. Insbesondere in den letzten 5 Jahren weisen die VTS allerdings nennenswert höhere VaR-Ausprägungen gegenüber der BHS auf. Der Mittelwert der rollierenden VaR-Werte liegt bei der BHS bei 7,8% und bei beiden VTS bei 9,3%. Im nächsten Schritt bezieht sich Abbildungsbereich (b) auf den rollierenden CVaR. Auffällig ist hier, dass die VTS weniger erratische Sprünge im CVaR-Niveau aufweisen. Weiterhin liegt der Mittelwert der rollierenden CVaR-Werte mit 12,7% (12,5%) bei der DVTS (KVTS15) leicht unterhalb des Wertes der BHS mit 12,9%. Dies korrespondiert zu den insgesamt flachgipfligeren Renditeverteilungen der VTS gegenüber der BHS (vgl. Tabelle 9). Abbildungsbereich (c) zeigt schließlich den rollierenden MDD. Erkennbar ist unter anderem, dass die DVTS sowohl in der Finanzkrise 2008/2009 als auch in der Corona-Krise 2020 gegenüber den anderen beiden Strategien die negative Abwärtsdynamik weniger stark begleitet. Dennoch kann nicht beobachtet werden, dass die VTS im Zeitverlauf systematisch niedrigere MDDs gegenüber der BHS realisieren.

Das Bild aus Tabelle 9 vervollständigend, zeigt Abbildung 14 die Eigenschaften der empirischen Renditeverteilungen in grafischer Form. Insgesamt stechen sowohl bei den Renditeverteilungen aus Abbildungsbereich (a) als auch bei den QQ-Plots aus Abbildungsbereich (b) bis (d) die flachgipfligeren Renditeverteilungen beider VTS gegenüber der BHS hervor. So ist die empirische Häufigkeit an den Rändern der Verteilungen weniger ausgeprägt als bei der BHS. Begleitet wird dies von häufigeren Realisierungen im Bereich 0,5% bis 3,0% bzw. -0,5% bis -3,0%.

Nachdem erste wesentliche Erkenntnisse zu den VTS dargestellt wurden, soll im Folgenden verständnisfördernde Verhaltensdiagnostik zu den Strategien betrieben werden. Beginnend wird zunächst der hohe Performanceabrieb aus den Verwahr- und Transaktionskosten (vgl. Tabelle 7) zum Anlass genommen, um den Einfluss der Kosten nochmals separat zu untersuchen. Tabelle 10 liefert einen Überblick über wesentliche Backtesting-Ergebnisse, wie sie sich ohne Berücksichtigung von Verwahr- und Transaktionskosten ergeben hätten.

	ACWI BHS	ACWI DVTS	ACWI KVTS15
	-	SMA	SMA
	-	22D	22D
Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	1	NL	NL
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,39	1,40
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,09	0,08
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,47	-0,48
Anzahl Neugewichtungen	1	242	242
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,41	0,43
Ø Umschlag p.a.	0,05	4,73	4,89
kumul. geom. Rendite	1,82	3,63	2,09
davon Aktien-Beitrag	1,82	3,83	2,36
davon Einlagen-Beitrag	0,00	0,06	0,02
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,25	-0,29
davon Verwahrkosten-Beitrag	0,00	0,00	0,00
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	0,00	0,00
geom. Rendite p.a.	0,050	0,075	0,055
Volatilität p.a.	0,164	0,180	0,176
Sharpe Ratio p.a.	0,188	0,307	0,201
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,270	0,795

Tab. 10: Charakteristika und Performance der auf den ACWI bezogenen Strategien ohne Berücksichtigung von Kosten, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Erkennbar ist, dass die kumulierte geometrische Rendite der BHS von 170% auf 182%, die der DVTS von 296% auf 363% und die der KVTS15 von 165% auf 209% steigt. Die Performance-Verbesserungen bei den VTS fallen höher aus, da der Performanceabrieb aus den Kosten hier zuvor eine höhere Bedeutung hatte. Da die Volatilität in allen betrachteten Strategien unverändert bleibt, können sich auch die realisierten SRs verbessern. Die SR der BHS steigt von 0,175 auf 0,188, die der DVTS von 0,264 auf 0,307 und die der KVTS15 von 0,158 auf 0,201. Trotz der Tatsache, dass die SR-Verbesserungen bei den VTS höher als bei der BHS ausfallen, lassen sich nach wie vor keine statistisch signifikanten SR-Differenzen feststellen. Dennoch ist deutlich erkennbar, welche Bedeutung insbesondere die Transaktionskosten für die Umsetzung der VTS haben. Ein guter Marktzugang ist vor diesem Hintergrund Grundvoraussetzung für die effiziente Umsetzung der Strategien. Nur wenn ein Marktteilnehmer in der Lage ist, die avisierten Investitionsvehikel mit niedrigen Geld-Brief-Spreads am Markt zu handeln, wird er die Strategie kompetitiv begleiten können.

Die fiktive Welt der kostenlosen Investmentstrategien verlassend, kommt als nächstes die Frage auf, ob eine im Durchschnitt gehebelte BHS gleiche Backtesting-Resultate wie die der VTS erzielen kann. Schließlich sind die VTS im Durchschnitt mit einem Skalierungsfaktor von ca. 1,4 gehebelt. Tabelle 11 geht diesem Sachverhalt nach und stellt die bisherigen Backtesting-Ergebnisse zusammen mit einer skalierten Variante der BHS dar. In Anlehnung an die VTS verwendet die neue Strategie für das Aktiengewicht einen konstanten¹⁵⁶ Hebel von 1,4.

Erkennbar ist, dass die neue BHS das risikoadjustierte Renditeniveau der VTS nicht erreicht. Gegenüber der nicht skalierten BHS verringert sich die SR sogar. Zwar verzeichnet die annualisierte geometrische Rendite einen Anstieg von 4,8% auf 5,2%, dieser fällt gegenüber dem der annualisierten Volatilität von 16,4% auf 23,3% jedoch unterproportional aus. Zusammen mit der Volatilität werden auch alle Risikokennzahlen hochskaliert. So steigt der VaR von 8,3% auf 11,6%, der CVaR von 12,7% auf 17,7% und der MDD von 58,5% auf 72,4%. Positiv hervorzuheben ist indes, dass die Transaktionskosten mit 1,0% deutlich niedriger gegenüber denen der VTS mit 18,0% bzw. 13,0% ausfallen.

In der Konsequenz bedarf es demnach mehr als einer konstanten Hebelung des Aktiengewichts, um vorteilhafte SRs zu realisieren. Daher bietet sich unmittelbar eine Untersuchung zu den „Timing“-Fähigkeiten der VTS an. D.h. es soll getestet werden, ob von den Strategien angestoßene Aktiengewichtsveränderungen sich nach einem Monat als ökonomisch richtige Entscheidung erweisen. Abbildungen 15 und 16 zeigen die „Timing“-Bewertungen im Zeitverlauf, während Tabelle 12 das dazugehörige auswertende Zahlenwerk darstellt.

Erkennbar ist, dass der Anteil der falschen Entscheidungen den Anteil der richtigen Entscheidungen leicht überwiegt. So liegt die Trefferquote bei der DVTS (KVTS15) für den Gesamtzeitraum bei 43% (44%). Die Aufspaltung in Bullen-Markt- und Bären-Markt-Phasen kommt in diesem Punkt zu keinem wesentlich anderen Schluss. Sowohl die DVTS als auch die KVTS15 erzielen in beiden Marktphasen eine Trefferquote auf ähnlichem Niveau. So erzielt die DVTS (KVTS15) in den Bullen-Markt-Phasen eine Trefferquote von 42% (43%) und in den Bären-Markt-Phasen eine Trefferquote von 49% (49%). Dies unterstützt auf der einen Seite die Beobachtung aus Kapitel 2.2, nach der kein eindeutiger Zusammenhang zwischen aktueller Volatilität und zukünftiger Rendite besteht. Auf

¹⁵⁶ Auch bei der gehebelten BHS wird eine monatliche Neugewichtungsfrequenz angewandt. Eine vollständige Konstanz wird aufgrund der untermonatlichen, pfadabhängigen Entwicklungen nicht erreicht. Hieraus resultiert jedoch nur eine geringe Unschärfe.

der anderen Seite steht das Resultat der ca. 50%-igen Trefferquote in den Bären-Markt-Phasen im Widerspruch zu den Ergebnissen anderer Arbeiten, welche die Stärke von volatilitätsgesteuerten Aktienportfolios insbesondere in Abwärtstrend- und Rezessionsphasen sehen.¹⁵⁷

Auch eine differenzierte Betrachtung hinsichtlich der Richtung der Gewichtungveränderungen zeichnet kein anderes Bild. So kann nicht beobachtet werden, dass der Anteil der richtigen Entscheidungen bei den Erhöhungen oder Reduktionen systematisch höher ausfällt als der Anteil der richtigen Entscheidungen an allen umgesetzten Gewichtsveränderungen. Einzig der Anteil der richtigen Entscheidungen der Erhöhungen in Bären-Markt-Phasen fällt mit 65% bei beiden VTS recht hoch aus. Da die Bezugsgröße hier jedoch lediglich 20 Entscheidungen umfasst, ist die Robustheit des Ergebnisses kritisch zu sehen. Zusammenfassend lassen sich an dieser Stelle weder für den gesamten Backtesting-Zeitraum noch für Bären-Markt-Phasen systematische „Timing“-Fähigkeiten der VTS erkennen. Im Gegenteil die Trefferquote bei beiden VTS liegt leicht unter 50%.

Das die Bären-Markt-Phasen betreffende widersprüchliche Resultat zu anderen Ausarbeitungen, lädt zur dezidierten Untersuchung des Verhaltens in Abwärtstrend- und Rezessionsphasen ein. Dies geschieht im Folgenden anhand zweier Teilmengen des Datenmaterials. Zum einen werden dem Backtesting-Zeitraum die Tage entnommen, welche Bären-Markt-Phasen zuzuordnen sind. Zum anderen werden die Tage extrahiert, welche in NBER-Rezessionsphasen liegen. Relevante Charakteristika und Risikorealisationen zu den neuen Zeitreihen sind in Tabelle 13 dargestellt.

¹⁵⁷ Vgl. Benson, R. et al., *Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien*, 2014, S. 96; Daniel, K., Moskowitz, T. J., *Momentum Crashes*, 2016, S. 233-234; Moreira, A., Muir, T., *Volatilitätsstrategien*, 2017, S. 1623; Liu, F. et al., *Nachteile Volatilitätsziel-Strategien*, 2019, S. 43.

	ACWI BHS	ACWI BHS	ACWI DVTS SMA	ACWI KVTS15 SMA
<i>Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)</i>	-	-	22D	22D
	1	1,4 (fix)	NL	NL
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,40	1,39	1,40
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,00	0,09	0,08
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,40	-0,47	-0,48
Anzahl Neugewichtungen	1	242	242	242
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,03	0,41	0,43
Ø Umschlag p.a.	0,05	0,29	4,73	4,90
kumul. geom. Rendite	1,70	1,91	2,96	1,65
davon Aktien-Beitrag	1,75	2,16	3,42	2,10
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,00	0,06	0,02
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,18	-0,23	-0,27
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,07	-0,11	-0,08
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,01	-0,18	-0,13
geom. Rendite p.a.	0,048	0,052	0,068	0,047
Volatilität p.a.	0,164	0,233	0,180	0,176
Sharpe Ratio p.a.	0,175	0,139	0,264	0,158
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,850	0,444	0,925
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	1,00	0,85	0,85
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,116	0,093	0,099
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,127	0,177	0,130	0,136
max. Drawdown	0,585	0,724	0,567	0,601
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1480	1553	1440	1512
Upward-Capture Ratio	1,00	1,40	1,19	1,16
Downward-Capture Ratio	1,00	1,41	1,17	1,17
Schiefe	-0,42	-0,29	-0,26	-0,59
Wölbung	13,25	14,96	10,25	8,20
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 11: Backtesting-Ergebnisse im Vergleich zu einer BHS mit konstantem Skalierungsfaktor von 1,4, Datenquelle: Refinitiv Eikon

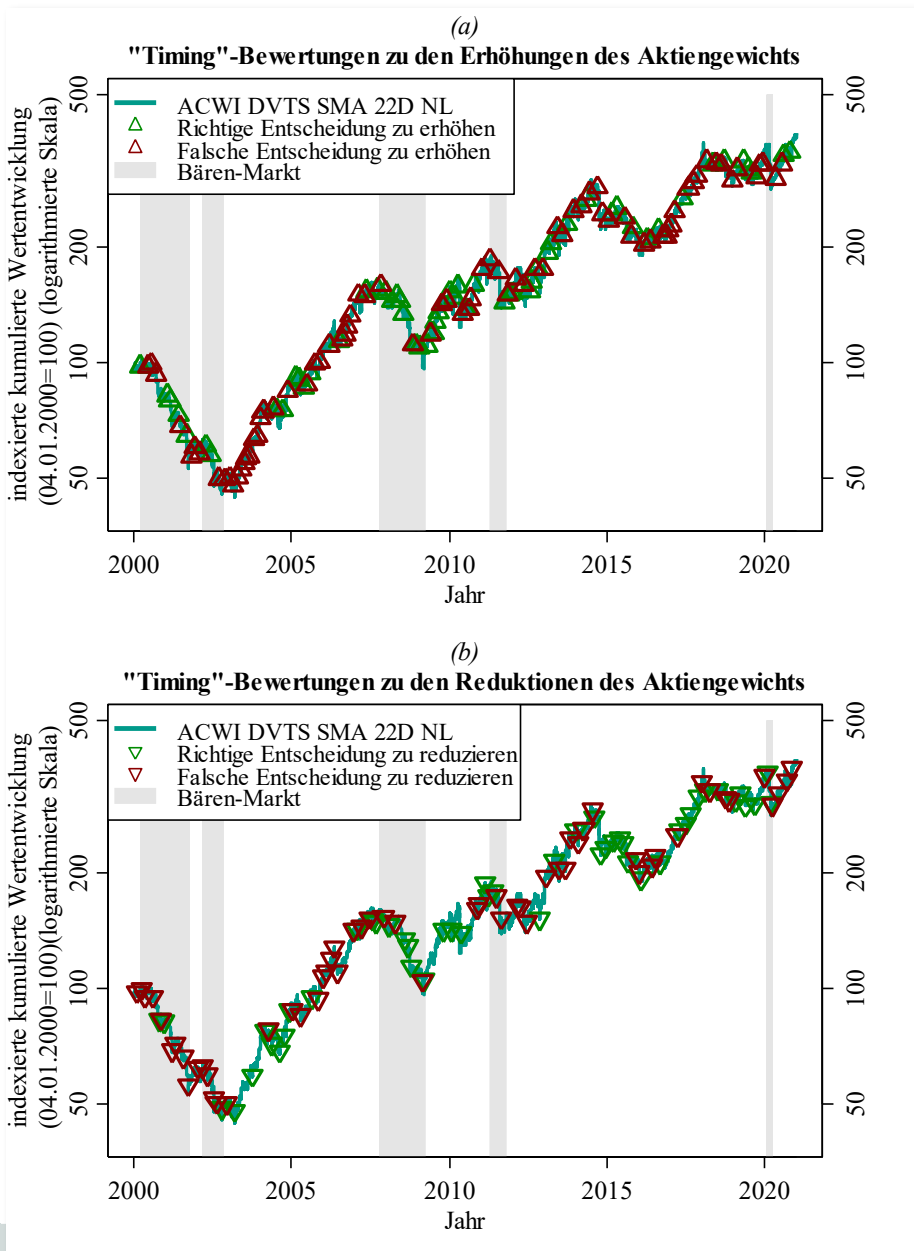


Abb. 15: „Timing“-Bewertungen der auf den ACWI bezogenen DVTS im Zeitverlauf, Datenquelle: Refinitiv Eikon

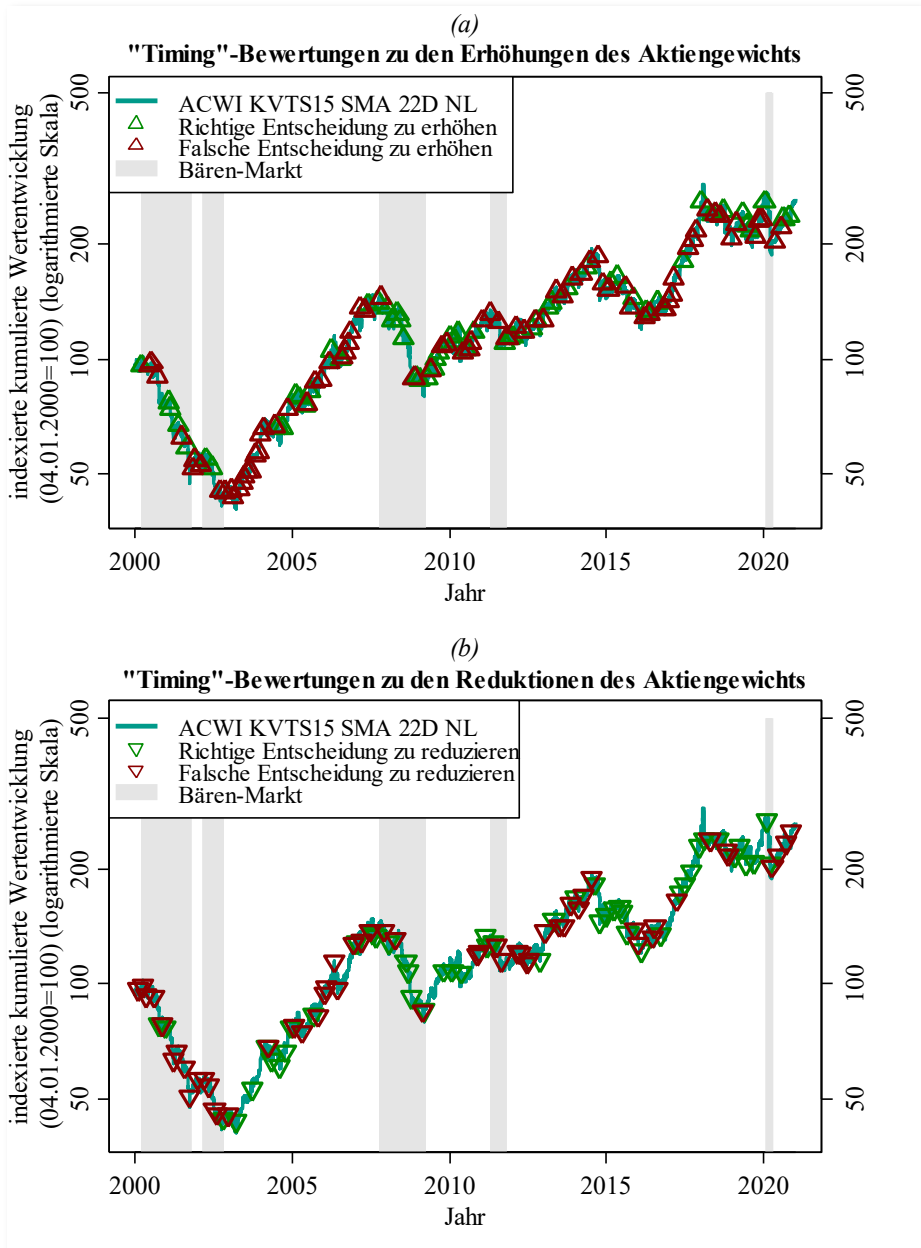


Abb. 16: „Timing“-Bewertungen der auf den ACWI bezogenen KVTS15 im Zeitverlauf, Datenquelle: Refinitiv Eikon

ACWI DVTS SMA 22D NL			
Gesamter Backtesting-Zeitraum			
	Richtige Entscheidung	Falsche Entscheidung	Gesamt
Erhöhungen	55	78	133
Reduktionen	49	58	107
Gesamt	104	136	240*
		Trefferquote:	0,43
Bullen-Markt-Phasen			
	Richtige Entscheidung	Falsche Entscheidung	Gesamt
Erhöhungen	42	71	113
Reduktionen	41	43	84
Gesamt	83	114	197
		Trefferquote:	0,42
Bären-Markt-Phasen			
	Richtige Entscheidung	Falsche Entscheidung	Gesamt
Erhöhungen	13	7	20
Reduktionen	8	15	23
Gesamt	21	22	43
		Trefferquote:	0,49
* Erster und letzter Neugewichtungstag werden nicht mit berücksichtigt			
ACWI KVTS15 SMA 22D NL			
Gesamter Backtesting-Zeitraum			
	Richtige Entscheidung	Falsche Entscheidung	Gesamt
Erhöhungen	57	78	135
Reduktionen	49	56	105
Gesamt	106	134	240*
		Trefferquote:	0,44
Bullen-Markt-Phasen			
	Richtige Entscheidung	Falsche Entscheidung	Gesamt
Erhöhungen	44	71	115
Reduktionen	41	41	82
Gesamt	85	112	197
		Trefferquote:	0,43
Bären-Markt-Phasen			
	Richtige Entscheidung	Falsche Entscheidung	Gesamt
Erhöhungen	13	7	20
Reduktionen	8	15	23
Gesamt	21	22	43
		Trefferquote:	0,49
* Erster und letzter Neugewichtungstag werden nicht mit berücksichtigt			

Tab. 12: Übersicht zu den „Timing“-Bewertungen der Volatilitätsziel-Strategien, Datenquelle: Refinitiv Eikon

	ACWI BHS	ACWI DVTS	ACWI KVTS15
	-	SMA	SMA
	-	22D	22D
	1	NL	NL
Bären-Markt-Phasen			
Anzahl Tage	960	960	960
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	0,91	0,98
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,87	0,88
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,218	0,146	0,152
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,308	0,189	0,202
Upward-Capture Ratio	1,00	0,83	0,88
Downward-Capture Ratio	1,00	0,81	0,86
Schiefe	-0,69	-0,52	-0,60
Wölbung	9,20	7,92	9,10
NBER-Rezessions-Phasen			
Anzahl Tage	821	821	821
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	0,79	0,86
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,86	0,85
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,168	0,110	0,140
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,236	0,160	0,199
Upward-Capture Ratio	1,00	0,65	0,69
Downward-Capture Ratio	1,00	0,67	0,75
Schiefe	-0,33	-0,68	-0,98
Wölbung	8,62	7,06	11,44

Tab. 13: Charakteristika und Risikokennzahlen der auf den ACWI bezogenen Strategien (Bären-Markt- und NBER-Rezessions-Phasen), Datenquelle: Refinitiv Eikon, Federal Reserve Economic Data

In Summe weisen die VTS in den ausgewählten Marktphasen ein niedrigeres Risikoprofil auf. So sind die VaR-Werte, CVaR-Werte, Downward-Capture Ratios und Korrelationskoeffizienten der VTS sowohl in den Bären-Markt- als auch in den NBER-Rezessions-Phasen niedriger als bei der BHS. Gestützt werden diese Erkenntnisse durch die Darstellungen in Abbildung 17. Gezeigt wird, dass stark negative Renditeereignisse in den untersuchten Teilausschnitten bei den VTS weniger häufig auftreten als bei der BHS.

Die Ergebnisse zusammenführend, sollte in Bezug auf die Bären-Markt- und NBER-Rezessions-Phasen demnach eine Differenzierung zwischen quantitativen

und qualitativen „Timing“-Fähigkeiten geschehen. Während die Trefferquote alleine keinen Mehrwert erkennen lässt, sorgen die durch die VTS angestoßenen Gewichtsveränderungen dennoch qualitativ für ein konservativeres Risikoprofil in den untersuchten Backtesting-Teilausschnitten.

Um die Verhaltensdiagnostik abzurunden, zeigt Abbildung 18 schließlich eine Drawdown-Analyse. Einige Arbeiten betonen die Fähigkeit der VTS, starke Drawdowns zu vermeiden.¹⁵⁸ Abbildungsbereich (a) zeigt, dass dieser Sachverhalt keine Unterstützung durch die in dieser Arbeit untersuchten Strategien erhält. Im Rangvergleich der 10 stärksten Drawdowns sind in 8 (7) Fällen die Drawdowns der DVTS (KVTS15) höher als die der BHS. Systematische Vorteilhaftigkeiten der VTS lassen sich auch in Abbildungsbereich (b) und (c) nicht erkennen. So sind weder die Länge der Drawdown-Phasen noch die Länge der Erholungsphasen systematisch kürzer als die der BHS. Abbildungsbereich (d) zeigt schließlich, dass im Backtesting-Zeitraum 12 Drawdowns mit einem Ausmaß von größer 5% bei der BHS, 18 bei der DVTS und 15 bei der KVTS15 zu verzeichnen sind. Auch hier zeigen die empirischen Resultate keine risikoaverseren Züge der VTS auf.

An dieser Stelle lässt sich ein erstes Zwischenfazit in Bezug auf die gesetzte Forschungsfrage ziehen. In diesem Kapitel wurden zwei VTS unter Nutzung der SMA-Volatilität und einer monatlichen Neugewichtungsfrequenz untersucht. Beide Strategien weisen unter Verwendung einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 10% keine signifikant höheren SRs gegenüber der BHS auf. Die Nullhypothese wird dementsprechend in beiden Fällen beibehalten. Dennoch lässt sich beobachten, dass die Umsetzung der VTS die Risikokennzahlen unterproportional zum eingesetzten Skalierungsfaktor ansteigen lässt und somit einen gewissen Mehrwert generiert. Kapitel 3.3 knüpft an dieser Stelle an und erarbeitet Optimierungsansätze für die VTS.

¹⁵⁸ Vgl. Cooper, T., Alpha Volatilitätsziel-Strategien, 2010, S. 1; Hocquard, A. et al., Wertverlust-Management, 2013, S. 36; Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 90.

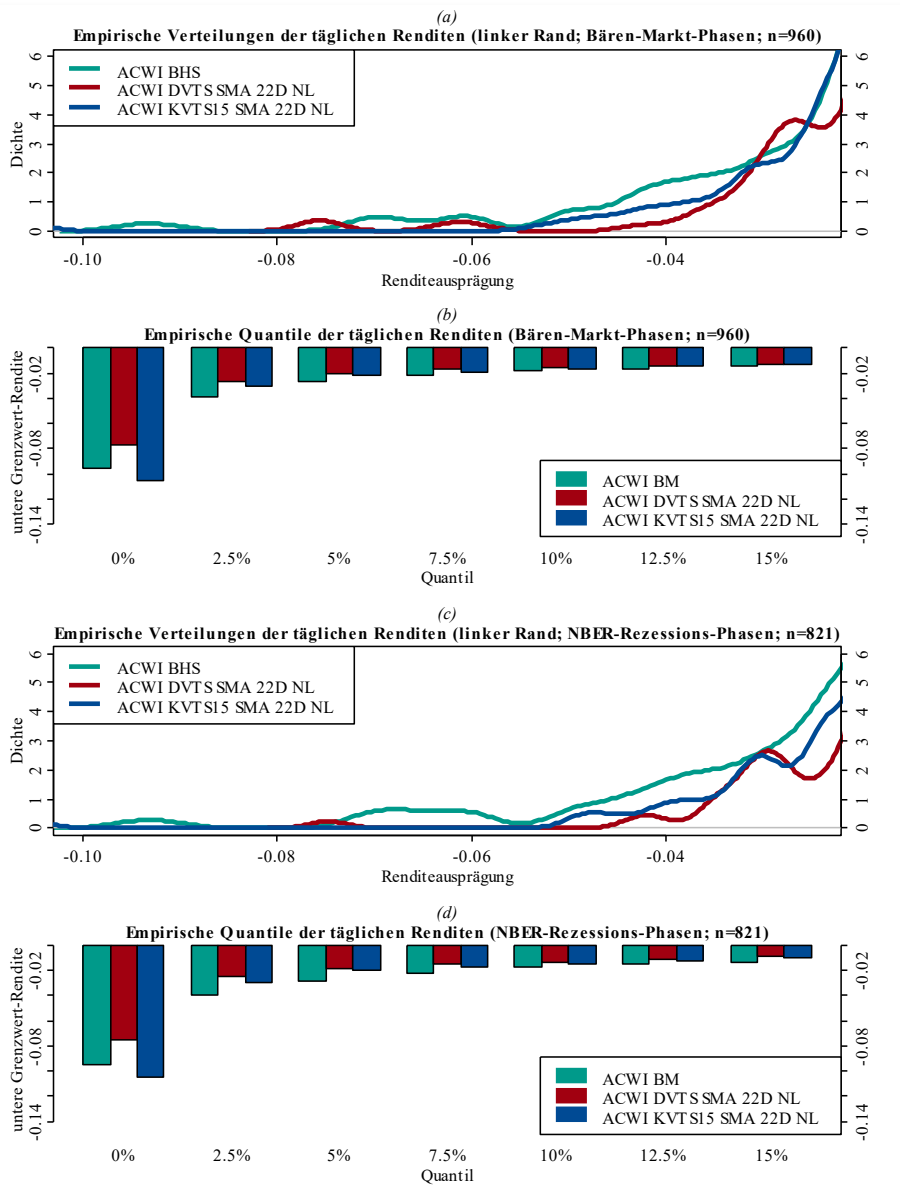


Abb. 17: Linker Rand der empirischen Renditeverteilungen der auf den ACWI bezogenen Strategien für Bären-Markt- und NBER-Rezessions-Phasen, (a) und (c) in Anlehnung an: Barroso, P., Santa-Clara, P., Momentum-Verhalten, 2015, S. 117, Datenquelle: Refinitiv Eikon, Federal Reserve Economic Data

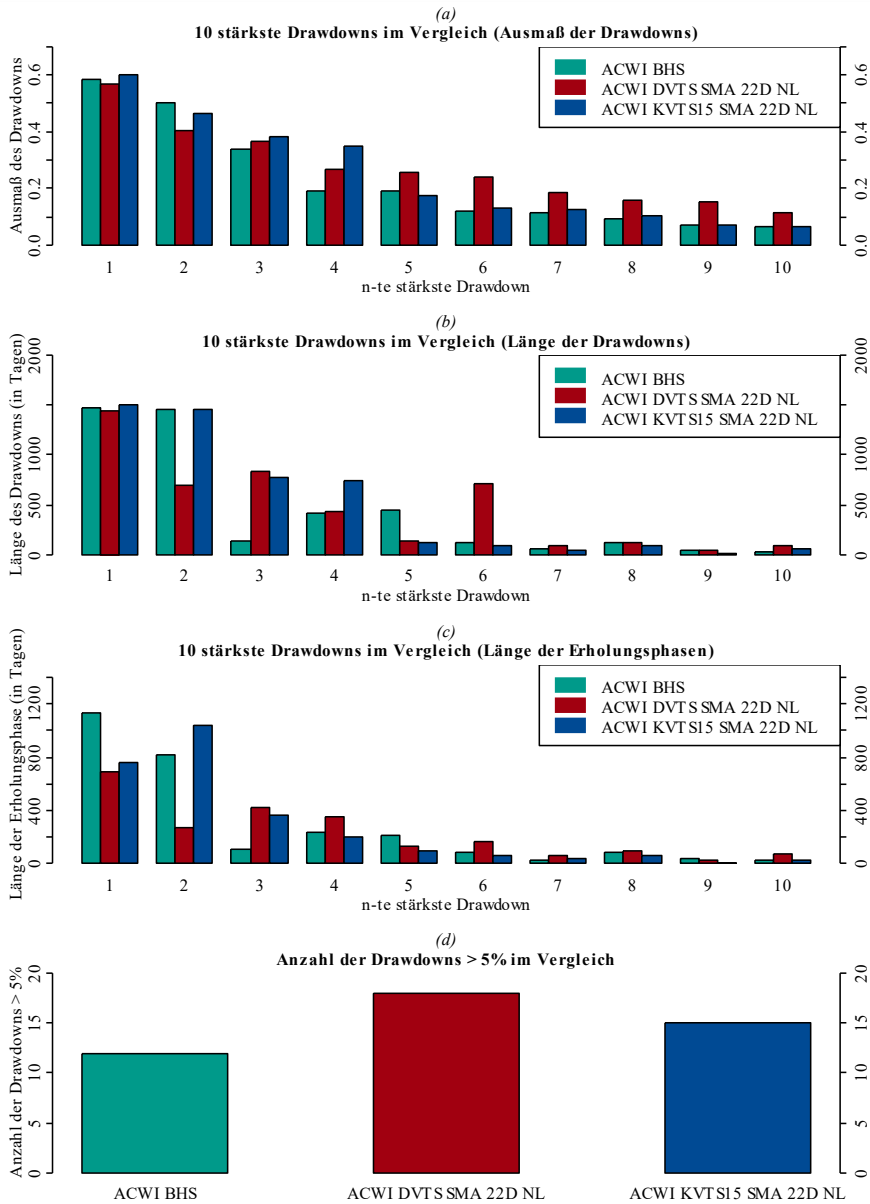


Abb. 18: Drawdown-Analysen der auf den ACWI bezogenen Strategien, Datenquelle: Refinitiv Eikon

3.3 Optimierung der Backtesting-Ergebnisse

Das vorstehende Kapitel hat die wesentlichsten Backtesting-Ergebnisse für zwei Grundvarianten von VTS dargestellt. Zwar erreicht eine der Strategien eine höhere SR gegenüber der BHS, die Differenz ist jedoch nicht statistisch signifikant. Dies öffnet die Tür für die Umsetzung von Optimierungsansätzen, wie sie in diesem Kapitel besprochen werden. Einem „Data-Snooping“-Vorwurf¹⁵⁹ wird sich dieses Kapitel dabei nicht entziehen können. Der Vorwurf wird jedoch zum einen dadurch abgemildert, dass Begründungen zu den verwendeten Modifikationen angeführt werden, welche auch außerhalb des untersuchten Datensatzes gelten würden. Zum anderen wird der Vorwurf durch die Anwendung mehrerer Robustheitsanalysen in Kapitel 4.1 abgeschwächt.

