

Inhalt

1	Aufgabenstellung	1
1.1	Historische Entwicklung Künstlicher Neuronaler Netze	2
1.2	Ziel der Arbeit	3
1.3	Vorgehensweise	3
1.4	Weitere Anforderungen.	4
1.5	Übersicht.	4
2	Das Neuronale Netz	7
2.1	Ursprung	8
2.2	Das Neuron.	8
2.3	Aktivierungsfunktionen	9
2.3.1	Logistische Funktion	9
2.3.2	Tangens hyperbolicus Funktion	10
2.3.3	Modifikation der Ableitungen.	10
2.4	Das Netz	11
2.5	Forward-Propagation	11
3	Aufbereitung der Daten	15
3.1	Terminologie	16
3.2	Problematik.	16
3.2.1	Fundamentalanalyse.	17
3.2.2	Technische Analyse	17
3.2.3	Risiken von Rohdaten.	18
3.3	Eingabedaten	19
3.3.1	Trendfolger	19
3.3.2	Oszillatoren	20
3.3.3	Volatilitätsindikatoren	21
3.3.4	Aufbereitung	22
3.3.5	Behandlung von Lücken	23
3.3.6	Verwendung von zeitverzögerten Eingabedaten	24
3.3.7	Indikatoren	25
3.4	Zieldaten	29
3.4.1	Basis der Zieldaten	30
3.4.2	Interpretation des Prognoseziels	31

3.4.3	Kumulierte Rendite	35
4	Training mit Backpropagation	39
4.1	Training durch Gradientenverfahren	40
4.2	Definition des Fehlers	40
4.3	Verändern der Gewichte	42
4.3.1	Batch-Lernen	42
4.3.2	Inkrementelles Lernen	43
4.4	Modifikationen	44
4.4.1	Momentum	44
4.4.2	Weight-Decay	45
4.5	Zielfunktion	46
4.5.1	Minimale quadratische Abweichung	46
4.5.2	Profit-Maximierung	46
4.5.3	Cross-Entropy	47
4.6	Generalisierung versus Overfitting	48
4.6.1	Netzdesign	48
4.6.2	Gestopptes Training	49
4.6.3	Training mit künstlichem Rauschen	53
4.7	Zusammenfassung	56
4.7.1	Initialisierung	56
4.7.2	Iteration	56
4.7.3	Propagieren des Musters	56
4.8	Trainingsalgorithmus in Pseudo-Code	59
5	Training mit Genetisch-Evolutionären Verfahren	63
5.1	Definitionen	64
5.1.1	Der Mutationsraum	64
5.1.2	Selektionssteuerung durch die Fitnessfunktion	66
5.1.3	Reproduktion	66
5.2	Selektion	66
5.2.1	Fitness-proportionale Selektion	67
5.2.2	Roulette-Rad Methode	67
5.2.3	Sigma-Skalierung	68
5.2.4	Sonderfälle	69
5.2.5	Elitismus	71
5.3	Reproduktion	71
5.3.1	Mutation	72
5.3.2	Rekombination	73

5.4	Regulator-Gene	74
5.4.1	Reproduktionsart	75
5.4.2	Mutationswahrscheinlichkeit	75
5.4.3	Mutationsweite	76
5.4.4	Segmente der Rekombination	76
5.5	Entwicklung der Parameter	76
5.5.1	Mutationswahrscheinlichkeit	78
5.5.2	Mutationsweite	80
5.5.3	Segmente der Rekombination	82
5.6	Entwicklung der Fitness	84
5.7	Erzwungene Mutation	85
5.7.1	Reproduktionsart	88
5.7.2	Mutationswahrscheinlichkeit	89
5.7.3	Mutationsweite	90
5.7.4	Segmente der Rekombination	91
5.8	Vermischung von Populationen	92
5.8.1	Problembeschreibung	92
5.8.2	Vorgang des Austausches	93
5.8.3	Erzielte Qualität	94
5.9	Struktur des Algorithmus	95
5.9.1	Evolutionsverfahren zur Optimierung einer Population	95
5.9.2	Vermischung von Populationen	99
6	Implementierung	101
6.1	Anforderungen	102
6.2	Software	102
6.2.1	Die Sprache C	103
6.2.2	Die Sprache C++	103
6.2.3	Die Sprache Objective-C	103
6.3	Hardware	104
6.4	Datenbank	104
7	Diskussion der gewählten Aktie	107
7.1	Historie	108
7.2	Gehandeltes Volumen	109
7.3	Durchschnittliche Rendite	110
7.4	Verteilung der Rendite	111

