

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Abbildungsverzeichnis.....	XI
Tabellenverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis.....	XVII
0. Ein kurzer Leitfaden zur Lektüre.....	1
1. Einleitung und Überblick.....	5
1.1. Erweiterungsdimensionen der traditionellen Finanzanalyse.....	5
1.2. Finanzanalyse mittels Künstlicher Neuronaler Netze	13
1.3. Integrierte Finanzmärkte	16
1.4. Aufgabenstellung und Gang der Arbeit.....	18
2. Denkansätze, Methoden und Probleme der Finanzanalyse	25
2.1. Ausrichtungen der Finanzanalyse.....	25
2.2. Renditegenerierungsprozesse.....	26
2.2.1. Grundlagen	26
2.2.1.1. Eigenschaften von Finanzmarktzeitreihen.....	26
2.2.1.2. Einige statistische Grundlagen.....	32
2.2.2. Lineare Renditegenerierungsprozesse.....	51
2.2.2.1. Autoregressive, moving average und gemischte autoregressive moving average Prozesse.....	52
2.2.2.2. Das Single-Index Modell	58
2.2.2.3. Das Multi-Index Modell	60
2.2.2.4. Das Autoregressive-Distributed-Lag Modell.....	63
2.2.3. Nichtlineare dynamische Renditegenerierungsprozesse	64
2.2.3.1. Nichtlineare dynamische Modelle als Gegenentwurf	64
2.2.3.2. Additive nichtlineare stochastische Renditegenerierungsprozesse.....	66
2.2.3.3. Multiplikative nichtlineare stochastische Renditegenerierungsprozesse.....	71
2.2.3.4. Deterministische und stochastische nichtlineare Renditegenerierungsprozesse.....	74
2.2.4. Renditegenerierungsprozesse und Analyseinstrumente	76
2.3. Die These effizienter Kapitalmärkte.....	78
2.3.1. Die Effizienzthesen und ihre Implikationen für die Finanzanalyse	78
2.3.2. Formale Darstellung der Effizienzthesen.....	81
2.3.3. Empirische Befunde und gängige Kritik am Konzept effizienter Kapitalmärkte	87
2.3.4. Nichtlineare Renditegenerierungsprozesse und die Effizienzthese	91
2.4. Technische Analyse	95
2.4.1. Vorbemerkungen: Methoden der Finanzanalyse.....	95

2.4.2. Grundlagen der Technischen Analyse: Die Dow-Theorie	98
2.4.3. Die Trendlinien-Methode.....	99
2.4.4. Die Analyse der Formationen	101
2.4.5. Die Analyse mit Hilfe Technischer Indikatoren.....	104
2.4.6. Zeitreihenanalytische Verfahren	109
2.4.6.1. ARIMA-Modelle	110
2.4.6.2. Die Spektralanalyse	128
2.4.6.3. Neuere Entwicklungen.....	136
2.5. Fundamentale Analyse	143
2.5.1. Der Ansatzpunkt der Fundamentalanalyse.....	143
2.5.2. Die Faktorenanalyse.....	146
2.5.3. Die Regressionsanalyse.....	154
2.5.3.1. Die univariate lineare Regressionsanalyse.....	154
2.5.3.2. Die multivariate Regressionsanalyse	170
2.5.3.3. Probleme bei der Anwendung der Regressionsanalyse	176
2.5.4. Die Diskriminanzanalyse	186
2.5.5. Kointegration und Fehlerkorrekturmodelle.....	188
2.5.6. Abschließende Bemerkungen.....	201
3. Nichtlineare Analyse von Finanzmärkten	203
3.1. Instrumente der nichtlinearen Analyse	203
3.2. Nichtlineare Testverfahren.....	204
3.2.1. Überblick.....	204
3.2.2. Grundlegender Ansatz des BDS-Tests.....	206
3.2.3. Korrelationsintegral und Korrelationsdimension	210