Die erste Optimierungsbemühung bezieht sich auf das verwendete Volatilitätsmaß zur Erfassung der aktuellen Volatilität. Wesentlicher Kritikpunkt an der SMA-Volatilität ist dessen träge Anpassungsfähigkeit, welche aus der Gleichgewichtung vergangener Informationen resultiert. Das Konzept zum exponentiell gewichteten gleitenden Durchschnitt (EWMA) mildert diese Problematik ab. Da ein höheres Gewicht auf jüngeren Renditeabweichungen gelegt wird, reagiert die nach diesem Verfahren errechnete Volatilität schneller auf aktuelle Ereignisse.¹⁶⁰ Die EWMA-Volatilität zum i -ten Aktienindex zum Zeitpunkt t ($\sigma_{i,t}$) berechnet sich aus der Varianz ($\sigma_{i,t-1}^2$) und Rendite ($R_{i,t-1}$) der Vorperiode:¹⁶¹

$$\sigma_{i,t} = \sqrt{\lambda \sigma_{i,t-1}^2 + (1 - \lambda) R_{i,t-1}^2} \quad (23)$$

λ stellt hierbei einen Abschmelzungsfaktor dar, der die Informationsgewichtungen entlang der Zeitachse bestimmt. Er wird in dieser Arbeit auf 0,94 gesetzt, was einer Halbwertszeit von 11,6 Tagen ($Half - Life = -\frac{\ln(0,5)}{0,06} = 11,6$) entspricht.¹⁶² Einem etablierten Ansatz folgend, sind die Renditen für die Zwecke dieses Kapitels als mittelwertbereinigte Zeitreihe zu verstehen.¹⁶³ Die Umsetzung

¹⁵⁹ Vgl. Markowitz, H. M., Xu, G. L., „Data-Mining“, 1994, S. 61; White, H., „Data-Snooping“, 2000, S. 1097; Cooper, T., Alpha Volatilitätsziel-Strategien, 2010, S. 19.

¹⁶⁰ Vgl. Johansson, F. et al., Messung Abwärtsrisiken, 1999, S. 98.

¹⁶¹ Vgl. Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 89.

¹⁶² Vgl. Fleming, J. et al., Volatilitäts-Timing, 2001, S. 348.

¹⁶³ Vgl. Danielsson, J., Risikoschätzungen, 2011, S. 35.

der EWMA-Volatilität ist benutzerfreundlich, da es neben der Festlegung des λ -Parameters keiner weiteren Parameterschätzungen bedarf.¹⁶⁴

Ferner gehört zu den gut dokumentierten stilisierten Fakten des Finanzmarktes die Tatsache, dass quadrierte Renditen autokorreliert sind („Volatilitäts-Cluster“).¹⁶⁵ Abbildung 19 zeigt, dass Volatilitäts-Cluster ebenfalls in der untersuchten ACWI-Renditezeitreihe vorhanden sind. Durch rote Markierungen sind ausgewählte Volatilitäts-Cluster in Abbildungsbereich (a) hervorgehoben. Zusätzlich wird das Resultat des Lagrange-Multiplier-Tests von *Engle, R. F.*¹⁶⁶ angegeben. Der Test prüft, ob die verzögerten quadrierten Residuen der Hilfsregression $e_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \dots + \alpha_{lag} e_{t-lag}^2 + \varepsilon$ einen signifikanten Erklärungsbeitrag für e_t^2 liefern. Die Residuen $(e_t, e_{t-1}, \dots, e_{t-lag})$ stammen dabei aus einer linearen Regression der ACWI-Renditen auf eine Konstante.¹⁶⁷ Für die Zwecke der Berechnungen wird $lag=12$ gesetzt. Der im Abbildungsbereich angegebene p-Wert von $<0,01$ indiziert die Annahme der Alternativhypothese zur Existenz eines ARCH-Effektes.¹⁶⁸ Abbildungsbereich (b) zeigt weiterführend das Korrelogramm der quadrierten Renditen des ACWI. Erkennbar ist, dass bis einschließlich zur 30.-Verzögerung die Autokorrelation signifikant von 0 verschieden ist.

Die explizite Modellierung der Heteroskedastizität in der Renditezeitreihe ist somit gut begründet und wird mithilfe von Modellen aus der GARCH-Familie¹⁶⁹ durchgeführt. Allgemein lässt sich ein GARCH(p,q)-Prozess für die Indexrenditen wie folgt definieren:¹⁷⁰

$$R_{i,t} = \sigma_{i,t} z_t \quad (24)$$

¹⁶⁴ Vgl. Symitsi, E. et al., Vorhersage Kovarianz, 2018, S. 155.

¹⁶⁵ Vgl. Mandelbrot, B., Marktbewegungen, 1963, S. 418-419; Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Review Volatilitätsmodelle, 2003, S. 481-482.

¹⁶⁶ Vgl. Engle, R. F., Test Heteroskedastizität, 1982, S. 999-1000.

¹⁶⁷ Vgl. Tsay, R. S., R-Finanzanalysen, 2013, S. 182-183.

¹⁶⁸ ARCH ist die Abkürzung für AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity.

¹⁶⁹ Einen Überblick zu existierenden GARCH-Modellen gibt Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Review Volatilitätsmodelle, 2003, S. 507-509.

¹⁷⁰ Vgl. Bollerslev, T., GARCH, 1986, S. 308-309.

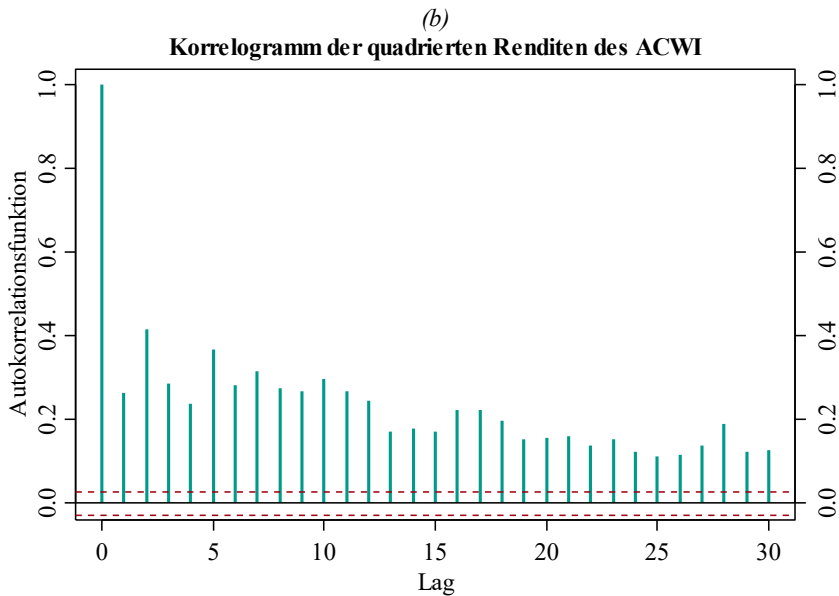
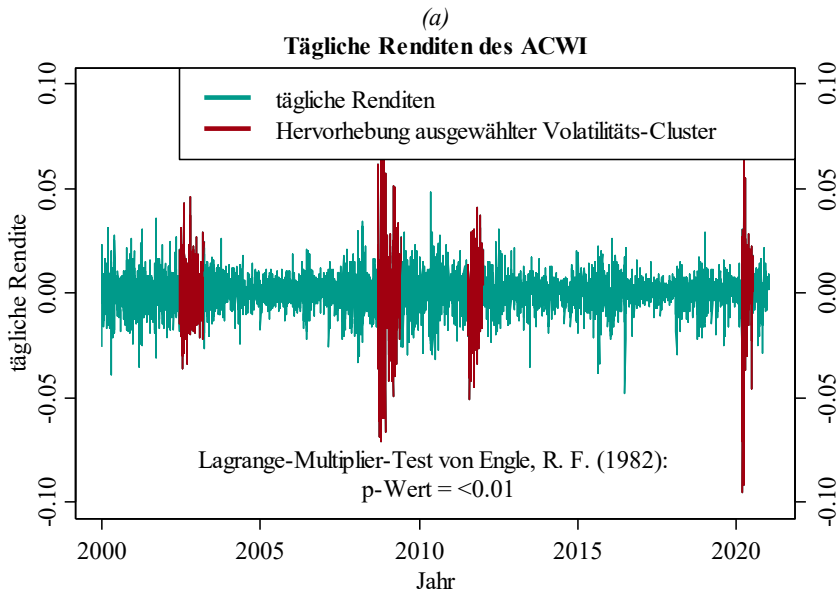


Abb. 19: Motivation für die explizite Modellierung der Heteroskedastizität, (a) in Anlehnung an Engle, R. F., Anwendung GARCH, 2001, S. 158-159, (b) in Anlehnung an Knight, J., Satchell, S., Volatilitäts-Vorhersage, 2007, S. 56, Datenquelle: Refinitiv Eikon

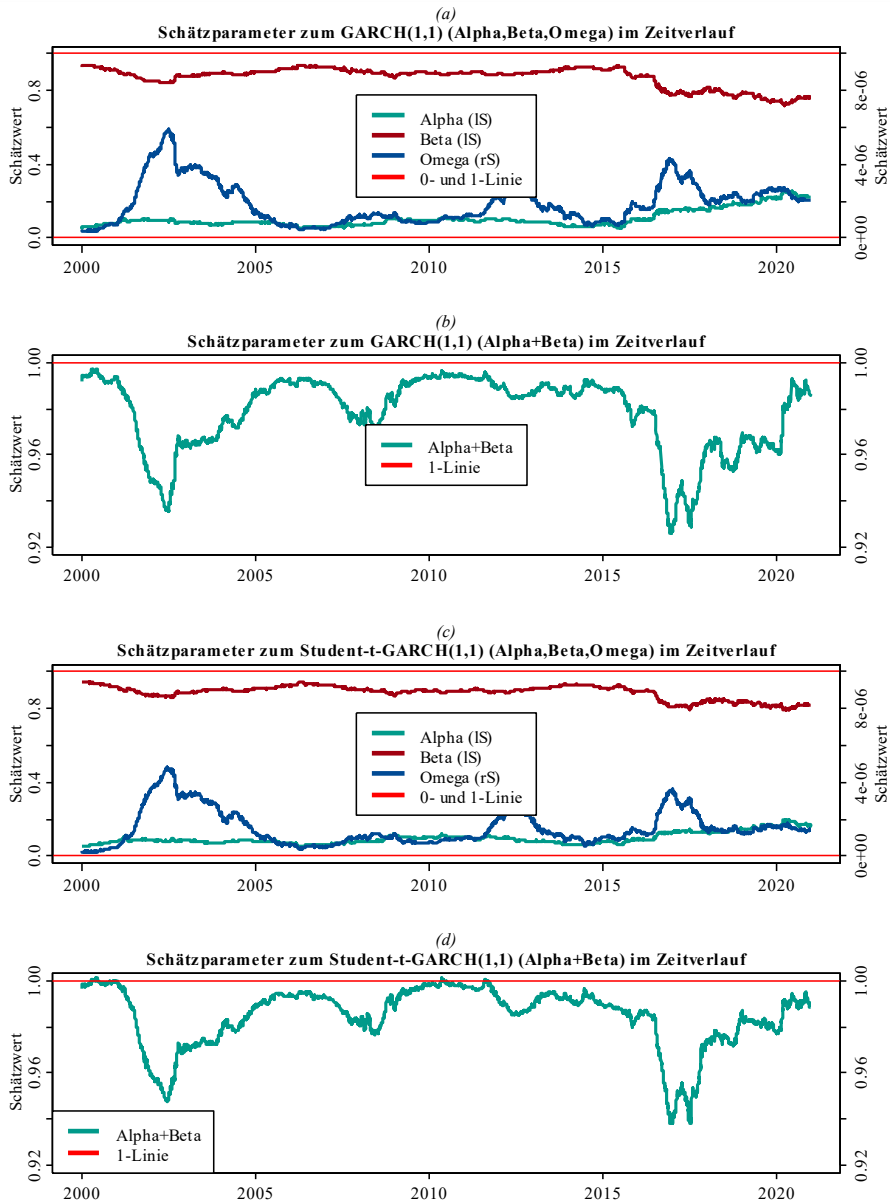


Abb. 20: Prüfung der Anwendungsvoraussetzungen für das GARCH(1,1)- und Student-t-GARCH(1,1)-Modell, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Hierbei stellt $\sigma_{i,t}$ die konditionelle Volatilität und z_t eine unabhängig und identisch verteilte Innovation dar, welche einem White-Noise-Prozess folgt.¹⁷¹ Als Verteilungsannahme für z_t nutzt diese Arbeit zum einen die Normal- und zum anderen die Student-t-Verteilung. Die konditionelle Volatilität in Formel 24 folgt der folgenden Berechnung:¹⁷²

$$\sigma_{i,t} = \sqrt{\omega + \sum_{l=1}^q \alpha_l R_{i,t-1}^2 + \sum_{m=1}^p \beta_m \sigma_{i,t-1}^2} \quad (25)$$

Da empirische Ergebnisse zeigen, dass GARCH(1,1)-Prozesse regelmäßig einen ausreichenden Erklärungsgehalt liefern¹⁷³, beschränkt sich diese Arbeit auf die Verwendung von $p = 1$ und $q = 1$. Die Formel für die konditionelle Volatilität reduziert sich damit auf:¹⁷⁴

$$\sigma_{i,t} = \sqrt{\omega + \alpha R_{i,t-1}^2 + \beta \sigma_{i,t-1}^2} \quad (26)$$

Die Parameter ω , α und β werden mittels Maximum-Likelihood-Verfahren geschätzt.¹⁷⁵ Dabei werden die Schätzungen im Backtesting-Zeitraum täglich rollierend mit einer festen Stichprobenfensterlänge von 1260 Handelstagen durchgeführt. Die angewandte hohe Neuschätzungsfrequenz stellt sicher, dass strukturelle Änderungen in der Zeitreihe rechtzeitig erfasst werden.¹⁷⁶ Um positive Volatilitätsschätzungen zu erhalten müssen ω , α , und $\beta > 0$ sein. Ferner muss für einen stationären Prozess die Bedingung erfüllt sein, dass $\alpha + \beta < 1$.¹⁷⁷

Abbildung 20 prüft die Bedingungen für das Normal-GARCH(1,1)- und Student-t-GARCH(1,1)-Modell für den gesamten Backtesting-Zeitraum. Das Normal-GARCH(1,1)-Modell zeigt im Zeitverlauf keine Verletzungen der genannten Voraussetzungen. Dagegen weist das Student-t-GARCH(1,1)-Modell für $\alpha + \beta$

¹⁷¹ Vgl. Engle, R. F., Test Heteroskedastizität, 1982, S. 987; Danielsson, J., Risikoschätzungen, 2011, S. 35.

¹⁷² Vgl. Bollerslev, T., GARCH, 1986, S. 309; Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Volatilitätsvorhersage, 2005, S. 45.

¹⁷³ Vgl. Schmitt, C., Stochastische Volatilität, 2012, S. 285.

¹⁷⁴ Vgl. Engle, R. F., Anwendung GARCH, 2001, S. 160.

¹⁷⁵ Vgl. Bollerslev, T., GARCH, 1986, S. 315-317.

¹⁷⁶ Vgl. Brownlees, C. et al., Praktische Volatilitätsschätzung, 2011, S. 11.

¹⁷⁷ Vgl. Verbeek, M., Moderne Ökonometrie, 2017, S. 336.

vereinzelt höhere Werte als 1 auf. Die punktuellen Verletzungen werden in den folgenden Berechnungen akzeptiert.

Eine wesentliche Limitation der Normal-GARCH(1,1)- und Student-t-GARCH(1,1)-Modelle ist, dass diese gleichermaßen auf positive wie negative Renditeveränderungen reagieren.¹⁷⁸ Demgegenüber stehen profunde empirische Erkenntnisse, die darlegen, dass realisierte Renditen und konditionelle Volatilitäten negativ korrelieren.¹⁷⁹ Exponential-GARCH-Modelle (EGARCH-Modelle) sind in der Lage diesen Aspekt zu berücksichtigen. EGARCH-Modelle reagieren asymmetrisch auf positive und negative Renditen.¹⁸⁰ Ein EGARCH(1,1)-Modell ermittelt den natürlichen Logarithmus der Varianz wie folgt:¹⁸¹

$$\ln(\sigma_{i,t}^2) = \omega + \alpha \frac{R_{i,t-1}}{\sigma_{i,t-1}} + \beta \ln(\sigma_{i,t-1}^2) + \gamma \left(\left| \frac{R_{i,t-1}}{\sigma_{i,t-1}} \right| - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right) \quad (27)$$

Erneut werden die Parameter ω , α , β und γ mittels Maximum-Likelihood geschätzt.¹⁸² Dabei führt die logarithmische Modellierung dazu, dass die Varianz unabhängig von den Schätzwerten stets positiv ist.¹⁸³ Der Term $\alpha \frac{R_{i,t-1}}{\sigma_{i,t-1}}$ beinhaltet den asymmetrischen Charakterzug. Ist $\alpha < 0$ so reagiert die Volatilität stärker auf negative als auf positive Renditen.¹⁸⁴ Dies trifft auch auf den untersuchten Datensatz zu. So führt eine auf den gesamten Backtesting-Zeitraum bezogene EGARCH(1,1)-Schätzung für die ACWI-Renditen zu einem α -Faktor von -0,10.

¹⁷⁸ Vgl. Shabarisha, N., Madegowda, J., GARCH-Anwendung, 2019, S. 70.

¹⁷⁹ Vgl. Christie, A. A., Verhalten Aktienvarianz, 1982, S. 427-429; Schwert, G. W., Gründe Volatilitätsveränderungen, 1989, S. 1143-1146; Campbell, J. Y., Hentschel, L., Modell Volatilität, 1992, S. 311-312; Wu, G., Asymmetrische Volatilität, 2001, S. 837; Ghysels, E. et al., Untersuchung Risiko-Rendite-Beziehung, 2005, S. 512; Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Volatilitätsvorhersage, 2005, S. 47-48; Bae, J. et al., Negative Rendite-Risiko-Korrelation, 2007, S. 41-42.

¹⁸⁰ Vgl. Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Review Volatilitätsmodelle, 2003, S. 484.

¹⁸¹ Vgl. Nelson, D. B., EGARCH, 1991, S. 350-351; Heynen, R. et al., Implizite Volatilitätsmodelle, 1994, S. 35; Shabarisha, N., Madegowda, J., GARCH-Anwendung, 2019, S. 73.

¹⁸² Vgl. Verbeek, M., Moderne Ökonometrie, 2017, S. 338-342.

¹⁸³ Vgl. Bollerslev, T. et al., ARCH Modellierungen, 1992, S. 12; Knight, J., Satchell, S., Volatilitäts-Vorhersage, 2007, S. 8.

¹⁸⁴ Vgl. Shabarisha, N., Madegowda, J., GARCH-Anwendung, 2019, S. 73.

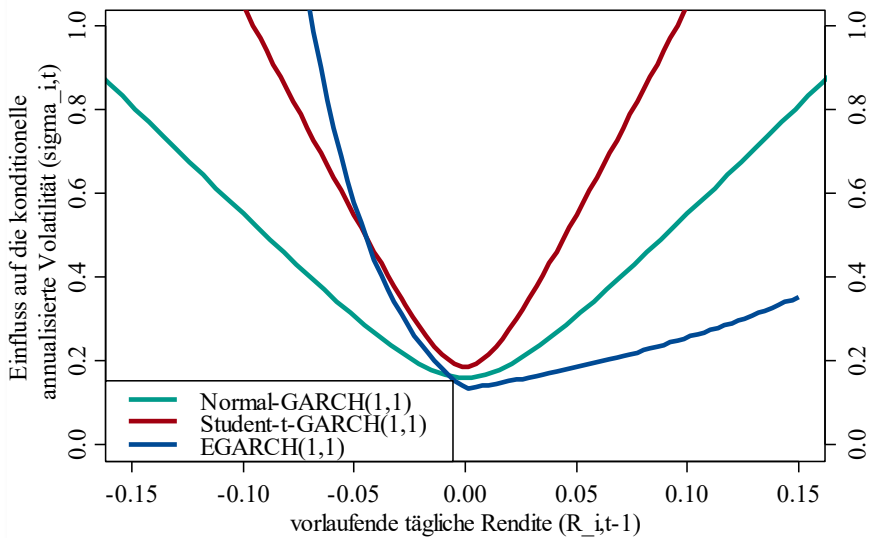


Abb. 21: „News-Impact“-Kurven der GARCH-Modelle im Vergleich, in Anlehnung an Engle, R. F., Ng, V. K., „News-Impact“-Kurven, 1993, S. 1751-1757, Berlinger, E., Finanzprogrammierungen R, 2015, S. 28-32, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Abbildung 21 stellt anhand des Konzeptes der „News-Impact“-Kurven¹⁸⁵ vergleichend für die drei betrachteten GARCH-Modelle die Sensitivität der konditionellen annualisierten Volatilität ($\sigma_{i,t}$) in Abhängigkeit von den vorlaufenden Renditen ($R_{i,t-1}$) dar. Dabei ist erwähnenswert, dass, abweichend zu den rollierenden GARCH-Schätzungen im Rahmen des Backtestings, die Darstellung lediglich auf den gesamten Backtesting-Zeitraum umfassende GARCH-Schätzungen beruht.

Vier wesentliche Aspekte sind erkennbar: (1) Das Normal-GARCH(1,1)- und Student-t-GARCH(1,1)-Modell reagieren symmetrisch auf die vorlaufenden Renditen. (2) Im Vergleich zum Normal-GARCH(1,1)-Modell antwortet das Student-t-GARCH(1,1)-Modell stärker auf die vorlaufenden Renditen. (3) Negative und positive vorlaufende Renditen haben beim EGARCH(1,1)-Modell

¹⁸⁵ Vgl. Engle, R. F., Ng, V. K., „News-Impact“-Kurven, 1993, S. 1751-1757; Berlinger, E., Finanzprogrammierungen R, 2015, S. 28-32.

einen unterschiedlichen Einfluss auf die konditionelle Volatilität. (4) Beim EGARCH(1,1)-Modell ist die Sensitivität gegenüber negative Renditen höher als beim Student-t-GARCH(1,1)-Modell, während der Einfluss von positiven Renditen gegenüber dem Normal-GARCH(1,1)-Modell niedriger ist.

Dass aus den unterschiedlichen Modellen auch im Zeitverlauf unterschiedliche Volatilitätsschätzungen resultieren, veranschaulicht Abbildung 22. Erkennbar ist, dass entlang der Zeitachse nennenswerte Abweichungen zwischen den konditionellen Volatilitäten und den 22-tägigen SMA-Volatilitäten entstehen. Dabei erweist sich die Abweichungsdynamik der GARCH-Modelle größer als die des EWMA-Modells und die des EGARCH(1,1)-Modells größer als die des Normal-GARCH(1,1)- und Student-t-GARCH(1,1)-Modells. Der Median der Volatilitätsdifferenzen über den gesamten Zeitraum liegt beim EWMA-Modell bei ca. 0,3% und bei allen GARCH(1,1)-Modellen bei ca. 1%. In den häufigeren Fällen ist damit die geschätzte Volatilität aus den konditionellen Volatilitätsmodellen höher als die der 22-tägigen SMA-Volatilität.

Die hohe Abweichungsdynamik des EGARCH(1,1)-Modells wird in Abbildung 23 zum Anlass genommen, um die empirische Verteilung der Volatilitätsdifferenzen fokussiert zu betrachten. Aus Abbildungsbereich (a) ist zu erkennen, dass ein Großteil der Volatilitätsunterschiede im Wertebereich zwischen -2,5% und 5,0% liegen und weiterhin, dass der Verteilungsschwerpunkt über 0% liegt. Dies bedeutet, dass die geschätzte Volatilität des EGARCH(1,1)-Modells in den häufigeren Fällen größer als die der 22-tägigen SMA-Volatilität ist. Mit Bezug zur VTS hat dies die Implikation, dass ein im Durchschnitt niedriger Aktiengewichtungsfaktor Anwendung findet.

Ferner offenbart ein Blick auf die Ränder der Verteilung, dass große negative Differenzen häufiger auftreten, als große positive. Übertragen auf die Systematik der VTS bedeutet dies, dass in den Fällen, in denen absolut gesehen große Abweichungen zwischen den Modellspezifikationen liegen, die EGARCH(1,1)-Variante häufiger höher in Aktien allokiert ist als die 22-tägige SMA-Variante. Schließlich zeigt Abbildungsbereich (b), dass die Verteilung zu den Volatilitätsdifferenzen in Bären-Markt-Phasen das Ausmaß der Linksschiefe gegenüber der Betrachtung des gesamten Zeitraums leicht reduzieren kann.

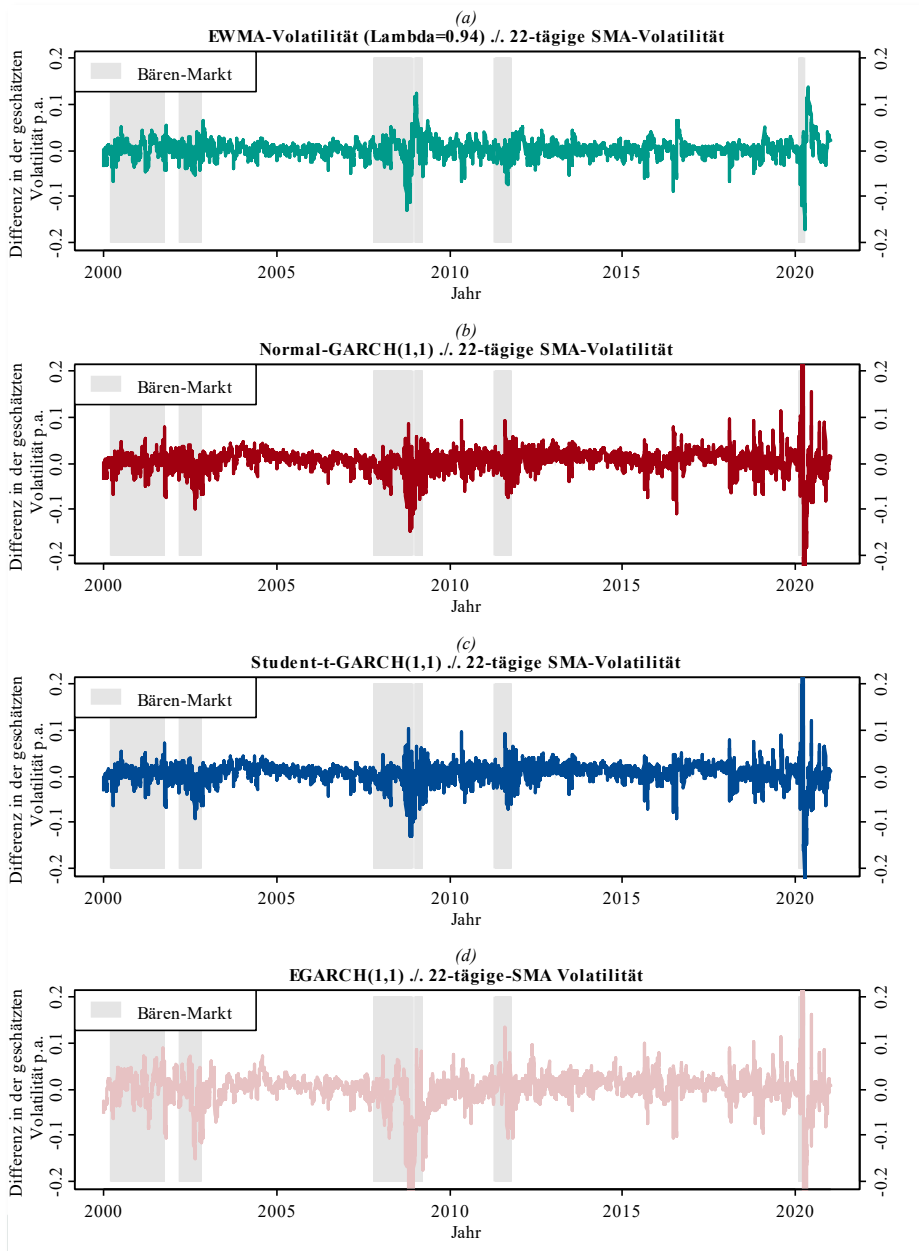


Abb. 22: Volatilitätsdifferenzen der unterschiedlichen Modelle im Zeitverlauf, Datenquelle: Refinitiv Eikon

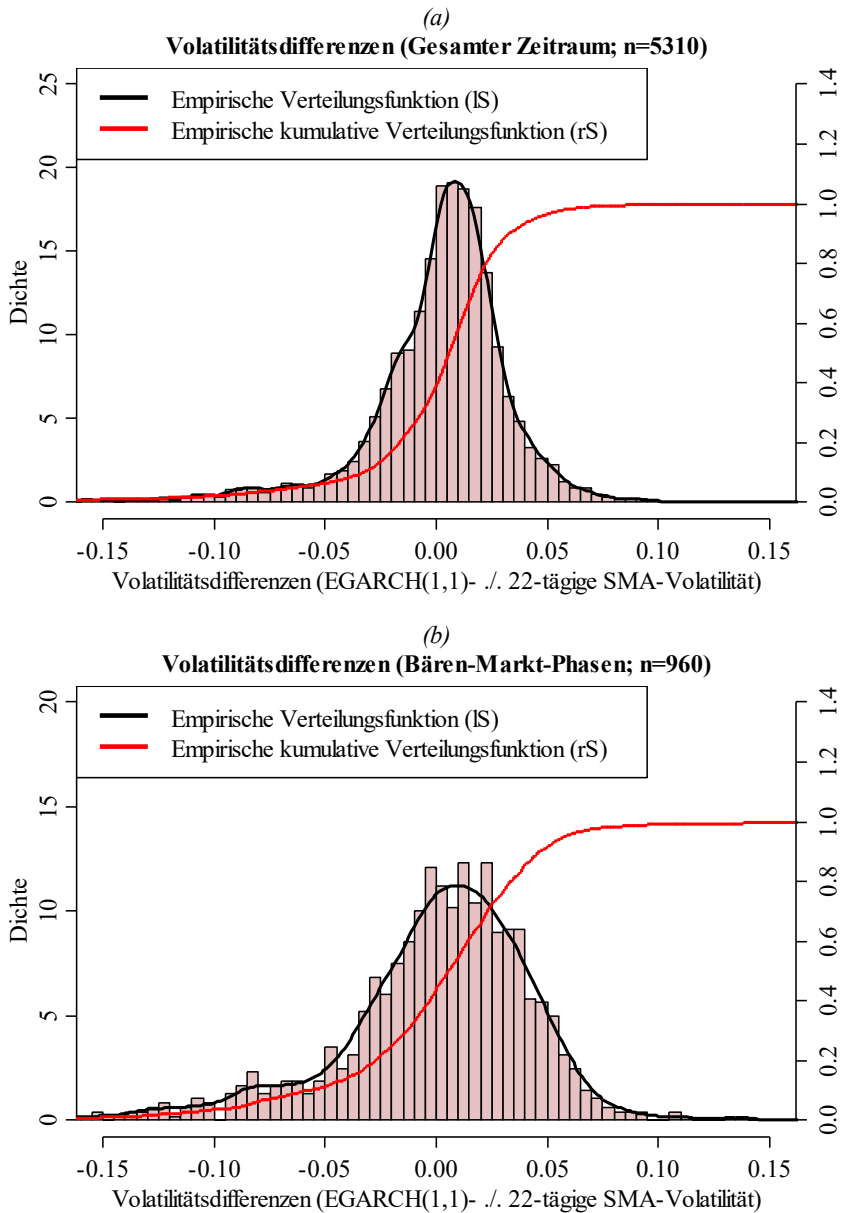


Abb. 23: Empirische Verteilungen der Volatilitätsdifferenzen (EGARCH(1,1)- ./ 22-tägige SMA-Volatilität), Datenquelle: Refinitiv Eikon

Um die unterschiedliche Dynamik der betrachteten Volatilitätsmodelle in einem aktuellen Kontext zu betrachten, fokussiert Abbildung 24 die sich um die COVID-19-Krise ergebenden Volatilitäten. Während die GARCH-Modelle gemeinsam schnell mit einem Volatilitätsanstieg auf die negativen Renditen des ACWI reagieren, verhalten sich EWMA und SMA-Volatilität hier träger. Die ersten positiven Renditen nach dem Tiefpunkt sorgen bei allen konditionellen Modellen zügig für rückläufige Volatilitätsschätzungen. Unter den GARCH-Modellen reagiert das EGARCH-Modell am schnellsten. Dagegen verweilt die SMA-Volatilität länger auf dem hohen Niveau. Dieses Bild ist zum einen kohärent zu dem oben beschriebenen trägeren Verhalten der SMA-Volatilität. Zum anderen korrespondiert es zu den Verläufen der in Abbildung 21 dargestellten „News-Impact“-Kurven, anhand derer gezeigt wird, dass das EGARCH-Modell unter allen betrachteten GARCH-Modellen positive Renditen am wenigsten mit einem Anstieg der geschätzten Volatilität verknüpft.

