

Markus Rauscher

Künstliche neuronale Netze zur Risikomessung bei Aktien und Renten

Schriftenreihe

„Versicherung und Risikoforschung“

des Instituts für betriebswirtschaftliche Risikoforschung und Versicherungswirtschaft der Ludwig-Maximilians-Universität, München

Herausgegeben von Prof. Dr. Elmar Helten

Band 47

Eine Liste der zuletzt erschienenen Veröffentlichungen finden Sie am Ende des Buches.

Markus Rauscher

# **Künstliche neuronale Netze zur Risikomessung bei Aktien und Renten**

Am Beispiel deutscher  
Lebensversicherungsunternehmen

**Deutscher Universitäts-Verlag**

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Dissertation Universität München, 2004  
D 19

1. Auflage November 2004

Alle Rechte vorbehalten

© Deutscher Universitäts-Verlag GmbH, Wiesbaden, 2004

Lektorat: Brigitte Siegel / Sabine Schöller

Der Deutsche Universitäts-Verlag ist ein Unternehmen von  
Springer Science+Business Media.  
[www.duv.de](http://www.duv.de)



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.  
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes  
ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbe-  
sondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die  
Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in die-  
sem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass sol-  
che Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu  
betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

ISBN-13: 978-3-8244-8227-6      e-ISBN-13: 978-3-322-81863-8  
DOI: 10.1007/978-3-322-81863-8

## Vorwort

Der Abschwung der Aktienwerte bei gleichzeitig niedrigem Zinsniveau hat in den Jahren 2001 und 2002 mehrere deutsche Lebensversicherungsunternehmen in erhebliche Schwierigkeiten gebracht. Die freiwillige Überschussbeteiligung musste reduziert und der Kalkulationszins musste gesenkt werden. Das strenge Vorgehen der Aufsichtsbehörde bei der Überprüfung des Asset-Liability-Managements brachte den Lebensversicherungsunternehmen in aller Deutlichkeit zum Bewusstsein, dass in erster Linie die Sicherheit der vereinbarten Versicherungssumme und erst als zweites Ziel die Rendite der zusätzlichen Überschussbeteiligung im Vordergrund der Kapitalanlagepolitik von Lebensversicherungsunternehmen stehen muss.

Die unabhängig von den Kapitalmarktproblemen vorzunehmenden Überlegungen zu Solvency II haben erkennen lassen, dass es dringend notwendig ist, den verschiedenartig definierten Risikobegriff jeweils eindeutig für ein bestimmtes Risikoproblem zu fixieren und vor allem Maßgrößen zu definieren, die dem Risikoproblem adäquat sind. So ist z.B. die Volatilität des Aktienkurses anders zu messen als die zufällige Abweichung von einem Sollwert.

Will man das Kursrisiko von Aktien in der Kapitalanlage von Lebensversicherungsunternehmen messen, so ist es zunächst notwendig, in diesem Kontext ein geeignetes Risikomaß festzulegen. Darüber hinaus ist es für das Risikomanagement von wesentlicher Bedeutung, wie das Kursrisiko zu prognostizieren ist. Künstliche neuronale Netze sind in vielen Wissensgebieten erfolgreich für die Prognose von Zeitreihen angewandt worden. In der vorliegenden Dissertation wird ein erster Versuch gestartet, künstliche neuronale Netze zur Kursrisikomessung in der Kapitalanlage deutscher Lebensversicherungsunternehmen anzuwenden.

München, den 14. September 2004

Elmar Helten

# Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	XIII
TABELLENVERZEICHNIS .....	XVII
SYMBOLVERZEICHNIS.....	XIX
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	XXIII
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMSTELLUNG .....	1
1.2 GANG DER UNTERSUCHUNG .....	3
<b>2 RISIKO IN DER KAPITALANLAGE VON LEBENSVERSICHERUNGSUNTERNEHMEN UND DESSEN MESSUNG .....</b>	<b>5</b>
2.1 LEBENSVERSICHERUNGSPRODUKTE.....	5
2.2 KAPITALANLAGE IN LEBENSVERSICHERUNGEN .....	7
2.2.1 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN.....	7
2.2.2 ÖKONOMISCHE RAHMENBEDINGUNGEN.....	9
2.2.3 BESTANDSAUFNAHME DER KAPITALANLAGE .....	10
2.3 DEFINITORISCHE GRUNDLAGEN ZU RISIKO UND DESSEN MESSUNG .....	13
2.4 RISIKOMASSE IN DER KAPITALANLAGE VON LEBENSVERSICHERUNGSUNTERNEHMEN .....	15
2.4.1 INFORMATIONSDEFIZIT UND ZIELE IN DER KAPITALANLAGE VON VERSICHERUNGSUNTERNEHMEN .....	15
2.4.2 EIGNUNG BEKANNTER RISIKOMASSE FÜR DIE KAPITALANLAGE VON LEBENSVERSICHERUNGSUNTERNEHMEN.....	16