8	Backpropagation versus Genetisch-Evolutionäre Verfahren	113
8.1	Backpropagation mit Cross-Entropy	114
8.1.1	Verteilung der Gewichte	114
8.1.2	Verteilung der Netzausgabe (Training)	116
8.1.3	Qualität der Prognose	117
8.2	Genetisch-Evolutionäres Verfahren mit Fitness als negative, quadratische Differenz	118
8.2.1	Verteilung der Gewichte	118
8.2.2	Verteilung der Netzausgabe (Training)	120
8.2.3	Qualität der Prognose	121
8.3	Genetisch-Evolutionäres Verfahren mit Fitness durch Profit-Maximierung	122
8.3.1	Verteilung der Gewichte	123
8.3.2	Verteilung der Netzausgabe (Training)	124
8.3.3	Qualität der Prognose	125
8.4	Fazit	126
8.4.1	Auswirkung der Trainingsmethode auf die Gewichte	126
8.4.2	Definition des Trainingsziels	127
8.4.3	Wahl der Methode	128
9	Ergebnisse	131
9.1	Das Zeitfenster	132
9.2	Designprozess	133
9.3	Versuch A: 12-30-1 Netz	134
9.4	Versuch B: 12-40-10-1 Netz	136
9.5	Versuch C: 12-30-1 Netz	137
9.6	Versuch D: Kombination der Ergebnisse	138
9.6.1	Art der Kombination	138
9.6.2	Erzielte kumulierte Rendite	139
9.6.3	Verteilung der Renditen	140
10	Schlussbetrachtung: Analyse der Ergebnisse	143
10.1	Qualität der Prognose	144
10.1.1	Zeitraum 29.08.1995 – 26.08.1996 (1. Hälfte)	144
10.1.2	Zeitraum 27.08.1996 – 27.08.1997 (2. Hälfte)	144
10.2	Handlungsdichte	144
10.3	Zufälligkeit der Ergebnisse	145
10.3.1	Trefferquote	145
10.3.2	Verteilung der Treffer	145

10.4	Neuronale Netze versus Random Walk	146
10.5	Kostensituation	147
10.6	Fazit	147
11	Ausblick	149
11.1	Rechenleistung	150
11.1.1	Unterschiedliche Hardware-Plattformen	150
11.1.2	Anpassung des Verfahrens an die Leistung	151
11.1.3	Möglichkeiten des Einsatzes.	151
11.2	Aufbereitung der Indikatoren.	152
11.2.1	Generelle Problematik	153
11.2.2	Technische Interpretation der Indikatoren	154
11.2.3	Neuronaler Gleitender Durchschnitt	155
11.3	Netztypen	155
11.3.1	Elman-Netz	155
11.3.2	RBF-Netz	156
11.4	Zieldefinition	157
11.5	Dynamisierung der Parameter	157
11.5.1	Lernrate.	158
11.5.2	Netzgröße	158
11.5.3	Trainingszeitraum	158
11.5.4	Verwendete Inputvariablen.	159
11.6	KNN als Teil eines Handelssystems	159
11.7	Sonstige Anwendungsmöglichkeiten	160
11.7.1	Prognose der Finanzmärkte	160
11.7.2	Kreditwürdigkeits-Prognose	161
11.7.3	Generelle Prognose und Optimierung	161
11.8	Verwendung des GEV	161
11.9	Fazit	162
11.10	Genereller Ausblick.	164
12	Anhang A: Hurst-Exponent	167
13	Anhang B: StockDate-CalendarDate-Conversion	169
13.1	Typen- und Konstanten-Definitionen	170
13.2	Berechnung der extra Tage am 1.1	170
13.2.1	Extra Tage in Block A	170
13.2.2	Extra Tage in Block B	171

13.2.3	Finale Berechnung 1.1.....	171
13.3	Berechnung der extra Tage am 2.1.....	172
13.3.1	Extra Tage in Block A.....	172
13.3.2	Extra Tage in Block B.....	172
13.3.3	Finale Berechnung 2.1.....	173
13.4	Berechnung Datum zu StockDate.....	173
13.5	Berechnung StockDate zu Date.....	175
14	Literaturverzeichnis	177

