Prognose und Handel von Derivaten auf Strom mit Künstlichen Neuronalen Netzen

Diplomarbeit

zur Erlangung des Grades eines Diplom-Ökonomen
der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Name: Hofmann Vorname: Horst-Oliver

[redacted] [redacted] [redacted]

Erstprüfer: Prof. Dr. Michael Hans Breitner

Ort, Datum: Hannover, 18. August 2009

Danksagung

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Michael H. Breitner danken. Er hat mir die Möglichkeit gegeben, zwei meines Erachtens sehr interessante Themen, die neuronalen Netze und die Strombörse, in dieser Arbeit miteinander zu kombinieren. Außerdem hat er mir in unseren Gesprächen einige gute Denkanstöße gegeben.

Besonders danke ich Herrn Dipl.-Math. Dipl.-Ök. Hans-Jörg von Mettenheim, der die Betreuung meiner Diplomarbeit übernommen hat und jederzeit für meine Fragen und Probleme offen war. Er hat mir stets weitergeholfen, egal ob mit Ideen oder bei Problemen mit dem Server oder FAUN. Er hat meine Ergebnisse sehr interessiert verfolgt. Unsere Diskussionen über Ergebnisse und Vorgehensweisen waren anregend und bereichernd.

Ebenso bedanke ich mich bei Herrn Dipl.-Ök. Markus Preylowski. Er konnte mir wertvolle Tipps vor und während der Arbeit geben und hat mit großem Interesse die Arbeit verfolgt.

Ein besonderer Dank gehört meiner Familie, die mich nicht nur während des gesamten Studiums, sondern besonders auch während dieser Arbeit mit allen Mitteln unterstützte. Im speziellen möchte ich mich bei meinen Eltern für ihr unzerstörbares Vertrauen in mich und meine Ziele bedanken.
Herzlichst bedanke ich mich bei meiner Frau Tatjana, die mir in Liebe und Verbundenheit auch in emotional schwerer Stunde zur Seite stand.

Inhaltsverzeichnis

Seite

Danksagung.....I

Inhaltsverzeichnis.....II

Abbildungsverzeichnis.....IV

Tabellenverzeichnis.....VII

Abkürzungsverzeichnis.....X

1 Prognose und Handel von Derivaten mit Unterstützung durch künstliche Intelligenz.....1

2 Der Handel an Terminbörsen am Beispiel des deutschen Stromhandels.....5

2.1 Grundlagen von Terminbörsen: Konzept, Produkte und Handel.....5

2.2 Der Strommarkt mit Fokus auf Marktbesonderheiten und Handel.....8

2.2.1 Strom und die Liberalisierungsidee von Erzeugung, Verteilung und Handel.....8

2.2.2 Die EEX der führende Handelsplatz im europäischen Energiehandel.....14

3 Prognose unterstützt durch Marktanalyse mit neuronalen Netzen am Beispiel des Strommarktes.....17

3.1 Marktanalyse und Prognose mit Fundamental- und technischen Daten.....17

3.2 Künstliche neuronale Netze – grundlegende Aspekte.....21

3.3 Prognosemodell, Ressourcenauswahl und –verarbeitung.....24

3.4 Erarbeitung eines Kennzahlen gestützten Konzeptes zu Topologiesuche und Training.....36

4 Training und Test neuronaler Netze mit Marktdaten der EEX.....42

4.1 Training neuronaler Netze zur Prognose von Log-Renditen.....42

4.2 Praxistest – Preisprognose und automatischer Handel mit neuronalen Netzen.....59

4.2.1 Preisprognosen für Phelix-Futures.....59

4.2.2 Handel auf Grundlage neuronaler Netze und Analyse der Auswirkung von Transaktionskosten und Filtern.....70

4.3 Eine abschließende Betrachtung der Trainings-, der Prognose- und der Handelsergebnisse.....84

1 Prognose und Handel von Derivaten auf Strom mit künstlichen neuronalen Netzen

Die Finanzmärkte werden von unterschiedlichen Faktoren aus den Bereichen Wirtschaft, Politik und Psychologie beeinflusst. Die Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung sind dabei oft nicht einsehbar.[1] Deshalb stellt sich die Frage, ob Prognosen über Finanzmarktentwicklungen möglich sind, sodass ein Engagement am Markt verbessert werden kann. Insbesondere stellt sich die Frage auch deshalb, weil professionelle und auch private Investoren an den Terminmärkten vermehrt auf automatisierten Handel setzen.[2] Somit wird in Zukunft der Investor die besten Geschäfte machen, der über ein gutes Handelssystem verfügt, das die Positionen im richtigen Moment öffnet bzw. glatt stellt. Sind gute Prognosen möglich, sollten diese mit einem automatisierten Handelssystem kombiniert werden, um einen Vorteil gegenüber den anderen Marktteilnehmern zu erzielen.