<b>3 GRUNDLAGEN KÜNSTLICHER NEURONALER NETZE .....</b>	<b>21</b>
3.1 EINORDNUNG KÜNSTLICHER NEURONALER NETZE.....	21
3.2 NATÜRLICHE UND KÜNSTLICHE NEURONALE NETZE .....	25
3.3 KÜNSTLICHE NEURONALE NETZE ALS INSTRUMENTE DER ZEITREIHENANALYSE .....	27
3.4 HISTORISCHER ABRISS DER ENTWICKLUNG KÜNSTLICHER NEURONALER NETZE .....	28
<b>4 KONSTRUKTION KÜNSTLICHER NEURONALER NETZE .....</b>	<b>33</b>
4.1 VARIABLEN DER MODELLIERUNG VON KNN .....	33
4.1.1 ÜBERBLICK.....	33
4.1.2 DIE STRUKTUR EINZELNER UNITS.....	36
4.1.3 DAS VERNETZUNGSMUSTER DER UNITS .....	39
4.1.4 DER LERNALGORITHMUS .....	44
4.2 DELTA-REGEL UND BACKPROPAGATION-ALGORITHMUS.....	47
4.3 SCHWIERIGKEITEN DES BACKPROPAGATION-ALGORITHMUS .....	51
4.4 WEITERENTWICKLUNGEN DES BACKPROPAGATION-ALGORITHMUS.....	56
4.4.1 EINZELNE MODIFIKATIONEN .....	56
4.4.2 QUICKPROP.....	62
4.4.3 RESILIENT PROPAGATION .....	64
4.5 ANDERE LERNMETHODEN.....	66
4.6 HÄUFIG VERWENDETE NETZWERKTYPEN .....	67
4.6.1 MULTILAYER-PERZEPTRON .....	67
4.6.2 RADIALES-BASISFUNKTIONS-NETZ .....	69

<b>5 ANWENDUNGEN KÜNSTLICHER NEURONALER NETZE .....</b>	<b>71</b>
5.1 ÜBERBLICK .....	71
5.2 ALLGEMEINE ANWENDUNGEN.....	72
5.3 ÖKONOMISCHE ANWENDUNGEN .....	73
5.3.1 ALLGEMEINE ÖKONOMISCHE ANWENDUNGEN .....	73
5.3.2 FINANZWIRTSCHAFTLICHE ANWENDUNGEN.....	76
5.3.2.1 ALLGEMEINE FINANZWIRTSCHAFTLICHE ANWENDUNGEN.....	76
5.3.2.2 ANWENDUNGEN ZUR RENDITESCHÄTZUNG.....	81
5.3.2.3 ANWENDUNGEN ZUR RISIKOSCHÄTZUNG.....	83
5.4 ERKENNTNISSE AUS BISHERIGEN ANWENDUNGEN.....	84
<b>6 GRUNDLAGEN DER EMPIRISCHEN UNTERSUCHUNG DER RISIKOPROGNOSEFÄHIGKEIT KÜNSTLICHER NEURONALER NETZE .....</b>	<b>85</b>
6.1 KONKRETISIERUNG DER PROBLEMSTELLUNG.....	85
6.2 DATENBASIS.....	86
6.3 EINGESetzte SOFTWARESYSTEME .....	95
6.4 VERWENDETE MODELLE .....	97
6.5 GÜTEMASSE.....	99
6.6 VORGEHEN ZUR UNTERSUCHUNG .....	101
<b>7 ERGEBNISSE DER EMPIRISCHEN UNTERSUCHUNG DER RISIKOPROGNOSEFÄHIGKEIT KÜNSTLICHER NEURONALER NETZE .....</b>	<b>103</b>
7.1 TRAININGERGEBNISSE DER DREISCHICHTIGEN MODELLE.....	103
7.1.1 ZEITREIHE DAX.....	103
7.1.2 ZEITREIHE REXP .....	105