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 2.1	Das Neuron	8
Abb. 2.2	Logistische Funktion	9
Abb. 2.3	Ableitung der logistischen Funktion	9
Abb. 2.4	Tangens hyperbolicus	10
Abb. 2.5	Ableitung des Tangens hyperbolicus	10
Abb. 2.6	Neuronales Netz	11
Abb. 3.1	Neuronales Netz und Ein-/Ausgabe-Daten	16
Abb. 4.1	Theoretischer Verlauf des Fehlers bei Stopped-Training	50
Abb. 4.2	Tatsächlicher Verlauf der Fehlerkurve	51
Abb. 4.3	Fehlerverlauf mit Rauschen, Netz: 12-30-1	54
Abb. 4.4	Fehlerverlauf mit Rauschen, Netz: 12-40-10-1	55
Abb. 5.1	Fitnessgebirge mit einem lokalem Optimum	65
Abb. 5.2	Anteil Mutation per Generation	78
Abb. 5.3	Population A (10.000 Generationen): Verlauf der Mutationswahrscheinlichkeit	79
Abb. 5.4	Population B (50.000 Generationen): Verlauf der Mutationswahrscheinlichkeit	80
Abb. 5.5	Population A: Verlauf der Mutationsweite	81
Abb. 5.6	Population B: Verlauf der Mutationsweite	82
Abb. 5.7	Population A: Anzahl der Segmente	83
Abb. 5.8	Population B: Anzahl der Segmente	84
Abb. 5.9	Fitnessgebirge mit zwei lokalen Optima	86
Abb. 5.10	Entwicklung des Anteil der Mutation bei erzwungener Mutation	88
Abb. 5.11	Entwicklung der Mutationswahrscheinlichkeit bei erzwungener Mutation	89
Abb. 5.12	Entwicklung der Mutationsweite bei erzwungener Mutation	90
Abb. 5.13	Anzahl der Segmente bei erzwungener Mutation	91
Abb. 5.14	Fitnessverlauf von vier unabhängigen Populationen	92
Abb. 5.15	Population C: Fitnessverlauf bei Vermischung der Populationen 1-4 (Ausschnitt)	93
Abb. 5.16	Population C: Fitnessverlauf bei Vermischung der Populationen	94
Abb. 7.1	Chart Degussa-Hüls + DAX	108
Abb. 7.2	Chart Degussa-Hüls + Volume	109
Abb. 7.3	Degussa-Hüls Schlusskurs und Ein-Tages-RoC	111
Abb. 7.4	Histogramm der Ein-Tages Rendite	112
Abb. 8.1	BP_CE: Histogramm der Gewichte eines Netzes	115
Abb. 8.2	BP_CE: Histogramm der Beträge der Gewichte	115
Abb. 8.3	BP_CE: X-Y Diagramm der Netzausgabe	117
Abb. 8.4	GEV_QD: Histogramm der Gewichte	119
Abb. 8.5	GEV_QD: Histogramm der Beträge der Gewichte	120

Abb. 8.6	GEV_QD: X-Y Diagramm der Netzausgabe (Training)	121
Abb. 8.7	GEV_PM: Histogramm der Gewichte	123
Abb. 8.8	GEV_PM: Histogramm der Beträge der Gewichte	124
Abb. 8.9	GEV_PM: X-Y-Diagramm der Netzausgabe und Trendlinie (Training)	125
Abb. 9.1	Training-Prognose-Zeitfenster	132
Abb. 9.2	Überlappen der Trainings- und Prognose-Zeiträume	133
Abb. 9.3	Kumulierte Rendite bei Versuch A	135
Abb. 9.4	Kumulierte Rendite bei Versuch B	136
Abb. 9.5	Kumulierte Rendite bei Versuch C	137
Abb. 9.6	Kumulierte Rendite des kombinierten Netzwerks (mit und ohne Kosten)	140
Abb. 9.7	Verteilung der Renditen bei Kombination der Ergebnisse	141

Verzeichnis der Listings

Listing 4.1	Backpropagation	61
Listing 5.1	Roulette-Rad	68
Listing 5.2	Mutation eines Individuums	72
Listing 5.3	Mutation eines Gens	72
Listing 5.4	Rekombination	74
Listing 5.5	Mutation aller Parameter	87
Listing 5.6	Optimierung einer Population	98
Listing 5.7	Optimieren mit Vermischung von Populationen	100