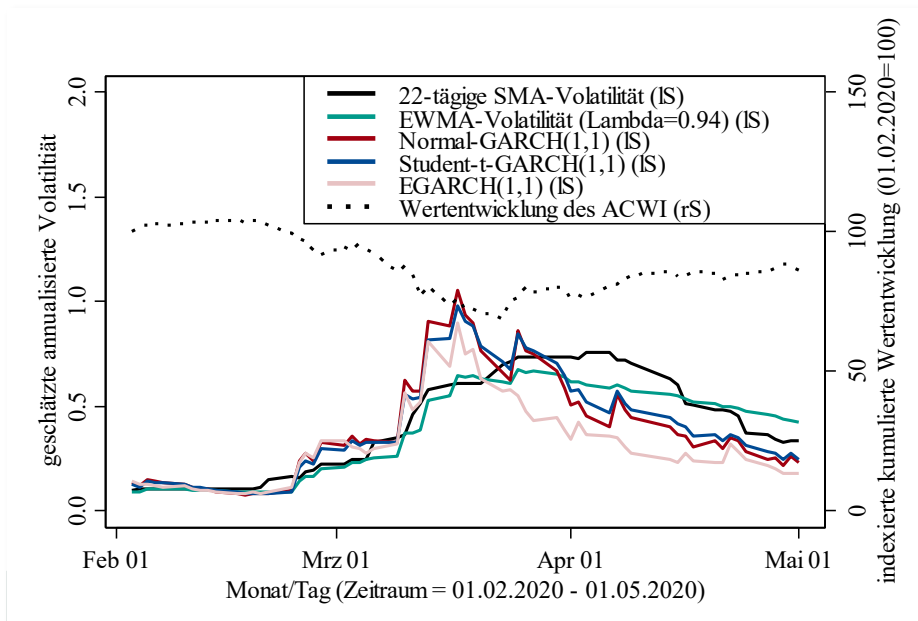


Abb. 24: Volatilitätsmodelle im Vergleich (Fokus auf COVID-19-Krise), Datenquelle: Refinitiv Eikon

	ACWI BHS	ACWI DVTS	ACWI DVTS	ACWI DVTS	ACWI DVTS	ACWI DVTS
	-	SMA	EWMA	NG	TG	EG
Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	-	22D	22D	22D	22D	22D
	1	NL	NL	NL	NL	NL
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,39	1,31	1,22	1,22	1,27
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,47	-0,40	-0,31	-0,30	-0,35
Anzahl Neugewichtungen	1	242	242	242	242	242
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,41	0,27	0,27	0,26	0,32
Ø Umschlag p.a.	0,05	4,73	3,09	3,06	3,03	3,73
kumul. geom. Rendite	1,70	2,96	3,30	2,72	2,74	3,21
davon Aktien-Beitrag	1,75	3,42	3,69	3,01	3,02	3,60
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,23	-0,21	-0,14	-0,14	-0,18
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,11	-0,11	-0,09	-0,09	-0,10
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,18	-0,12	-0,11	-0,11	-0,15
geom. Rendite p.a.	0,048	0,068	0,072	0,064	0,065	0,071
Volatilität p.a.	0,164	0,180	0,171	0,162	0,161	0,167
Sharpe Ratio p.a.	0,175	0,264	0,302	0,274	0,277	0,303
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,444	0,282	0,396	0,386	0,269
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,85	0,86	0,87	0,87	0,87
Beta (MF1)	1	0,93	0,90	0,86	0,86	0,89
Beta (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alpha (MF1) (annualisiert)	-	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
Alpha (MF1) (p-Wert)	-	0,77	0,58	0,80	0,78	0,58
Bestimmtheitsmaß (MF1)	-	0,71	0,74	0,76	0,76	0,76
RESET-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,093	0,088	0,084	0,084	0,081
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,127	0,130	0,125	0,115	0,115	0,114
max. Drawdown	0,585	0,567	0,526	0,525	0,522	0,502
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1480	1440	1250	1442	1440	1305
Upward-Capture Ratio	1,00	1,19	1,14	1,08	1,07	1,11
Downward-Capture Ratio	1,00	1,17	1,12	1,07	1,06	1,10
Schiefe	-0,42	-0,26	-0,38	-0,29	-0,30	-0,23
Wölbung	13,25	10,25	8,27	8,36	8,46	9,60
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 14: Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen DVTS unter Verwendung konditioneller Volatilitätsmodelle, Datenquelle: Refinitiv Eikon

	ACWI BHS	ACWI KVTS15 SMA	ACWI KVTS15 EWMA	ACWI KVTS15 NG	ACWI KVTS15 TG	ACWI KVTS15 EG
<i>Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)</i>	-	22D	22D	22D	22D	22D
	1	NL	NL	NL	NL	NL
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,40	1,32	1,23	1,23	1,28
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,48	-0,41	-0,31	-0,31	-0,35
Anzahl Neugewichtungen	1	242	242	242	242	242
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,43	0,28	0,28	0,28	0,34
Ø Umschlag p.a.	0,05	4,90	3,25	3,24	3,19	3,94
kumul. geom. Rendite	1,70	1,65	1,89	1,43	1,47	1,65
davon Aktien-Beitrag	1,75	2,10	2,29	1,74	1,77	2,04
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,27	-0,25	-0,18	-0,18	-0,22
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,08	-0,08	-0,07	-0,07	-0,08
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,13	-0,09	-0,08	-0,08	-0,11
geom. Rendite p.a.	0,048	0,047	0,052	0,043	0,044	0,047
Volatilität p.a.	0,164	0,176	0,168	0,159	0,157	0,164
Sharpe Ratio p.a.	0,175	0,158	0,190	0,149	0,154	0,170
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,925	0,882	0,795	0,828	0,965
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,85	0,87	0,88	0,88	0,87
Beta (MF1)	1	0,92	0,89	0,85	0,84	0,87
Beta (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alpha (MF1) (annualisiert)	-	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01
Alpha (MF1) (p-Wert)	-	0,56	0,66	0,33	0,36	0,48
Bestimmtheitsmaß (MF1)	-	0,73	0,75	0,77	0,77	0,76
RESET-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,099	0,093	0,090	0,090	0,088
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,127	0,136	0,130	0,120	0,120	0,123
max. Drawdown	0,585	0,601	0,560	0,558	0,554	0,537
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1480	1512	1519	1558	1539	1508
Upward-Capture Ratio	1	1,16	1,11	1,06	1,05	1,09
Downward-Capture Ratio	1	1,17	1,12	1,07	1,06	1,09
Schiefe	-0,42	-0,59	-0,59	-0,48	-0,49	-0,64
Wölbung	13,25	8,20	7,98	6,77	6,87	9,03
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 15: Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen KVTS15 unter Verwendung konditioneller Volatilitätsmodelle, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Die konditionellen Volatilitätsmodelle zur Anwendung gebracht, zeigen Tabelle 14 und 15 die Backtesting-Ergebnisse der neuen Modellvarianten. Tabelle 14 bezieht sich auf die DVTS und Tabelle 15 auf die KVTS15. Bei beiden VTS reduzieren die vier konditionellen Volatilitätsmodelle die realisierte Volatilität gegenüber der Anwendung der SMA-Volatilität. EWMA- und EGARCH(1,1)-Modell erhöhen darüber hinaus auch in 3 aus 4 Fällen die erzielte Rendite. Mit Ausnahme zweier KVTS-Varianten erzielen alle Optimierungsansätze eine höhere SR gegenüber der Ausgangsstrategie. Im Falle des Normal-GARCH(1,1)- und Student-t-GARCH(1,1)-Modells sind die Verbesserungen marginal bzw. führen diese bei der KVTS zu schlechteren SRs. Das EWMA- und EGARCH(1,1)-Modell verbessern die SRs bei der DVTS (KVTS15) deutlich auf 0,302 und 0,303 (0,190 und 0,170). In allen Fällen ist die SR-Differenz jedoch nach wie vor nicht statistisch signifikant von 0 verschieden.

Alle konditionellen Volatilitätsmodelle tragen ferner zu einer Reduktion des durchschnittlichen Aktiengewichts und in der Folge zu niedrigeren Fremdkapitalkosten bei. Diese Beobachtung steht im Einklang zu den Erkenntnissen aus den Abbildungen 22 und 23, bei denen konstatiert wurde, dass die Volatilitätsschätzungen der neu betrachteten Modelle in den häufigeren Fällen über den Werten der SMA-Volatilität liegen. Weiterhin ist festzustellen, dass sich durch die Anwendung der konditionellen Modelle der Portfolioumschlag und damit die anfallenden Transaktionskosten reduzieren.

Das geschätzte Beta aus dem MF1 ist in allen Fällen hoch signifikant und liegt unterhalb des geschätzten Betas zur SMA-Variante. Dagegen lassen sich erneut keine signifikanten Schätzwerte für das Alpha beobachten. Mit einem vom RESET-Test angezeigten p-Wert von $<0,01$ haben jedoch weiterhin die einschränkenden Bemerkungen zu den Regressionsergebnissen aus Kapitel 3.2 Bestand.

Auffällig ist ferner, dass bei beiden VTS neben der Volatilität auch alle anderen Risikokennzahlen (VaR, CVaR, MDD und Downward-Capture Ratio) durch den Einsatz der konditionellen Volatilitätsmodelle reduziert werden können. Die GARCH-Modelle wirken in diesem Zusammenhang risikoaverser als das EWMA-Modell. Dabei weist das EGARCH-Modell bei der DVTS mit einem VaR von 8,1%, einem CVaR von 11,4% und einem MDD von 50,2% die niedrigsten Risikowerte auf. Einzig die Downward-Capture Ratio ist hier mit 1,10 leicht höher als bei den anderen GARCH-Modellen.

Für das untersuchte Datenmaterial lässt sich in Summe festhalten, dass die Verwendung von konditionellen Volatilitätsmodellen positive Einflüsse auf die

Rendite- und Risikorealierungen der VTS hat. Die SR-Verbesserungen des EWMA- und EGARCH(1,1)-Modells stechen dabei deutlich hervor. Um die Übersicht in den folgenden Ausführungen zu wahren, wird in den weiteren Optimierungen und Robustheitsanalysen ausschließlich auf das EGARCH(1,1)-Modell referenziert.

Neben den konditionellen Volatilitätsmodellen soll noch ein weiterer Optimierungsansatz untersucht werden. Dieser bezieht sich auf die Neugewichtungsfrequenz und wird durch Abbildung 25 motiviert. Abbildungsbereich (a) stellt die Volatilitäts-Spannweiten eines über den Backtesting-Zeitraum rollierenden 22-Tage-Fensters anhand eines Boxplots dar. Erkennbar ist, dass 75% der Spannweiten $\geq 3\%$ sind. Zudem lassen sich zahlreiche Ausreißer feststellen, welche das obere Quartil um mehr als das 1,5-fache des Interquartilsabstandes übersteigen. Die hohen Spannweiten stehen im Konflikt zur festen monatlichen Neugewichtungsfrequenz, da auf zwischenzeitliche Veränderungen des Volatilitätsniveaus nur verzögert reagiert werden kann.¹⁸⁶

Abbildungsbereich (b) zeigt demgegenüber einen Boxplot, der die absoluten Veränderungen des Volatilitätsniveaus auf täglicher Basis darstellt. 50% der Bewegungen sind $\leq 0,4\%$ und 75% $\leq 0,9\%$. Zwar finden sich hier ebenfalls zahlreiche Ausreißer, die das obere Quartil um mehr als den 1,5-fachen Interquartilsabstand übersteigen, das Niveau ist hier jedoch deutlich niedriger als bei der monatlichen Neugewichtungsfrequenz. Die zweite Optimierungsbemühung besteht aus diesem Grund darin, von einer monatlichen auf eine tägliche Neugewichtungsfrequenz zu wechseln. Um den hieraus resultierenden Anstieg des Portfolioumsatzes abzumildern, wird eine Neugewichtungsschwelle von 5% eingebaut. Die Schwelle bewirkt, dass erst ab einer Abweichung der Marktvolatilität vom Zielniveau von mehr als $|5\%|$ eine Neugewichtung vorgenommen wird. Zur Klarstellung sei erwähnt, dass bei einem solchen Neugewichtungsimpuls die Zielgewichtung und nicht die Schwellenwertgewichtung der Aktienposition anvisiert wird.

Tabelle 16 zeigt die Backtesting-Ergebnisse, wie sie sich bei Umsetzung der zweiten Modellspezifikation für das EGARCH(1,1)-Modell ergeben. Wie bereits erwartet, steigt durch die Erhöhung der Neugewichtungsfrequenz der Portfolioumsatz deutlich. Bei der DVTS (KVTS15) wird das Portfolio nun durchschnittlich 14,34-mal (14,73-mal) im Jahr umgeschlagen. Mit dem Portfolioumsatz steigen die kumulierten Transaktionskosten auf 55% bzw. 41%. Trotz des insgesamt höheren

¹⁸⁶ Vgl. Albeverio, S. et al., Volatilitätsinstrumente, 2013, S. 1522.

Portfolioumschlags ist es erwähnenswert, dass der Umschlag je Neugewichtung deutlich niedriger als bei der monatlichen Neugewichtungsfrequenz ausfällt. Auch dies ist Ausdruck dessen, dass die tägliche Neugewichtungsfrequenz die Volatilitätsentwicklungen am Markt enger begleitet.

Trotz des erhöhten Kostenapparates steckt Mehrwert in der Änderung der Neugewichtungsfrequenz. So erzielen die VTS höhere Renditen bei gleichzeitig reduzierten Volatilitäten. Für die DVTS (KVTS15) mündet dies in einer verbesserten SR von 0,353 (0,268). Im Falle der DVTS nähert sich die SR-Differenz mit einem p-Wert von 0,132 einem zur Fehlerwahrscheinlichkeit von 10% signifikanten Niveau. Das deutlichste Potenzial entfaltet die tägliche Neugewichtungsfrequenz bei der KVTS15. Die SR kann hier um 0,098 erhöht werden. Dies übersteigt das Verbesserungsausmaß aus dem Wechsel des Volatilitätsmodells (vgl. Tabelle 15).

Neben der reduzierten Volatilität wirkt die Modellspezifikation auch risikomindernd auf die VaR- und CVaR-Werte sowie die Downward-Capture Ratios. Zudem liegen die VaR- und CVaR-Realisierungen mit einem Abstand von 2,2% (1,9%) bei der DVTS (KVTS15) nun näher beieinander. Darüber hinaus kann der Wölbungs-Koeffizient bei der DVTS (KVTS15) deutlich von 9,60 auf 5,45 (9,03 auf 4,90) reduziert werden. All dies ist Ausdruck der schnelleren Reaktionsfähigkeit des zweiten Optimierungsansatzes. Demgegenüber stehen MDD-Realisierungen, welche bei der täglichen Neugewichtungsfrequenz höher als bei der monatlichen sind. Dies steht jedoch nicht im Widerspruch zur postulierten schnelleren Reaktionsfähigkeit der täglichen Neugewichtungsfrequenz, da sich MDDs als Resultat mehrperiodiger negativer Entwicklungen ergeben (vgl. Abbildung 11 und 13).

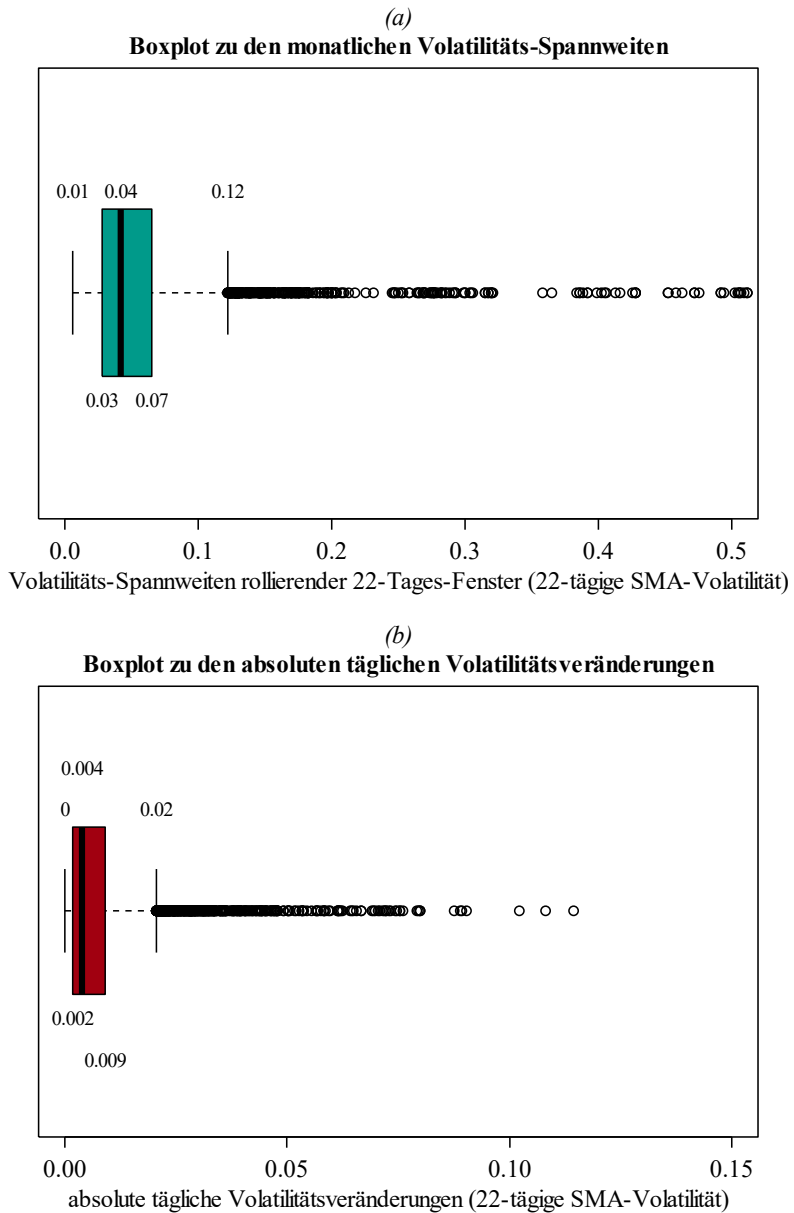


Abb. 25: Spannweiten und Veränderungen der Volatilitäten in Abhängigkeit von der Neugewichtungsfrequenz, Datenquelle: Refinitiv Eikon

	ACWI BHS	ACWI DVTS	ACWI DVTS	ACWI KVTS15	ACWI KVTS15
	-	EG	EG	EG	EG
Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	-	22D	1D	22D	1D
	1	NL	NL	NL	NL
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,27	1,28	1,28	1,29
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,08	0,08	0,07	0,07
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,35	-0,36	-0,35	-0,36
Anzahl Neugewichtungen	1,00	242	2933	242	2878
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,32	0,10	0,34	0,11
Ø Umschlag p.a.	0,05	3,73	14,34	3,94	14,73
kumul. geom. Rendite	1,70	3,21	3,68	1,65	2,45
davon Aktien-Beitrag	1,75	3,60	4,45	2,04	3,13
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,05	0,05	0,02	0,02
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,18	-0,18	-0,22	-0,23
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,10	-0,10	-0,08	-0,08
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,15	-0,55	-0,11	-0,41
geom. Rendite p.a.	0,048	0,071	0,076	0,047	0,060
Volatilität p.a.	0,164	0,167	0,158	0,164	0,152
Sharpe Ratio p.a.	0,175	0,303	0,353	0,170	0,268
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,269	0,132	0,965	0,442
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,87	0,87	0,87	0,88
Beta (MF1)	1	0,89	0,84	0,87	0,81
Beta (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alpha (MF1) (annualisiert)	-	0,01	0,02	-0,01	0,00
Alpha (MF1) (p-Wert)	-	0,58	0,38	0,48	0,90
Bestimmtheitsmaß (MF1)	-	0,76	0,76	0,76	0,77
RESET-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,081	0,075	0,088	0,078
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,127	0,114	0,097	0,123	0,097
max. Drawdown	0,585	0,502	0,513	0,537	0,548
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1480	1305	1413	1508	1520
Upward-Capture Ratio	1,00	1,11	1,09	1,09	1,06
Downward-Capture Ratio	1,00	1,10	1,07	1,09	1,06
Schiefe	-0,42	-0,23	-0,38	-0,64	-0,46
Wölbung	13,25	9,60	5,45	9,03	4,90
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 16: Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen VTS unter Verwendung verschiedener Neugewichtungsfrequenzen, Datenquelle: Refinitiv Eikon

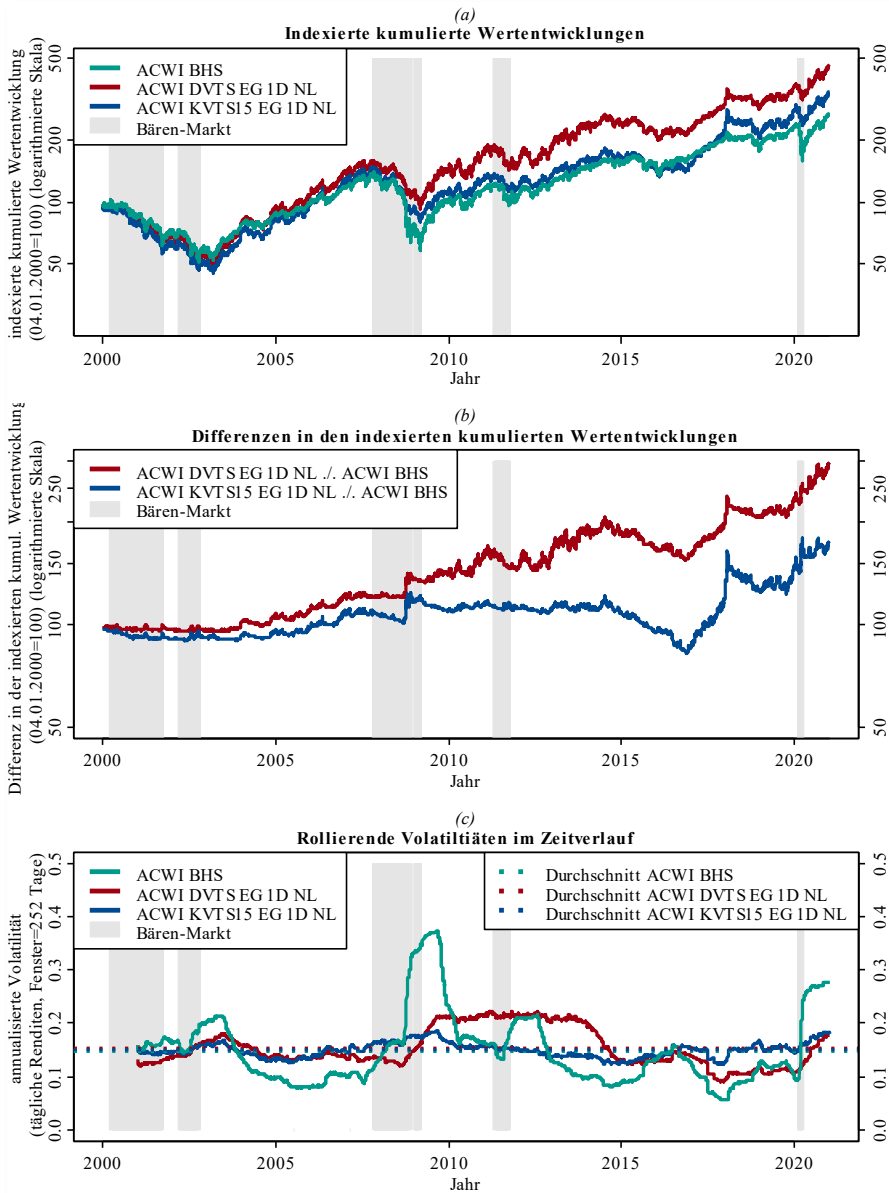


Abb. 26: Kumulierte Renditen und Volatilitäten der auf den ACWI bezogenen Strategien im Zeitverlauf (EGARCH(1,1)-Modell mit täglicher Neugewichtungsfrequenz), in Anlehnung an: Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 37, Alighanbari, M. et al., Konstruktion Volatilitätsstrategien, 2016, S. 29-30, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Das Zeitverlaufs-Verhalten der optimierten Strategien wird in Abbildung 26 näher beleuchtet. Im Vergleich zur SMA-Variante mit monatlicher Neugewichtungsfrequenz lassen sich insbesondere die folgenden Unterschiede ausmachen: (1) Die kumulierten Renditen der optimierten Varianten sind höher als die der Ausgangsvarianten. Treiber für die deutliche Outperformance gegenüber der BHS sind unter anderem milderer Abstürze in der Finanzkrise 2008/2009 und in der COVID-19-Krise in Q1/2020. (2) Die Mittelwerte der rollierenden 1-jährigen SMA-Volatilitäten (Abbildungsbereich (c)) können im Vergleich zu den Ausgangsvarianten deutlich reduziert werden. Während diese bei der DVTS (KVTS15) zuvor bei 17,7% (17,4%) lag, liegt sie nun bei 15,4% (14,9%). Damit liegen trotz der im Durchschnitt angewandten Hebelung des Aktiengewichts beide VTS nahe dem Niveau der BHS von 14,8%. (3) Die zeitlichen Verläufe zu den rollierenden 1-jährigen SMA-Volatilitäten können durch die Modellspezifikationen gegenüber den Ursprungsvarianten stabilisiert werden. Die hierauf bezogene Standardabweichung liegt bei der DVTS (KVTS15) bei 3,6% (1,4%), während die der BHS bei 6,7% liegt. (4) Zielvolatilität und realisierte Volatilitäten driften im Zeitverlauf gegenüber der ersten VTS-Variante weniger stark auseinander. So liegt die maximale absolute Abweichung der KVTS15 zum konstanten Volatilitätsziel von 15% mit 3,7% deutlich niedriger als zuvor mit 10,8%. Die Annäherung zwischen ex-ante und ex-post Risikokennzahlen bringt einen weiteren Mehrwert der täglichen Neugewichtungsfrequenz zum Ausdruck.

Schließlich lässt sich an dieser Stelle ein zweites Zwischenresümee ziehen. Im Hinblick auf die Forschungsfrage lässt sich festhalten, dass keiner der in diesem Kapitel neu untersuchten 10 VTS unter Verwendung einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 10% signifikant höhere SRs gegenüber der BHS aufweist. Die Nullhypothese wird dementsprechend in allen 10 Fällen beibehalten. Dennoch konnten die Optimierungen die SRs der VTS deutlich steigern. Kapitel 4.1 setzt an diesem Punkt mit weiterführenden Robustheitsanalysen an.

4 Evaluation und Reflektion der empirischen Ergebnisse

In den vorstehenden Kapiteln wurden die Backtesting-Ergebnisse zu ausgewählten VTS dargestellt. Nach Umsetzung der Optimierungsbemühungen zeigen Strategien, welche ein EGARCH(1,1)-Modell und eine tägliche Neugewichtungsfrequenz verwenden eine deutlich, wenn auch nicht statistisch signifikant höhere SR. Diese Variante der VTS soll im Folgenden Robustheitsanalysen unterzogen werden. Ferner sollen Erklärungen für das Ergebnis gefunden, Limitationen im Backtesting-Design aufgezeigt und VTS kritisch gewürdigt werden.

4.1 Robustheitsanalysen

Die erste Robustheitsanalyse befasst sich mit den angewandten Skalierungsfaktoren für das Aktiengewicht. Es ist opportun anzunehmen, dass einige institutionelle Investoren mit Restriktionen in der Hebelung des Aktiengewichts konfrontiert sind¹⁸⁷ und somit Schwierigkeiten in der Umsetzung der bisherigen VTS-Varianten haben. Schließlich verwendet das EGARCH(1,1)-Modell mit täglicher Neugewichtungsfrequenz bei der DVTS (KVTS15) einen durchschnittlichen Skalierungsfaktor für das Aktiengewicht von ca. 1,28 (1,29), wobei der sich im Zeitverlauf ergebende maximale Hebel bei 3,31 (3,76) liegt.

Dies zum Anlass genommen, zeigen Tabellen 17 und 18 die Ergebnisse, wie sie sich bei maximalen Skalierungsrestriktionen von 1, 1,5 und 2 ergeben würden.¹⁸⁸ Ablesbar sind persistente SR-Verbesserungen gegenüber der BHS unabhängig von den gewählten Skalierungsrestriktionen. Dennoch zeigen sich qualitative Unterschiede im Ausmaß der Verbesserungen. So erzielen die Strategien, welche gänzlich ohne Kreditaufnahme agieren in beiden VTS eine niedrigere SR gegenüber ihren gehebelten Pendanten. Bei der DVTS führt die Einführung der Skalierungsrestriktionen von 1,5 und 2 zu besseren SR-Realisierungen gegenüber der unlimitierten Variante. Diese sind unter Anwendung einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% signifikant von 0 verschieden.

¹⁸⁷ Vgl. Asness, C. S. et al., Skalierungsbeschränkungen, 2012, S. 55-56; Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 92; Frazzini, A., Pedersen, L. H., Beta, 2014, S. 1.

¹⁸⁸ Bei den Skalierungsrestriktionen von 1,5 und 2 können die Skalierungsfaktoren punktuell durch einen positiven Wertentwicklungspfad die jeweilige Schwelle überschreiten. Die nächste aktive Neugewichtung würde dieses Übergewicht wieder abbauen. Konstruktionsbedingt kann eine VTS mit einer Skalierungsrestriktion von 1 die gesetzte Schwelle nicht übersteigen.

Mit Fokus auf die VTS mit einem maximalen Hebel von 1 fällt auf, dass die Einführung der konservativen Skalierungsrestriktion die Portfolioumsätze und in der Folge auch die Transaktionskosten der Strategien merklich reduzieren. Gegenüber der unlimitierten Version reduzieren sich die kumulierten Handelskosten für den gesamten Backtesting-Zeitraum bei der DVTS (KVTS15) um 47% (34%). Bei Betrachtung der Tabellen 17 und 18 fällt ferner auf, dass sich die angewandten Skalierungsrestriktionen in den meisten Fällen auch positiv auf die realisierten Risikokennzahlen auswirken. Volatilitäten und Downward-Capture Ratios können bei allen die Hebelung restringierende Varianten gegenüber den unlimitierten Pendanten reduziert werden. Die VaR- und CVaR-Werte sowie die MDDs sind entweder auf dem gleichen Niveau oder ebenfalls vermindert.

In Summe lässt sich demnach konstatieren, dass die in Kapitel 3.3 festgestellten SR-Verbesserungen robust gegenüber der Einführung von Skalierungsrestriktionen sind. Die Einführung führt partiell sogar zu nochmals höheren SRs.

Die zweite Robustheitsanalyse bezieht sich ausschließlich auf die KVTS. Analysiert wird, wie sich die Strategie in Bezug auf ein variierendes konstantes Volatilitätsziel verhält. Tabelle 19 zeigt die Ergebnisse hierzu. Auch hier sind die SR-Verbesserungen gegenüber der BHS persistent für alle konstanten Volatilitätsziele. Gegenüber der KVTS15 verbessert eine Reduktion des konstanten Volatilitätsziels zusätzlich die SR. So steht die SR der KVTS10 (KVTS12,5) mit 0,298 (0,286) einer Realisierung von 0,268 bei der KVTS15 gegenüber. Umgekehrt erweisen sich die SRs der KVTS17,5 bzw. KVTS20 mit 0,254 bzw. 0,238 niedriger gegenüber der Ausgangsparametrisierung. Statistisch signifikante SR-Unterschiede zur BHS lassen sich dennoch in keiner der betrachteten Varianten beobachten.

Interessant ist ferner, dass sich Portfolioumschlag, Transaktionskosten, Marktbeta sowie alle Risikokennzahlen (Volatilität, VaR, CVaR, MDD, Downward-Capture Ratio) in monoton steigender Abhängigkeit vom verwendeten Volatilitätsziel bewegen. Auf die Form der empirischen Renditeverteilung hat das veränderte Volatilitätsziel dagegen kaum Einfluss. Schiefe- und Wölbungs-Koeffizienten unterscheiden sich nur marginal von der KVTS15.

Die dritte Robustheitsanalyse adressiert den denkbaren Vorwurf, dass sich die bisher dargestellten SR-Verbesserungen nur aus einem glücklich gewählten Backtesting-Zeitraum ergeben. Eine Teilstichproben-Analyse soll die Robustheit der Ergebnisse im Zeitverlauf prüfen. Um ein umfassendes Verständnis zu erhalten,

werden SRs für täglich rollierende 5-jährige, 10-jährige, und 15-jährige Halteperioden berechnet. Damit sind alle in Bezug auf die gewählten Halteperioden möglichen Einstiegszeitpunkte in der Analyse enthalten.