7.1.3	ZEITREIHE KORR.....	107
<b>7.2</b>	<b>TRAININGSERGEBNISSE DER VIERSCHICHTIGEN MODELLE.....</b>	<b>109</b>
7.2.1	REIHE DAX.....	109
7.2.2	REIHE REXP.....	112
7.2.3	REIHE KORR.....	114
<b>7.3</b>	<b>ZUSAMMENFASSENDE TRAININGSERGEBNISSE .....</b>	<b>116</b>
<b>7.4</b>	<b>OUT-OF-SAMPLE-TEST DER DREISCHICHTIGEN MODELLE.....</b>	<b>119</b>
7.4.1	ZEITREIHE DAX.....	119
7.4.2	ZEITREIHE REXP.....	122
7.4.3	ZEITREIHE KORR.....	125
<b>7.5</b>	<b>OUT-OF-SAMPLE-TEST DER VIERSCHICHTIGEN MODELLE .....</b>	<b>128</b>
7.5.1	ZEITREIHE DAX.....	128
7.5.2	ZEITREIHE REXP.....	131
7.5.3	ZEITREIHE KORR.....	134
<b>7.6</b>	<b>ZUSAMMENFASSENDE OUT-OF-SAMPLE-ERGEBNISSE .....</b>	<b>137</b>
<b>7.7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DER EMPIRISCHEN ERGEBNISSE .....</b>	<b>140</b>
<b>8</b>	<b>THESENFÖRMIGE ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>143</b>
<b>ANHANG 147</b>		
	ANHANG 1: VERWENDUNG VON DATEN UND MODELLEN .....	148
	ANHANG 2: JAVANNS.....	149
	ANHANG 3: ERGEBNISSE NAIVE PROGNOSE.....	150
	ANHANG 4: ERGEBNISSE MEAN REVERSION.....	151
	ANHANG 5: TRAININGSERGEBNISSE DREISCHICHTIGER MLP .....	152
	ANHANG 6: TRAININGSERGEBNISSE VIERSCHICHTIGER MLP (DAX).....	157
	ANHANG 7: TRAININGSERGEBNISSE VIERSCHICHTIGER MLP (REXP) .....	159

---

ANHANG 8: TRAININGSERGEBNISSE VIERSCHICHTIGER MLP (KORR) .....	161
ANHANG 9: GÜTEMAßE (TRAINING) DREISCHICHTIGER MLP .....	163
ANHANG 10: GÜTEMAßE (TRAINING) VIERSCHICHTIGER MLP .....	164
ANHANG 11: RANGFOLGE (VALIDIERUNG) DREISCHICHTIGER MLP .....	165
ANHANG 12: RANGFOLGE (VALIDIERUNG) VIERSCHICHTIGER MLP .....	166
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>167</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lebensversicherungsprodukte ohne Rentenversicherung..... 6

Abbildung 2: Entwicklung der Asset-Klassen in Mrd. € Buchwerte. .... 12

Abbildung 3: Prinzipielles Vorgehen zur Ermittlung eines Risikomaßes..... 19

Abbildung 4: Informations- und Anweisungsfluss bei von-Neumann-Maschinen..... 23

Abbildung 5: Bipolare Nervenzelle mit Dendriten und Axon..... 25

Abbildung 6: Überblick Modellvarianten von KNN und Lernalgorithmen..... 34

Abbildung 7: Häufig verwendete Outputfunktionen. .... 37

Abbildung 8: Beispielhaftes künstliches Neuron. .... 39

Abbildung 9: Vollständig verbundenes, vorwärtsgekoppeltes KNN..... 41

Abbildung 10: Dreidimensionale Darstellung eines KNN zur Buchstabenerkennung. .... 42

Abbildung 11: Rekurrentes KNN..... 43

Abbildung 12: Verharren in lokalem Minimum. .... 52

Abbildung 13: Flaches Plateau einer Fehlerfunktion..... 53

Abbildung 14: Oszillation in steilen Tälern der Fehlerfunktion. .... 54

Abbildung 15: Verlassen guter Minima bei steilen und engen Tälern. .... 55

Abbildung 16: Standardmodell eines vorwärtsgerichteten KNN..... 68

Abbildung 17: Radiale Basisfunktion. .... 69

Abbildung 18: Anzahl untersuchter Publikationen mit empirischen Auswertungen. .... 71

