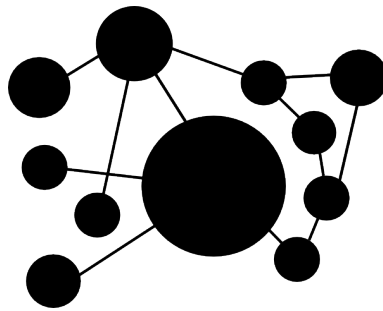


Seminararbeit

Prognose von Zeitreihen mit Hilfe von künstlichen neuronalen Netzen am Beispiel von Börsenprognosen



Sebastian Schötteler – Matrikelnummer 24 29 289

Benedikt Hofrichter – Matrikelnummer 22 72 198

21. Dezember 2015



TECHNISCHE HOCHSCHULE NÜRNBERG
GEORG SIMON OHM

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Formelverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die Untersuchung und Extrapolation von Zeitreihen ist ein bedeutendes Thema in zahlreichen Gebieten. Typische Anwendungsbereiche sind zum Beispiel die Prognose von Wetterdaten, von Therapieverläufen in der Medizin, von Arbeitslosenzahlen auf dem Arbeitsmarkt sowie von Börsenkursen. Um eine Zeitreihe möglichst genau zu extrapolieren, wird auf mehrere Hilfsmittel zurückgegriffen. Eins dieser Hilfsmittel können KNN (künstliche neuronale Netze) sein.

Bei KNN handelt es sich um Netzwerke mit künstlichen Neuronen als Knoten, die mittels gerichteter Verbindungen Eingaben einlesen, weiterverarbeiten und die daraus resultierenden Ergebnisse an weitere Neuronen weiterleiten oder als Ergebnis ausgeben. Bei der Terminologie von KNN wird bewusst auf Begriffe der Biologie zurückgegriffen, da KNN das biologische Gehirn als Vorbild nutzen und dessen Herangehensweise auf analoger Weise umzusetzen zu versuchen. Man nennt das Verfahren dieser Netze aus diesem Grunde auch *naturanaloge Verfahren*.

Warum sind diese Netze nun so interessant für Prognosen? Das Erstellen von zum Beispiel Börsenprognosen basiert in der Regel auf Auswertungen von Informationen verschiedener Quellen. Die Art von Auswertungen, wie Börsenexperten sie vornehmen, ist weder vollständig formalisierbar noch besonders exakt, da uneinheitlich und in weiten Zügen intuitiv. Besonders schwer ist hier das Ermitteln von *nichtlinearen Zusammenhängen*. Ein KNN ist jedoch in der Lage, diese Zusammenhänge zu finden und diese objektiv und vorurteilsfrei zu bewerten. Somit sind diese prinzipiell in der Lage, jedes beliebige Muster in jedem beliebigen Markt zu erkennen - auch solche, die noch nie zuvor von irgendjemand entdeckt wurden.

Ob und wie gut KNN zur Prognose geeignet sind, ist pauschal nicht zu beantworten. In manchen Gebieten mag die Prognosefähigkeit durchaus ausreichen. Je höher die geforderte Genauigkeit jedoch wird, desto diskutabler wird ein Einsatz von KNN. Eine typische Grauzone ist hier wieder die Prognose von Börsenkursen. Während Befürworter auf die Eigenschaft von KNN hinweisen, nichtlineare Muster zu erkennen und entsprechend zu behandeln, argumentieren Kritiker, dass ein System, das dem menschlichen Lernen nachempfunden wurde, die gleichen Fehler machen wird wie der Mensch. Generell ist jedoch zu sagen, dass die Prognosequalität von KNN über die Jahre stets angestiegen ist, da zum einen stets neue Fortschritte in diesem Themengebiet gemacht werden und zum anderen die Leistungsfähigkeit von Rechnern stetig ansteigt.

1.2 Ziel der Arbeit

In dieser Seminararbeit sollen KNN erschaffen werden, die in der Lage sind, Börsenkurse zu prognostizieren. Konkret sollen drei verschiedene KNN konzeptioniert und umgesetzt werden. Ein KNN zur Prognose des Kurses vom DAX (Deutschen Aktienindex), eines zur Prognose des Kurses vom Nikkei sowie eines zur Prognose des Kurses vom Dow Jones. Diese KNN sollen anschließend in einer Webanwendung überführt werden. Diese soll die Prognosefähigkeit der KNN visualisieren und Vergleiche zwischen einzelnen Prognosen ermöglichen. In dieser Seminararbeit liegt der Fokus auf das Erlangen eines Grundverständnisses über KNN und nicht auf das komplette Ausreizen der Prognosefähigkeit von KNN. Trotzdem spielt die Prognosequalität der erstellten KNN eine wichtige Rolle in dieser Seminararbeit.