	ACWI BHS	ACWI DVTS	ACWI DVTS	ACWI DVTS	ACWI DVTS
	-	EG	EG	EG	EG
Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	-	1D	1D	1D	1D
	1	NL	1	1,5	2
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,28	0,92	1,17	1,26
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,08	0,08	0,08	0,08
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,36	0,00	-0,25	-0,34
Anzahl Neugewichtungen	1,00	2933	769	3371	2995
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,10	0,09	0,05	0,09
Ø Umschlag p.a.	0,05	14,34	3,12	8,31	12,69
kumul. geom. Rendite	1,70	3,68	2,20	3,51	3,85
davon Aktien-Beitrag	1,75	4,45	2,29	3,95	4,54
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,18	0,00	-0,13	-0,18
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,10	-0,06	-0,09	-0,10
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,55	-0,08	-0,28	-0,47
geom. Rendite p.a.	0,048	0,076	0,057	0,074	0,078
Volatilität p.a.	0,164	0,158	0,126	0,148	0,156
Sharpe Ratio p.a.	0,175	0,353	0,295	0,366	0,369
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,132	0,223	0,079	0,094
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,87	0,93	0,90	0,88
Beta (MF1)	1	0,84	0,72	0,81	0,84
Beta (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alpha (MF1) (annualisiert)	-	0,02	0,00	0,01	0,02
Alpha (MF1) (p-Wert)	-	0,38	0,93	0,35	0,33
Bestimmtheitsmaß (MF1)	-	0,76	0,87	0,81	0,77
RESET-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	0,09	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,075	0,069	0,074	0,075
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,127	0,097	0,089	0,095	0,097
max. Drawdown	0,585	0,513	0,485	0,512	0,513
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1480	1413	1477	1455	1413
Upward-Capture Ratio	1,00	1,09	0,85	1,02	1,08
Downward-Capture Ratio	1,00	1,07	0,84	1,00	1,06
Schiefe	-0,42	-0,38	-0,33	-0,38	-0,39
Wölbung	13,25	5,45	5,27	5,24	5,37
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 17: Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen DVTS unter Verwendung unterschiedlicher Skalierungsrestriktionen, Datenquelle: Refinitiv Eikon

	ACWI BHS	ACWI KVTS15 EG	ACWI KVTS15 EG	ACWI KVTS15 EG	ACWI KVTS15 EG
<i>Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)</i>	-	1D	1D	1D	1D
	1	NL	1	1,5	2
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,29	0,93	1,16	1,26
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,07	0,07	0,07	0,07
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,36	0,00	-0,24	-0,33
Anzahl Neugewichtungen	1,00	2878	732	3303	2938
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,11	0,08	0,05	0,09
Ø Umschlag p.a.	0,05	14,73	2,92	8,48	12,31
kumul. geom. Rendite	1,70	2,45	1,67	2,07	2,28
davon Aktien-Beitrag	1,75	3,13	1,77	2,47	2,88
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,23	0,00	-0,13	-0,20
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,08	-0,05	-0,07	-0,08
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,41	-0,07	-0,22	-0,34
geom. Rendite p.a.	0,048	0,060	0,048	0,055	0,058
Volatilität p.a.	0,164	0,152	0,124	0,143	0,150
Sharpe Ratio p.a.	0,175	0,268	0,228	0,245	0,256
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,442	0,692	0,561	0,504
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,88	0,93	0,90	0,88
Beta (MF1)	1	0,81	0,71	0,79	0,81
Beta (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alpha (MF1) (annualisiert)	-	0,00	-0,01	0,00	0,00
Alpha (MF1) (p-Wert)	-	0,90	0,49	0,84	1,00
Bestimmtheitsmaß (MF1)	-	0,77	0,87	0,81	0,78
RESET-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,078	0,070	0,076	0,078
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,127	0,097	0,090	0,096	0,097
max. Drawdown	0,585	0,548	0,493	0,539	0,547
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1480	1520	1521	1522	1520
Upward-Capture Ratio	1,00	1,06	0,85	1,00	1,05
Downward-Capture Ratio	1,00	1,06	0,84	0,99	1,04
Schiefe	-0,42	-0,46	-0,38	-0,45	-0,47
Wölbung	13,25	4,90	4,83	4,84	4,89
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 18: Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen KVTS15 unter Verwendung unterschiedlicher Skalierungsrestriktionen, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI
	BHS	KVTS10	KVTS12,5	KVTS15	KVTS17,5	KVTS20
	-	EG	EG	EG	EG	EG
	-	1D	1D	1D	1D	1D
	1	NL	NL	NL	NL	NL
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	0,86	1,07	1,29	1,51	1,72
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,23	0,13	0,07	0,04	0,03
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,08	-0,20	-0,36	-0,55	-0,75
Anzahl Neugewichtungen	1,00	1949	2439	2878	3349	3707
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12
Ø Umschlag p.a.	0,05	8,36	11,41	14,73	18,18	21,72
kumul. geom. Rendite	1,70	1,77	2,14	2,45	2,77	3,01
davon Aktien-Beitrag	1,75	2,02	2,60	3,13	3,67	4,12
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,09	0,05	0,02	0,01	0,01
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,06	-0,13	-0,23	-0,33	-0,44
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,05	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,23	-0,31	-0,41	-0,50	-0,58
geom. Rendite p.a.	0,048	0,050	0,056	0,060	0,065	0,068
Volatilität p.a.	0,164	0,101	0,126	0,152	0,177	0,203
Sharpe Ratio p.a.	0,175	0,298	0,286	0,268	0,254	0,238
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,416	0,414	0,442	0,449	0,471
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Beta (MF1)	1	0,54	0,68	0,81	0,95	1,08
Beta (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alpha (MF1) (annualisiert)	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alpha (MF1) (p-Wert)	-	0,87	0,86	0,90	0,91	0,93
Bestimmtheitsmaß (MF1)	-	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
RESET-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,051	0,065	0,078	0,091	0,104
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,127	0,065	0,082	0,097	0,113	0,130
max. Drawdown	0,585	0,383	0,466	0,548	0,615	0,672
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1480	1414	1502	1520	1525	1584
Upward-Capture Ratio	1,00	0,71	0,89	1,06	1,24	1,42
Downward-Capture Ratio	1,00	0,70	0,88	1,06	1,24	1,42
Schiefe	-0,42	-0,46	-0,46	-0,46	-0,46	-0,46
Wölbung	13,25	4,91	4,89	4,90	4,90	4,87
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 19: Backtesting-Ergebnisse der auf den ACWI bezogenen KVTS unter Verwendung verschiedener konstanter Volatilitätsziele, Datenquelle: Refinitiv Eikon

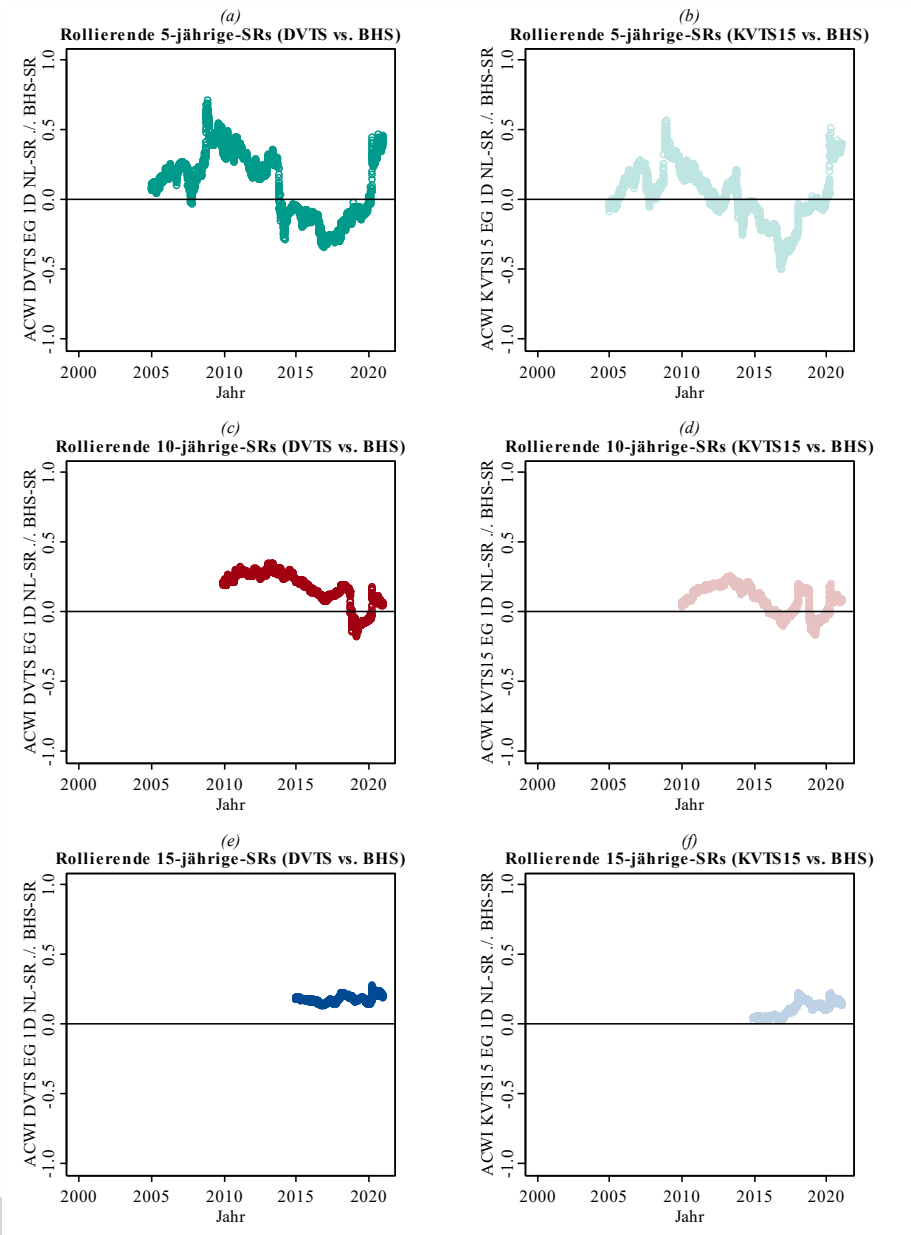


Abb. 27: Sharpe-Ratio-Differenzen der auf den ACWI bezogenen VTS in Abhängigkeit von der Halteperiode, Datenquelle: Refinitiv Eikon

	ACWI DVTS EG 1D NL	ACWI KVTS15 EG 1D NL
<i>Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)</i>		
5-jährige Halteperioden		
Anzahl der Halteperioden	4051	4051
SR der Strategie > SR der BHS (Anzahl)	2468	2142
Anteil	0,61	0,53
10-jährige Halteperioden		
Anzahl der Halteperioden	2791	2791
SR der Strategie > SR der BHS (Anzahl)	2434	2106
Anteil	0,87	0,75
15-jährige Halteperioden		
Anzahl der Halteperioden	1531	1531
SR der Strategie > SR der BHS (Anzahl)	1531	1531
Anteil	1,00	1,00

Tab. 20: Auswertung zu den Sharpe-Ratio-Differenzen in Abhängigkeit von der Halteperiode, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Abbildung 27 stellt das Ergebnis grafisch dar. Punkte oberhalb (unterhalb) der horizontalen 0-Linie repräsentieren Halteperioden, in denen die VTS eine höhere (niedrigere) SR gegenüber der BHS erreicht hat. Dabei sind die gezeichneten Punkte auf der Zeitachse so sortiert, dass sie die Endpunkte der Halteperioden markieren. Tabelle 20 stellt das zur Abbildung gehörige aggregierte Zahlenwerk dar.

Aus der gemeinsamen Betrachtung ist erkennbar, dass die Länge der verwendeten Halteperiode einen positiven Einfluss auf das relative Verhältnis der VTS-SR zur BHS-SR hat. Während bei den auf die DVTS (KVTS15) angewandten 5-jährigen Halteperioden lediglich 61% (53%) der SRs über denen der BHS liegen, steigt das Verhältnis bei den 10-jährigen Halteperioden bereits auf 87% (75%). Bei den 15-jährigen Halteperioden sind unabhängig vom Einstiegszeitpunkt alle SRs bei der VTS größer als die der BHS. Abbildungsbereiche (a) bis (d) aus Abbildung 27 verdeutlichen ferner, dass die Inklusion der Finanzkrise 2008/2009 und des Kalenderjahres 2020 (COVID-19-Krise) positiv auf das relative Verhältnis der VTS-SR zur BHS-SR wirkt.

In Summe zeichnet sich demnach ein heterogenes Bild in der Teilstichproben-Analyse in Abhängigkeit von der verwendeten Halteperiode. Während sich die SR-Verbesserungen bei den rollierenden 15-jährigen Halteperioden uneingeschränkt robust erweisen, kann dies für die rollierenden 10-jährigen und 5-jährigen Halteperioden nicht beobachtet werden. Zudem wird ersichtlich, dass die Inklusion bestimmter Marktphasen hohen Einfluss auf die erzielte risikoadjustierte Rendite relativ zur BHS hat. Dieses Ergebnis ist kritisch zu werten, da es den Vorwurf zulässt, dass der Erfolg der Strategie vom gewählten Backtesting-Zeitraum abhängt.¹⁸⁹

Die vierte Robustheitsanalyse bezieht sich auf den verwendeten Basiswert. Wie in Kapitel 3.1 bereits angeführt, soll im Folgenden der Frage nachgegangen werden, ob die SR-Verbesserungen auch für die beiden Sub-Indizes des ACWI, dem WORLD und EM, beobachtet werden können. Die Backtesting-Ergebnisse zu dieser Analyse finden sich in Tabelle 21.

Insgesamt finden sich viele Parallelen zu den auf den ACWI bezogenen Erkenntnissen. So bewirkt die Anwendung der VTS auch beim WORLD und EM in 3 von 4 Fällen eine durchschnittlich gehebelte Investition in Aktien. Beim WORLD liegt der durchschnittliche Skalierungsfaktor für die DVTS (KVTS15) bei 1,28 (1,28) und beim EM bei 1,22 (1,00). Die niedrigere Hebelung bei der KVTS15 des EM ist darauf zurückzuführen, dass das Volatilitätsziel von 15% vor dem Hintergrund der ursprünglich höheren Volatilität des EM (vgl. Kapitel 3.1) deutlich risikomindernd wirkt.

Auch beim EM und WORLD ist die Umsetzung der VTS-EGARCH(1,1)-Variante mit täglicher Neugewichtungsfrequenz mit hohen jährlichen Portfolioumschlägen und in der Konsequenz mit hohen Transaktionskosten verbunden. Auffällig sind die ausgewiesenen Handelskosten bei den EM-Varianten von 100% bzw. 63%, welche sich trotz niedrigerem Portfolioumschlag höher gegenüber den WORLD-Varianten mit 43% und 29% darstellen. Diese Beobachtung lässt sich dadurch erklären, dass die Geld-Brief-Spreads des EM-ETFs insbesondere im ersten Jahrzehnt des Backtesting-Zeitraums über denen der ACWI- und WORLD-Pendants liegen.

¹⁸⁹ Vgl. White, H., „Data-Snooping“, 2000, S. 1097-1099.

	WORLD BHS	WORLD DVTS	WORLD KVTS15	EM BHS	EM DVTS	EM KVTS15
<i>Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)</i>	-	EG	EG	-	EG	EG
	-	1D	1D	-	1D	1D
	1	NL	NL	1	NL	NL
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,28	1,28	1,00	1,22	1,00
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,08	0,08	0,00	0,06	0,12
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,36	-0,35	0,00	-0,28	-0,12
Anzahl Neugewichtungen	1	3005	2942	1	2780	2321
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,10	0,11	1,00	0,10	0,09
Ø Umschlag p.a.	0,05	14,93	15,13	0,05	13,72	10,09
kumul. geom. Rendite	1,68	3,41	2,22	3,17	6,04	4,93
davon Aktien-Beitrag	1,73	4,06	2,77	3,25	7,31	5,72
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,05	0,02	0,00	0,08	0,09
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,18	-0,21	0,00	-0,19	-0,13
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,09	-0,07	-0,08	-0,16	-0,11
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,43	-0,29	0,00	-1,00	-0,63
geom. Rendite p.a.	0,048	0,073	0,057	0,070	0,097	0,088
Volatilität p.a.	0,167	0,160	0,151	0,190	0,192	0,151
Sharpe Ratio p.a.	0,170	0,330	0,246	0,263	0,400	0,448
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,180	0,551	-	0,166	0,099
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	1,00	0,87	0,87	1,00	0,91	0,91
Beta (MF1)	1,00	0,84	0,79	1,00	0,92	0,72
Beta (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01
Alpha (MF1) (annualisiert)	-	0,01	0,00	-	0,01	0,02
Alpha (MF1) (p-Wert)	-	0,44	1,00	-	0,55	0,40
Bestimmtheitsmaß (MF1)	-	0,76	0,76	-	0,83	0,82
RESET-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (MF1) (p-Wert)	-	0,03	<0,01	-	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	-	<0,01	0,02
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,081	0,073	0,075	0,105	0,104	0,086
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,125	0,096	0,095	0,153	0,134	0,107
max. Drawdown	0,579	0,517	0,546	0,653	0,564	0,488
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1396	1438	1569	2470	1017	990
Upward-Capture Ratio	1,00	1,09	1,05	1,00	1,10	0,89
Downward-Capture Ratio	1,00	1,07	1,04	1,00	1,08	0,87
Schiefe	-0,41	-0,41	-0,51	-0,34	-0,18	-0,27
Wölbung	13,54	5,53	5,13	10,71	4,63	3,94
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tab. 21: Backtesting-Ergebnisse der auf den WORLD und EM bezogenen VTS,
Datenquelle: Refinitiv Eikon

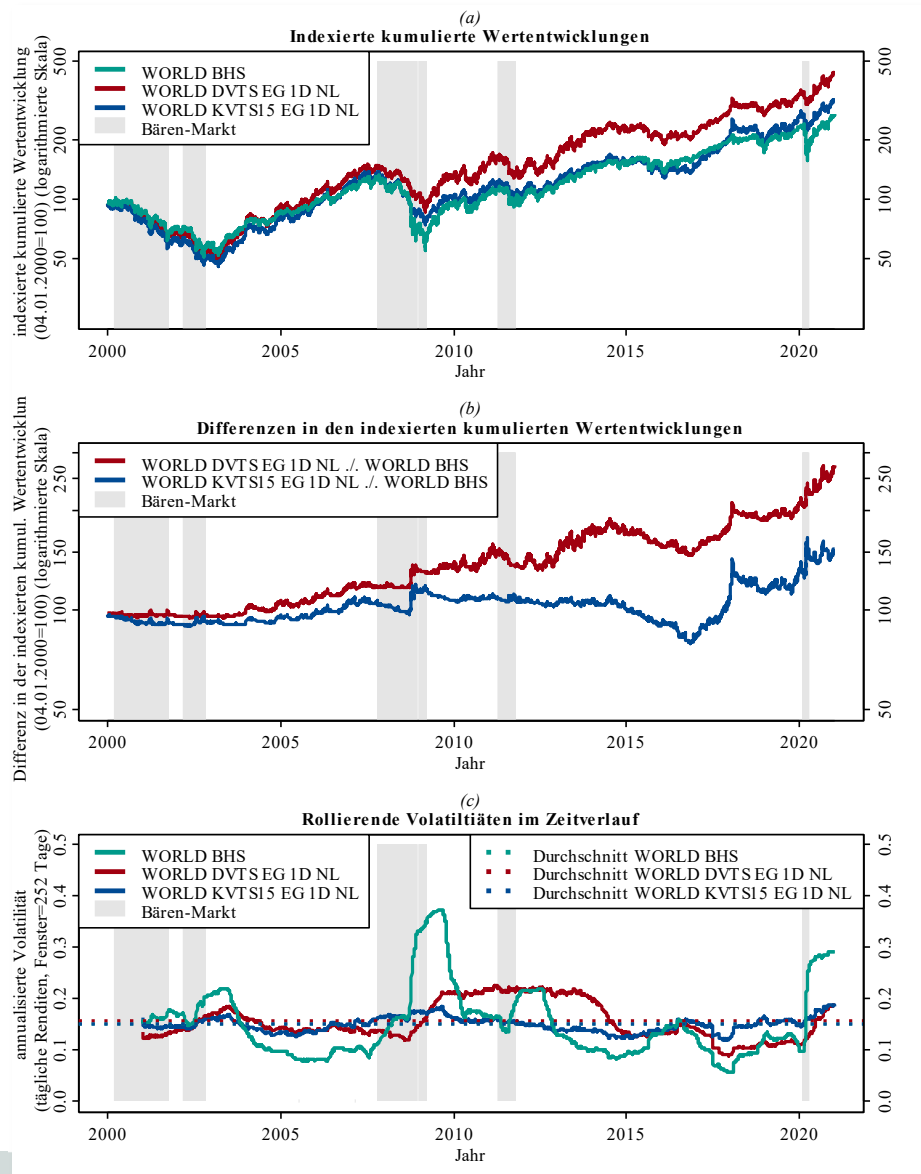


Abb. 28: Kumulierte Renditen und Volatilitäten der auf den WORLD bezogenen Strategien im Zeitverlauf (EGARCH(1,1)-Modell mit täglicher Neugewichtungsfrequenz), in Anlehnung an: Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 37, Alighanbari, M. et al., Konstruktion Volatilitätsstrategien, 2016, S. 29-30, Datenquelle: Refinitiv Eikon

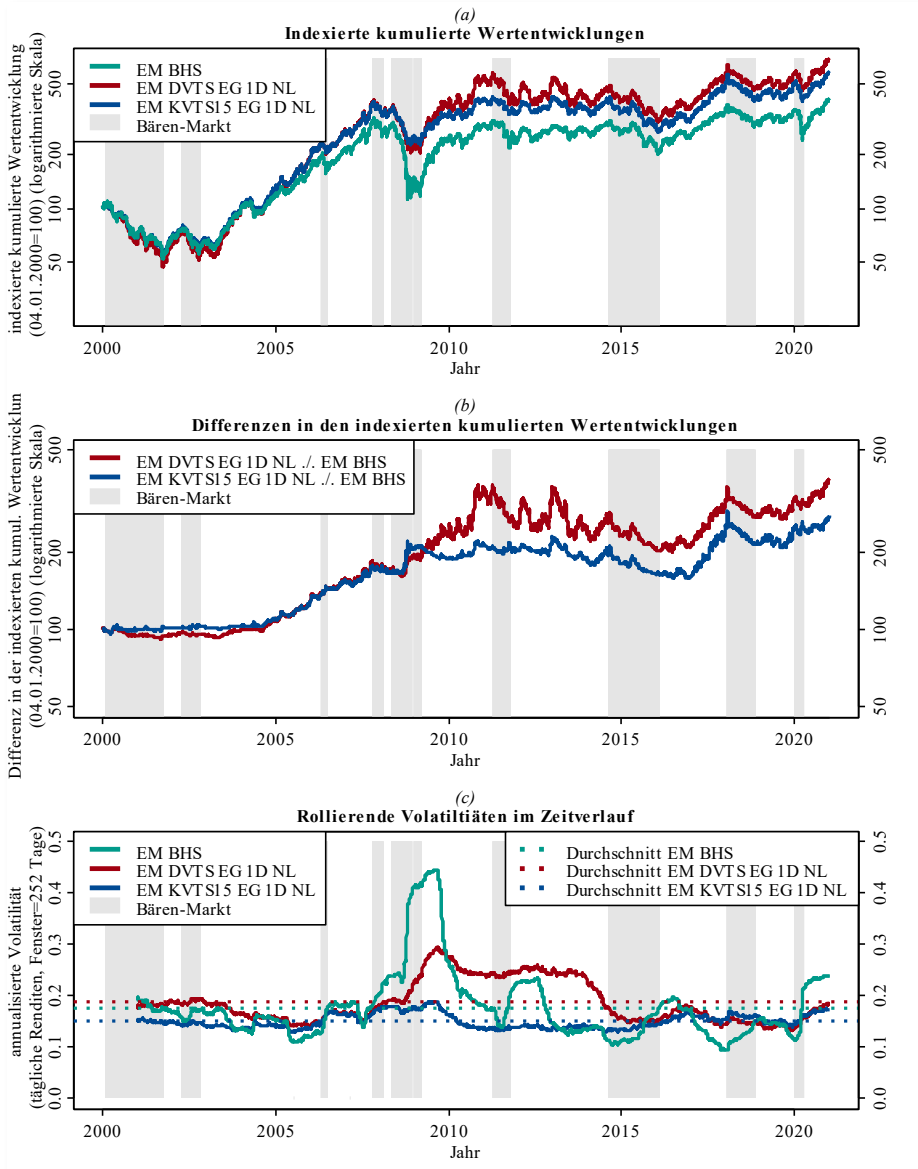


Abb. 29: Kumulierte Renditen und Volatilitäten der auf den EM bezogenen Strategien im Zeitverlauf (EGARCH(1,1)-Modell mit täglicher Neugewichtungsfrequenz), in Anlehnung an: Füss, R. et al., Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014, S. 37, Alighanbari, M. et al., Konstruktion Volatilitätsstrategien, 2016, S. 29-30, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Vor allem durch die bessere Entwicklung des EM gegenüber dem WORLD (vgl. Kapitel 3.1) sind die hierauf bezogenen kumulierten Renditen der BHS und VTS deutlich höher als die der WORLD-Pendants. In der Reihenfolge BHS, DVTS und KVTS15 wird über den gesamten Backtesting-Zeitraum eine kumulierte Rendite von 317%, 604% und 493% beim EM erreicht, während die auf den WORLD bezogenen Strategien hier auf 168%, 341% und 222% kommen.

Trotz der im Durchschnitt angewandten Hebelung des Aktiengewichts liegen die realisierten Volatilitäten bei allen VTS aus Tabelle 21 gegenüber der BHS auf weitgehend konstantem oder niedrigerem Niveau. Zusammen mit den durchgängig höheren annualisierten geometrischen Renditen können so höhere SRs gegenüber der BHS ausgewiesen werden. Im Falle der auf den EM bezogenen KVTS15 weist der Signifikanztest zur Gleichheit der SRs unter Verwendung einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% einen signifikant von 0 verschiedenen SR-Unterschied auf.

Analog zum ACWI bewirken die VTS neben der Reduktion der realisierten Volatilitäten auch risikomindernd auf weitere Risikokennzahlen. Die VaR-Werte, CVaR-Werte, MDDs und Wölbungs-Koeffizienten zeichnen sowohl beim WORLD als auch beim EM ein homogenes Bild. Sie können sowohl bei der DVTS als auch bei der KVTS15 gegenüber der BHS reduziert werden. Die Downward-Capture Ratios treten demgegenüber in 3 von 4 Fällen offensiver auf. Nur bei der KVTS15 bezogen auf den EM ist die Verhältniskennzahl gegenüber der BHS niedriger.

Die Abbildungen 28 und 29 zeigen schließlich die indexierten kumulierten Wertentwicklungen und Volatilitäten der auf den WORLD und EM bezogenen Strategien im Zeitverlauf. Die Resultate des WORLD bedürfen kaum weiterer Erklärungen. Aufgrund der großen Schnittmenge zum ACWI (vgl. Kapitel 3.1) ähneln die in Abbildung 28 dargestellten zeitlichen Verläufe denen des ACWI. Beim Betrachten der zeitlichen Verläufe zu den auf den EM bezogenen Strategien in Abbildung 29 lassen sich hingegen einige Abweichungen zum ACWI bzw. WORLD erkennen. Abbildungsbereich (a) verdeutlicht zunächst die bereits angesprochene höhere Performance des EM gegenüber dem ACWI und WORLD. Ein nennenswerter Anteil der kumulierten Rendite entfällt auf den Zeitraum Anfang 2003 bis Ende 2007. In diesen 5 Jahren kann sich der Vermögenswert knapp vervierfachen. Die sich anschließenden Jahre 2008 bis 2020 weisen grundsätzlich ebenfalls einen positiven Wachstumstrend auf, die Wachstumsraten sind hier jedoch gegenüber der zuvor genannten Periode deutlich abgeflacht. Ferner unterstreicht die aus Ab-

bildungsbereich (a) erkennbare höhere Anzahl an Bären-Markt-Phasen im Backtesting-Zeitraum den volatileren Indexverlauf des EM gegenüber dem ACWI und WORLD.

Weiterführend zeigt Abbildungsbereich (b), dass sich die Wertentwicklungs-Differenzen zwischen VTS und der BHS im Vergleich zum ACWI und WORLD auf einem deutlich höheren Niveau bewegen. In der Spitze beträgt die kumulierte geldwertige Outperformance der DVTS gegenüber der BHS das ca. Dreifache des Startkapitals. Insbesondere bei der DVTS erweisen sich die Differenzen in den indexierten kumulierten Wertentwicklungen jedoch als volatil gegenüber denen des WORLD und EM.

Schließlich zeichnet Abbildungsbereich (c) der Abbildung 29, dass der rollierende Volatilitätsverlauf durch die Anwendung beider VTS deutlich stabilisiert werden kann. Die Standardabweichung der rollierenden Volatilität liegt bei der DVTS (KVTS15) bei 4,1% (1,4%), während sie bei der BHS bei 6,8% liegt. Im Falle der KVTS15 kann auch das Niveau der rollierenden Volatilität deutlich reduziert werden. So liegt der Mittelwert der rollierenden 1-jährigen SMA-Volatilität bei der KVTS15 bei 15,0%, während sie bei der BHS bei 17,7% zu verorten ist.

Unterm Strich kann festgehalten werden, dass die Backtesting-Ergebnisse robust gegenüber dem Wechsel des Basiswertes zum WORLD und EM sind. Beim EM ergeben sich nochmals höhere SR-Verbesserungen. Im Falle der KVTS15 kann hier ein zur Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% statistisch signifikanter SR-Unterschied zur BHS ausgewiesen werden.

Abschließend vergleicht Abbildung 30 die SRs der untersuchten Strategien für verschiedene Analysewährungen. Dazu werden die SRs der im Anhang 2 bis 7 aufgeführten Strategien (75) zusammen mit den dazugehörigen USD-Pendants (25) dargestellt. Erkennbar ist, dass die risikoadjustierten Renditen der USD- und JPY-Strategien im Durchschnitt höher liegen als die der EUR- und GBP-Strategien. In der Reihenfolge USD, EUR, GBP und JPY liegt der Durchschnitt der SRs bei 0,27, 0,16, 0,19 und 0,27. Darüber hinaus wird ersichtlich, dass der Erfolg der VTS relativ zu den BHS heterogen ausfällt. Die VTS-SRs sind beim USD in 18, beim EUR in 14, beim GBP in 8 und beim JPY in 12 aus jeweils 22 Fällen höher als die der BHS. Statistisch signifikante SR-Unterschiede lassen sich in keiner Währung außerhalb des USD feststellen. Demnach ist die in vielen Fällen in USD feststellbare höhere SR nicht robust gegenüber einem Wechsel der Analysewährung. Als übergeordnete Feststellung lässt sich ferner festhalten, dass der Wechsel in eine andere Währung die Volatilität des Aktieninvestments im Durchschnitt steigert. Im

Mittel wird dieses höhere Risiko nur bei den JPY-Strategien in Form höherer Überschussrenditen vergütet.

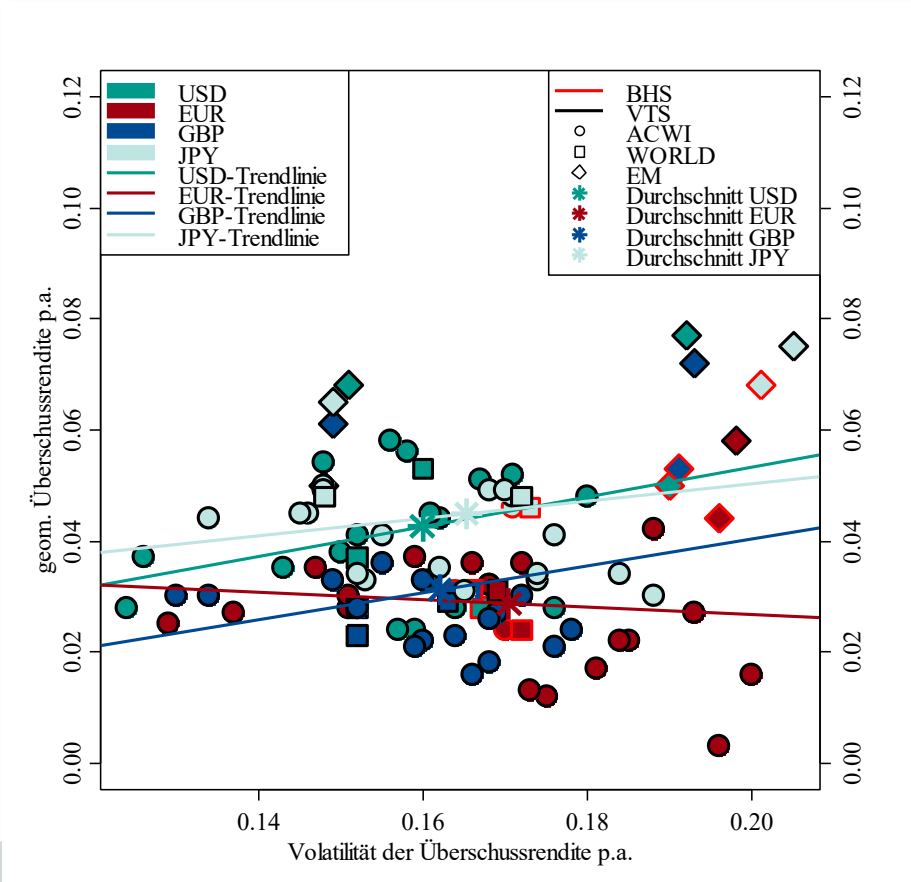


Abb. 30: Sharpe-Ratios der unterschiedlichen Strategien in Abhängigkeit von der Analysewährung im Vergleich, Datenquelle: Refinitiv Eikon

Um die Zahlen aus Abbildung 30 richtig einzuordnen, sei explizit darauf hingewiesen, dass die dargestellten annualisierten geometrischen Renditen und Volatilitäten sich auf die Überschussrendite beziehen. Bei Betrachtung der Anhänge 2 bis 7 fällt auf, dass das „herkömmliche“ Renditemaß insbesondere bei den in JPY denominierten Strategien deutlich niedriger ausfällt als bei den anderen Strategien. Dennoch zeigt Abbildung 30, dass diese Strategien die im Durchschnitt

höchsten Überschussrenditen erzielen. Der scheinbare Dissens lässt sich dadurch auflösen, dass der risikolose Zinssatz der JPY-Währung über den betrachteten Backtesting-Zeitraum im Durchschnitt deutlich niedriger ausfällt, als bei den anderen Währungen. So liegt der Mittelwert des risikolosen Zinssatzes für den JPY bei 0,14%, während er beim USD bei 1,86%, beim EUR bei 1,47% und beim GBP bei 2,40% liegt.