Abbildung 19: Einsatz von KNN zur Risikomessung. .... 86

Abbildung 20: Entwicklung von DAX, Eurostoxx50 und REXP (4.1.1988 = 100 %)..... 88

Abbildung 21: Volatilitäten von DAX, Eurostoxx50 und REXP (30 Tage)..... 88

Abbildung 22: Volatilitäten von DAX, Eurostoxx50 und REXP (180 Tage)..... 89

Abbildung 23: Volatilitäten von DAX, Eurostoxx50 und REXP (250 Tage)..... 89

Abbildung 24: Differenz von Volatilitäten (250 Tage) ex post und ex ante..... 90

Abbildung 25: Korrelationen DAX, Eurostoxx50 und REXP (180 Tage)..... 91

Abbildung 26: Korrelationskoeffizienten DAX, Eurostoxx50 und REXP (250 Tage).....	91
Abbildung 27: Renditen des DAX.....	92
Abbildung 28: Relative Häufigkeiten und Statistik der Rendite des DAX.....	92
Abbildung 29: Renditen des REXP.....	93
Abbildung 30: Relative Häufigkeiten und Statistik der Rendite des REXP.....	93
Abbildung 31: Ausschnitt aus den Lerndaten DAX.....	94
Abbildung 32: Kombination von Softwarepaketen.....	95
Abbildung 33: Größte verwendete drei- und vierschichtige MLP.....	98
Abbildung 34: Trainingszeiten nach Gewichten dreischichtiger Netze.....	118
Abbildung 35: Trainingszeiten nach Gewichten vierschichtiger Netze.....	118
Abbildung 36: Beste und gemittelte Gütemaße für Out-Of-Sample-Test dreischichtig/DAX.....	121
Abbildung 37: Beste und gemittelte Gütemaße für Out-Of-Sample-Test dreischichtig/REXP.....	124
Abbildung 38: Beste und gemittelte Gütemaße für Out-Of-Sample-Test dreischichtig/KORR.....	127
Abbildung 39: Beste und gemittelte Gütemaße für Out-Of-Sample-Test vierschichtig/DAX.....	130
Abbildung 40: Beste und gemittelte Gütemaße für Out-Of-Sample-Test vierschichtig/REXP.....	133
Abbildung 41: Beste und gemittelte Gütemaße für Out-Of-Sample-Test vierschichtig/KORR.....	136
Abbildung 42: Aufbau der Untersuchung.....	148
Abbildung 43: Oberfläche von JavaNNS.....	149
Abbildung 44: MSE naive Prognose.....	150
Abbildung 45: MAPE naive Prognose.....	150
Abbildung 46: MSE Mean Reversion.....	151
Abbildung 47: MAPE Mean Reversion.....	151
Abbildung 48: MSE vierschichtige MLP mit Rprop für DAX.....	157
Abbildung 49: MAPE vierschichtiger MLP mit Rprop für DAX.....	157
Abbildung 50: R <sup>2</sup> vierschichtiger MLP mit Rprop für DAX.....	158
Abbildung 51: MSE vierschichtiger MLP mit Rprop für REXP.....	159

Abbildung 52: MAPE vierschichtiger MLP mit Rprop für REXP. ....159

Abbildung 53: R<sup>2</sup> vierschichtiger MLP mit Rprop REXP. ....160

Abbildung 54: MSE vierschichtiger MLP mit Rprop für KORR. ....161

Abbildung 55: MAPE vierschichtiger MLP mit Rprop für KORR. ....161

Abbildung 56: R<sup>2</sup> vierschichtiger MLP mit Rprop für KORR. ....162

Abbildung 57: Gütemaße (Training) dreischichtiger MLP nach Anzahl von Gewichten. ....163

Abbildung 58: Gütemaße (Training) vierschichtiger MLP nach Anzahl von Gewichten. ....164

Abbildung 59: Rangfolge (Validierung) dreischichtiger MLP nach Anzahl von Gewichten. ....165