Eine Möglichkeit zur Erstellung von Prognosen liegt im Bereich der künstlichen Intelligenz. In diesem Rahmen wird bereits seit längerem versucht Gehirnstrukturen mit dem Computer nachzubilden. So entstand unter anderem der Ansatz der künstlichen neuronalen Netze. Durch beispielhafte Ein-Ausgabedatensätze sind sie in der Lage Muster zu erlernen.[3] Ist das Netz erst einmal trainiert, kann es trotz verrauschten oder nicht vollständigen Eingabewerten die korrekten Ausgabedaten erzeugen.[4] Dies scheint für Handelssysteme sehr vorteilhaft zu sein.

Da sich die Finanzmärkte, gerade nach der Öffnung der Energiemärkte, um den Energie- und Emissionshandel erweitert haben, erscheint es interessant, den automatisierten Handel auch dort auszuprobieren und damit spekulativ zu handeln, wo bislang hauptsächlich Preisabsicherungsgeschäfte betrieben werden. Die European Energy Exchange (EEX) in Leipzig bietet in ihrem Strombereich neben einem Spot-Markt für Strom auch einen entsprechenden Derivatehandel an, für den unter Einsatz neuronaler Netze Preisprognosen erstellt werden und der Handel simuliert wird.

Dazu wird im zweiten Kapitel die theoretische Basis der interessierenden Märkte gelegt. Die Entwicklung der Terminmärkte wird in einem kurz geschichtlichen Abriss dargelegt. Anschließend wird auf die Terminmarktprodukte, speziell auf Futures eingegangen.

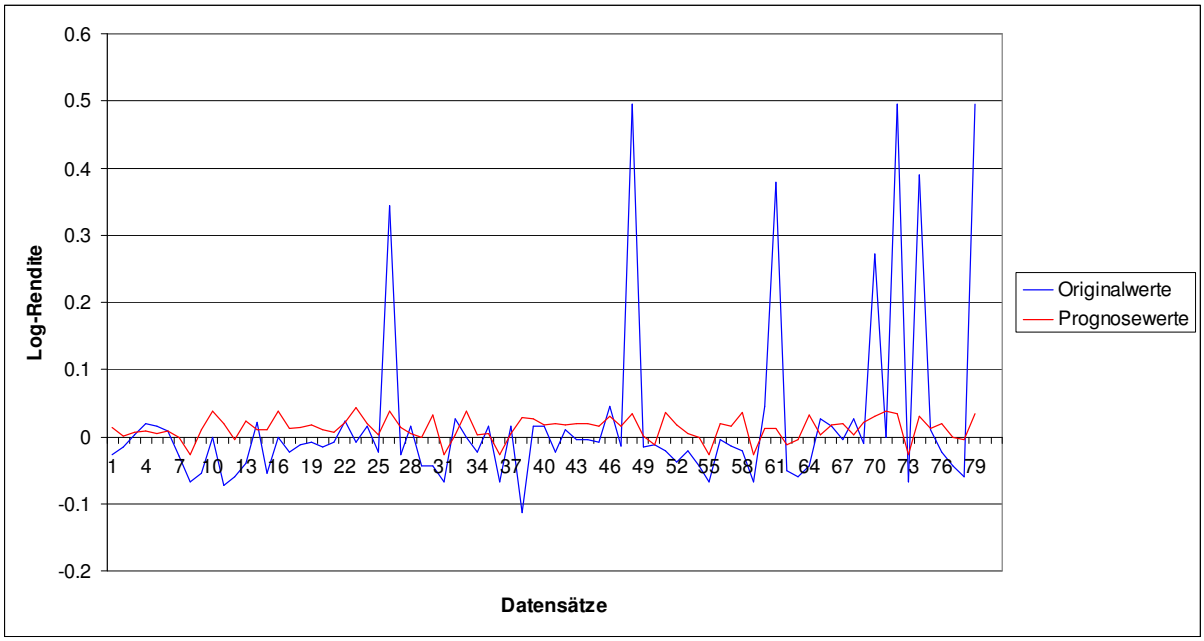
Im Weiteren wird der Strommarkt in Deutschland vorgestellt. Dabei werden besonders die Einflussfaktoren von Angebot und Nachfrage betrachtet. Außerdem wird die Schnittstelle zwischen Stromerzeugung und –verteilung hervorgehoben, da sich durch die Öffnung des

[1] Ripper, 2000, S. 31.
[2] DMG, 2009, S. 7.
[3] Ripper, 2000, S. 6.
[4] Breitner, 2003, S. 113.