Schließlich fällt bei Betrachtung von Abbildung 30 auf, dass die Rendite-Risiko-Beziehung der EUR-Strategien gemessen an der dargestellten Trendlinie negativ ist. Die Inkaufnahme zusätzlicher Volatilität führt demnach zu einer niedrigeren Überschussrendite. Dieses Resultat steht im Konflikt zum in Kapitel 2.1 aufgeführten Konzept der Kapitalmarktklinie, welche eine linear positive Beziehung zwischen Risikoprämie und Portfoliovolatilität postuliert.¹⁹⁰ Die Resultate der anderen Analysewährungen stehen hierzu nicht im Konflikt. So weisen die Trendlinien der USD-, GBP- und JPY-Strategien einen positiven Steigungsfaktor auf. Erwähnenswert ist jedoch, dass die Trendlinie der GBP-Strategien unter Ausschluss der beiden Strategien mit der höchsten Volatilität ebenfalls ins Negative drehen würde.

Den Bezug zur Forschungsfrage herstellend, lässt sich an dieser Stelle ein drittes Zwischenfazit ziehen. Insgesamt wurden in diesem Kapitel 14 weitere auf USD denominierte VTS untersucht. Hiervon weisen 3 eine unter Verwendung einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 10% signifikant höhere SR gegenüber der BHS auf. Die Nullhypothese wird entsprechend in 3 Fällen zugunsten der Alternativhypothese verworfen, während sie in 11 Fällen beibehalten wird. Ferner präsentieren die Anhänge 2 bis 7 Backtesting-Resultate zu in EUR, GBP und JPY denominierte VTS. Aus diesen 66 Strategien kann keine signifikant bessere SRs gegenüber den jeweiligen BHS realisieren.

4.2 Erklärungsansätze für die empirischen Resultate

Die vorstehenden Kapitel haben verschiedene VTS untersucht. Unterm Strich konnten viele in USD denominierte Strategien eine höhere SR gegenüber der BHS erzielen. Einschränkend erwies sich der SR-Unterschied jedoch nur in 3 der 26 USD-Strategien als statistisch signifikant. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit möglichen Erklärungsansätzen für die oftmals beobachtete höhere SR.

Beginnend lässt sich konstatieren, dass das gefundene Resultat im Widerspruch zu der These informationseffizienter Kapitalmärkte, sowohl in der schwachen,

¹⁹⁰ Vgl. hierzu auch: Merton, R. C., Rendite-Schätzungen, 1980, S. 324.

halbstrengen als auch in der strengen Form, steht. Hierzu lassen sich zumindest für die halbstrenge Form empirische Befunde anführen, die die These zu informationseffizienten Kapitalmärkten stützen.¹⁹¹

Dagegen widersprechen die höheren risikoadjustierten Renditen der VTS grundsätzlich nicht der moderneren „Efficiently Inefficient Markets“-These von *Pedersen, L. H.*¹⁹² Die These postuliert, dass Liquiditätsanbieter und Investoren mit komparativen Vorteilen gegenüber dem allgemeinen Markt Überschussrenditen erzielen können.¹⁹³ Als möglicher Erklärungsansatz ist die These brauchbar, sie argumentiert dennoch an den Charakteristika der VTS vorbei. Schließlich handelt es sich bei VTS um Längsschnittansätze, deren Umsetzung simpel gegenüber Querschnittansätzen ist (vgl. Kapitel 2.2). Die Anwendung wäre vor diesem Hintergrund auch von semi-professionellen Investoren denkbar und sollte nach der „Efficiently Inefficient Markets“-These keine Überschussrenditen abwerfen.

Das Thema Längsschnittansätze und damit implizit auch das Thema „Timing“ aufgeworfen, stellt sich die Frage, ob langsame Handelsreaktionen der Marktteilnehmer die höheren risikoadjustierten Renditen der VTS erklären können. So wäre es denkbar, dass ein wesentlicher Anteil der Investoren ihre erwartete Rendite verzögert an ein verändertes Niveau der Marktvolatilität anpassen.¹⁹⁴ Im Falle eines Volatilitätsanstiegs würden die Asset-Preise somit verzögert fallen, wodurch sich für Investoren mit schnellerer Reagibilität ein Zeitfenster für die Abschöpfung von Überschussrenditen öffnet. Wird die schnelle Reagibilität als Eigenschaft betrachtet, welche ausschließlich hoch-professionellen Investoren vorbehalten ist, dann ist diese Erklärung kohärent zur „Efficiently Inefficient Markets“-These.

Die Überlegungen zum langsamen Handelsverhalten erfahren Unterstützung durch die in dieser Arbeit gemachte Feststellung, dass ein Wechsel von einer monatlichen zur täglichen Neugewichtungsfrequenz höhere risikoadjustierte Renditen nach sich zieht (vgl. Kapitel 3.3). Zudem steht der Erklärungsansatz im Einklang mit der Tatsache, dass viele Investoren eine feste Neugewichtungsfrequenz

¹⁹¹ Vgl. Fama, E. F., Kapitalmarkteffizienz, 1970, S. 383, 388.

¹⁹² Vgl. Pedersen, L. H., „Efficiently Inefficient“-Hypothese, 2015, S. 3-7.

¹⁹³ Vgl. Pedersen, L. H., „Efficiently Inefficient“-Hypothese, 2015, S. 3-7.

¹⁹⁴ Vgl. Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1640.

(z.B. monatlich oder quartalsweise) für die Umsetzung ihrer Portfoliostrategie anwenden.¹⁹⁵

Ein weiterer möglicher Erklärungsansatz fußt auf der Erkenntnis, dass einige in der Finanzliteratur zu findenden Kapitalmarktanomalien vom Markt nicht arbitriert werden, da die Berücksichtigung realistischer Kostenkomponenten eine Arbitrage unrentabel macht.¹⁹⁶ Hinzu tritt die Überzeugung, dass Anomalien nur begrenzte Aufnahmekapazitäten haben, bis Arbitragebewegungen den Marktpreis auf ein Niveau bringen, bei dem auch der letzte Arbitrageur die Transaktionsausführung als unprofitabel einstufen wird.¹⁹⁷

Die Transaktionskosten-Argumentation gewinnt in Bezug auf VTS an Bedeutung, da empirische Evidenz dazu besteht, dass Transaktionskosten positiv von der Marktvolatilität abhängen.¹⁹⁸ Damit sind Impulsgeber für Portfolioadjustierungen und die Kosten für die Umsetzung unmittelbar miteinander verbunden. Da in dieser Arbeit jedoch realistische Transaktions- und Verwahrkosten für die Umsetzung der VTS angesetzt werden, scheint es unplausibel, dass die Transaktionskosten-Argumentation die höheren risikoadjustierten Renditen der VTS vollständig erklären. Ein Erklärungsbeitrag wird ihr jedoch zugestanden, da die Existenz von Transaktionskosten nachvollziehbar ein passiveres Investorenverhalten fördert.

Neben den Transaktionskosten können auch weitere die Arbitrage beschränkende Aspekte als Erklärungsansätze für die höheren SRs der VTS ins Feld geführt werden. So gelten beispielsweise „Short-Sell“-Beschränkungen und „Arbitrage-Risiken“ als Faktoren, welche die Aktivität von Arbitrageuren hemmen.¹⁹⁹

„Short-Sell“-Beschränkungen beziehen sich auf den Sachverhalt, dass Investoren in ihren Möglichkeiten zu Leerverkäufen restringiert sind. Dies gegeben, würden Asset-Preise systematisch oberhalb des Marktkonsenses liegen, da pessimistische Investoren ihre Positionierung bezüglich des Assets nicht preiswirksam umsetzen können. In diesem Zusammenhang ist davon auszugehen, dass die Streuung der

¹⁹⁵ Vgl. Albeverio, S. et al., Volatilitätsinstrumente, 2013, S. 1522; Brown, R. A., Intelligente Neugewichtung, 2018, S. 31.

¹⁹⁶ Vgl. Novy-Marx, R., Velikov, M., Handelskosten Anomalien, 2016, S. 104-107.

¹⁹⁷ Vgl. Novy-Marx, R., Velikov, M., Handelskosten Anomalien, 2016, S. 128-130.

¹⁹⁸ Vgl. Engle, R. F. et al., Messung Handelskosten, 2012, S. 21-26.

¹⁹⁹ Vgl. Barroso, P., Detzel, A., Arbitrage-Begrenzungen, 2021, S. 745.

erwarteten Renditen mit der Volatilität des Assets zunimmt.²⁰⁰ Damit würden insbesondere volatilere Assets oder Assets in volatileren Marktphasen von der Abwesenheit der Leerverkäufer profitieren.

Das Stichwort „Arbitrage-Risiken“ erfasst den Umstand, dass entgegen der Lehrbuchdefinition die Umsetzung eines Arbitragegeschäfts in der Realität selten vollständig risikolos ist. So sind mit der praktischen Umsetzung eines Arbitragegeschäfts häufig kurzfristige Kapitaleinsätze, Überbrückungen von zeitlichen sowie technischen Marktzugangsbeschränkungen und Übernahmen kurzfristiger Preisrisiken verbunden. Nachvollziehbar lässt sich begründen, dass das „Arbitrage-Risiko“ mit der idiosynkratischen Volatilität des zu handelnden Assets steigt. Dies steht konträr zu theoretischen Rendite-Risiko-Beziehungen klassischer Portfolio- und Faktormodelle, nach denen lediglich die Übernahme von systematischen Risikokomponenten honoriert wird.²⁰¹

Den Einfluss der vorstehend genannten „Short-Sell“-Beschränkungen und „Arbitrage-Risiken“ auf die Rendite volatilitätsgesteuerter Aktienportfolios haben *Barroso, P. und Detzel, A.*²⁰² näher untersucht. In der Arbeit verwenden die Autoren die Inverse des institutionellen Eigentumsanteils einer Aktie als Proxy für die „Short-Sell“-Beschränkungen und die idiosynkratische Volatilität als Proxy für das „Arbitrage-Risiko“. Diese Informationen werden herangezogen, um das Aktienuniversum jeweils in drei Teilportfolios einzuteilen, in denen das Ausmaß der jeweiligen geschätzten Arbitragebeschränkungen (niedrige(r), mittlere(r) und hohe(r) idiosynkratische Volatilität (institutioneller Eigentumsanteil)) als Trennmerkmal verwendet wird. Entgegen der vorstehenden Argumentation erzielen die beiden Portfolios mit den niedrigsten Arbitragebeschränkungen jeweils die höchste Outperformance. Damit wird dargelegt, dass die angeführten „Short-Sell“-Beschränkungen und „Arbitrage-Risiken“ die höhere risikoadjustierte Rendite der VTS nicht erklären können.

Weiterführend ist es auch denkbar, dass die Präsenz von langfristigen Investoren am Kapitalmarkt Erklärungsgehalt für die in dieser Arbeit gemachten Erkenntnisse liefert. Wird ein Anstieg der Volatilität hauptanteilig durch einen Volatilitätsanstieg bei der erwarteten Rendite verursacht, so geht hiermit auch ein langfristig höheres „Mean-Reversion“-Potenzial bei der erwarteten Rendite einher. Während ein kurzfristig orientierter Investor eine solche Rückkehr nicht abwarten

²⁰⁰ Vgl. Miller, E. M., Preiseinfluss Leerverkaufsbeschränkungen, 1977, S. 1151-1156.

²⁰¹ Vgl. Shleifer, A., Vishny, R. W., Limitierungen Arbitrage, 1997, S. 35-38, 49-54.

²⁰² Vgl. Barroso, P., Detzel, A., Arbitrage-Begrenzungen, 2021, S. 759-761.

kann, ist es denkbar, dass ein langfristig orientierter Investor durch das kurzfristig höhere Volatilitätsniveau hindurchschaut. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass der vermutete „Mean-Reversion“-Prozess die niedrigere Risikoprämie in Zeiten höherer Volatilität kompensiert und damit eine Positionsaufrechterhaltung rechtfertigt.²⁰³

Plausibel erscheint schlussendlich auch eine Erklärung die auf ein divergentes Sentiment-Verhalten der Investoren fußt. *Yu, J.* und *Yuan, Y.*²⁰⁴ liefern empirisch Evidenz darüber, dass die Varianzprämie eines Assets sich in Abhängigkeit von vorherrschenden Sentiment-Regimen verhält. Die Autoren verwenden eine lineare Regression unter Hinzunahme einer Dummy-Variablen, um die Varianzprämie für die beiden unterschiedlichen Sentiment-Regime (optimistisches Sentiment vs. pessimistisches Sentiment) zu ermitteln. Dabei wird die Überschussrendite auf ihre konditionelle Varianz regressiert.²⁰⁵ Für die Regime-Kategorisierung wird der von *Baker, M.* und *Wurgler, J.*²⁰⁶ entworfene Sentiment-Index herangezogen. Im Ergebnis stellt sich heraus, dass die Überschussrendite-Varianz-Beziehung in pessimistischen Sentiment-Regimen signifikant positiv ist, während in optimistischen Sentiment-Regimen kein signifikanter Richtungszusammenhang erkennbar ist.²⁰⁷ Als Erklärung für diese Beobachtung wird die These angeführt, dass irrationale Sentiment-Investoren das Abschmelzen der Varianzprämie in optimistischen Sentiment-Regimen verursachen, da sie einseitig in optimistischen Marktphasen Assets kaufen, nicht jedoch die Bereitschaft oder Fähigkeiten zum Leerverkauf von Assets aufweisen.²⁰⁸ Damit steckt aus Sicht eines Mittelwert-Varianz-Investors ökonomischer Wert in der Reduktion des Aktiengewichts in den volatileren Phasen eines optimistischen Sentiment-Regimes.²⁰⁹

Aus den Ausführungen wird ersichtlich dass keine eindeutige Erklärung für die höheren risikoadjustierten Renditen der VTS gefunden werden kann. Die angeführten Argumentationen zu den Transaktionskosten, zum langsamen Handelsverhalten, zu der Präsenz von langfristigen Investoren am Kapitalmarkt und zum

²⁰³ Vgl. *Moreira, A., Muir, T.*, Evaluierung Volatilitäts-Timing, 2019, S. 507-509.

²⁰⁴ Vgl. *Yu, J., Yuan, Y.*, Investoren-Sentiment, 2011, S. 367-381.

²⁰⁵ Vgl. *Yu, J., Yuan, Y.*, Investoren-Sentiment, 2011, S. 367-368, 372-373.

²⁰⁶ Vgl. *Baker, M., Wurgler, J.*, Sentiment-Index, 2006, S. 1655-1660.

²⁰⁷ Vgl. *Yu, J., Yuan, Y.*, Investoren-Sentiment, 2011, S. 372-373.

²⁰⁸ Vgl. *Yu, J., Yuan, Y.*, Investoren-Sentiment, 2011, S. 379; *Barroso, P., Detzel, A.*, Arbitrage-Begrenzungen, 2021, S. 760.

²⁰⁹ Vgl. *Barroso, P., Detzel, A.*, Arbitrage-Begrenzungen, 2021, S. 760-762.

divergenten Sentiment-Verhalten scheinen nach den bisherigen empirischen Erkenntnissen jedoch einen Erklärungsbeitrag für die aufgeworfene Frage zu liefern. Weitere Forschungsbemühungen sind indes erforderlich, um die Ursachen präziser zu bestimmen.

4.3 Limitationen im Backtesting-Design und kritische Würdigung

Trotz der Vielzahl an untersuchten VTS und Teilausschnittauswertungen in dieser Arbeit, sind weiterführende Untersuchungen zu VTS denkbar. Anknüpfende Forschungsbemühungen könnten beispielsweise Basiswerterweiterungen ins Auge fassen. So bieten sich in Bezug auf Aktien Untersuchungen zum Verhalten der VTS für verschiedene Faktorprämien an.²¹⁰ Hier unterstützen jüngere Publikationen, die konstatieren, dass VTS insbesondere bei der Momentum-Prämie eine hohe relative Stärke ausweisen.²¹¹ Ob die Outperformance der VTS eine geografische und sektorale Persistenz aufweist, könnte anhand von Untersuchungen zu einzelnen Länder- und Branchenindizes ermittelt werden.

Weiterhin zeigt diese Arbeit auf, dass ein Wechsel des angewandten Volatilitätsmodells nennenswerten Einfluss auf die erzielten risikoadjustierten Renditen der VTS hat. Implizite Volatilitätsmodelle bleiben dabei unberücksichtigt, da so die Wahl des Basiswertes unabhängig von der Existenz gehandelter Optionskontrakte ist.²¹² Dennoch scheint die Inklusion für weitere Untersuchungen denkbar, da diese in der empirischen Literatur als guter Proxy für die zukünftige Volatilität angesehen wird.²¹³ In diesem Zusammenhang stellt auch eine Verkürzung des betrachteten Renditeintervalls einen gangbaren Weg dar. So lässt sich beobachten, dass die Verwendung von Intraday-Renditen (z.B. 5-minütige Renditen) die Prognosegüte eines Volatilitätsmodells erhöhen kann.²¹⁴ Zu beachten ist jedoch, dass die Verfügbarkeit von Hochfrequenz-Daten eingeschränkt sein kann.²¹⁵

²¹⁰ Vgl. Moreira, A., Muir, T., Volatilitätsstrategien, 2017, S. 1619.

²¹¹ Vgl. Daniel, K., Moskowitz, T. J., Momentum Crashes, 2016, S. 233-234; Cederburg, S. et al., Performance Volatilitätsziel-Strategien, 2020, S. 99.

²¹² Vgl. Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Volatilitätsvorhersage, 2005, S. 46-47.

²¹³ Vgl. Christensen, B. J., Prabhala, N. R., Implizite Volatilität, 1998, S. 148; Fleming, J., Vorhersage Volatilität, 1998, S. 341; Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Volatilitätsvorhersage, 2005, S. 46-47.

²¹⁴ Vgl. Andersen, T. G. et al., Intraday-Modellierung, 2003, S. 580; Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Volatilitätsvorhersage, 2005, S. 53-55; Alemany, N. et al., Nutzen Hochfrequenzdaten, 2020, S. 60-63.

²¹⁵ Vgl. Symitsi, E. et al., Vorhersage Kovarianz, 2018, S. 155.

Auch die verwendete Geldmarktposition als risikolose Anlageform ist nicht alternativlos. Motiviert von der Beobachtung, dass Investoren in starken Marktabwärtsphasen in hoch-qualitative liquide Assets flüchten²¹⁶, wäre exemplarisch auch der Einsatz eines Staatsanleihen-Indexes als Umschichtungs-Pendant zur Aktienposition denkbar. Das Korrelationsverhalten könnte hier über multivariate GARCH-Modelle abgebildet werden.²¹⁷ Auf die risikolose Anlageform verzichtend, könnte auch eine Umschichtung innerhalb der gleichen Assetklasse in Erwägung gezogen werden. So weisen Beobachtungen darauf hin, dass Aktien mit hoher Marktkapitalisierung („Large-Stocks“) und Aktien mit hohem Fundamentaltwert („Value-Stocks“) eine relative Stärke in volatilen Marktphasen aufweisen.²¹⁸

Das Aktiengewicht wird in der vorliegenden sowie in den meisten weiteren Arbeiten zu VTS (vgl. Tabelle 2) in monotoner inverser Abhängigkeit zur Marktvolatilität bestimmt. Die Erkenntnisse aus Abbildung 3 in Kapitel 2.2 laden zu einer Modifikation dieses Mechanismus ein. Aus Abbildungsbereich (e) ist erkennbar, dass die erzielten risikoadjustierten Renditen bei hohen vorlaufenden Volatilitätsniveaus wieder beginnen anzusteigen.²¹⁹ Ein alternativer Allokationsmechanismus könnte vor diesem Hintergrund bis zu einem definierten Volatilitäts-Schwellenwert mit einer Reduktion und darüber hinaus mit einer Erhöhung des Aktiengewichts reagieren.

Zuletzt scheint es opportun, das auf eine einmalige Geldanlage zugeschnittene Backtesting-Design zu verlassen, und anstelle dessen ein regelmäßiges Sparverhalten zu beleuchten. Dieser Aspekt hat gewisse praktische Relevanz, da einige Vermögensverwahrstellen an die Gehaltszahlungsfrequenz von Arbeitnehmern gekoppelte Liquiditätszuflüsse erhalten.²²⁰ Denkbar scheint, dass der aus regelmäßigen Sparplänen bekannte „Cost-Average-Effekt“²²¹ Einfluss auf die relativ

²¹⁶ Vgl. Longstaff, F. A., Liquiditätsnachfrage, 2004, S. 524-525; Baur, D. G., Lucey, B. M., Asset-Korrelationen, 2009, S. 351; Beber, A. et al., Sicherheitsnachfrage, 2009, S. 956; Baele, L. et al., Sicherheits-Nachfrageverhalten, 2020, S. 739-740.

²¹⁷ Vgl. Bauwens, L. et al., Multivariate GARCH-Modelle, 2006, S. 79-80.

²¹⁸ Vgl. Copeland, M. M., Copeland, T. E., Faktorrotation, 1999, S. 80.

²¹⁹ Zu ähnlichen Erkenntnissen kommt Benson, R. et al., Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014, S. 95.

²²⁰ Vgl. Statman, M., Regelmäßiges Sparen, 1995, S. 76.

²²¹ Investiert ein Investor periodisch einen konstanten Geldbetrag in ein Wertpapier, so wird er bei schwankenden Marktpreisen mehr (weniger) Anteile erwerben, wenn der Marktpreis niedrig (hoch) ist. Hierdurch liegen die durchschnittlichen Kosten je Anteil immer niedriger als der sich

zu BHS erzielten risikoadjustierten Renditen von VTS hat. In jedem Fall würde der Perspektivwechsel das Verständnis zu den VTS weiter fördern.

Zur kritischen Würdigung der VTS übergehend, muss zunächst konstatiert werden, dass VTS einen vollständigen Asset-Allokations-Prozess nicht ersetzen können. Vielmehr sind sie als Add-on-Mechanismen zu verstehen, welche auf einzelne Portfoliobestandteile angewandt werden können.²²² Dies betont den eher taktischen Charakter von VTS. Entscheidungen zur strategischen Portfoliozusammensetzung bedürfen Überlegungen, welche über die VTS hinausgehen.

Die erste wesentliche Schwäche tritt in Gestalt der aus dem aktiven Umschichtungsverhalten resultierenden hohen Transaktionskosten auf. Gepaart mit den aus der durchschnittlichen Hebelung des Aktiengewichts erwachsenden Fremdkapitalkosten ergibt sich somit ein kontinuierlicher Performanceabrieb, gegen den VTS arbeiten müssen.²²³ Hinzu tritt der Umstand, dass bei den VTS aufgrund ihres im Durchschnitt gehebelten Aktiengewichts im Mittel auch das absolute Ausmaß der 1-periodigen Renditen höher ausfällt. In der geometrischen Verknüpfung kann dieser Umstand zu einem stärkeren Volatilitätswiderstand²²⁴ führen.²²⁵

Ein weiterer Schwachpunkt wird bei Betrachtung der Allokationsmechanismen (vgl. Gleichung (16) und (17)) ersichtlich. Frei jedweder Komplexität lässt sich sagen, dass auf negative Renditen in ruhigen Marktphasen und auf positive Renditen in unruhigen Marktphasen mit einer niedrigeren Performance der VTS gegenüber den BHS zu rechnen ist.²²⁶ Die in den Backtesting-Ergebnissen in vielen Fällen beobachteten höheren risikoadjustierten Renditen der VTS sind vor diesem Hintergrund keineswegs als Garant für zukünftige Ergebnisse zu sehen. Eine zukünftige Häufung der dargestellten Konstellationen wird die relative Performance der VTS negativ tangieren.

Weiterhin werden einige Schwächen der VTS im Rahmen der Robustheitsanalysen aufgedeckt. So sind die relativ zu den BHS höheren risikoadjustierten Performances nur eingeschränkt robust gegenüber Veränderungen der Halteperiode

im Zeitverlauf ergebende Durchschnittspreis (vgl. Smith, G., Artigue, H. M., „Cost-Average-Effekt“, 2018, S. 66).

²²² Vgl. Albeverio, S. et al., Volatilitätsinstrumente, 2013, S. 1527.

²²³ Vgl. Anderson, R. M. et al., Gehebelte Portfolios, 2014, S. 64.

²²⁴ Kapitel 2.3. beschreibt den Begriff des Volatilitätswiderstandes.

²²⁵ Vgl. Cooper, T., Alpha Volatilitätsziel-Strategien, 2010, S. 3-4.

²²⁶ Vgl. Albeverio, S. et al., Volatilitätsinstrumente, 2013, S. 1522.

und Wechsel der Analysewährung. Die mangelnde Persistenz ist als wesentlich einschränkendes Merkmal zu werten, da sie den Vorwurf zulässt, dass der Erfolg der Strategien nicht intrinsisch ist, sondern von einer bestimmten Parameterkonstellation abhängt.²²⁷ Gleichzeitig bietet insbesondere der sich auf die Währung beziehende Kritikpunkt Anknüpfungspunkte für weitere Untersuchungen. So erscheint es beispielsweise interessant nachzuvollziehen, welche Backtesting-Resultate sich unter Verwendung eines währungsabgesicherten Aktienuniversums einstellen würden. In diesem Zusammenhang scheint es auch zielführend, zwischen währungsinduzierter und aktieninduzierter Volatilität zu unterscheiden sowie deren Wechselwirkungen zu untersuchen.

Ferner kann Kritik zur zeitlich verzögerten Reaktion der VTS geäußert werden. Während direkte Absicherungsstrategien über Derivate in der Lage sind, das Vermögen vollständig vor Marktverwerfungen zu schützen, reagieren VTS erst mit zeitlichen Latenzen auf Volatilitätsanstiege. Marktbewegungen zwischen den Neugewichtungszeitpunkten werden mit dem letzten Skalierungsfaktor nachvollzogen, was dem Absicherungsbedürfnis eines Investors entgegenstehen kann.²²⁸

Schließlich können auch Bedenken hinsichtlich des Einflusses der Strategien auf die Stabilität der Kapitalmärkte angeführt werden. So wird in einer von der Europäischen Zentralbank herausgegebenen Publikation²²⁹ darauf hingewiesen, dass VTS neben weiteren Risikosteuerungsansätzen möglicherweise einen prozyklischen Markteinfluss haben können. Damit geht die Befürchtung einher, dass starke Marktbewegungen durch die Umschichtungsmechanismen der Strategien verstärkt werden können.²³⁰ Dieser Aspekt korrespondiert auch zum übergeordneten Kritikpunkt, dass die zunehmende Popularität von passiven Investmentstilen die Volatilität von Finanzinstrumenten fördern kann.²³¹

²²⁷ Vgl. White, H., „Data-Snooping“, 2000, S. 1097-1099.

²²⁸ Vgl. Asvanunt, A. et al., Absicherungsvergleich, 2015, S. 135.

²²⁹ Vgl. Vassallo, D. et al., Effekte VTS, 2020, S. 41-43.

²³⁰ Vgl. Vassallo, D. et al., Effekte VTS, 2020, S. 41-43. In dem Artikel wird jedoch auch darauf hingewiesen, dass die Auswirkungseinschätzung aufgrund einiger unbekannter Faktoren mit Unsicherheiten verbunden ist.

²³¹ Vgl. Ben-David, I. et al., Volatilität ETFs, 2018, S. 2531; Elton, E. J. et al., Passive Fonds, 2019, S. 265.

5 Fazit und Ausblick

Angesichts des sich manifestierenden Niedrigzinsniveaus stehen institutionelle Anleger im Spannungsfeld zwischen der ertragstechnischen Notwendigkeit eines größeren Aktieninvestments und den hieraus erwachsenden höheren Risikoauslastungen. Volatilitätsziel-Strategien (VTS) versuchen in diesem Spannungsfeld zu vermitteln. Ihr Allokationsmechanismus sieht vor, dass Aktien im inversen Verhältnis zur herrschenden Marktvolatilität im Portfolio gewichtet werden. Die Strategien basieren zum einen auf der Annahme, dass die Marktvolatilität über kurze Zeiträume persistent und somit vorhersagbar ist und zum anderen darauf, dass ein negativer Zusammenhang zwischen realisierter Volatilität und nachfolgender Rendite bzw. risikoadjustierter Rendite besteht.

Bisherige Publikationen zeichnen ein heterogenes Bild zur relativen Stärke der VTS gegenüber „Buy-and-Hold“-Strategien (BHS). Die vorliegende Arbeit knüpft hier an und führt Backtesting-Berechnungen zu verschiedenen Varianten der VTS durch. Dazu wird die Forschungsfrage aufgestellt, ob VTS unter Berücksichtigung realistischer Transaktions- und Refinanzierungskosten für einen repräsentativen Aktienindex höhere Sharpe-Ratios gegenüber BHS erzielen können. Im Zentrum der sich von den Jahren 2000 bis 2020 erstreckenden Backtesting-Untersuchungen steht der MSCI All Country World Index. Erkenntnisse zu dessen beiden Sub-Indizes, dem MSCI World Index und MSCI Emerging Markets Index, werden ebenfalls präsentiert.

Die wesentlichen in USD denominierten Backtesting-Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: (1) In 22 von 26 Varianten erzielen VTS höhere Sharpe-Ratios gegenüber BHS. In 3 Fällen ist der Unterschied statistisch signifikant. Entsprechend wird die zur gesetzten Forschungsfrage gehörige Nullhypothese (kein signifikanter Sharpe-Ratio-Unterschied zwischen VTS und BHS) in 23 Fällen beibehalten. (2) Im Durchschnitt sind VTS gehebelt in Aktien investiert. Auf der einen Seite stellt dies einen wesentlichen Treiber für die relative Stärke der Strategien in ausgeprägten Aufwärtstrendphasen des Marktes dar. Auf der anderen Seite entsteht hieraus ein kontinuierlicher Performanceabrieb aus der Fremdkapitalaufnahme. (3) Als Nachteil erweisen sich die höheren Transaktionskosten, welche aus dem aktiven Umschichtungsverhalten der Strategien resultieren. (4) Die Implementierung von VTS reduziert in den meisten Fällen das realisierte Volatilitätsniveau und stabilisiert zusätzlich den zeitlichen Volatilitätsverlauf. (5) In vielen Backtesting-Simulationen fallen die Realisierungen zum Value-at-Risk, zum Conditional Value-at-Risk und zur Downward-Capture Ratio niedriger gegenüber den

ungesteuerten Pendants aus. Auch die Wölbungs-Koeffizienten zu den empirischen Renditeverteilungen können in vielen Fällen deutlich reduziert werden. Systematisch niedrigere maximale Drawdowns lassen sich dagegen nicht beobachten. (6) Die Anwendung von konditionellen Volatilitätsmodellen mündet in höheren risikoadjustierten Renditen gegenüber der Anwendung einfacher gleitender historischer Durchschnitte. EWMA- und EGARCH(1,1)-Modelle stechen hierbei positiv hervor. (7) Auch ein Wechsel von einer monatlichen zu einer täglichen Neugewichtungsfrequenz ist in der Lage, die erzielten Sharpe-Ratios zu erhöhen. (8) Die Länge der verwendeten Halteperiode sowie die Inklusion von Phasen starker Marktkorrekturen (Finanzkrise 2008/2009 und COVID-19-Krise) wirken positiv auf die relativen risikoadjustierten Performances der VTS gegenüber den BHS. Somit sind die Sharpe-Ratio-Verbesserungen nicht persistent gegenüber Veränderungen des Backtesting-Zeitraums. (9) Die Sharpe-Ratio-Verbesserungen sind ebenfalls nicht robust gegenüber Änderungen der Analysewährung. In EUR und GBP denominierte Strategien liegen hinsichtlich des Sharpe-Ratio-Niveaus und der relativen Performance zur BHS hinter den Ergebnissen der USD-Strategien zurück.

Weitere Forschungsbemühungen sind erforderlich, um eine Erklärung für die zu meist beobachteten höheren risikoadjustierten Renditen der VTS gegenüber denen der BHS zu erhalten. Plausibel scheinen zum jetzigen Zeitpunkt Erklärungsansätze, die auf die Existenz von Transaktionskosten, langsamen Handelsverhalten, der Präsenz von langfristigen Investoren am Kapitalmarkt sowie auf ein divergentes Sentiment-Verhalten der Marktteilnehmer basieren.