3.2.4. Der BDS-Test.....	219
3.2.5. Anwendung des BDS-Tests	224
3.2.6. Abschließende Bemerkungen zum BDS-Test.....	226
3.3. Die lineare Regressionsanalyse und die Modellierung nichtlinearer Zusammenhänge	228
3.4. Der grundlegende Ansatz der nichtlinearen Kleinste-Quadrate Schätzung.....	234
3.5. Nichtlineare Optimierungsverfahren	238
3.5.1. Suchverfahren	238
3.5.2. First-Order Verfahren.....	245
3.5.3. Second-Order Verfahren	255
3.5.4. Bestimmung der Standardfehler.....	262
3.5.5. Zusammenfassung nichtlinearer Optimierungsverfahren	266
4. Künstliche Neuronale Netzwerke für finanzanalytische Aufgabenstellungen	273
4.1. Überblick.....	273
4.2. Perceptrons	276
4.2.1. Das Single-Layer Perceptron.....	276
4.2.2. Das Multi-Layer Perceptron.....	288

4.2.3. Das Recurrent Perceptron	303
4.3. Radiale-Basis-Funktionen Netzwerke	306
4.3.1. Der Learning Vector Quantizer	308
4.3.2. Das Counterpropagation Netzwerk	309
4.3.3. Das Restricted Coulomb Energy Netzwerk	313
4.3.4. Probabilistic Neural Network und General Regression Neural Network.....	317
4.3.4.1. Vorbemerkungen	317
4.3.4.2. Das Probabilistic Neural Network	318
4.3.4.3. Das General Regression Neural Network	335
4.3.4.4. Zusammenfassung und Würdigung	348
4.4. Übersicht über die Eigenschaften der betrachteten KNN-Typen.....	352
4.5. Fallstudie: Analyse eines nichtlinearen Renditegenerierungsprozesses	357
4.6. Empirische Studien zum Einsatz von KNN bei finanzanalytischen Aufgabenstellungen	374
5. Prinzipien und Vorgehensweisen bei der Modellentwicklung	381
5.1. Überblick.....	381
5.2. Analyse der Problemstruktur und Wahl des geeigneten Prognoseinstruments	382
5.2.1. Auswahl der zu prognostizierenden Variablen	382
5.2.2. Bedingtes versus unbedingtes Prognosemodell	386
5.2.3. Einschnitt- versus Mehrschrittprognosen	390
5.2.4. Vortests auf Strukturen in den Daten	395
5.2.5. Auswahl des geeigneten Verfahrens	399
5.3. Zusammenstellung und Vorbereitung der Daten.....	400
5.3.1. Identifikation potentieller Einflußgrößen.....	401
5.3.2. Prüfung des Integrationsgrades	405
5.3.3. Datenaufbereitungen	407
5.3.4. Ausreißer	412
5.3.5. Weitere Probleme bei der Datenzusammenstellung	416
5.4. Vorselektion der relevanten Einflußgrößen.....	418
5.5. Spezifikation, Schätzung und Postprocessing des Prognosemodells.....	422
5.5.1. Overfitting / Underfitting	422
5.5.2. Aufteilung des Datenmaterials	431
5.5.3. Der Jackknife-Ansatz	438
5.5.4. Test auf Zeitstabilität.....	448
5.6. Anwendung des Modells und Test gegen eine Benchmark	454
5.6.1. Auswahl der Benchmark	454
5.6.2. Gütekriterien zur Beurteilung von Modell und Benchmark.....	458
5.6.3. Statistische Signifikanz der erzielten Ergebnisse.....	469
5.7. Fallstudie: Entwicklung eines Modells zur Prognose des US-Dollars ..	481
5.7.1. Vorbemerkungen.....	481

5.7.2. Analyse der Problemstruktur und Wahl des geeigneten Prognoseinstruments	482
5.7.3. Zusammenstellung und Vorbereitung der Daten	491