Strommarktes an dieser Stelle ein Strommarkt etablieren konnte. Der Handel an diesem Strommarkt wird dargestellt.

An dieser Schnittstelle liegt auch die EEX. Ihr Aufbau und die Produkte bezüglich des Strommarktes werden beleuchtet. Spezielles Augenmerk wird auf die später genutzten Phelix-Futures, einem Future auf den Strompreisindex „Phelix“[5], gelegt.

Im dritten Kapitel werden zunächst Techniken zur Marktanalyse an Terminmärkten beschrieben. Dabei wird speziell auf den Einsatz von neuronalen Netzen und deren Vor- und Nachteile eingegangen. Anschließend wird ein Prognosemodell auf Basis der neuronalen Netze entwickelt. In diesem Rahmen erfolgt die Auswahl von Eingabeparametern für die Netze sowie deren ausführliche Darstellung. Außerdem wird das Training der Netze mit dem Neurosimulator FAUN[6] detailliert vorgestellt. Besonderes Augenmerk erhält hier die Topologiesuche anhand konventioneller und ökonomischer Kennzahlen. Nach der theoretischen Betrachtung werden zwei Beispiele ausführlich dargestellt.

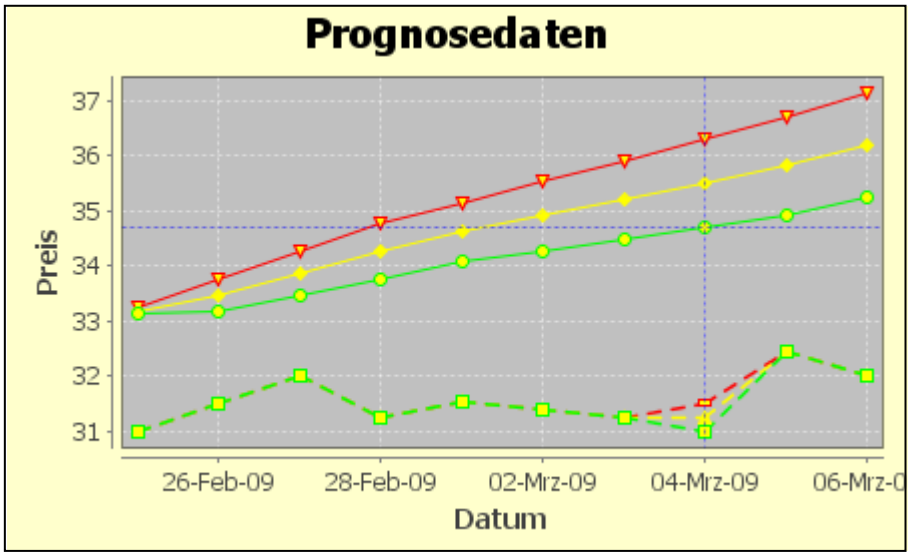


<u>Abbildung 1:</u> Vergleich von Original- und Prognosewerten nach der Anwendung des besten neuronalen Netzes, unter Verwendung der Out-of-Sample Daten, im Programm NTS.