Trotz der Vielzahl an durchgeführten Backtesting-Simulationen sind weiterführende Untersuchungen zu VTS denkbar. Lohnenswert erscheinen die Erweiterung auf einzelne Faktorprämien sowie Länder- und Branchenindizes, um den Effekt auf die Strategien weiter zu analysieren. Auch die Berücksichtigung impliziter Volatilitäten sowie die Verkürzung des betrachteten Renditeintervalls könnten möglicherweise die Güte der Volatilitätsprognosen verbessern. Zudem könnte die Geldmarktposition durch Staatsanleihen-Indizes o.ä. ersetzt werden. Negative Korrelationseffekte könnten hier möglicherweise zu höheren risikoadjustierten Renditen gegenüber den Ausgangsstrategien führen. Auch eine Abkehr von der monoton inversen Aktiengewichtung in Abhängigkeit von der Marktvolatilität erscheint prüfenswert. Womöglich ist ein U-förmiger Verlauf der Gewichtungen betrachtenswert, d.h. bei sehr hohen Volatilitäten würde der Aktienanteil wieder aufgefahren. Abschließend dürften auch Untersuchungen zum Einfluss eines regelmäßigen Sparverhaltens auf die VTS das Verständnis fördern.

Anhang

Anhang 1: Kennzahlen und Tests zur Evaluierung der Backtesting-Ergebnisse

In den Backtesting-Ergebnissen dieser Arbeit werden verschiedene Performance- und Risikokennzahlen für die Strategiebewertungen herangezogen. Während der Haupttext bereits die angewandten Rendite- und Volatilitätsberechnungen dargestellt hat, stellt dieser Anhang die Berechnungswege weiterer wesentlicher Kennzahlen dar. Für die über die hier angeführten Darstellungen hinausgehenden Sachverhalte sei auf die gängige ökonomische Literatur verwiesen.²³²

Kennzahlen, die sowohl für die VTS als auch für die BHS berechnet werden, sind durch $(\cdot)_v$ indiziert. Sich auf das Verhältnis zueinander beziehende Kennzahlen werden durch $(\cdot)_{VTS}$ bzw. $(\cdot)_{BHS}$ unterschieden. Analog zum Haupttext indiziert t die Handelstage des von 1 bis T laufenden Backtesting-Zeitraums.

Zu einer der etabliertesten Performance-Kennzahlen in der Investmentbranche gehört die Sharpe-Ratio (SR).²³³ Hierzu haben sich unterschiedliche Berechnungsweisen etabliert.²³⁴ Aufgrund der intuitiven Interpretierbarkeit verwendet diese Arbeit für die Performancebeurteilung die annualisierte SR ($SR^{p.a.}$). Zum Ende des Backtesting-Zeitraums ($t = T$) wird diese wie folgt berechnet:²³⁵

$$SR_{v,T}^{p.a.} = \frac{\sqrt{\frac{T}{252}} \sqrt{\prod_{t=1}^T [1 + (R_{v,t} - RF_t)]} - 1}{\sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T \left[(R_{v,t} - RF_t) - \frac{\sum_{t=1}^T (R_{v,t} - RF_t)}{T} \right]^2} * \sqrt{252}} \quad (28)$$

²³² Die Berechnung des Bestimmtheitsmaßes wird beispielsweise von Backhaus, K. et al., *Statistische Methoden*, 2018, S. 77 aufgezeigt. Erläuterungen zum RESET-Test finden sich exemplarisch in Verbeek, M., *Moderne Ökonometrie*, 2017, S. 74. Die Anwendung eines Durbin-Watson-Tests wird beispielhaft von Kähler, J., *Regressionsanalyse*, 2012, S. 73-82 beschrieben. Informationen zum Breusch-Pagan-Test finden sich unter anderem in Asteriou, D., Hall, S. G., *Angewandte Ökonometrie*, 2007, S. 108-110.

²³³ Vgl. Goetzmann, W. et al., *Performancekennzahlen*, 2007, S. 1504.

²³⁴ Vgl. Opdyke, J. D., *Sharpe-Ratio Vergleich*, 2007, S. 310.

²³⁵ Vgl. Sharpe, W. F., *Fonds-Performance*, 1966, S. 122; Sharpe, W. F., *Sharpe-Ratio*, 1994, S. 50-51; Bacon, C. R., *Performancemessung*, 2008, S. 64-67.

Jeweils zum Zeitpunkt t stellen $R_{v,t}$ die Renditen der Strategien und RF_t die risikolosen Zinssätze ausgedrückt als diskrete Renditen dar.

Um die Signifikanz der SR-Differenzen zwischen VTS und BHS zu beurteilen, wird der Test von *Ledit, O.* und *Wolf, M.*²³⁶, wie er im R-Paket „PeerPerformance“²³⁷ umgesetzt wird, herangezogen. Der Test bezieht sich dabei auf die ursprüngliche Berechnungsvariante der SR:²³⁸

$$SR_{v,T} = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (R_{v,t} - RF_t)}{\sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T \left[(R_{v,t} - RF_t) - \frac{\sum_{t=1}^T (R_{v,t} - RF_t)}{T} \right]^2}} \quad (29)$$

Weiterhin wird das Verhalten der VTS relativ zum Markt beurteilt. Dazu werden die in Kapitel 2.1 vorgestellten linearen Regressionsmodelle angewandt. Exemplarisch für das MF1 (vgl. Formel (3)) führt die Minimierung der Summe der quadrierten Residuen zu folgendem Schätzer für das Marktbeta ($\hat{\beta}_v^M$):²³⁹

$$\hat{\beta}_v^M = \frac{Cov(R_{M,t}, R_{v,t})}{Var(R_{M,t})} \quad , \text{ mit } t = 1, 2, \dots, T \quad (30)$$

$R_{M,t}$ steht hier für die Renditen des Marktportfolios. Der Alpha-Schätzer ($\hat{\alpha}_v$) wird wie folgt berechnet:²⁴⁰

$$\hat{\alpha}_v = \frac{\sum_{t=1}^T (R_{v,t} - RF_t)}{T} - \hat{\beta}_v^M \frac{\sum_{t=1}^T (R_{M,t} - RF_t)}{T} \quad (31)$$

Die Signifikanz der Schätzparameter wird mit Hilfe der folgenden t-Statistiken bewertet:²⁴¹

$$t - \text{Wert}_{\hat{\alpha}_v} = \frac{\hat{\alpha}_v}{SE_{\hat{\alpha}_v}} \quad \text{und} \quad t - \text{Wert}_{\hat{\beta}_v^M} = \frac{\hat{\beta}_v^M}{SE_{\hat{\beta}_v^M}} \quad (32)$$

²³⁶ Vgl. Ledit, O., Wolf, M., Hypothesentests Sharpe-Ratio, 2008, S. 850-859.

²³⁷ Vgl. Anhang 8.

²³⁸ Vgl. Sharpe, W. F., Fonds-Performance, 1966, S. 122; Sharpe, W. F., Sharpe-Ratio, 1994, S. 50-51; Opdyke, J. D., Sharpe-Ratio Vergleich, 2007, S. 310.

²³⁹ Vgl. Wooldridge, J. M., Einführung Ökonometrie, 2016, S. 26.

²⁴⁰ Vgl. Backhaus, K. et al., Statistische Methoden, 2018, S. 71.

²⁴¹ Vgl. Verbeek, M., Moderne Ökonometrie, 2017, S. 23-25.

Die Nullhypothesen ($H_{0,\hat{\alpha}_v}: \hat{\alpha}_v = 0$ und $H_{0,\hat{\beta}_v^M}: \hat{\beta}_v^M = 0$) der doppelseitigen Tests werden bei einem t-Wert von 1,96 verworfen.²⁴² $SE_{\hat{\alpha}_v}$ ($SE_{\hat{\beta}_v^M}$) stellt den Standardfehler von $\hat{\alpha}_v$ ($\hat{\beta}_v^M$) dar. Zur Berechnung werden heteroskedastizitäts- und autokorrelationskonsistente Standardfehler nach Newey, W. K. und West K. D.²⁴³ verwendet.

Den Bereich der Performancekennzahlen verlassend, sei im Folgenden der Fokus auf die verwendeten Risikokennzahlen gelegt. Trotz der Tatsache, dass sich die Volatilität als Standardrisikokennzahl im Portfoliomanagement etabliert hat²⁴⁴, verwenden Investoren bei Aktienstrategien häufig zusätzliche Kennzahlen, die das Risiko von extremen Ereignissen erfassen.²⁴⁵ Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass Investoren typischerweise den Nutzenverlust eines großen Wertverfalls höher gewichten als den Nutzengewinn eines großen Wertzuwachses.²⁴⁶ In diesem Zusammenhang genießen die „Tail-Risk“-Kennzahlen VaR und CVaR hohe Popularität.²⁴⁷ Für die Zwecke dieser Arbeit wird der empirische VaR zum Zeitpunkt t ($VaR_{v,t}$) wie folgt berechnet:²⁴⁸

$$VaR_{v,t} = -Q^\alpha(CR_{v,t}^\tau, CR_{v,t-1}^\tau, \dots, CR_{v,t-\theta}^\tau) \quad (33)$$

Hierbei repräsentiert $Q^\alpha(\cdot)$ eine Funktion, die den zum α -Niveau gehörenden Wert einer empirischen Renditeverteilung wiedergibt. τ bezeichnet die Halteperiode in Handelstagen und θ das Rückschaufenster. $CR_{v,t}^\tau, CR_{v,t-1}^\tau, \dots, CR_{v,t-\theta}^\tau$ stellen die zur Halteperiode τ passenden rollierenden kumulierten Renditen rückgehend bis zum Zeitpunkt $t - \theta$ dar.

Der empirische CVaR zum Zeitpunkt t ($CVaR_{v,t}$) beschreibt den Mittelwert der im Zeitraum von t bis $t - \theta$ über den $VaR_{v,t}$ hinausgehenden Verluste.²⁴⁹

²⁴² Vgl. Wooldridge, J. M., Einführung Ökonometrie, 2016, S. 115.

²⁴³ Vgl. Newey, W. K., West, K. D., HAC, 1987, S. 703-708.

²⁴⁴ Vgl. Cooper, T., Alpha Volatilitätsziel-Strategien, 2010, S. 20.

²⁴⁵ Vgl. Madhavan, A. N., Yang, J., Praktische Risikoanalyse, 2003, S. 74; Poon, S.-H., Granger, C. W. J., Volatilitätsvorhersage, 2005, S. 50.

²⁴⁶ Vgl. Kahneman, D., Tversky, A., Erwartungstheorie, 1979, S. 279; Ang, A. et al., Abwärtsrisiken, 2006, S. 1233.

²⁴⁷ Vgl. Zhu, S. et al., Crash-Absicherung, 2020, S. 1.

²⁴⁸ Vgl. Johansson, F. et al., Messung Abwärtsrisiken, 1999, S. 99; Lazar, E., Zhang, N., Modellrisiken, 2019, S. 87.

²⁴⁹ Vgl. Kaya, H. et al., „Tail-Risk“-Management, 2011, S. 343; Lazar, E., Zhang, N., Modellrisiken, 2019, S. 87.

$$CVaR_{v,t} = \frac{\sum_{j=0}^{j=\theta} \left[CR_{v,t-j}^{\tau} * I_{(CR_{v,t-j}^{\tau} < -VaR_{v,t})} \right]}{\sum_{j=0}^{j=\theta} I_{(CR_{v,t-j}^{\tau} < -VaR_{v,t})}} \quad (34)$$

Hierbei stellt $I_{(\cdot)}$ eine Hilfsfunktion dar, welche den Wert 1 annimmt, wenn die empirische kumulierte Rendite zum Stichtag $t - j$ ($CR_{v,t-j}^{\tau}$) kleiner dem negativen VaR zum Stichtag t ($-VaR_{v,t}$) ist. In den anderen Fällen nimmt die Hilfsfunktion den Wert 0 an.

Für alle VaR- und CVaR-Berechnungen wird eine Fehlerwahrscheinlichkeit von 5% verwendet. τ wird in Anlehnung an die monatliche Neugewichtungsfrequenz auf 22 Handelstage gesetzt. Falls eine rollierende Kalkulation stattfindet, wird für θ analog zu $\sigma_{i,t}^{AVG}$ (vgl. Formel (14)) ein 1260-Tage-Fenster gewählt. In den anderen Fällen entspricht θ dem gesamten Backtesting-Zeitraum von 20 Jahren.

Eine weitere etablierte Risikokennzahl ist der maximale Drawdown (MDD). Er berechnet den maximalen Verlust, den ein Investor in einer definierten Halteperiode hätte realisieren können.²⁵⁰ Die Beliebtheit dieser Risikokennzahl resultiert aus ihrer unmittelbaren Interpretierbarkeit.²⁵¹ Einen Mehrwert gegenüber der Volatilitätsbetrachtung ergibt sich insofern, als dass eine Reduktion der Volatilität nicht auch zwangsweise zu einem reduzierten MDD führen muss.²⁵²

Als absolute Rendite ausgedrückt folgt der MDD zum Zeitpunkt t ($MDD_{v,t}$) der folgenden Berechnungslogik:²⁵³

$$MDD_{v,t} = \min_{j \in t-\theta, t} \left[\frac{\prod_{l=t-\theta}^j (1 + R_{v,l})}{\max_{l \in t-\theta, j} \prod_{l=t-\theta}^j (1 + R_{v,l})} - 1 \right] * -1 \quad (35)$$

Hierbei indexiert j das Durchschreiten der Berechnungen von $t - \theta$ nach t und l das sich nach und nach erweiternde Berechnungsfenster für die Renditeprodukte.

Weiterhin werden im Rahmen der Backtesting-Ergebnisse Upward- und Downward-Capture Ratios berechnet. Die Upward-Capture Ratio für den gesamten Backtesting-Zeitraum ($UpR_{v,T}$) setzt den Mittelwert aus den VTS-Renditen der

²⁵⁰ Vgl. Goldberg, L. R., Mahmoud, O., Drawdowns, 2017, S. 276.

²⁵¹ Vgl. Scherer, B., Untersuchung Volatilitätszielstrategien, 2015, S. 185-186.

²⁵² Vgl. Cooper, T., Alpha Volatilitätsziel-Strategien, 2010, S. 26.

²⁵³ Modifiziert, aber in Anlehnung an: Heidorn, T. et al., Risiko Hedge-Funds, 2009, S. 93-94; Goldberg, L. R., Mahmoud, O., Drawdowns, 2017, S. 279.

Stichtage, an denen die BHS-Renditen positiv sind (\bar{R}_{VTS}^+), ins Verhältnis zum Mittelwert aus den BHS-Renditen der Stichtage, an denen die BHS-Renditen positiv sind (\bar{R}_{BHS}^+):²⁵⁴

$$UpR_{v,T} = \frac{\bar{R}_{VTS}^+}{\bar{R}_{BHS}^+} \quad (36)$$

Entsprechend setzt die Downward-Capture Ratio für den gesamten Backtesting-Zeitraum ($DownR_{v,T}$) den Mittelwert aus den VTS-Renditen der Stichtage, an denen die BHS-Renditen negativ sind (\bar{R}_{VTS}^-), ins Verhältnis zum Mittelwert aus den BHS-Renditen der Stichtage, an denen die BHS-Renditen negativ sind (\bar{R}_{BHS}^-):²⁵⁵

$$DownR_{v,T} = \frac{\bar{R}_{VTS}^-}{\bar{R}_{BHS}^-} \quad (37)$$

Ferner werden die Eigenschaften der empirischen Renditeverteilungen bewertet. Der Schiefe-Koeffizient für eine den gesamten Backtesting-Zeitraum umfassende Stichprobe ($SC_{v,T}$) kann wie folgt berechnet werden:²⁵⁶

$$SC_{v,T} = \frac{T}{(T-1)(T-2)} \sum_{t=1}^T \left(\frac{R_{v,t} - \bar{R}_{v,t}}{\sigma_{R_{v,t}}} \right)^3 \quad (38)$$

Analog ergibt sich die folgende Berechnung des Wölbungs-Koeffizienten ($WC_{v,T}$):²⁵⁷

$$WC_{v,T} = \frac{T(T+1)}{(T-1)(T-2)(T-3)} \sum_{t=1}^T \left(\frac{R_{v,t} - \bar{R}_{v,t}}{\sigma_{R_{v,t}}} \right)^4 \quad (39)$$

Zur Beurteilung, ob eine Renditeverteilung einer Normalverteilung folgt, wird die Teststatistik von *Jarque, C. M.* und *Bera, A. K.*²⁵⁸ angewandt. Diese folgt einer Chi-Quadrat-Verteilung mit 2 Freiheitsgraden ($\chi^2(2)$) und wird folgend berechnet:²⁵⁹

$$JB_{v,T} = T \left(\frac{SC_{v,T}^2}{6} + \frac{(WC_{v,T} - 3)^2}{24} \right) \sim \chi^2(2) \quad (40)$$

²⁵⁴ Vgl. Bacon, C. R., *Performancemessung*, 2008, S. 47.

²⁵⁵ Vgl. Bacon, C. R., *Performancemessung*, 2008, S. 47.

²⁵⁶ Vgl. Bacon, C. R., *Performancemessung*, 2008, S. 84.

²⁵⁷ Vgl. Bacon, C. R., *Performancemessung*, 2008, S. 85.

²⁵⁸ Vgl. Jarque, C. M., Bera, A. K., *Jarque-Bera-Test*, 1980, S. 257-258.

²⁵⁹ Vgl. Asteriou, D., Hall, S. G., *Angewandte Ökonometrie*, 2007, S. 169-170.

Anhang 2: Backtesting-Ergebnisse der DVTS in EUR

Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		WORLD		WORLD		EM		
	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	
ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,34	1,30	1,23	1,23	1,23	1,27	1,25	0,93	1,17	1,24	1,00	1,26	1,00	1,18	1,00	1,18	1,00	1,18	1,00	1,18
ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06
ø Kreditaufnahme	0,00	-0,42	-0,38	-0,30	-0,34	-0,33	-0,34	-0,33	0,00	-0,24	-0,31	0,00	-0,33	0,00	-0,24	0,00	-0,33	0,00	-0,24	0,00	-0,24
Anzahl Neugewichtungen	1	245	245	245	245	245	245	2893	756	3247	2929	1	2965	1	2728	1	2965	1	2728	1	2728
ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,39	0,26	0,24	0,24	0,24	0,30	0,10	0,08	0,05	0,09	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10
ø Umschlag p.a.	0,05	4,50	2,98	2,79	2,79	2,79	3,43	13,51	2,92	8,28	12,11	0,05	13,86	0,05	12,84	0,05	13,86	0,05	12,84	0,05	12,84
kumul. geom. Rendite	1,26	2,27	1,40	1,17	1,19	1,19	0,94	1,69	1,41	1,97	1,91	1,25	1,64	1,25	3,53	1,25	1,64	1,25	3,53	1,25	3,53
davon Aktien-Beitrag	1,31	2,53	1,62	1,35	1,37	1,37	1,17	2,13	1,49	2,27	2,34	1,29	2,03	1,29	4,30	1,29	2,03	1,29	4,30	1,29	4,30
davon Geldmarks-Beitrag	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,04
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,08	-0,09	-0,06	-0,07	-0,08	-0,06	-0,06	0,00	-0,04	-0,06	0,00	-0,06	0,00	-0,07	0,00	-0,06	0,00	-0,07	0,00	-0,07
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,08	-0,08	-0,07	-0,07	-0,07	-0,08	-0,06	-0,05	-0,06	-0,07	-0,05	-0,06	-0,05	-0,07	-0,05	-0,06	-0,05	-0,07	-0,05	-0,07
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,12	-0,08	-0,07	-0,07	-0,07	-0,10	-0,34	-0,06	-0,21	-0,32	0,00	-0,28	0,00	-0,62	0,00	-0,28	0,00	-0,62	0,00	-0,62
geom. Rendite p.a.	0,039	0,057	0,042	0,037	0,037	0,037	0,032	0,047	0,042	0,042	0,051	0,039	0,047	0,039	0,074	0,039	0,047	0,039	0,074	0,039	0,074
Volatilität p.a.	0,170	0,188	0,193	0,185	0,184	0,184	0,200	0,168	0,136	0,159	0,166	0,172	0,169	0,172	0,196	0,172	0,169	0,196	0,196	0,196	0,198
Sharpe Ratio p.a.	0,140	0,222	0,139	0,118	0,122	0,122	0,082	0,192	0,196	0,234	0,218	0,137	0,185	0,137	0,232	0,137	0,185	0,225	0,232	0,137	0,232
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,402	0,919	0,871	0,899	0,871	0,619	0,573	0,330	0,445	-	-	0,646	-	0,426	-	0,646	-	0,426	-	0,426
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	-	0,88	0,90	0,92	0,92	0,92	0,90	0,90	0,95	0,92	0,90	-	0,90	-	0,93	-	0,90	-	0,93	-	0,93
Beta (MF1)	-	0,98	1,02	1,00	0,99	1,07	0,89	0,77	0,86	0,88	-	-	0,88	-	0,94	-	0,88	-	0,94	-	0,94
Beta (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01
Alpha (MF1) (annualisiert)	-	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00
Alpha (MF1) (p-Wert)	-	0,72	0,67	0,45	0,48	0,42	0,94	0,60	0,60	0,77	0,86	-	0,93	-	0,84	-	0,93	-	0,84	-	0,84
Bestimmtheitsmaß (MF1)	-	0,78	0,81	0,85	0,84	0,82	0,81	0,91	0,91	0,85	0,82	-	0,80	-	0,87	-	0,80	-	0,87	-	0,87
RESET-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01
Durbin-Watson-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,00	0,93	1,00	1,00	0,98	-	1,00	-	<0,01	-	1,00	-	<0,01	-	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	<0,01
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,087	0,087	0,085	0,084	0,084	0,086	0,077	0,070	0,076	0,077	0,082	0,076	0,077	0,082	0,076	0,076	0,100	0,077	0,082	0,077
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,124	0,133	0,143	0,138	0,137	0,144	0,144	0,100	0,092	0,097	0,099	0,123	0,098	0,099	0,123	0,098	0,147	0,100	0,127	0,099	0,127
max. Drawdown	0,584	0,652	0,618	0,620	0,616	0,592	0,563	0,539	0,539	0,563	0,563	0,605	0,567	0,563	0,605	0,567	0,599	0,584	0,563	0,599	0,541
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	3415	2622	2471	2616	2615	1718	2622	3182	2619	2619	2616	3504	3056	2616	3504	3056	814	3504	814	3504	1352
Downward-Capture Ratio	1,00	1,18	1,16	1,12	1,11	1,15	1,09	0,87	1,03	1,08	1,08	1,00	1,08	1,00	1,08	1,00	1,08	1,00	1,08	1,00	1,08
Downward-Capture Ratio (Schiefe)	1,00	1,16	1,16	1,12	1,11	1,16	1,08	0,86	1,02	1,07	1,00	1,00	1,08	1,00	1,08	1,00	1,08	1,00	1,08	1,00	1,08
Wölbung	9,97	7,02	13,82	14,34	13,96	32,72	4,58	4,61	4,21	4,30	10,45	4,62	8,22	4,15	10,45	4,62	8,22	4,15	10,45	4,62	8,22
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Datenquelle: Refinitiv Eikon

Anhang 4: Backtesting-Ergebnisse der DVTS in GBP

Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		WORLD		WORLD		EM		EM		
	BHS	DVTS	IG	DVTS	IG	DVTS	IG	DVTS	IG	DVTS	IG	DVTS	IG	DVTS	BHS	DVTS	IG	DVTS	BHS	DVTS	IG	DVTS	
ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,28	1,19	1,18	1,22	1,20	0,93	1,14	1,20	1,00	1,21	1,00	1,16	1,00	1,00	1,21	1,00	1,16	1,00	1,00	1,16	1,00	
ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	
ø Kreditaufnahme	0,00	-0,36	-0,25	-0,25	-0,28	-0,27	0,00	-0,21	-0,26	0,00	-0,28	0,00	-0,22	0,00	-0,28	0,00	-0,28	0,00	-0,28	0,00	-0,22	-0,22	
Anzahl Neugewichtungen	1	242	242	242	242	2652	768	2929	2663	1	2657	1	2570	1	2657	1	2657	1	2657	1	2570	1	
ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,33	0,25	0,23	0,24	0,27	0,10	0,08	0,06	0,09	1,00	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
ø Umschlag p.a.	0,05	3,82	2,85	2,68	2,70	3,13	11,98	2,86	8,34	11,25	0,05	12,05	11,86	0,05	12,05	0,05	12,05	0,05	12,05	0,05	11,86	11,86	
kumul. geom. Rendite	2,19	1,75	1,58	1,94	1,87	2,12	2,28	2,12	2,53	2,33	2,16	2,06	3,92	2,16	2,06	3,92	2,16	2,06	3,92	2,16	3,92	6,20	
davon Aktien-Beitrag	2,25	2,01	1,80	2,13	2,05	2,36	2,80	2,21	2,91	2,83	2,22	2,50	4,01	2,22	2,50	4,01	2,22	2,50	4,01	2,22	4,01	7,22	
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,07	
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,15	-0,14	-0,10	-0,10	-0,13	0,00	-0,13	0,00	-0,13	0,00	-0,13	0,00	-0,13	0,00	-0,13	0,00	-0,13	0,00	-0,13	0,00	-0,17	
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,07	-0,07	-0,06	-0,07	-0,07	-0,07	-0,06	-0,07	-0,09	-0,07	-0,06	-0,07	-0,06	-0,07	-0,09	-0,09	-0,15	-0,15	
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,09	-0,06	-0,06	-0,06	-0,08	-0,36	-0,07	-0,25	-0,34	0,00	-0,28	0,00	-0,28	0,00	-0,28	0,00	-0,28	0,00	-0,28	0,00	-0,77	
geom. Rendite p.a.	0,057	0,049	0,046	0,053	0,051	0,055	0,058	0,056	0,062	0,059	0,056	0,055	0,079	0,055	0,056	0,055	0,055	0,079	0,055	0,055	0,079	0,098	
Volatilität p.a.	0,164	0,178	0,176	0,169	0,168	0,172	0,161	0,134	0,155	0,160	0,166	0,163	0,191	0,163	0,166	0,163	0,191	0,163	0,166	0,163	0,191	0,193	
Sharpe Ratio p.a.	0,191	0,135	0,119	0,162	0,156	0,175	0,202	0,226	0,234	0,209	0,186	0,180	0,276	0,186	0,180	0,276	0,180	0,276	0,180	0,276	0,180	0,372	
Test zur Gleichheit der Sfs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,638	0,510	0,766	0,712	0,895	0,916	0,758	0,656	0,864	-	0,938	-	0,656	-	0,938	-	0,656	-	0,938	-	0,247	
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	-	0,89	0,90	0,92	0,92	0,92	0,91	0,96	0,93	0,92	-	0,91	-	0,93	-	0,91	-	0,93	-	0,91	-	0,94	
Beta (MFI)	-	0,97	0,97	0,95	0,94	0,97	0,90	0,78	0,88	0,90	-	0,89	-	0,88	-	0,89	-	0,88	-	0,89	-	0,95	
Beta (MFI) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Alpha (MFI) (annualisiert)	-	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	
Alpha (MFI) (p-Wert)	-	0,14	0,08	0,12	0,11	0,13	0,25	0,07	0,31	0,26	0,18	0,26	0,18	0,26	0,18	0,26	0,18	0,26	0,18	0,26	0,18	0,96	
Bestimmtheitsmaß (MFI)	-	0,80	0,81	0,85	0,85	0,85	0,83	0,92	0,86	0,84	0,82	0,82	0,88	0,82	0,82	0,82	0,82	0,88	0,82	0,82	0,88	0,88	
RESET-Test (MFI) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Durbin-Watson-Test (MFI) (p-Wert)	-	0,06	0,04	0,30	0,27	0,05	0,98	1,00	1,00	0,98	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	0,00	
Breusch-Pagan-Test (MFI) (p-Wert)	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,17	0,01	0,10	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,68	
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,074	0,088	0,089	0,083	0,083	0,084	0,075	0,065	0,073	0,075	0,072	0,075	0,099	0,072	0,075	0,099	0,075	0,099	0,075	0,099	0,075	0,100	
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,119	0,127	0,126	0,120	0,119	0,117	0,099	0,091	0,097	0,099	0,118	0,098	0,142	0,118	0,098	0,142	0,098	0,142	0,098	0,142	0,098	0,127	
max. Drawdown (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,523	0,634	0,603	0,591	0,592	0,555	0,515	0,485	0,515	0,515	0,528	0,524	0,539	0,528	0,524	0,539	0,528	0,539	0,524	0,539	0,528	0,497	
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1796	2606	2605	2605	2606	2413	2306	1687	1699	2297	2605	2404	551	2605	2404	551	2605	2404	551	2605	2404	551	1238
Upper-Capture Ratio	1,00	1,14	1,12	1,08	1,08	1,11	1,07	0,88	1,03	1,06	1,00	1,06	1,00	1,06	1,00	1,06	1,00	1,06	1,00	1,06	1,00	1,08	
Downward-Capture Ratio	1,00	1,16	1,14	1,09	1,09	1,12	1,07	0,88	1,03	1,07	1,00	1,07	1,00	1,07	1,00	1,07	1,00	1,07	1,00	1,07	1,00	1,07	
Schiefe	-0,19	-0,27	-0,30	-0,26	-0,27	-0,25	-0,19	-0,14	-0,18	-0,19	-0,17	-0,22	-0,10	-0,17	-0,22	-0,10	-0,17	-0,22	-0,10	-0,17	-0,22	-0,10	
Wölbung	9,12	5,10	5,84	5,49	5,47	5,02	4,14	4,25	3,99	4,01	9,65	4,15	7,95	4,15	9,65	4,15	7,95	4,15	9,65	4,15	7,95	4,14	
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	

Datenquelle: Refinitiv Eikon

Anhang 5: Backtesting-Ergebnisse der KVT515 in GBP

	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	ACWI	WORLD	WORLD	EM	
	BHS	KVT515	KVT515	KVT515	KVT515	KVT515	KVT515	KVT515	KVT515	KVT515	KVT515	KVT515	KVT515	BHS	BHS	BHS	
	-	SMA	EWMA	NG	TG	EG	EG	EG	EG	EG	EG	EG	EG	-	-	-	
	1	22D	22D	22D	22D	22D	22D	1D	1D	1D	1D	1D	1D	1	1	1D	
	1	NL	NL	NL	NL	NL	NL	1	1	1	1	1	1	1	1	NL	
Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)																	
Ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,22	1,19	1,13	1,13	1,17	1,15	0,92	1,12	1,15	1,15	1,15	1,15	1,00	1,14	1,00	0,91
Ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,09	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,00	0,08	0,00	0,14
Ø Kreditaufnahme	0,00	-0,31	-0,27	-0,21	-0,21	-0,24	-0,23	0,00	-0,20	-0,23	0,00	-0,23	0,00	-0,22	-0,22	0,00	-0,06
Anzahl Neugewichtungen	1	242	242	242	242	242	2532	732	2753	2536	1	2553	1	2553	1	2002	1
Ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,32	0,24	0,22	0,23	0,26	0,09	0,08	0,07	0,09	1,00	0,09	1,00	0,09	0,09	1,00	0,09
Ø Umschlag p.a.	0,05	3,68	2,78	2,58	2,61	3,01	11,31	2,71	8,69	11,13	0,05	11,46	0,05	11,46	0,05	8,11	0,05
kumul. geom. Rendite	2,19	1,44	1,32	1,63	1,57	1,68	1,96	2,12	2,29	2,00	2,16	1,70	3,92	4,77	4,77	4,77	4,77
davon Aktien-Beitrag	2,25	1,67	1,51	1,80	1,74	1,89	2,41	2,20	2,67	2,45	2,22	2,06	4,01	5,26	5,26	5,26	5,26
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,14	0,14	0,00	0,14
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,13	-0,11	-0,09	-0,08	-0,11	-0,11	0,00	-0,09	-0,11	0,00	-0,10	0,00	-0,10	0,00	-0,05	-0,05
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,05	-0,06	-0,07	-0,06	-0,06	-0,07	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,09	-0,10
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,08	-0,06	-0,06	-0,06	-0,07	-0,31	-0,07	-0,26	-0,31	0,00	-0,23	0,00	-0,23	0,00	-0,48	-0,48
geom. Rendite p.a.	0,057	0,043	0,041	0,047	0,046	0,048	0,053	0,055	0,058	0,053	0,056	0,048	0,079	0,087	0,087	0,087	0,087
Volatilität p. a.	0,164	0,168	0,166	0,160	0,159	0,164	0,152	0,130	0,148	0,151	0,166	0,152	0,191	0,149	0,149	0,149	0,149
Sharpe Ratio p. a.	0,191	0,108	0,095	0,138	0,132	0,140	0,182	0,232	0,221	0,187	0,186	0,153	0,276	0,407	0,407	0,407	0,407
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,414	0,316	0,508	0,466	0,538	0,872	0,725	0,800	0,909	-	0,670	-	0,185	0,185	-	0,185
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	-	0,90	0,91	0,93	0,93	0,93	0,92	0,95	0,92	0,92	0,92	0,91	-	0,94	0,94	-	0,94
Beta (MFI)	-	0,93	0,92	0,91	0,90	0,93	0,85	0,76	0,84	0,85	-	0,83	-	0,73	0,73	-	0,73
Beta (MFI) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alpha (MFI) (annualisiert)	-	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,02	-	-0,02	-	0,00	0,00	-	0,00
Alpha (MFI) (p-Wert)	-	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,11	0,09	0,23	0,12	-	0,06	-	0,91	0,91	-	0,91
Bestimmtheitsmaß (MFI)	-	0,82	0,83	0,87	0,86	0,87	0,84	0,91	0,85	0,84	-	0,83	-	0,87	0,87	-	0,87
RESET-Test (MFI) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (MFI) (p-Wert)	-	0,01	<0,01	0,05	0,04	0,04	0,96	1,00	0,98	0,97	-	1,00	-	<0,01	<0,01	-	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MFI) (p-Wert)	-	0,11	0,05	0,01	0,02	0,90	<0,01	0,18	0,01	0,00	-	0,01	-	0,75	0,75	-	0,75
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,074	0,088	0,084	0,081	0,080	0,079	0,073	0,065	0,072	0,072	0,072	0,072	0,099	0,076	0,076	0,099	0,076
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,119	0,121	0,120	0,114	0,114	0,113	0,094	0,088	0,093	0,094	0,118	0,093	0,142	0,096	0,096	0,142	0,096
max. Drawdown	0,523	0,588	0,556	0,543	0,545	0,507	0,464	0,444	0,464	0,464	0,464	0,477	0,539	0,477	0,477	0,539	0,477
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	17,96	31,32	31,49	31,49	31,50	31,27	16,99	16,71	16,38	16,97	26,05	24,22	5,51	10,53	10,53	5,51	10,53
Upward-Capture Ratio	1,00	1,08	1,06	1,03	1,02	1,05	1,01	0,86	0,99	1,01	1,00	1,00	1,00	0,84	0,84	1,00	0,84
Downward-Capture Ratio	1,00	1,10	1,08	1,04	1,04	1,07	1,02	0,86	0,99	1,02	1,00	1,01	1,00	0,83	0,83	1,00	0,83
Schiefe	-0,19	-0,31	-0,33	-0,29	-0,29	-0,30	-0,26	-0,26	-0,24	-0,26	-0,17	-0,30	-0,23	-0,18	-0,18	-0,23	-0,18
Wölbung	9,12	4,80	5,25	5,00	4,98	5,07	4,04	4,03	3,89	3,99	9,65	4,06	7,95	3,92	3,92	7,95	3,92
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Datenquelle: Refinitiv Eikon