2 Konzeption

In den Abschnitten 2.1 sowie 2.2 wird die Konzeption der Anwendung sowie des KNN beschrieben.

2.1 Konzeption der Anwendung

«Benedikt» Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Das hier ist der zweite Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Und nun folgt – ob man es glaubt oder nicht – der dritte Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich

den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Nach diesem vierten Absatz beginnen wir eine neue Zählung. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

2.1.1 Grundidee

«Benedikt» Das hier ist der zweite Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren

zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Und nun folgt – ob man es glaubt oder nicht – der dritte Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Nach diesem vierten Absatz beginnen wir eine neue Zählung. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Das hier ist der zweite Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift

an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

2.1.2 Das Neuroph Framework

«Benedikt» Und nun folgt – ob man es glaubt oder nicht – der dritte Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Nach diesem vierten Absatz beginnen wir eine neue Zählung. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift,

ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Das hier ist der zweite Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Und nun folgt – ob man es glaubt oder nicht – der dritte Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

2.2 Konzeption des künstlichen neuronalen Netzes

In den Abschnitten 2.2.1, 2.2.2 sowie 2.2.3 wird ein KNN zur Prognose des DAX konzeptioniert. Dieses soll als Vorlage für die Erstellung der KNN zur Prognose des Dow Jones und des Nikkei verwendet werden.

2.2.1 Wahl des Netztyps

Zunächst ist zu ermitteln, welche Netztypen sich zur Prognose von Börsenkursen grundsätzlich eignen. Nicht jeder Netztyp ist gleichermaßen zur Prognose geeignet. Bestimmte Netztypen sind beispielsweise überhaupt nicht in der Lage, Prognosen zu erstellen. Grundsätzlich lassen sich alle Netztypen in eine von zwei Oberklassen einordnen. Es existiert die Klasse der hetero-assoziativen Netze sowie die Klasse der auto-assoziativen Netze. Hetero-assoziative Netze bilden einen Vektor A der Länge n auf einem Vektor B einer meist kürzeren Länge m $\{m \in \mathbb{N} | m \leq n\}$ ab. Auto-assoziative Netze wiederum bilden einen Eingabevektor A der Länge n auf einem Ausgabevektor der gleichen Länge n ab. Die Tabelle 2.2.1 liefert hierzu eine Übersicht.¹

Hetero-assoziative Netzmodelle	Auto-assoziative Netzmodelle
(M)Adaline	Hopfield-Netze
Perzeptron	Boltzmann Maschinen
Multilayerperzeptron	-

Tabelle 2.1: Netzklassen & korrespondierende Netztypen

Aus diesen Netztypen ist nun der beste Netztyp zur Prognose von Börsenkursen zu wählen. Zunächst kann die richtige Klasse auf pragmatischer Weise ermittelt werden. Dazu kann man sich die Grundidee des zu erstellenden KNN vorstellen. Dieses soll mithilfe von mehreren vorhergehenden Börsenkursen den zukünftigen Börsenkurs prognostizieren. Da es sich bei den zu prognostizierenden Börsenkurs um einen skalaren Wert handelt, ist die Anzahl der Eingabe-Neuronen (und damit die Anzahl der Elemente des Eingabevektors) höher als die Anzahl der Ausgabeneuronen (und damit höher als die Anzahl der Elemente des Ausgabevektors). Somit sind für diese Seminararbeit nur hetero-assoziative Netze von Relevanz.

Aus der Menge der hetero-assoziativen Netze ist nun der Netztyp zu ermitteln, der für die Anwendung am besten geeignet ist. Dafür kann man zunächst Definition 1 betrachten.

Definition 1. *Definition der linearen Separierbarkeit*

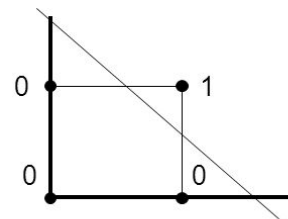
Seien X_0 und X_1 zwei Wertemengen im n -dimensionalen euklidischen Raum. Dann

¹Vgl. Kratzer (Kratzer), Seite 33 ff.

sind die Mengen X_0 and X_1 genau dann „linear separierbar“, wenn es $n + 1$ Werte w_1, w_2, \dots, w_n, k , gibt, sodass jeder Punkt $x \in X_0$ die Bedingung $\sum_{i=1}^n w_i x_i < k$ erfüllt und jeder Punkt $y \in X_1$ die Bedingung $\sum_{i=1}^n w_i y_i > k$ erfüllt.