[5] Phelix : Physical Electricity Index

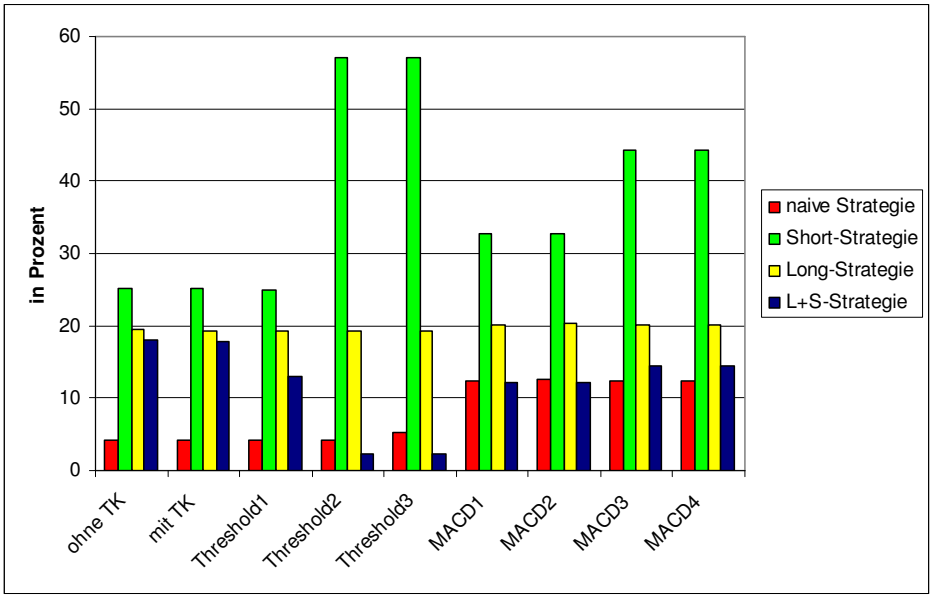
[6] FAUN ist ein von Herrn Prof. Dr. Michael H. Breitner entwickeltes Programm zur Erzeugung künstlicher neuronaler Netze. Dieses Programm wird auch als Neurosimulator bezeichnet.

Das vierte Kapitel ist praktisch orientiert und beschäftigt sich mit dem Einsatz der erstellten neuronalen Netze. Zuerst werden die Netze nach einem im dritten Kapitel erarbeiteten Schema trainiert. Anschließend erfolgt deren Einsatz in dem zuvor entwickelten Prognosesystem zur Punktprognose. In einem Stichprobentest wird die Prognosegüte des Systems ermittelt.



<u>Abbildung 2:</u> Ausgabe des Programms zur Prognose von Preisen an der EEX. Die gestrichelten Linien stellen die Originalpreise, die durchgezogenen Linien die prognostizierten Preise dar. Die Farbe grün steht für den Eröffnungspreis, gelb markiert den Durchschnittspreis und rot zeigt den Schlusspreis.

Anschließend wird der Einsatz der Netze im Handel an der EEX simuliert. Dabei werden vier verschiedene Handelsstrategien simuliert. Zuerst werden Transaktionskosten eingeführt. Im Weiteren wird das Simulationsmodell um zwei Filter ergänzt. Abschließend folgen die Ermittlung der besten Strategie und eine Einsatzempfehlung für die Netze.



<u>Abbildung 3:</u> Jährliche Erträge im simulierten Handel mit Phelix-Futures. Die naive Strategie bildet den Benchmark zu den das neuronale Netz nutzenden anderen Strategien. Die Säulen stellen unterschiedliche Erträge bedingt durch die Veränderungen im Simulationsmodell dar (Einführung von Transaktionskosten und Nutzung von zwei unterschiedlichen Filtern).

Im Rahmen der zuvor dargestellten Prozesse wurde herausgefunden, das der Handel von Phelix-Futures an der EEX nicht sehr liquide ist. Ein Großteil des Handels wird Over-the-Counter, also außerbörslich, abgewickelt. Trotzdem konnte zumindest teilweise bewiesen werden, dass neuronale Netze, auch an der EEX, ein Potenzial zu Prognose und Handel besitzen. Jedoch hat sich auch gezeigt, dass ein erhebliches Fingerspitzengefühl in der Auswahl der Eingabeparameter für das neuronale Netz benötigt wird.

Für die Zukunft wird erwartet, dass sich die Prognosen von neuronalen Netzen noch verbessern lassen, da sich durch den wachsenden automatisierten Handel bestimmte Muster im Markt, wie Widerstands- und Unterstützungslinien, stärker ausprägen werden.

5. Fazit und Ausblick

Der Handel von Derivaten auf Strom wurde erst durch die Öffnung des Strommarktes in Deutschland und die Etablierung einer Börse für den Handel von Strom und Derivaten auf Strom, wie den hier betrachteten Phelix-Futures, möglich.