Abbildung 60: Rangfolge (Validierung) vierschichtiger MLP nach Anzahl von Gewichten. ....166

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anlagearten deutscher VU in Prozent der Buchwerte.....	11
Tabelle 2: Laufende Erträge aus Kapitalanlagen nach Sparten in Mrd. € .....	13
Tabelle 3: Einzelne ökonomische Anwendungen von KNN .....	76
Tabelle 4: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse dreilagiger KNN des Trainings für DAX.....	103
Tabelle 5: Mittelwerte und beste Werte nach Subzeiträumen DAX.....	104
Tabelle 6: Mittelwerte der Kennzahlen über alle Subzeiträume für DAX.....	105
Tabelle 7: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Trainings dreilagiger KNN für REXP. ....	106
Tabelle 8: Mittelwerte und beste Werte nach Subzeiträumen REXP.....	106
Tabelle 9: Mittelwerte der Kennzahlen über alle Subzeiträume für REXP.....	107
Tabelle 10: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Trainings dreilagiger KNN für KORR. ....	108
Tabelle 11: Mittelwerte und beste Werte nach Subzeiträumen KORR.....	108
Tabelle 12: Mittelwerte der Kennzahlen über alle Subzeiträume für KORR.....	109
Tabelle 13: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Trainings vierlagiger KNN für DAX.....	110
Tabelle 14: Mittelwerte und beste Werte nach Subzeiträumen DAX.....	111
Tabelle 15: Mittelwerte der Kennzahlen über alle Subzeiträume für DAX.....	112
Tabelle 16: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Trainings vierlagiger KNN für REXP. ....	113
Tabelle 17: Mittelwerte und beste Werte nach Subzeiträumen REXP.....	113
Tabelle 18: Mittelwerte der Kennzahlen über alle Subzeiträume für REXP.....	114
Tabelle 19: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Trainings vierlagiger KNN für KORR. ....	115
Tabelle 20: Mittelwerte und beste Werte nach Subzeiträumen KORR.....	115
Tabelle 21: Mittelwerte der Kennzahlen über alle Subzeiträume für KORR.....	116
Tabelle 22: Mittlere Trainingszeiten je Lernalgorithmus.....	117
Tabelle 23: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Out-Of-Sample-Tests dreilagig/DAX.....	120
Tabelle 24: Beste KNN je Kombination Lern-/Validierungszeitraum dreischichtig/DAX.....	122
Tabelle 25: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Out-Of-Sample-Tests dreilagig/REXP.....	123

---

Tabelle 26: Beste KNN je Kombination Lern-/Validierungszeitraum dreischichtig/REXP.....	125
Tabelle 27: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Out-Of-Sample-Tests dreilagig/KORR. ....	126
Tabelle 28: Beste KNN je Kombination Lern-/Validierungszeitraum dreischichtig/KORR.....	128
Tabelle 29: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Out-Of-Sample-Tests vierlagig/DAX. ....	129
Tabelle 30: Beste KNN je Kombination Lern-/Validierungszeitraum vierschichtig/DAX.....	131
Tabelle 31: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Out-Of-Sample-Tests vierlagig/REXP.....	132
Tabelle 32: Beste KNN je Kombination Lern-/Validierungszeitraum vierschichtig/REXP.....	134
Tabelle 33: Zehn beste und schlechteste Ergebnisse des Out-Of-Sample-Tests vierlagig/KORR.....	135
Tabelle 34: Beste KNN je Kombination Lern-/Validierungszeitraum vierschichtig/KORR.....	137
Tabelle 35: Top 5 Rangfolge dreischichtiger KNN in allen Gütemaßen.....	137
Tabelle 36: Top 5 Rangfolge vierschichtiger KNN in allen Gütemaßen.....	139
Tabelle 37: Ergebnisse naive Prognose.....	150
Tabelle 38: Ergebnisse Mean Reversion.....	151
Tabelle 39: MSE, MAPE und $R^2$ nach dem Training dreischichtiger Netze.....	156