5.7.4. Vorselektion der relevanten Einflußgrößen	498
5.7.5. Spezifikation, Schätzung und Postprocessing der Prognosemodelle	501
5.7.5.1. ARIMA-Modelle	502
5.7.5.2. Das Kointegrationsmodell	509
5.7.5.3. Das Fehlerkorrekturmodell	512
5.7.6. Anwendung des Modells und Test gegen eine Benchmark	523
5.7.7. Exkurs: Berechnung der Rentenindizes	528
6. Ausgewählte Fragestellungen der Modellentwicklung bei	
Verwendung von Perceptrons	533
6.1. Alternative Fehlerfunktionen	533
6.2. Das Problem des Overfittings bei Perceptrons	539
6.2.1. Stopped Training	541
6.2.2. Entwicklung optimaler Netzwerke: Weight Pruning	550
6.2.2.1. Vorbemerkungen	550
6.2.2.2. Unechtes Weight Pruning	552
6.2.2.3. Echtes Weight Pruning	557
6.2.2.3.1. Der Finnoff/Zimmermann-Test	558
6.2.2.3.2. Varianten	564
6.2.2.3.3. Ein Jackknife-Ansatz	566
6.2.2.4. Spezialfälle: Hidden Neuron und Input Pruning	570
6.3. Ansätze zu einer Erklärungskomponente für Perceptrons	572
7. Erweiterungen der vorgestellten Verfahren der Finanzanalyse	579
7.1. Finanzanalyse mittels hybrider Ansätze	579
7.2. Finanzanalyse integrierter Märkte	588
7.3. Ansätze zu einer 'automatisierten Finanzanalyse'	593
8. Exkurs: Statistikprogramme, Ökonometriesoftware,	
Simulatoren für KNN	599
8.1. Statistikprogramme und Ökonometriesoftware	599
8.2. Simulatoren für Künstliche Neuronale Netze	604
8.3. Zusammenfassender Überblick	606
Literaturverzeichnis	613
Stichwortverzeichnis	635
Anhang: Beispielhafte Implementation des BDS-Tests in GAUSS	645

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1.-1.: Bestandteile des Portfoliomanagementprozesses nach Schmidt-von Rhein.....	5
Abb. 1.1.-2.: Objekte, Ziele, Methoden und Informationsbasis der Finanzanalyse.....	7
Abb. 1.1.-3.: Methodische und ökonomische Analysedimension.....	11
Abb. 2.2.1.1.-1.: DAX-Indexstände.....	29
Abb. 2.2.1.1.-2.: DAX-Eintagesrenditen.....	29
Abb. 2.2.1.1.-3.: DAX-Indexstände (Ausschnittsvergrößerung).....	30
Abb. 2.2.1.1.-4.: DAX-Eintagesrenditen (Ausschnittsvergrößerung).....	31
Abb. 2.2.1.2.-1.: Graphische Darstellung der Entscheidungssituation.....	33
Abb. 2.2.1.2.-2.: Dichtefunktion.....	34
Abb. 2.2.1.2.-3.: Standardabweichung.....	38
Abb. 2.2.1.2.-4.: Standardnormalverteilung.....	40
Abb. 2.2.1.2.-5.: Normalverteilung mit $\mu = 1$ und $\sigma = 0.5$	40
Abb. 2.2.1.2.-6.: Normalverteilung mit $\mu = -2$ und $\sigma = 3$	40
Abb. 2.2.2.1.-1.: Random-Walk und stationärer AR(1)-Prozeß.....	56
Abb. 2.2.2.1.-2.: Stationärer MA(1)-Prozeß.....	57
Abb. 2.2.2.1.-3.: Stationärer ARMA(1,1)-Prozeß.....	57
Abb. 2.2.3.2.-1.: Beispiel eines TAR-Prozesses.....	68
Abb. 2.2.3.2.-2.: Autokorrelationen eines TAR-Prozesses.....	70
Abb. 2.2.3.3.-1.: Beispiel eines ARCH-Prozesses.....	74
Abb. 2.4.3.-1.: Beispiele von Trendlinien.....	100
Abb. 2.4.4.-1.: Beispiele einiger Formationen.....	102
Abb. 2.4.5.-1.: Darstellung der Kauf- und Verkaufsregeln nach den Gleitenden Durchschnitten.....	106