Wie sich in der Betrachtung von Terminmärkten und dem deutschen Strommarkt zeigt, werden die Preise durch eine Reihe von fundamentalen, marktinternen und auch psychologischen Faktoren beeinflusst. Vor allem durch die Komplexität und die nichtlinearen Zusammenhänge ist es sehr schwierig, hier ein Modell zur Prognose von Preisen zu erstellen. Durch ihre Fähigkeiten zur Mustererkennung, auch bei nichtlinearen Zusammenhängen, stellen neuronale Netze hier eine große Chance dar. Experten wie Christian L. Dunis[183] sind sogar der Ansicht, dass sich die Fähigkeiten von Multi-Layer-Perceptrons durch den Einsatz von HONNs noch verbessern lassen, da neben additiven nun auch multiplikative Verknüpfungen der Eingabeparameter möglich sind.

Das größte Problem zur Erstellung der Netze stellt jedoch die Auswahl der Eingabeparameter dar. Dies ist auch einer der Gründe, warum neuronale Netze bislang nur von wenigen professionellen Akteuren an den Terminmärkten eingesetzt werden, erklärte Andrea Unger[184] in einem kurzen Gespräch am Rande der Trading Expo 2009 in Aschaffenburg. Er ist der Ansicht, dass sich viele professionelle Anleger eher auf die Chart- und Indikatorenanalyse verlassen.

Die Indikatorenanalyse lässt sich mit neuronalen Netzen kombinieren. So können neben den reinen Marktdaten, den multiplikativ verknüpften Preise und den Fundamentaldaten auch technische Indikatoren als Eingabeparameter der neuronalen Netze dienen.

Während über die Eingabevariablen lange diskutiert werden kann, ist die Ausgabevariable schneller gefunden. So wird zuerst mit direkter Preisprognose experimentiert, später wird die Log-Rendite gewählt, um die Vorteile wie Normalverteilung und Oszillation um die Nulllinie nutzen zu können.

Nach der Auswahl von Ein- und Ausgabevariablen erfolgt das Training mit dem Neurosimulator. Bereits in der Topologiesuche werden die neuronalen Netze anhand von konventionellen und ökonomischen Kennzahlen ausgewählt. Durch diese Kombination von Kennzahlen soll der Fokus auf die Netze gelegt werden, die sich besonders gut für Prognose und Handel eigenen.

Nach Abschluss des Trainings werden die Netze zuerst in einem Prognoseprogramm zur Punktprognose eingesetzt. Die Leistung des Programms wird folgend anhand von Stichproben untersucht. Zum Vergleich der Netze untereinander, aber auch um einem versierten Betrachter

[183] Herr Christian L. Dunis ist Professor für Bankwesen und Finanzierung in Liverpool und Direktor des *Centre for Internatinal Banking, Economics and Finance* in Liverpool.

[184] Herr Andrea Unger gewann *The World Cup Championship of Future Trading* im Jahr 2008.

den Vergleich mit fremden Prognosen zu ermöglichen, wird in der Ermittlung der Prognosegüte des Programms auch der Theilsche Ungleichheitskoeffizient eingesetzt. Dieser zeigt auf, dass die Netze sehr schlechte Fähigkeiten im Bereich der Punktprognose besitzen. Die als Benchmark angesehene naive Prognose kann mit dem Programm nicht geschlagen werden.
Im Weiteren werden die Netze auf ihre Fähigkeiten zur Generierung von Handelssignalen getestet. Hierzu wird der Handel von Phelix-Month-Futures anhand der Out-of-Sample Daten simuliert. Das neuronale Netz zur Prognose der Log-Renditen des Eröffnungspreises erreicht relativ gute Ergebnisse, während das neuronale Netz zur Prognose von Log-Renditen des Schlusspreises nicht einmal die naive Prognose durchgehend schlägt.
Das Handelsprogramm wird durch Einführung von Transaktionskosten, Threshold-Filter und Confirmation-Filter variiert. Dabei zeigt sich, dass ein Einsatz der Long-Short-Strategie mit den vorliegenden neuronalen Netzen aufgrund der besonders schlechten Simulationsergebnisse vermieden werden sollte.
Obwohl bereits bei der Topologiesuche auch mit ökonomischen Kennzahlen zur Auswahl der weiteren Vorgehensweise gearbeitet wird, kann erst nach Prognose mit dem Prognoseprogramm und der Handelssimulation eine fundierte Aussage über die Fähigkeiten und Qualitäten der Netze getroffen werden. Daraus lässt sich folgern, dass die trainierten Netze nicht sofort nach dem Training eingesetzt werden können, sondern vor dem Einsatz in einem Out-of-Sample Test ihre Fähigkeiten unter Beweis stellen sollten. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass mit historischen Daten gearbeitet wird und die Out-of-Sample Periode die geringste Entfernung zur Praxis besitzt.
Des Weiteren kann ein solcher Test auch aufzeigen, ob ein liquider Markt vorliegt. Für Phelix-Month-Futures zeigt dies die Preisprognose auf. Hier liegt kein liquider Markt vor, da einigen Prognosewerte keine realisierten Werte gegenübergestellt werden können.