Anhang 6: Backtesting-Ergebnisse der DVTS in JPY

Zeitraum (04.01.2000 - 31.12.2020)	ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		ACWI		WORLD		WORLD		EM	
	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS	BHS	DVTS
ø Allokation in Aktien (=Hebel)	1,00	1,29	1,24	1,16	1,16	1,17	1,17	1,17	0,95	1,13	1,16	1,16	1,00	1,17	1,00	1,14	1,00	1,14
ø Allokation im Geldmarkt	0,00	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
ø Kreditaufnahme	0,00	-0,34	-0,30	-0,21	-0,21	-0,22	-0,22	-0,22	0,00	-0,19	-0,21	-0,21	0,00	-0,22	0,00	-0,19	0,00	-0,19
Anzahl Neugewichtungen	1	242	242	242	242	242	242	1604	354	1864	1623	1	1660	1	1745	1	1745	1
ø Umschlag je Neugewichtung	1,00	0,30	0,20	0,16	0,16	0,17	0,08	0,07	0,06	0,06	0,08	1,00	0,08	1,00	0,08	1,00	0,08	1,00
ø Umschlag p.a.	0,05	3,50	2,31	1,79	1,78	2,00	6,31	1,21	5,05	6,07	0,05	6,64	0,05	6,64	0,05	6,93	0,05	6,93
kumul. geom. Rendite	1,68	0,92	1,10	1,05	1,06	1,41	1,79	1,60	1,84	1,80	1,80	1,66	1,79	3,13	3,71	3,71	3,13	3,71
davon Aktien-Beitrag	1,73	1,08	1,23	1,15	1,17	1,53	2,05	1,68	2,04	2,04	2,04	1,71	2,02	3,22	4,30	4,30	3,22	4,30
davon Geldmarkt-Beitrag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
davon Kredit-Beitrag	0,00	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,00
davon Verwahrkosten-Beitrag	-0,05	-0,06	-0,06	-0,05	-0,05	-0,06	-0,06	-0,06	-0,05	-0,06	-0,06	-0,05	-0,06	-0,05	-0,08	-0,12	-0,08	-0,12
davon Transaktionskosten-Beitrag	0,00	-0,08	-0,05	-0,04	-0,04	-0,05	-0,18	-0,03	-0,13	-0,17	-0,17	0,00	-0,16	0,00	-0,16	0,00	-0,16	0,00
geom. Rendite p.a.	0,048	0,032	0,036	0,035	0,035	0,043	0,050	0,046	0,051	0,050	0,047	0,050	0,047	0,050	0,070	0,076	0,050	0,070
Volatilität p.a.	0,171	0,188	0,184	0,174	0,174	0,176	0,171	0,146	0,168	0,170	0,170	0,173	0,172	0,201	0,205	0,205	0,201	0,205
Sharpe Ratio p.a.	0,271	0,160	0,187	0,190	0,193	0,234	0,284	0,307	0,293	0,285	0,285	0,266	0,281	0,340	0,365	0,365	0,340	0,365
Test zur Gleichheit der SRs (p-Wert) (ggü. BHS)	-	0,263	0,362	0,287	0,307	0,637	0,883	0,702	0,794	0,872	-	0,861	-	0,861	-	0,714	-	0,714
Korrelation (jeweils ggü. BHS)	-	0,92	0,93	0,95	0,95	0,95	0,93	0,96	0,94	0,94	-	0,93	-	0,93	-	0,95	-	0,95
Beta (MF1)	-	1,01	1,00	0,96	0,96	0,98	0,93	0,82	0,92	0,93	-	0,93	-	0,93	-	0,97	-	0,97
Beta (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alpha (MF1) (annualisiert)	-	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
Alpha (MF1) (p-Wert)	-	0,39	0,50	0,37	0,40	0,76	0,74	0,62	0,66	0,73	0,73	0,74	0,62	0,70	0,70	0,62	0,70	0,62
Bestimmtheitsmaß (MF1)	-	0,84	0,86	0,89	0,89	0,90	0,87	0,93	0,88	0,88	0,88	0,87	0,88	0,87	0,87	0,88	0,87	0,88
RESET-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Durbin-Watson-Test (MF1) (p-Wert)	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Breusch-Pagan-Test (MF1) (p-Wert)	-	0,28	0,56	0,86	0,90	0,54	0,73	0,12	0,50	0,72	-	0,53	-	0,53	-	0,02	-	0,02
Empirischer VaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,083	0,102	0,098	0,093	0,093	0,091	0,088	0,078	0,087	0,088	0,088	0,083	0,088	0,109	0,115	0,115	0,109	0,115
Empirischer CVaR (Alpha = 5%, 22-Tage-Horizont)	0,128	0,131	0,128	0,123	0,123	0,120	0,112	0,104	0,112	0,112	0,112	0,127	0,111	0,156	0,145	0,145	0,156	0,145
max. Drawdown	0,579	0,662	0,649	0,632	0,632	0,622	0,611	0,581	0,611	0,611	0,611	0,579	0,612	0,588	0,684	0,684	0,588	0,684
Länge des max. Drawdowns (in Tagen)	1544	1748	1607	1757	1757	1756	1608	1768	1608	1608	1608	1693	1754	554	2449	2449	554	2449
Upward-Capture Ratio	1,00	1,15	1,12	1,07	1,07	1,08	1,06	0,90	1,05	1,05	1,06	1,00	1,06	1,00	1,07	1,07	1,00	1,07
Downward-Capture Ratio	1,00	1,17	1,14	1,08	1,08	1,09	1,07	0,90	1,05	1,05	1,06	1,00	1,07	1,00	1,07	1,07	1,00	1,07
Schiefe	-0,14	-0,25	-0,26	-0,26	-0,27	-0,26	-0,19	-0,17	-0,18	-0,19	-0,19	-0,14	-0,18	-0,17	-0,17	-0,17	-0,17	-0,17
Wölbung	8,63	4,98	5,19	5,09	5,08	5,28	4,71	4,88	4,68	4,73	9,03	4,68	7,08	4,51	4,51	4,51	7,08	4,51
Jarque-Bera-Test (p-Wert)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Datenquelle: Refinitiv Eikon

Anhang 8: Verwendete R-Pakete

Paket*	(Haupt-)Autor(en)	Link
bbdetection	Valeriy Zakamulin	https://vzakamulin.weebly.com/the-book.html
car	John Fox, Sanford Weisberg	https://cran.r-project.org/package=car
data.table	Matt Dowle, Arun Srinivasan	https://cran.r-project.org/package=data.table
DistributionUtils	David Scott	https://cran.r-project.org/package=DistributionUtils
dvmisc	Dane R. Van Domelen	https://cran.r-project.org/package=dvmisc
fAssets	Diethelm Wuertz, Tobias Setz, Yohan Chalabi	https://cran.r-project.org/package=fAssets
fGarch	Diethelm Wuertz, Tobias Setz, Yohan Chalabi, Chris Boudt, Pierre Chausse, Michal Miklovac	https://cran.r-project.org/package=fGarch
FinTS	Spencer Graves	https://cran.r-project.org/package=FinTS
lmtest	Achim Zeileis, Torsten Hothorn	https://cran.r-project.org/package=lmtest
MASS	William N. Venables, Brian D. Ripley	https://cran.r-project.org/package=MASS
MFTSR	Eric Zivot	https://r-forge.r-project.org/R/?group_id=1194
moments	Lukasz Komsta, Frederick Novomestky	https://cran.r-project.org/package=moments
PeerPerformance	David Ardia, Kris Boudt	https://cran.r-project.org/package=PeerPerformance
PerformanceAnalytics	Brian G. Peterson, Peter Carl	https://cran.r-project.org/package=PerformanceAnalytics
purrr	Lionel Henry, Hadley Wickham	https://cran.r-project.org/package=purrr
rugarch	Alexios Ghalanos	https://cran.r-project.org/package=rugarch
sandwich	Achim Zeileis	https://cran.r-project.org/package=sandwich
texreg	Philip Leifeld	https://cran.r-project.org/package=texreg
tidyr	Hadley Wickham, Lionel Henry	https://cran.r-project.org/package=tidyr
tseries	Adrian Trapletti, Kurt Hornik	https://cran.r-project.org/package=tseries
zoo	Achim Zeileis, Gabor Grothendieck	https://cran.r-project.org/package=zoo

* Durch Aufruf der genannten Pakete werden z.T. verbundene Pakete geladen. Die jeweiligen R-Dokumentationen zu den Paketen zeigen auf, um welche es sich dabei handelt.

Literaturverzeichnis

- Acharya, Viral V., Pedersen, Lasse Heje (Liquiditätsrisiko, 2005): Asset Pricing with Liquidity Risk, in: *Journal of Financial Economics*, 77 (2005), Nr. 2, S. 375-410
- Albeverio, Sergio, Steblovskaya, Victoria, Wallbaum, Kai (Volatilitätsinstrumente, 2013): Investment Instruments with Volatility Target Mechanism, in: *Quantitative Finance*, 13 (2013), Nr. 10, S. 1519-1528
- Aleman, Nuria, Aragón, Vicent, Salvador, Enrique (Nutzen Hochfrequenzdaten, 2020): Optimal Beats Naive Diversification: Asset Allocation Using High-Frequency Data, in: *The Journal of Portfolio Management*, 47 (2020), Nr. 1, S. 51-74
- Alighanbari, Mehdi, Doole, Stuart, Shankar, Durga (Konstruktion Volatilitätsstrategien, 2016): Designing Low-Volatility Strategies, in: *The Journal of Index Investing*, 7 (2016), Nr. 3, S. 21-33
- Alonso, Nicholas, Nusinzon, Oleg (Varianten Low-Volatility, 2020): The Devil Is in the Details: The Risks Often Ignored in Low-Volatility Investing, in: *The Journal of Portfolio Management*, 46 (2020), Nr. 7, S. 58-70
- Andersen, Torben G., Bollerslev, Tim, Diebold, Francis X., Labys, Paul (Intraday-Modellierung, 2003): Modeling and Forecasting Realized Volatility, in: *Econometrica*, 71 (2003), Nr. 2, S. 579-625
- Anderson, Robert M., Bianchi, Stephen W., Goldberg, Lisa R. (Gehebelte Portfolios, 2014): Determinants of Levered Portfolio Performance, in: *Financial Analysts Journal*, 70 (2014), Nr. 5, S. 53-72
- Ang, Andrew, Chen, Joseph, Xing, Yuhang (Abwärtsrisiken, 2006): Downside Risk, in: *The Review of Financial Studies*, 19 (2006), Nr. 4, S. 1191-1239
- Ang, Andrew, Hodrick, Robert J., Xing, Yuhang, Zhang, Xiaoyan (Volatilitätsprämie, 2006): The Cross-Section of Volatility and Expected Returns, in: *The Journal of Finance*, 61 (2006), Nr. 1, S. 259-299
- Asness, Clifford S., Frazzini, Andrea, Pedersen, Lasse Heje (Skalierungsbeschränkungen, 2012): Leverage Aversion and Risk Parity, in: *Financial Analysts Journal*, 68 (2012), Nr. 1, S. 47-59

- Asness, Clifford S., Moskowitz, Tobias J., Pedersen, Lasse Heje (Faktorprämien Asset-Klassen-Vergleich, 2013): Value and Momentum Everywhere, in: The Journal of Finance, 68 (2013), Nr. 3, S. 929-985
- Asteriou, Dimitrios, Hall, Stephen G. (Angewandte Ökonometrie, 2007): Applied Econometrics: A Modern Approach, Revised Edition, Basingstoke, New York: Palgrave Macmillan, 2007
- Asvanunt, Attakrit, Nielsen, Lars N., Villalon, Daniel (Absicherungsvergleich, 2015): Working Your Tail Off: Active Strategies Versus Direct Hedging, in: The Journal of Investing, 24 (2015), Nr. 2, S. 134-145
- Backhaus, Klaus, Erichson, Bernd, Plinke, Wulff, Weiber, Rolf (Statistische Methoden, 2018): Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung, 15. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 2018
- Bacon, Carl R. (Performancemessung, 2008): Practical Portfolio Performance Measurement and Attribution, 2nd Edition, Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2008
- Bae, Jinho, Kim, Chang-Jin, Nelson, Charles R. (Negative Rendite-Risiko-Korrelation, 2007): Why Are Stock Returns and Volatility Negatively Correlated?, in: Journal of Empirical Finance, 14 (2007), Nr. 1, S. 41-58
- Baele, Lieven, Bekaert, Geert, Inghelbrecht, Koen, Wei, Min (Sicherheits-Nachfrageverhalten, 2020): Flights to Safety, in: The Review of Financial Studies, 33 (2020), Nr. 2, S. 689-746
- Baker, Malcolm, Wurgler, Jeffrey (Sentiment-Index, 2006): Investor Sentiment and the Cross-Section of Stock Returns, in: The Journal of Finance, 61 (2006), Nr. 4, S. 1645-1680
- Baker, Scott R., Bloom, Nicholas, Davis, Steven J., Kost, Kyle, Sammon, Marco, Viratyosin, Tasaneeya (Aktienreaktion COVID-19, 2020): The Unprecedented Stock Market Reaction to COVID-19, in: The Review of Asset Pricing Studies, 10 (2020), Nr. 4, S. 742-758
- Banz, Rolf W. (Marktkapitalisierungs-Anomalie, 1981): The Relationship Between Return and Market Value of Common Stocks, in: Journal of Financial Economics, 9 (1981), Nr. 1, S. 3-18

- Barroso, Pedro, Detzel, Andrew (Arbitrage-Begrenzungen, 2021): Do Limits to Arbitrage Explain the Benefits of Volatility-Managed Portfolios?, in: Journal of Financial Economics, 140 (2021), Nr. 3, S. 744-767
- Barroso, Pedro, Santa-Clara, Pedro (Momentum-Verhalten, 2015): Momentum Has Its Moments, in: Journal of Financial Economics, 116 (2015), Nr. 1, S. 111-120
- Baur, Dirk G., Lucey, Brian M. (Asset-Korrelationen, 2009): Flights and Contagion—An Empirical Analysis of Stock–Bond Correlations, in: Journal of Financial Stability, 5 (2009), Nr. 4, S. 339-352
- Bauwens, Luc, Laurent, Sébastien, Rombouts, Jeroen V. K. (Multivariate GARCH-Modelle, 2006): Multivariate GARCH Models: A Survey, in: Journal of Applied Econometrics, 21 (2006), Nr. 1, S. 79-109
- Beber, Alessandro, Brandt, Michael W., Kavajecz, Kenneth A. (Sicherheitsnachfrage, 2009): Flight-to-Quality or Flight-to-Liquidity? Evidence from the Euro-Area Bond Market, in: The Review of Financial Studies, 22 (2009), Nr. 3, S. 925-957
- Ben-David, Itzhak, Franzoni, Francesco, Moussawi, Rabih (Volatilität ETFs, 2018): Do ETFs Increase Volatility?, in: The Journal of Finance, 73 (2018), Nr. 6, S. 2471-2535
- Benson, Robert, Furbush, Timothy, Goolgasian, Christopher (Randrisiken Volatilitätsziel-Strategien, 2014): Targeting Volatility: A Tail Risk Solution When Investors Behave Badly, in: The Journal of Index Investing, 4 (2014), Nr. 4, S. 88-101
- Berlinger, Edina (Finanzprogrammierungen R, 2015): Mastering R for Quantitative Finance, Birmingham: Packt Publishing, 2015
- Black, Fischer, Jensen, Michael C., Scholes, Myron (Tests CAPM, 1972): The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests, in: Jensen, Michael C. (Hrsg.), Studies in the Theory of Capital Markets, 1972, S. 79-121
- Blitz, David C. (Passives Investieren, 2014): The Dark Side of Passive Investing, in: The Journal of Portfolio Management, 41 (2014), Nr. 1, S. 1-4
- Blitz, David C. (Faktor-Investments, 2015): Factor Investing Revisited, in: The Journal of Index Investing, 6 (2015), Nr. 2, S. 7-17

- Blitz, David C. (Risikoloser Zinssatz, 2020): The Risk-Free Asset Implied by the Market: Medium-Term Bonds instead of Short-Term Bills, in: The Journal of Portfolio Management, 46 (2020), Nr. 8, S. 120-132
- Blitz, David C., van Vliet, Pim (Low-Volatility, 2007): The Volatility Effect, in: The Journal of Portfolio Management, 34 (2007), Nr. 1, S. 102-113
- Blitz, David C., van Vliet, Pim, Baltussen, Guido (Volatilitätseffekt, 2020): The Volatility Effect Revisited, in: The Journal of Portfolio Management, 46 (2020), Nr. 2, S. 45-63
- Bollerslev, Tim (GARCH, 1986): Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, in: Journal of Econometrics, 31 (1986), Nr. 3, S. 307-327
- Bollerslev, Tim, Chou, Ray Y., Kroner, Kenneth F. (ARCH Modellierungen, 1992): ARCH Modeling in Finance: A Review of the Theory and Empirical Evidence, in: Journal of Econometrics, 52 (1992), Nr. 1, S. 5-59
- Bollerslev, Tim, Hood, Benjamin, Huss, John, Pedersen, Lasse Heje (Risikomodellierung, 2018): Risk Everywhere: Modeling and Managing Volatility, in: The Review of Financial Studies, 31 (2018), Nr. 7, S. 2729-2773
- Braccia, Joseph A. (Währungsmanagement, 1995): An Analysis of Currency Overlays for U.S. Pension Plans, in: The Journal of Portfolio Management, 22 (1995), Nr. 1, S. 88-93
- Breusch, Trevor S., Pagan, Adrian R. (Breusch-Pagan-Test, 1979): A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation, in: Econometrica, 47 (1979), Nr. 5, S. 1287-1294
- Brown, Robert A. (Intelligente Neugewichtung, 2018): Intelligent Rebalancing, in: The Journal of Investing, 27 (2018), Nr. 1, S. 31-42
- Brownlees, Christian, Engle, Robert F., Kelly, Bryan (Praktische Volatilitätschätzung, 2011): A Practical Guide to Volatility Forecasting Through Calm and Storm, in: The Journal of Risk, 14 (2011), Nr. 2, S. 3-22
- Bush, Robert, Woodham, Abby (Langfristige Währungsabsicherung, 2018): The New Neutral: The Long-Term Case for Currency Hedging, in: The Journal of Investing, 27 (2018), Nr. 2, S. 105-114
- Busse, Jeffrey A. (Volatilitätsziel-Strategien Fonds, 1999): Volatility Timing in Mutual Funds: Evidence from Daily Returns, in: The Review of Financial Studies, 12 (1999), Nr. 5, S. 1009-1041

- Busse, Jeffrey A., Goyal, Amit, Wahal, Sunil (Institutionelle Produkt-Performance, 2010): Performance and Persistence in Institutional Investment Management, in: *The Journal of Finance*, 65 (2010), Nr. 2, S. 765-790
- Campbell, John Y. (Zins-Aktien-Verhalten, 1987): Stock Returns and the Term Structure, in: *Journal of Financial Economics*, 18 (1987), Nr. 2, S. 373-399
- Campbell, John Y., Hentschel, Ludger (Modell Volatilität, 1992): No News is Good News: An Asymmetric Model of Changing Volatility in Stock Returns, in: *Journal of Financial Economics*, 31 (1992), Nr. 3, S. 281-318
- Carhart, Mark M. (4-Faktoren-Modell, 1997): On Persistence in Mutual Fund Performance, in: *The Journal of Finance*, 52 (1997), Nr. 1, S. 57-82
- Cederburg, Scott, O'Doherty, Michael S., Wang, Feifei, Yan, Xuemin (Sterling) (Performance Volatilitätsziel-Strategien, 2020): On the Performance of Volatility-Managed Portfolios, in: *Journal of Financial Economics*, 138 (2020), Nr. 1, S. 95-117
- Chan, Louis K. C., Hamao, Yasushi, Lakonishok, Josef (Fundamentaldaten Aktien, 1991): Fundamentals and Stock Returns in Japan, in: *The Journal of Finance*, 46 (1991), Nr. 5, S. 1739-1764
- Chaves, Denis, Hsu, Jason, Li, Feifei, Shakernia, Omid (Heuristiken Asset-Allokation, 2011): Risk Parity Portfolio vs. Other Asset Allocation Heuristic Portfolios, in: *The Journal of Investing*, 20 (2011), Nr. 1, S. 108-118
- Christensen, Bent J., Prabhala, Nagpurnanand R. (Implizite Volatilität, 1998): The Relation Between Implied and Realized Volatility, in: *Journal of Financial Economics*, 50 (1998), Nr. 2, S. 125-150
- Christie, Andrew A. (Verhalten Aktienvarianz, 1982): The Stochastic Behavior of Common Stock Variances: Value, Leverage and Interest Rate Effects, in: *Journal of Financial Economics*, 10 (1982), Nr. 4, S. 407-432
- Clarke, Roger G., Silva, Harindra de, Thorley, Steven (Minimum-Varianz-Portfolios, 2006): Minimum-Variance Portfolios in the U.S. Equity Market in: *The Journal of Portfolio Management*, 33 (2006), Nr. 1, S. 10-24
- Clarke, Roger G., Silva, Harindra de, Thorley, Steven (Vergleich Volatilitäts-Risikosteuerungsansätze, 2013): Risk Parity, Maximum Diversification, and Minimum Variance: An Analytic Perspective, in: *The Journal of Portfolio Management*, 39 (2013), Nr. 3, S. 39-53

- Cont, Rama (Stilisierte Kapitalmarkt-Fakten, 2001): Empirical Properties of Asset Returns: Stylized Facts and Statistical Issues, in: Quantitative Finance, 1 (2001), Nr. 2, S. 223-236
- Cooper, Tony (Alpha Volatilitätsziel-Strategien, 2010): Alpha Generation and Risk Smoothing Using Managed Volatility, Working Paper, <http://doi.org/10.2139/ssrn.1664823>, S. 1-37
- Copeland, Maggie M., Copeland, Thomas E. (Faktorrotation, 1999): Market Timing: Style and Size Rotation Using the VIX, in: Financial Analysts Journal, 55 (1999), Nr. 2, S. 73-81
- Dachraoui, Kais (Anlagenklassenvergleich Volatilitätsziel-Strategie, 2018): On the Optimality of Target Volatility Strategies, in: The Journal of Portfolio Management, 44 (2018), Nr. 5, S. 58-67
- Daniel, Kent, Moskowitz, Tobias J. (Momentum Crashes, 2016): Momentum Crashes, in: Journal of Financial Economics, 122 (2016), Nr. 2, S. 221-247
- Daniélsson, Jón (Risikoschätzungen, 2011): Financial Risk Forecasting – The Theory and Practice of Forecasting Market Risk, with Implementation in R and Matlab, Chichester: John Wiley & Sons, 2011
- Daskalaki, Charoula, Skiadopoulos, George (Rohstoff-Integration, 2011): Should Investors Include Commodities in Their Portfolios After All? New Evidence, in: Journal of Banking & Finance, 35 (2011), Nr. 10, S. 2606-2626
- De Santis, Giorgio, Gerard, Bruno (Internationale Diversifikation, 1997): International Asset Pricing and Portfolio Diversification with Time-Varying Risk, in: The Journal of Finance, 52 (1997), Nr. 5, S. 1881-1912
- Doeswijk, Ronald, Lam, Trevin, Swinkels, Laurens (Marktportfolio, 2014): The Global Multi-Asset Market Portfolio, 1959–2012, in: Financial Analysts Journal, 70 (2014), Nr. 2, S. 26-41
- Dopfel, Frederick E., Ramkumar, Sunder R. (Volatilitäts-Regime, 2013): Managed Volatility Strategies: Applications to Investment Policy, in: The Journal of Portfolio Management, 40 (2013), Nr. 1, S. 27-39
- Dorfleitner, Gregor (Vergleich Renditemaße, 2002): Stetige versus diskrete Renditen: Überlegungen zur richtigen Verwendung beider Begriffe in Theorie und Praxis, in: Kredit und Kapital, 35 (2002), Nr. 2, S. 216-241

- Durbin, James, Watson, Geoffrey S. (Durbin-Watson-Test, 1950): Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression: I, in: *Biometrika*, 37 (1950), Nr. 3/4, S. 409-428
- Elton, Edwin J., Gruber, Martin J., de Souza, Andre (Passive Fonds, 2019): Passive Mutual Funds and ETFs: Performance and Comparison, in: *Journal of Banking & Finance*, 106 (2019), S. 265-275
- Engle, Robert F. (Test Heteroskedastizität, 1982): Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation, in: *Econometrica*, 50 (1982), Nr. 4, S. 987-1007
- Engle, Robert F. (Anwendung GARCH, 2001): GARCH 101: The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics, in: *Journal of Economic Perspectives*, 15 (2001), Nr. 4, S. 157-168
- Engle, Robert F., Ferstenberg, Robert, Russell, Jeffrey (Messung Handelskosten, 2012): Measuring and Modeling Execution Cost and Risk, in: *The Journal of Portfolio Management*, 38 (2012), Nr. 2, S. 14-38
- Engle, Robert F., Ng, Victor K. („News-Impact“-Kurven, 1993): Measuring and Testing the Impact of News on Volatility, in: *The Journal of Finance*, 48 (1993), Nr. 5, S. 1749-1778
- European Central Bank (Hrsg.) (Finanzstabilität, 2020): *Financial Stability Review*, May 2020, Frankfurt: European Central Bank, 2020
- Fama, Eugene F. (Kapitalmarkteffizienz, 1970): Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work, in: *The Journal of Finance*, 25 (1970), Nr. 2, S. 383-417
- Fama, Eugene F., French, Kenneth R. (Querschnitt Aktienrenditen, 1992): The Cross-Section of Expected Stock Returns, in: *The Journal of Finance*, 47 (1992), Nr. 2, S. 427-465
- Fama, Eugene F., French, Kenneth R. (3-Faktoren-Modell, 1993): Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds, in: *Journal of Financial Economics*, 33 (1993), Nr. 1, S. 3-56
- Fama, Eugene F., French, Kenneth R. (Querschnitt Fondsrenditen, 2010): Luck versus Skill in the Cross-Section of Mutual Fund Returns, in: *The Journal of Finance*, 65 (2010), Nr. 5, S. 1915-1947

- Fama, Eugene F., French, Kenneth R. (5-Faktoren-Modell, 2015): A Five-Factor Asset Pricing Model, in: *Journal of Financial Economics*, 116 (2015), Nr. 1, S. 1-22
- Fama, Eugene F., French, Kenneth R. (Tests 5-Faktoren-Modell, 2017): International Tests of a Five-Factor Asset Pricing Model, in: *Journal of Financial Economics*, 123 (2017), Nr. 3, S. 441-463
- Fama, Eugene F., French, Kenneth R. (6-Faktoren-Modell, 2018): Choosing Factors, in: *Journal of Financial Economics*, 128 (2018), Nr. 2, S. 234-252
- Fisher, Gregg S., Maymin, Philip Z., Maymin, Zakhar G. (Risk-Parity, 2015): Risk Parity Optimality, 41 (2015), Nr. 2, S. 42-56
- Fleming, Jeff (Vorhersage Volatilität, 1998): The Quality of Market Volatility Forecasts Implied by S&P 100 Index Option Prices, in: *Journal of Empirical Finance*, 5 (1998), Nr. 4, S. 317-345
- Fleming, Jeff, Kirby, Chris, Ostdiek, Barbara (Volatilitäts-Timing, 2001): The Economic Value of Volatility Timing, in: *The Journal of Finance*, 56 (2001), Nr. 1, S. 329-352
- Fletcher, Jonathan (Minimum-Varianz-Analyse, 2009): Risk Reduction and Mean-Variance Analysis: An Empirical Investigation, in: *Journal of Business Finance & Accounting*, 36 (2009), Nr. 7-8, S. 951-971
- Frazzini, Andrea, Pedersen, Lasse Heje (Beta, 2014): Betting Against Beta, in: *Journal of Financial Economics*, 111 (2014), Nr. 1, S. 1-25
- French, Kenneth R., Schwert, G. William, Stambaugh, Robert F. (Rendite-Risiko-Beziehung, 1987): Expected Stock Returns and Volatility, in: *Journal of Financial Economics*, 19 (1987), Nr. 1, S. 3-29
- Füss, Roland, Grabellus, Markus, Mager, Ferdinand, Plagge, Jan-Carl (Effizienz Volatilitätsziel-Strategie, 2014): How Risk-Return Efficient Are Target Risk Strategies?, in: *The Journal of Index Investing*, 4 (2014), Nr. 4, S. 33-42
- Gadzinski, Gregory, Schuller, Markus, Vacchino, Andrea (Proxy Marktportfolio, 2018): The Global Capital Stock: Finding a Proxy for the Unobservable Global Market Portfolio, in: *The Journal of Portfolio Management*, 44 (2018), Nr. 7, S. 12-23

- Gârleanu, Nicolae, Pedersen, Lasse Heje (Optimierung Transaktionskosten, 2013): Dynamic Trading with Predictable Returns and Transaction Costs, in: *The Journal of Finance*, 68 (2013), Nr. 6, S. 2309-2340
- Ghysels, Eric, Santa-Clara, Pedro, Valkanov, Rossen (Untersuchung Risiko-Rendite-Beziehung, 2005): There Is a Risk-Return Trade-Off After All, in: *Journal of Financial Economics*, 76 (2005), Nr. 3, S. 509-548
- Giese, Guido, Nagy, Zoltán, Lee, Linda-Eling (Performance ESG, 2021): Deconstructing ESG Ratings Performance: Risk and Return for E, S, and G by Time Horizon, Sector, and Weighting, in: *The Journal of Portfolio Management*, 47 (2021), Nr. 3, S. 94-111
- Glosten, Lawrence R., Jagannathan, Ravi, Runkle, David E. (Rendite-Volatilitäts-Beziehung, 1993): On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks, in: *The Journal of Finance*, 48 (1993), Nr. 5, S. 1779-1801
- Glück, Maximilian, Hübel, Benjamin, Scholz, Hendrik (Währungsanpassung Faktorprämien, 2021): Currency Conversion of Fama–French Factors: How and Why, in: *The Journal of Portfolio Management*, 47 (2021), Nr. 2, S. 157-175
- Goetzmann, William, Ingersoll, Jonathan, Spiegel, Matthew, Welch, Ivo (Performancekennzahlen, 2007): Portfolio Performance Manipulation and Manipulation-proof Performance Measures, in: *The Review of Financial Studies*, 20 (2007), Nr. 5, S. 1503-1546
- Goldberg, Lisa R., Mahmoud, Ola (Risiko-Diversifikations-Index, 2013): Risk Without Return, in: *Journal of Investment Strategies*, 2 (2013), Nr. 2, S. 111-120
- Goldberg, Lisa R., Mahmoud, Ola (Drawdowns, 2017): Drawdown: From Practice to Theory and Back Again, in: *Mathematics and Financial Economics*, 11 (2017), Nr. 3, S. 275-297
- Goltz, Felix, Le Sourd, Véronique (Kapitalisierungsgewichtete Indizes, 2011): Does Finance Theory Make the Case for Capitalization-Weighted Indexing?, in: *The Journal of Index Investing*, 2 (2011), Nr. 2, S. 59-75
- Gösmann, Josua, Ziggel, Daniel (Wechsellpunkte, 2018): An Innovative Risk Management Methodology for Trading Equity Indices Based on Change Points, in: *Journal of Asset Management*, 19 (2018), Nr. 2, S. 99–109