Abb. 2.4.6.1.-1.: Phasen der Modellierung einer Kursreihe mittels eines ARIMA-Modells.....	111
Abb. 2.4.6.1.-2.: ACF und PACF eines AR(1)-Prozesses.....	117
Abb. 2.4.6.1.-3.: ACF und PACF eines AR(1)-Prozesses (negativer Koeffizient).....	119
Abb. 2.4.6.1.-4.: ACF und PACF eines MA(1)-Prozesses.....	120
Abb. 2.4.6.1.-5.: ACF und PACF eines ARMA(1,1)-Prozesses.....	120
Abb. 2.4.6.1.-6.: Verlauf des Dollar/DM-Wechselkurses.....	123
Abb. 2.4.6.1.-7.: Verlauf der Dollar/DM Eintagesrenditen.....	123
Abb. 2.4.6.1.-8.: Ergebnisse des ADF-Tests.....	125
Abb. 2.4.6.1.-9.: ACF und PACF der Eintagesrendite des Dollar/DM-Wechselkurses.....	126
Abb. 2.4.6.1.-10.: Gegenüberstellung der prognostizierten und tatsächlich eingetretenen Eintagesrenditen des Dollarkurses.....	127

Abb. 2.4.6.2.-1.: Sinusschwingung mit $\lambda_1 = 0.00333$	129
Abb. 2.4.6.2.-2.: Sinusschwingung mit $\lambda_2 = 0.01333$	130
Abb. 2.4.6.2.-3.: Sinusschwingung mit $\lambda_3 = 0.05$	130
Abb. 2.4.6.2.-4.: Verlauf der Überlagerung.....	131
Abb. 2.4.6.2.-5.: Periodogramm der beispielhaft betrachteten Zeitreihe.....	132
Abb. 2.4.6.2.-6.: Drei Periodogramme von Finanzmarktzeitreihen.....	135
Abb. 2.5.3.1.-1.: Schätzung der Koeffizienten über eine Regressionsgerade.....	157
Abb. 2.5.3.1.-2.: Kursverlauf Daimler versus DAX im betrachteten Zeitraum.....	166
Abb. 2.5.3.1.-3.: Renditen der Daimler-Benz Aktie versus DAX im betrachteten Zeitraum.....	167
Abb. 2.5.3.1.-4.: Ergebnis der Regressionsanalyse.....	168
Abb. 2.5.3.1.-5.: Renditen der Daimler-Benz Aktie versus DAX im betrachteten Zeitraum mit Regressionsgerade.....	170
Abb. 2.5.3.2.-1.: Ergebnis der multivariaten Regressionsanalyse.....	176
Abb. 2.5.3.3.-1.: Zwei Random-Walks.....	177
Abb. 2.5.3.3.-2.: Regressionsanalyse zweier Random-Walks.....	178
Abb. 2.5.3.3.-3.: Regressionsanalyse Daimler vs. Dow-Jones.....	181
Abb. 2.5.3.3.-4.: Regressionsanalyse Daimler vs. DAX und Dow-Jones.....	182
Abb. 2.5.3.3.-5.: Regressionsanalyse Daimler vs. DAX und Dow-Jones, orthogonalisierte Faktoren.....	185
Abb. 2.5.4.-1.: Grundgedanke der MDA.....	187
Abb. 2.5.5.-1.: Verlauf des deutschen und US-amerikanischen Aktienmarktes im Untersuchungszeitraum.....	198
Abb. 2.5.5.-2.: Kointegrierende Regression.....	199
Abb. 2.5.5.-3.: Geschätzte Fehlerkorrekturdarstellung.....	200
Abb. 3.2.2.-1.: Verlauf der Feigenbaum-Reihe für die ersten 100 Werte.....	207
Abb. 3.2.2.-2.: 2-history Phasendiagramm der Feigenbaum-Reihe.....	208
Abb. 3.2.2.-3.: 2-history Phasendiagramm eines Zufallsprozesses.....	209
Abb. 3.2.3.-1.: Korrelationsdimension der Henon-Reihe.....	218
Abb. 3.3.-1.: Verlauf der logistischen Funktion.....	233
Abb. 3.4.-1.: Verlauf der $SSR(\beta)$ im Beispiel.....	237
Abb. 3.5.2.-1.: Beispiel für die sukzessive Schachtelung eines Minimums....	250
Abb. 3.5.2.-2.: Liniensuche im mehrdimensionalen Parameterraum.....	251
Abb. 3.5.2.-3.: Schematischer Verlauf der Funktionswerte in Abhängigkeit von λ längs der Suchrichtung.....	252