## Symbolverzeichnis

A	Approximationsgenauigkeit
$a_i$	Aktivitätslevel der Zelle $i$
d	Soll-Output
e	Eulersche Zahl
E	Fehler
$ES_\alpha$	Expected Shortfall zum Niveau $\alpha$
$f_{act}$	Aktivierungsfunktion
$f_{inp}$	Inputfunktion
$f_{out}$	Outputfunktion
G	Gradiententerm
H	Mittlerer Solloutput
$i, j$	Laufindex von Zellen
$I_i$	Externer Einfluss auf Zelle $i$
$\mathbf{R}^n$	Raum reeller Zahlen
k	Steigung
K	Konstante zur Lernratenerhöhung
$K_t$	Kurs zum Zeitpunkt $t$
L	Verlust
l	Gewichtsabnahme-Parameter
$l_o$	Obere Schranke
$l_u$	Untere Schranke
M	Anzahl Muster
M	Mean Reversion Koeffizient



---

MSE	Mittelwert der quadrierten Fehler
$N_{\max}$	Obergrenze der Normalisierung
$N_{\min}$	Untergrenze der Normalisierung
$n_1, n_2, n_3, n_4$	Anzahl Neuronen in Ebene 1, 2, 3, 4
$o_i$	Output der Zelle $i$
$p$	Musterindex
$P$	Parabelterm
$R$	Risikomaß
$R_t$	Log-Rendite zum Zeitpunkt $t$
$R_{xy}$	Korrelationskoeffizient zwischen $X$ und $Y$
$S$	Steigung der Fehlerfunktion
$s_i$	Schwellwert der Zelle $i$
$t$	Zeitindex
$U$	Theilscher Koeffizient
$V$	Volatilität
$W_e$	Originalwert
$w_{ij}$	Gewicht zwischen Zellen $i$ und $j$
$W_{\max}$	Maximaler Wert
$W_{\min}$	Minimaler Wert
$W_n$	Normalisierter Wert
$x$	Unabhängige Variable
$X, Y, X_1, X_2$	Zufallsvariablen
$y_i$	Output der Zelle $i$
$\alpha$	Konfidenzniveau
$\Delta$	Differenz

---

$\delta$	Fehler
$e$	Störgröße
$\eta$	Lernrate
$\eta^-$	Konstante zur Lernratenverringering
$\eta^+$	Konstante zur Lernratenerhöhung
$\Theta$	Konstante zur exponentiellen Glättung
$\mu$	Konstante zur Schrittgrößenbeschränkung
$T$	Zielwert bei LPM
$\Phi$	Konstante zur Lernratenverringering

## Abkürzungsverzeichnis

AnIV	Verordnung über die Anlage des gebundenen Vermögens von Versicherungsunternehmen
AR	Autoregressive
ARCH	Autoregressive Conditional Heteroscedastic
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average
ART	Adaptive Resonance Theory
AVO	Astronomischen Virtuellen Observatorium
BAFin	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
BAM	Bidirektionaler Assoziativspeicher
CVAR	Conditional Value-At-Risk
DAX	Deutscher Aktienindex
DEM	Deutsche Mark
ES	Expected Shortfall
Eurostoxx 50	Dow Jones Euro Stoxx 50
EWR	Europäischer Wirtschaftsraum
GARCH	Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic
IAS	International Accounting Standards
IFRS	International Financial Reporting Standards
KA	Kapitalanlage
KI	Künstliche Intelligenz
KLV	Kapitalbildende Lebensversicherung
KNN	Künstliche neuronale Netze
KORR	Zeitreihe Korrelation

---

KWG	Gesetz über das Kreditwesen
LPM	Lower Partial Moment
LPM <sub>1</sub>	Lower Partial Moment vom Grade 1
LV	Lebensversicherungsunternehmen
MA	Moving Average
MDN	Mixture-Density-Networks
MLP	Multi-Layer-Perzeptron
MSE	Mean Square Error
NBER	National Bureau of Economic Research
RBF	Radiale Basisfunktion
REXP	Deutscher Rentenindex Performance
RPROP	Resilient Propagation
SNNS	Stuttgarter Neuronale Netze Simulator
SOM	Selforganizing Map
SSE	Sum of squared errors
TAR	Threshold-Autoregressive
USD	United States Dollar
VAG	Gesetz über die Beaufsichtigung der Versicherungsunternehmen
VAR	Value-At-Risk
VBA	Visual Basic for Applications
VersKapAG	Versicherungskapitalanlagen-Bewertungsgesetz
XOR	Exklusiv Oder
Z1, Z2, Z3	Subzeitraum 1, 2, 3