- Haesen, Daniel, Hallerbach, Winfried G., Markwat, Thijs, Molenaar, Roderick (Optimierung Risk-Parity, 2017): Enhancing Risk Parity by Including Views, in: The Journal of Investing, 26 (2017), Nr. 4, S. 53-68
- Hallerbach, Winfried G. (Risikokontrollansätze, 2015): Advances in Portfolio Risk Control, in: Jurczenko, Emmanuel (Hrsg.), Risk-Based and Factor Investing, 2015, S. 1-30
- Harvey, Campbell R. (Konditionelle Erwartungen, 2001): The Specification of Conditional Expectations, in: Journal of Empirical Finance, 8 (2001), Nr. 5, S. 573-637
- Harvey, Campbell R., Hoyle, Edward, Korgaonkar, Russell, Rattray, Sandy, Sargaison, Matthew, van Hemert, Otto (Multi-Asset VTS, 2018): The Impact of Volatility Targeting, in: The Journal of Portfolio Management, 45 (2018), Nr. 1, S. 14-33
- Harvey, Campbell R., Hoyle, Edward, Rattray, Sandy, Sargaison, Matthew, Taylor, Dan, van Hemert, Otto (Krisen-Strategien, 2019): The Best of Strategies for the Worst of Times: Can Portfolios Be Crisis Proofed?, in: The Journal of Portfolio Management, 45 (2019), Nr. 5, S. 7-28
- Haugen, Robert A., Baker, Nardin L. (Minimum-Varianz-Ansatz, 1991): The Efficient Market Inefficiency of Capitalization-Weighted Stock Portfolios, in: The Journal of Portfolio Management, 17 (1991), Nr. 3, S. 35-40
- Haugen, Robert A., Heins, A. James (Tests Risiko-Rendite-Beziehung, 1975): Risk and the Rate of Return on Financial Assets: Some Old Wine in New Bottles, in: Journal of Financial and Quantitative Analysis, 10 (1975), Nr. 5, S. 775-784
- Heidorn, Thomas, Kaiser, Dieter G., Roder, Christoph (Risiko Hedge-Funds, 2009): The Risk of Funds of Hedge Funds: An Empirical Analysis of the Maximum Drawdown, in: The Journal of Wealth Management, 12 (2009), Nr. 2, S. 89-100
- Heynen, Ronald, Kemna, Angeliën, Vorst, Ton (Implizite Volatilitätsmodelle, 1994): Analysis of the Term Structure of Implied Volatilities, in: Journal of Financial and Quantitative Analysis, 29 (1994), Nr. 1, S. 31-56
- Hill, Joanne M. (Index-Analyse, 2010): Index Volatility in Perspective, in: The Journal of Index Investing, 1 (2010), Nr. 1, S. 12-23

- Hocquard, Alexandre, Ng, Sunny, Papageorgiou, Nicolas (Wertverlust-Management, 2013): A Constant-Volatility Framework for Managing Tail Risk, in: The Journal of Portfolio Management, 39 (2013), Nr. 2, S. 28-40
- Hollstein, Fabian, Prokopczuk, Marcel, Wese Simen, Chardin (Systematisches Risiko, 2020): Beta Uncertainty, in: Journal of Banking & Finance, 116 (2020), 105834, S. 1-18
- Jacewitz, Stefan, Pogach, Jonathan (Einlagenzinsen Großbanken, 2018): Deposit Rate Advantages at the Largest Banks, in: Journal of Financial Services Research, 53 (2018), Nr. 1, S. 1-35
- Jarque, Carlos M., Bera, Anil K. (Jarque-Bera-Test, 1980): Efficient Tests for Normality, Homoscedasticity and Serial Independence of Regression Residuals, in: Economics Letters, 6 (1980), Nr. 3, S. 255-259
- Jegadeesh, Narasimhan, Titman, Sheridan (Momentum-Effekt, 1993): Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency, in: The Journal of Finance, 48 (1993), Nr. 1, S. 65-91
- Jensen, Michael C. (Kapitalmarkttheorien, 1972): Capital Markets: Theory and Evidence, in: The Bell Journal of Economics and Management Science, 3 (1972), Nr. 2, S. 357-398
- Jensen, Michael C. (Hrsg.) (Kapitalmarkt-Studien, 1972): Studies in the Theory of Capital Markets, New York: Praeger, 1972
- Johannes, Michael, Korteweg, Arthur, Polson, Nicholas (Vorhersage Rendite, 2014): Sequential Learning, Predictability, and Optimal Portfolio Returns, in: The Journal of Finance, 69 (2014), Nr. 2, S. 611-644
- Johansson, Frederik, Seiler, Michael J., Tjarnberg, Mikael (Messung Abwärtsrisiken, 1999): Measuring Downside Portfolio Risk, in: The Journal of Portfolio Management, 26 (1999), Nr. 1, S. 96-107
- Jorion, Philippe (Vergleich Währungsabsicherung, 1989): Asset Allocation with Hedged and Unhedged Foreign Stocks and Bonds, in: The Journal of Portfolio Management, 15 (1989), Nr. 4, S. 49-54
- Jurczenko, Emmanuel (Hrsg.) (Risikobasiertes Investieren, 2015): Risk-Based and Factor Investing, London: ISTE Press Ltd, Kidlington: Elsevier Ltd, 2015

- Kähler, Jürgen (Regressionsanalyse, 2012): Regressionsanalyse, in: Schröder, Michael (Hrsg.), Finanzmarkt-Ökonometrie – Basistechniken, Fortgeschrittene Verfahren, Prognosemodelle, 2012, S. 29-98
- Kahneman, Daniel, Tversky, Amos (Erwartungstheorie, 1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, in: *Econometrica*, 47 (1979), Nr. 2, S. 263-291
- Karolyi, G. Andrew, Stulz, René M. (Korrelationszusammenhänge, 1996): Why Do Markets Move Together? An Investigation of U.S.-Japan Stock Return Comovements, in: *The Journal of Finance*, 51 (1996), Nr. 3, S. 951-986
- Karolyi, G. Andrew, van Nieuwerburgh, Stijn (Rendite-Querschnitt, 2020): New Methods for the Cross-Section of Returns, in: *The Review of Financial Studies*, 33 (2020), Nr. 5, S. 1879-1890
- Kaya, Hakan, Lee, Wai, Pornrojngkool, Bobby („Tail-Risk“-Management, 2011): Implementable Tail Risk Management: An Empirical Analysis of CVaR-optimized Carry Trade Portfolios, in: *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, 17 (2011), Nr. 4, S. 341-356
- Kirby, Chris, Ostdiek, Barbara (Timing-Strategien, 2012): It’s All in the Timing: Simple Active Portfolio Strategies that Outperform Naïve Diversification, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 47 (2012), Nr. 2, S. 437-467
- Knight, John, Satchell, Stephen (Volatilitäts-Vorhersage, 2007): *Forecasting Volatility in the Financial Markets*, 3rd Edition, Oxford: Butterworth-Heinemann (Elsevier), 2007
- Krein, David, Fernandez, Jeffrey (Index-Risikokontrollstrategien, 2012): Indexing Volatility Risk Control, in: *The Journal of Index Investing*, 3 (2012), Nr. 2, S. 62-75
- Kritzman, Mark (Portfolio-Bildung, 1987): How to Build a Normal Portfolio in Three Easy Steps, in: *The Journal of Portfolio Management*, 13 (1987), Nr. 4, S. 21-23
- Kroszner, Randall (Differenzen Refinanzierungskosten, 2016): A Review of Bank Funding Cost Differentials, in: *Journal of Financial Services Research*, 49 (2016), Nr. 2, S. 151-174

- Kuo, Li-Lan, Li, Feifei (Modifikation Low-Volatility, 2013): An Investor's Low Volatility Strategy, in: *The Journal of Index Investing*, 3 (2013), Nr. 4, S. 8-22
- Lazar, Emese, Zhang, Ning (Modellrisiken, 2019): Model Risk of Expected Shortfall, in: *Journal of Banking & Finance*, 105 (2019), S. 74-93
- Ledoit, Oliver, Wolf, Michael (Hypothesentests Sharpe-Ratio, 2008): Robust Performance Hypothesis Testing with the Sharpe Ratio, in: *Journal of Empirical Finance*, 15 (2008), Nr. 5, S. 850-859
- Levy, Haim (CAPM, 2012): *The Capital Asset Pricing Model in the 21st Century: Analytical, Empirical, and Behavioral Perspectives*, New York: Cambridge University Press, 2012
- Lintner, John (Auswahl Risiko-Assets, 1965): The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets, in: *The Review of Economics and Statistics*, 47 (1965), Nr. 1, S. 13-47
- Liu, Fang, Tang, Xiaoxiao, Zhou, Guofu (Nachteile Volatilitätsziel-Strategien, 2019): Volatility-Managed Portfolio: Does It Really Work?, in: *The Journal of Portfolio Management*, 46 (2021), Nr. 1, S. 38-51
- Lohre, Harald, Opfer, Heiko, Ország, Gábor (Risk-Parity-Diversifikation, 2015): Diversifying Risk Parity: In Today, Out Tomorrow?, in: Jurczenko, Emmanuel (Hrsg.), *Risk-Based and Factor Investing*, 2015, S. 97-122
- Longin, François, Solnik, Bruno (Korrelationsanalyse Aktien, 1995): Is the Correlation in International Equity Returns Constant: 1960–1990?, in: *Journal of International Money and Finance*, 14 (1995), Nr. 1, S. 3-26
- Longstaff, Francis A. (Liquiditätsnachfrage, 2004): The Flight-to-Liquidity Premium in U.S. Treasury Bond Prices, in: *The Journal of Business*, 77 (2004), Nr. 3, S. 511-526
- Lunde, Asger, Timmermann, Allan (Bären-Märkte, 2004): Duration Dependence in Stock Prices: An Analysis of Bull and Bear Markets, in: *Journal of Business & Economic Statistics*, 22 (2004), Nr. 3, S. 253-273
- Madhavan, Ananth N., Yang, Jian (Praktische Risikoanalyse, 2003): Practical Risk Analysis, in: *The Journal of Portfolio Management*, 30 (2003), Nr. 1, S. 73-85

- Madhavan, Ananth, Sobczyk, Aleksander, Ang, Andrew (Benchmark-Komponenten, 2018): What's in Your Benchmark? A Factor Analysis of Major Market Indexes, in: *The Journal of Index Investing*, 9 (2018), Nr. 2, S. 66-79
- Maillard, Sébastien, Roncalli, Thierry, Teïletche, Jérôme (Risk-Parity-Portfolios, 2010): The Properties of Equally Weighted Risk Contribution Portfolios, in: *The Journal of Portfolio Management*, 36 (2010), Nr. 4, S. 60-70
- Mandelbrot, Benoit (Marktbewegungen, 1963): The Variation of Certain Speculative Prices, in: *The Journal of Business*, 36 (1963), Nr. 4, S. 394-419
- Marchioni, Ursula, Niall, Paula (Institutionelle ETFs, 2013): ETFs within Institutional Managed Portfolios: A Review of the Latest Uses and Trends, in: *The Journal of Index Investing*, 4 (2013), Nr. 2, S. 98-103
- Markowitz, Harry M. (Mittelwert-Varianz-Optimierung, 1952): Portfolio Selection, in: *The Journal of Finance*, 7 (1952), Nr. 1, S. 77-91
- Markowitz, Harry M., Xu, Gan Lin („Data-Mining“, 1994): Data Mining Corrections, in: *The Journal of Portfolio Management*, 21 (1994), Nr. 1, S. 60-69
- Merton, Robert C. (Rendite-Schätzungen, 1980): On Estimating the Expected Return on the Market: An Exploratory Investigation, in: *Journal of Financial Economics*, 8 (1980), Nr. 4, S. 323-361
- Messmore, Thomas E. (Varianzeinfluss Renditeberechnung, 1995): Variance Drain, in: *The Journal of Portfolio Management*, 21 (1995), Nr. 4, S. 104-110
- Miller, Edward M. (Preiseinfluss Leerverkaufsbeschränkungen, 1977): Risk, Uncertainty, and Divergence of Opinion, in: *The Journal of Finance*, 32 (1977), Nr. 4, S. 1151-1168
- Moreira, Alan, Muir, Tyler (Volatilitätsstrategien, 2017): Volatility-Managed Portfolios, in: *The Journal of Finance*, 72 (2017), Nr. 4, S. 1611-1644
- Moreira, Alan, Muir, Tyler (Evaluierung Volatilitäts-Timing, 2019): Should Long-Term Investors Time Volatility?, in: *Journal of Financial Economics*, 131 (2019), Nr. 3, S. 507-527
- Mossin, Jan (Gleichgewicht Kapitalmarkt, 1966): Equilibrium in a Capital Asset Market, in: *Econometrica*, 34 (1966), Nr. 4, S. 768-783

- Nelson, Daniel B. (EGARCH, 1991): Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach, in: *Econometrica*, 59 (1991), Nr. 2, S. 347-370
- Newey, Whitney K., West, Kenneth D. (HAC, 1987): A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix, in: *Econometrica*, 55 (1987), Nr. 3, S. 703-708
- Novy-Marx, Robert (Profitabilitätsprämie, 2013): The Other Side of Value: The Gross Profitability Premium, in: *Journal of Financial Economics*, 108 (2013), Nr. 1, S. 1-28
- Novy-Marx, Robert, Velikov, Mihail (Handelskosten Anomalien, 2016): A Taxonomy of Anomalies and Their Trading Costs, in: *The Review of Financial Studies*, 29 (2016), Nr. 1, S. 104-147
- Opdyke, John D. (Sharpe-Ratio Vergleich, 2007): Comparing Sharpe ratios: So where are the p-values?, in: *Journal of Asset Management*, 8 (2007), Nr. 5, S. 308-336
- Pástor, Ľuboš, Vorsatz, M. Blair (Fondsperformance COVID-19-Krise, 2020): Mutual Fund Performance and Flows during the COVID-19 Crisis, in: *The Review of Asset Pricing Studies*, 10 (2020), Nr. 4, S. 791-833
- Pedersen, Lasse Heje („Efficiently Inefficient“-Hypothese, 2015): Efficiently Inefficient: How Smart Money Invests and Market Prices Are Determined, Princeton, Oxford: Princeton University Press, 2015
- Philips, Christopher B. (Index Methodologien, 2013): Convergence in the Methodologies of Index Providers, in: *The Journal of Index Investing*, 3 (2013), Nr. 4, S. 62-63
- Poon, Ser-Huang, Granger, Clive W. J. (Review Volatilitätsmodelle, 2003): Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review, in: *Journal of Economic Literature*, 41 (2003), Nr. 2, S. 478-539
- Poon, Ser-Huang, Granger, Clive W. J. (Volatilitätsvorhersage, 2005): Practical Issues in Forecasting Volatility, in: *Financial Analysts Journal*, 61 (2005), Nr. 1, S. 45-56
- Qiao, Xiao, Yan, Sibö, Deng, Binbin (Abwärts-Volatilität, 2020): Downside Volatility-Managed Portfolios, in: *The Journal of Portfolio Management*, 46 (2020), Nr. 7, S. 13-29

- Ramkumar, Sunder R., Bates, Andrew (Aktien-Zins-Korrelation, 2020): Are Long-Duration Treasuries the Best Hedge for Equities?, in: The Journal of Portfolio Management, 47 (2020), Nr. 1, S. 137-153
- Ramkumar, Sunder R., Black, Michelle J., Fu, Vincent C. (Internationale Aktien, 2019): International Equity Investing: Is Flexibility the New Diversification?, in: The Journal of Portfolio Management, 45 (2019), Nr. 6, S. 86-107
- Ramsey, James B. (RESET-Test, 1969): Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-Squares Regression Analysis, in: Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological), 31 (1969), Nr. 2, S. 350-371
- Rosenberg, Barr, Reid, Kenneth, Lanstein, Ronald (Buch-Kurs-Verhältnis Aktien, 1985): Persuasive Evidence of Market Inefficiency, in: The Journal of Portfolio Management, 11 (1985), Nr. 3, S. 9-16
- Scherer, Bernd (Untersuchung Volatilitätszielstrategien, 2015): Target Volatility, in: Jurczenko, Emmanuel (Hrsg.), Risk-Based and Factor Investing, 2015, S. 173-193
- Schmitt, Christian (Stochastische Volatilität, 2012): Stochastische Volatilität, in: Schröder, Michael (Hrsg.), Finanzmarkt-Ökonometrie – Basistechniken, Fortgeschrittene Verfahren, Prognosemodelle, 2012, S. 267-312
- Schröder, Michael (Hrsg.) (Finanzmarkt-Ökonometrie, 2012): Finanzmarkt-Ökonometrie – Basistechniken, Fortgeschrittene Verfahren, Prognosemodelle, 2. Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2012
- Schwert, G. William (Gründe Volatilitätsveränderungen, 1989): Why Does Stock Market Volatility Change Over Time?, in: The Journal of Finance, 44 (1989), Nr. 5, S. 1115-1153
- Schwert, G. William (Volatilität Aktienmarkt, 1990): Stock Market Volatility, in: Financial Analysts Journal, 46 (1990), Nr. 3, S. 23-34
- Shabarisha, Narayan, Madegowda, Jogigowda (GARCH-Anwendung, 2019): Application of GARCH Models for Modeling Stock Market Volatility: An Empirical Study, in: The IUP Journal of Financial Risk Management, 16 (2019), Nr. 2, S. 69-81

- Sharpe, William F. (Kapitalmarktpreise, 1964): Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk, in: The Journal of Finance, 19 (1964), Nr. 3, S. 425-442
- Sharpe, William F. (Fonds-Performance, 1966): Mutual Fund Performance, in: The Journal of Business, 39 (1966), Nr. 1, S. 119-138
- Sharpe, William F. (Sharpe-Ratio, 1994): The Sharpe Ratio, in: The Journal of Portfolio Management, 21 (1994), Nr. 1, S. 49-58
- Shleifer, Andrei, Vishny, Robert W. (Limitierungen Arbitrage, 1997): The Limits of Arbitrage, in: The Journal of Finance, 52 (1997), Nr. 1, S. 35-55
- Smith, Gary, Artigue, Heidi M. („Cost-Average-Effekt“, 2018): Another Look at Dollar Cost Averaging, in: The Journal of Investing, 27 (2018), Nr. 2, S. 66-75
- Soe, Aye M. (Versionen Low-Volatility, 2012): Low-Volatility Portfolio Construction: Ranking Versus Optimization, in: The Journal of Index Investing, 3 (2012), Nr. 3, S. 63-73
- Staines, Joe (Risikobezogene Indexgewichtung, 2016): Component Risk Parity: Using Traditionally Weighted Indexes in an Equal Risk Fashion, in: The Journal of Index Investing, 6 (2016), Nr. 4, S. 82-87
- Statman, Meir (Regelmäßiges Sparen, 1995): A Behavioral Framework for Dollar-Cost Averaging, in: The Journal of Portfolio Management, 22 (1995), Nr. 1, S. 70-78
- Symitsi, Efthymia, Symeonidis, Lazaros, Kourtis, Apostolos, Markellos, Raphael (Vorhersage Kovarianz, 2018): Covariance Forecasting in Equity Markets, in: Journal of Banking & Finance, 96 (2018), S. 153-168
- Thomas, Ric, Shapiro, Robert (Volatilitätsbasierte Aktieninvestments, 2009): Managed Volatility: A New Approach to Equity Investing, in: The Journal of Investing, 18 (2009), Nr. 1, S. 15-23
- Titman, Sheridan, Wei, K. C. John, Xie, Feixue (Investmentprämie, 2004): Capital Investments and Stock Returns, in: Journal of Financial and Quantitative Analysis, 39 (2004), Nr. 4, S. 677-700
- Tobin, James (Kapitalmarktlinie, 1958): Liquidity Preference as Behavior Towards Risk, in: The Review of Economic Studies, 25 (1958), Nr. 2, S. 65-86

- Tsay, Ruey S. (R-Finanzanalysen, 2013): An Introduction to Analysis of Financial Data with R, Hoboken: John Wiley & Sons, 2013
- Turner, Christopher M., Startz, Richard, Nelson, Charles R. (Risikozustände, 1989): A Markov Model of Heteroskedasticity, Risk, and Learning in the Stock Market, in: Journal of Financial Economics, 25 (1989), Nr. 1, S. 3-22
- Vassallo, Danilo, Hermans, Lieven, Kostka, Thomas (Effekte VTS, 2020): Volatility-Targeting Strategies and the Market Sell-Off, in: European Central Bank (Hrsg.), Financial Stability Review, May 2020, S. 41-43
- Verbeek, Marno (Moderne Ökonometrie, 2017): A Guide to Modern Econometrics, 5th Edition, Hoboken: John Wiley & Sons, 2017
- Wang, Qi, Wang, Zerong (VIX, 2020): VIX Valuation and Its Futures Pricing Through a Generalized Affine Realized Volatility Model with Hidden Components and Jump, in: Journal of Banking & Finance, 116 (2020), 105845, S. 1-22
- White, Halbert („Data-Snooping“, 2000): A Reality Check for Data Snooping, in: Econometrica, 68 (2000), Nr. 5, S. 1097-1126
- Wooldridge, Jeffrey M. (Einführung Ökonometrie, 2016): Introductory Econometrics: A Modern Approach, 6th Edition, Boston: Cengage Learning, 2016
- Wu, Guojun (Asymmetrische Volatilität, 2001): The Determinants of Asymmetric Volatility, in: The Review of Financial Studies, 14 (2001), Nr. 3, S. 837-859
- Wu, Liang-Chuan, Chou, Seng-Cho, Yang, Chau-Chen, Ong, Chorng-Shyong (Index-Tracking, 2007): Enhanced Index Investing Based on Goal Programming, in: The Journal of Portfolio Management, 33 (2007), Nr. 3, S. 49-56
- Yu, Jianfeng, Yuan, Yu (Investoren-Sentiment, 2011): Investor Sentiment and the Mean-Variance Relation, in: Journal of Financial Economics, 100 (2011), Nr. 2, S. 367-381
- Zakamulin, Valeriy (Unerwartete Volatilität, 2014): Dynamic Asset Allocation Strategies Based on Unexpected Volatility, in: The Journal of Alternative Investments, 16, (2014), Nr. 4, S. 37-50

- Zhang, Dayong, Hu, Min, Ji, Qiang (Kapitalmarkt COVID-19, 2020): Financial Markets Under the Global Pandemic of COVID-19, in: Finance Research Letters, 36 (2020), 101528, S. 1-6
- Zhu, Shushang, Zhu, Wie, Pei, Xi, Cui, Xueting (Crash-Absicherung, 2020): Hedging Crash Risk in Optimal Portfolio Selection, in: Journal of Banking & Finance, 119 (2020), 105905, S. 1-17
- Ziggel, Daniel, Armbuester, Christian (Passives Aktienportfolio, 2016): Constructing a Passive Global Stock Market Portfolio from a Multigenerational Family Office Perspective, in: The Journal of Wealth Management, 19 (2016), Nr. 2, S. 89-99
- Zweber, Alex (Vorteile Neugewichtungen, 2011): The Benefits of Rebalancing in High-Volatility Environments, in: The Journal of Index Investing, 2 (2011), Nr. 1, S. 95-101

Internetquellen

MSCI Inc. (Factsheet ACWI, 2021a): MSCI ACWI Index (USD),
<<https://www.msci.com/documents/10199/aad764ed-657c-4399-8be0-89320ad12547>> (2021-01-29) [Zugriff 2021-02-23]

MSCI Inc. (Factsheet WORLD, 2021b): MSCI World Index (USD),
<<https://www.msci.com/documents/10199/cad25553-6265-4a1b-9942-cb5be891015d>> (2021-01-29) [Zugriff 2021-02-23]

MSCI Inc. (Factsheet EM, 2021c): MSCI Emerging Markets Index (USD)
<<https://www.msci.com/documents/10199/10c3f32f-4565-4a92-aa1c-edf6f3a4e03f>> (2021-01-29) [Zugriff 2021-02-23]



kostenloser Download
unter fom-ifes.de

- Maasjosthusmann, R. / Lehnbass, F. (2021): Explainable Artificial Intelligence: Analyse und Visualisierung des Lernprozesses eines Convolutional Neural Network zur Erkennung deutscher Straßenverkehrsschilder, in: Kroll, B. (Hrsg.): ifes Schriftenreihe, Band 26, 2021, ISSN (eBook) 2569-5355, ISBN (eBook) 978-3-89275-428-2
- Hernes, D. / Lehnbass, F. / Maucy, K. (2021): Big Data basierte Analyse des Einflusses traditioneller und neuartiger Faktoren auf Mietpreise in Düsseldorf, in: Kroll, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 25, 2021, ISSN (eBook) 2569-5355, ISBN (eBook) 978-3-89275-426-8
- Lehnbass, F. (2021): Deep Learning Diagnostics – How to Avoid Being Fooled by TensorFlow, PyTorch, or MXNet with the Help of Modern Econometrics, in: Kroll, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 24, 2021, ISSN (eBook) 2569-5355, ISBN (eBook) 978-3-89275-424-4
- Lehnbass, F. / Wörndl, F. (2021): Was treibt die Renditen von Hedgefonds? Eine empirische Untersuchung ausgewählter Hedgefonds Strategien, in: Kroll, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 23, 2021, ISSN (eBook) 2569-5355, ISBN (eBook) 978-3-89275-422-0
- Kladroba, A. / Friz, K. / Buchmann, T. / Wolf, P. (2020): Netzwerk- und Outputmessung – Indikatorik für transformative Technologiefelder (NEO-Indikatorik), in: Kroll, B. / Kladroba, A. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 22, 2020, ISSN (eBook) 2569-5355, ISBN (eBook) 978-3-89275-420-6

- Bähren, T. / Maasjosthusmann, R. / Walter, A. / Lehrbass, F. (2020): Praktische Umsetzung von Business Analytics im Mediensektor: Predictive Analytics im Filmgeschäft, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 21, 2020, ISSN (eBook) 2569-5355, ISBN (eBook) 978-3-89275-418-3
- Kladroba, A. (2019): Der Einfluss mathematischer Methoden auf das Ergebnis von Mannschaftswettkämpfen: Eine Simulationsrechnung, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 20, 2019, ISSN (eBook) 2569-5355, ISBN (eBook) 978-3-89275-416-9
- Raasch, A. / Lehrbass, F. (2019): Investmentstrategien im Rahmen von Übernahmen börsennotierter Gesellschaften – Merger Arbitrage und Maschinelles Lernen, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 19, 2019, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-413-8
- Hagemann, D. / Lehrbass, F. (2018): Prognosemodelle für Länderrisiken: Logit- und Deep Learning-Methoden im Vergleich, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 18, 2018, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-411-4
- Graalmann, M.-P. / Lehrbass, F. (2018): Eignung von Varianz-Kovarianz-Ansätzen und Copula-Modellen zur Risikoaggregation in bankaufsichtlichen Risikotragfähigkeitskonzepten, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 17, 2018, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-409-1
- Cox, P. / Lehrbass, F. (2018): Determinanten der Replikationsgüte von Exchange Traded Funds, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 16, 2018, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-407-7
- Lehrbass, F. / Scheipers, N. (2017): Determinanten der Höhe von Wirtschaftsprüfungshonoraren am Beispiel von gelisteten Unternehmen im Prime Standard, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 15, 2017, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-406-0
- Schwarz, J. (2017): Ergebnisse der Analyse von Studienabbrüchen, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 14, 2017, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-405-3
- Lehrbass, F. (2016): Risikomessung für den globalen Kohlehandel: Einfache und fortgeschrittene Verfahren nebst Backtesting sowie ein Vergleich mit IFRS 7, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 13, 2016, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-404-6

- Godbersen, H. (2016): Die Means-End Theory of Complex Cognitive Structures – Entwicklung eines Modells zur Repräsentation von verhaltensrelevanten und komplexen Kognitionsstrukturen für die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 12, 2016, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-403-9
- Seng, A. / Landherr, G. (2015): Vielfalt leben und Vielfalt gestalten – Diversity Management in der Lehre, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 11, 2015, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-402-2
- Gansser, O. A. / Schutkin, A. (2014): Studie zur Validierung der Persönlichkeitsmerkmale Abenteuerlust und Routineverhalten, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 10, 2014, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-401-5
- Gansser, O. A. (2014): Marketingplanung als Instrument zur Krisenbewältigung, in: Krol, B. (Hrsg.), ifes Schriftenreihe, Band 9, 2014, ISSN 2191-3366, ISBN 978-3-89275-400-8
- Runia, P. M. / Wahl, F. / Rüttgers, C. (2013): Das Markenimage von Hersteller- und Handelsmarken: Eine empirische Analyse der Imagekomponenten von Körperpflegemarken auf der Grundlage eines Markenidentitätskonzeptes, in: Krol, B. (Hrsg.), KCS Schriftenreihe, Band 8, 2013, ISSN 2191-3366
- Naskrent, J. / Rüttgers, C. (2013): Sportmonitor Essen 2013: Eine empirische Analyse über das Image regionaler Sportvereine und ihre Sponsoring- und Promotionangebote, in: Krol, B. (Hrsg.), KCS Schriftenreihe, Band 7, 2013, ISSN 2191-3366
- Seng, A. / Fiesel, L. / Rüttgers, C. (2013): Akzeptanz der Frauenquote, in: Krol, B. (Hrsg.), KCS Schriftenreihe, Band 6, 2013, ISSN 2191-3366
- Naskrent, J. / Rüttgers, C. (2012): Wahrnehmung von Werbung mit Sportereignisbezug: Eine empirische Analyse der Einschätzung von Sponsoring und Ambush-Marketing im Rahmen der Fußball-Europameisterschaft und der Olympischen Spiele im Jahr 2012, in: Krol, B. (Hrsg.), KCS Schriftenreihe, Band 5, 2012, ISSN 2191-3366
- Seng, A. / Fiesel, L. / Krol, B. (2012): Erfolgreiche Wege der Rekrutierung in Social Networks, in: Krol, B. (Hrsg.), KCS Schriftenreihe, Band 4, 2012, ISSN 2191-3366

Überblick Schriftenreihe
Bisher erschienene Bände

- Heinemann, S. / Krol, B. (2011): Nachhaltige Nachhaltigkeit: Zur Herausforderung der ernsthaften Integration einer angemessenen Ethik in die Managementausbildung, in: Krol, B. (Hrsg.), KCS Schriftenreihe, Band 2, 2011, ISSN 2191-3366
- Hermeier, B. / Rettig, P. / Krol, B. (2010): Marken- und Produktmanagement durch Nutzung von Sportgroßereignissen: Möglichkeiten und Grenzen für Industrie und Handel, in: Krol, B. (Hrsg.), KCS Schriftenreihe, Band 1, 2010, ISSN 2191-3366

ISBN (Print) 978-3-89275-429-9

ISSN (Print) 2191-3366

ISBN (eBook) 978-3-89275-430-5

ISSN (eBook) 2569-5355



Institut für Empirie & Statistik
der FOM Hochschule
für Oekonomie & Management

FOM Hochschule

ifes

FOM. Die Hochschule. Für Berufstätige.

Mit über 57.000 Studierenden ist die FOM eine der größten Hochschulen Europas und führt seit 1993 Studiengänge für Berufstätige durch, die einen staatlich und international anerkannten Hochschulabschluss (Bachelor/Master) erlangen wollen.

Die FOM ist der anwendungsorientierten Forschung verpflichtet und verfolgt das Ziel, adaptionsfähige Lösungen für betriebliche bzw. wirtschaftsnahe oder gesellschaftliche Problemstellungen zu generieren. Dabei spielt die Verzahnung von Forschung und Lehre eine große Rolle: Kongruent zu den Masterprogrammen sind Institute und KompetenzCentren gegründet worden. Sie geben der Hochschule ein fachliches Profil und eröffnen sowohl Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als auch engagierten Studierenden die Gelegenheit, sich aktiv in den Forschungsdiskurs einzubringen.

Weitere Informationen finden Sie unter fom.de

Zunehmende Digitalisierung erfordert und ermöglicht datenbasierten Erkenntnisgewinn und fundiertes unternehmerisches Handeln. Um aus den allgegenwärtigen Daten die richtigen Schlüsse zu ziehen, ist überall eine kritische Methodenkompetenz erforderlich. Der wissenschaftliche Fokus der ifes-Akteure liegt dabei in den Bereichen der empirischen Unternehmens-, Markt- und Konsumentenforschung, der angewandten Statistik, des Data Minings und der Finanzstatistik.

Das ifes verfolgt das Ziel, empirische Kompetenzen an der FOM zu bündeln und die angewandte Forschung im empirischen Bereich der Hochschule weiter voranzutreiben. Damit nimmt das ifes eine zentrale Stellung im Bereich der Entwicklung und Unterstützung der Methodenausbildung in der Lehre der Bachelor- und Masterstudiengänge sowie im Promotionsprogramm der FOM ein.

Weitere Informationen finden Sie unter fom-ifes.de



Der Wissenschaftsblog der FOM Hochschule bietet Einblicke in die vielfältigen Themen, zu denen an der FOM geforscht wird: fom-blog.de