Abb. 3.5.4.-1.: Flacher Verlauf der SSR um das geschätzte Minimum.....	263
Abb. 3.5.4.-2.: Steiler Verlauf der SSR um das geschätzte Minimum.....	264
Abb. 3.5.5.-1.: Ein schwieriges Optimierungsproblem.....	268
Abb. 4.1.-1.: Klassifikation von KNN nach dem Funktionsumfang.....	275
Abb. 4.1.-2.: Klassifikation von KNN nach der Topologie.....	275

Abb. 5.5.3.-1.: Datenzusammenstellungen nach dem Jackknife-Ansatz im Beispiel	443
Abb. 5.6.2.-1.: Zusammenhang von MSE und r zur Beurteilung der Prognosegüte eines Modells	463
Abb. 5.6.2.-2.: Geringe Varianz der Prognosewerte	464
Abb. 5.7.2.-1.: Verlauf des Dollarkurses im betrachteten Zeitraum der Fallstudie.....	484
Abb. 5.7.2.-2.: Verteilung der Dollarrenditen	485
Abb. 5.7.2.-3.: ACF- und PACF der Dollarrenditen	487
Abb. 5.7.2.-4.: Kreuzkorrelogramm der Dollarrenditen mit Rentenrenditen...	489
Abb. 5.7.3.-1.: Empirische Verteilung der Einmonatsrenditen für den deutschen Aktienmarkt im betrachteten Zeitraum.....	497
Abb. 5.7.5.1.-1.: Verlauf der prognostizierten und tatsächlich eingetretenen Dollarrenditen im Validierungszeitraum	507
Abb. 5.7.5.1.-2.: Ergebnisse der erneuten Parameterschätzung des ARIMA(4,1,4)-Modells für den gesamten Trainingszeitraum	508
Abb. 5.7.5.2.-1.: Ergebnisse der ersten kointegrierenden Regressionsgleichung	510
Abb. 5.7.5.2.-2.: Ergebnisse der zweiten kointegrierenden Regressionsgleichung	512
Abb. 5.7.5.3.-1.: Kreuzkorrelogramm zwischen den Einmonatsrenditen des DMUSD und des YENUSD	514
Abb. 5.7.5.3.-2.: Kointegrationsmodell für den YENUSD	520
Abb. 5.7.5.3.-3.: Kreuzkorrelogramm D_DMUSD gegen $ECYENUSD$	521
Abb. 5.7.5.3.-4.: Fehlerkorrekturmodell A.....	522
Abb. 5.7.5.3.-5.: Fehlerkorrekturmodell B	523
Abb. 5.7.6.-1.: Vergleich der vorhergesagten und tatsächlich eingetretenen Einmonats-Log-Differenzen (für ECM B).....	526
Abb. 6.1.-1.: Verlauf der (partiellen) Ableitung der absoluten Fehlerfunktion.....	536
Abb. 6.2.1.-1.: Die Übertragung des Jackknife-Ansatzes auf Perceptrons.....	544
Abb. 6.2.2.2.-1.: Verlauf der Kosten eines Gewichts und dessen Ableitung...	554
Abb. 6.3.-1.: Graphische Darstellung der Sensitivitätsanalyse.....	574
Abb. 7.1.-1.: Teilgebiete der Künstlichen Intelligenz und hybride Systeme ...	580
Abb. 7.1.-2.: Beispiele von Fuzzy-Mengen und Zugehörigkeitsfunktionen ...	583
Abb. 7.1.-3.: Kombination von Fuzzy Logic mit Neuronalen Netzen	586

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.2.1.2.-1.: Entscheidungssituation eines Investors	33
Tab. 2.2.4.-1.: Renditegenerierungsprozesse und Analyseinstrumente	77
Tab. 2.3.1.-1.: Informationseffizienz und Verfahren der Finanzanalyse	80
Tab. 2.5.5.-1.: Kritische Testwerte für den DF-Test der Residuen	194
Tab. 2.5.5.-2.: Kritische Testwerte für den ADF-Test der Residuen	195
Tab. 3.2.3.-1.: Die ersten fünf Werte der Feigenbaum-Reihe aus Kap. 3.2.2.	211
Tab. 3.2.3.-2.: Die ersten vier 2-histories	211
Tab. 3.2.5.-1.: BDS-Test der Feigenbaum-Reihe	224