Die vorliegende Arbeit erwies sich in ihrer ursprünglichen Form mit einem eigenen Kapitel zum automatisierten Handel, als zu komplex, für die zur Verfügung stehende Zeit. Aus diesem Grund wurden die praktischen Anwendungen von Prognose und simuliertem Handel in einem neuen Kapitel vier zusammengelegt.
Außerdem zeigte sich, dass es sehr schwierig sein kann, einen Zeitplan für das Erstellen von Programmen wie Rohdatenverarbeitung, Prognose oder auch NTS einzuhalten. Zum Teil ist dies sicher auch auf die im Vorfeld fehlende Erfahrung im Programmieren sowie zur Einschätzung der dafür benötigten Zeit zurückzuführen. Eine theoretische Vorstrukturierung der Programme und eine graphische Darstellung der Benutzerschnittstellen beschleunigte die Umsetzung in Java.

Es erwies sich als schwierig Fehler, die am Anfang aus Vereinfachungsgründen gemacht und aus den Augen verloren wurden, bei Wiederentdeckung zu beseitigen. Ein solcher Fall liegt bei der Sortierung von Kontrakten nach Lieferperiode im Programm Rohdatenverarbeitung vor. Der Fehler wurde zwar erkannt, konnte jedoch nicht mehr entfernt werden, da ein erneutes Training der Netze nötig gewesen wäre. Im Zuge einer Vertiefung des vorliegenden Themas sollte mit der Beseitigung dieses Fehlers begonnen werden.
Des Weiteren könnten reine Higher Order Neural Networks eingesetzt werden, um zu überprüfen, ob auch im betrachteten Markt mit ihnen bessere Ergebnisse, als mit herkömmlichen Multi-Layer-Perceptrons erreichbar sind. Ursprünglich ein Einsatz solcher Netze angedacht, aber aufgrund der hohen Anzahl an Eingabevariablen wurden nur multiplikativ verknüpfte Preise als zusätzliche Eingabevariablen im Multi-Layer-Perceptron eingesetzt.
Da die Phelix-Futures nicht so liquide sind, wie es für ein spekulatives Investment gewünscht ist, können auch die anderen Futures der EEX angesehen werden. Des Weiteren könnten auch andere Energiebörsen in die Betrachtung mit einfließen, da dort vergleichbare Produkte gehandelt werden.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass neuronale Netze für Prognose und Handel am Terminmarkt eingesetzt werden können. Dies wurde hier zumindest teilweise bewiesen. Jedoch muss angemerkt werden, dass das richtige Fingerspitzengefühl für die Auswahl der Eingabeparameter der neuronalen Netze erforderlich ist. Außerdem muss der Markt liquide sein, damit genug Datenmaterial für Training und Auswahl der neuronalen Netze zur Verfügung steht.
Neben dem reinen Einsatz von neuronalen Netzen im Handel, hat sich auch ein Einsatz von Filtern zur Ergebnisverbesserung bewährt. Es kommt dabei aber auf die Auswahl und Gestaltung der Filter an.
Insgesamt sind neuronale Netze ein sehr interessantes Gebiet. Vor allem durch den zunehmenden automatisierten Handel durch professionelle wie auch private Anleger, werden wohl die Ergebnisse zukünftig noch verbessert werden können. Der automatisierte Handel erfolgt rational anhand der hinterlegten Strategie. Dies erzeugt klarere Muster am Markt.
Dennoch wird es auch in Zukunft immer noch ungewisse Einflussfaktoren geben, so dass zwar die Marktentwicklung immer besser erhellt, aber nicht perfekt vorhergesehen werden kann.
Aus diesem Grund wird auch weiterhin das Zitat von Niels Bohr gelten:

„Prognosen sind schwierig. – vor allem wenn sie die Zukunft betreffen.“[185]

[185] Habedank, 2007, S.32.