Tab. 3.2.5.-2.: Ergebnisse des BDS-Tests für den US-Dollar	226
Tab. 3.3.-1.: Beispiele linearer und nichtlinearer Funktionstypen	231
Tab. 3.3.-2.: Beispiele zur Transformation nichtlinearer Gleichungen in lineare durch Definition neuer Variablen	231
Tab. 3.4.-1.: Beispieldaten	237
Tab. 3.5.3.-1.: Verlauf des Iterationsprozesses	257
Tab. 3.5.5.-1.: Überblick über einige Repräsentanten nichtlinearer Optimierungsverfahren	271
Tab. 4.3.4.2.-1.: Erstes Berechnungsbeispiel zum PNN	329
Tab. 4.3.4.2.-2.: Zweites Berechnungsbeispiel zum PNN	330
Tab. 4.3.4.2.-3.: Drittes Berechnungsbeispiel zum PNN	331
Tab. 4.3.4.3.-1.: Beispieldaten zum GRNN	337
Tab. 4.3.4.3.-2.: Erstes Berechnungsbeispiel zum GRNN für $\sigma = 2$	343
Tab. 4.3.4.3.-3.: Zweites Berechnungsbeispiel zum GRNN für $\sigma = 0.1$	344
Tab. 4.3.4.3.-4.: Drittes Berechnungsbeispiel zum GRNN für $\sigma = 50$	344
Tab. 4.4.-1.: Übersicht über die Perceptron-Familie	354
Tab. 4.4.-2.: Übersicht über die RBF-Netzwerke	356
Tab. 4.4.-3.: Gegenüberstellung von Regressionsmodell und Perceptron	357
Tab. 4.5.-1.: Ergebnisse der KNN für die Prognose der Veränderungsrichtung	365
Tab. 4.5.-2.: Ergebnisse der KNN für die Prognose der Veränderungsrichtung	371
Tab. 4.6.-1.: Studien zur Kreditwürdigkeitsprüfung im Firmenkundengeschäft	376
Tab. 4.6.-2.: Studien zur Kreditwürdigkeitsprüfung im Privatkundengeschäft	376
Tab. 4.6.-3.: Studien zu Zinsprognosen	377
Tab. 4.6.-4.: Studien zu Wechselkursprognosen	377
Tab. 4.6.-5.: Studien zu Aktienkursprognosen	377
Tab. 4.6.-6.: Studien zu Prognosen integrierter Finanzmärkte	378

Tab. 4.6.-7.: Übersicht über kommerzielle Anwendungen	
Neuronaler Netze	380
Tab. 5.2.5.-1.: Testverfahren und Modellierungswerkzeuge	399
Tab. 5.5.1.-1.: Beispielhafte Beobachtungswerte	425
Tab. 5.5.1.-2.: Beispieldaten zum Overfitting	427
Tab. 5.5.3.-1.: Beispiel zur Ermittlung eines Schätzers nach dem Jackknife-Ansatz	446
Tab. 5.6.3.-1.: Beispiel zum Vorzeichenrangtest von Wilcoxon	471
Tab. 5.6.3.-2.: Prognosen und tatsächlich eingetretene Werte für den deutschen Aktienmarkt	474
Tab. 5.6.3.-3.: Anwendung des Vorzeichenrangtests nach Wilcoxon im Beispiel	475
Tab. 5.7.2.-1.: Ergebnisse des BDS-Tests	488
Tab. 5.7.3.-1.: Ergebnisse des ADF-Tests	493
Tab. 5.7.5.1.-1.: Ergebnisse verschiedener ARIMA-Modelle bei variierenden Modellordnungen p und q	503
Tab. 5.7.5.1.-2.: Ergebnisse in der Validierung der 5 besten Modelle im Trainingszeitraum	504
Tab. 5.7.5.3.-1.: Potentielle unabhängige Variablen	515
Tab. 5.7.5.3.-2.: Ergebnisse der verschiedenen Fehlerkorrekturmodelle im Trainingszeitraum und in der Validierung	517
Tab. 5.7.5.3.-3.: Ergebnisse des erweiterten Fehlerkorrekturmodells B im Trainingszeitraum und in der Validierung	522
Tab. 5.7.6.-1.: Ergebnisse der einzelnen Modelle im abschließenden Test	525
Tab. 7.1.-1.: Einige mögliche Hybridisierungen	581
Tab. 7.3.-1.: Leistungsübersicht des IPES-Prototypen	596
Tab. 8.3.-1.: Zusammenfassende Beurteilung	610