Um das Verständnis der Definition 1 zu erleichtern, kann die Abbildung 2.1 betrachtet werden. Im oberen Graph kann eine Gerade zur Unterteilung der möglichen Ergebnisse in Klassen gelegt werden. Somit ist die AND-Funktion linear separierbar. Im unteren Graph ist dies nicht möglich. Somit ist die XOR-Funktion nicht linear separierbar.

Logisches AND ist
linear separierbar



Logisches XOR ist nicht
linear separierbar

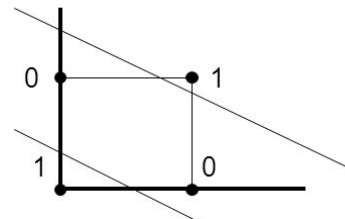


Abbildung 2.1: Bildliche Erläuterung der linearen Separierbarkeit

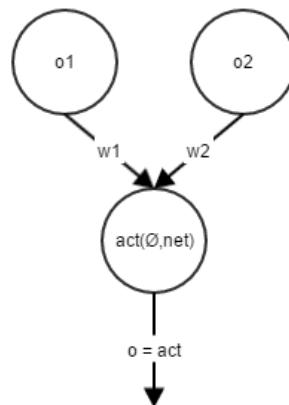
Analog setzt sich dies in Funktionen höherer Dimensionen fort. Ist die Funktion zum Beispiel dreidimensional, erfolgt die Separierung durch eine Ebene.

Nachdem der Begriff der linearen Separierbarkeit erläutert wurde, kann dies als Grundlage für den nächsten Schritt genutzt werden. Zur Auswahl des passenden Netztyps kann nun der Beweis 1 betrachtet werden. Dieser von Minski und Pappert erstellte Beweis belegt, dass einschichtige KNN nur in der Lage sind, linear separierbare Funktionen zu berechnen.²

²Vgl. Laemmel (Laemmel), Seite 212 f.

Beweis 1. Beweis der eingeschränkten Fähigkeit von KNN anhand des XOR-Problems

Gegeben sind ein Perzeptron der folgenden Bauart



sowie folgende Rahmenbedingungen:

$$w_1 \cdot o_1 + w_2 \cdot o_2 = net$$

$$f_{act}(o) = id$$

\emptyset = Schwellenwert

Dann gilt:

a) $w_1 \cdot 0 + w_2 \cdot 0 < \emptyset$ Bei einem Inputvektor (0,0) liefert der Output 0.

b) $w_1 \cdot 0 + w_2 \cdot 1 \geq \emptyset$ Bei einem Inputvektor (0,1) liefert der Output 1.

c) $w_1 \cdot 1 + w_2 \cdot 0 \geq \emptyset$ Bei einem Inputvektor (1,0) liefert der Output 1.

d) $w_1 \cdot 1 + w_2 \cdot 1 < \emptyset$ Bei einem Inputvektor (1,1) liefert der Output 0.

Der Widerspruch ergibt sich wie folgt:

$$(b + c) : w_1 + w_2 \geq \emptyset \wedge (d) : w_1 + w_2 < \emptyset$$

Dieser Beweis kann ebenfalls auf andere nicht linear separierbare Funktionen angewandt werden. Somit steht fest, dass ein einschichtiges Perzeptron nicht in der Lage sein kann, nicht linear separierbare Funktionen zu approximieren.

Um festzustellen, ob eine Funktion linear separierbar ist, kann das Konvergenztheorem von Rosenblatt (Theorem 1) hinzugezogen werden³.

Theorem 1. Konvergenztheorem von Rosenblatt

Der Lernalgorithmus des Perzeptrons konvergiert in endlicher Zeit, d.h. das Perzeptron kann in endlicher Zeit alles lernen, was es repräsentieren kann.

Es ergibt sich also folgende Relation:

Perzeptron konvergiert \rightarrow Funktion linear separierbar \rightarrow Perzeptron geeignet. Und analog: Perzeptron konvergiert nicht \rightarrow Funktion nicht linear separierbar \rightarrow Perzeptron nicht geeignet.

Auf Basis der oben genannten Relation kann ermittelt werden, ob ein einschichtiges Perzeptron zur Approximation von Börsenkursen geeignet ist. Dafür wurde ein Perzeptron wie in Abbildung 2.2 entwickelt und untersucht, ob dieses konvergiert.

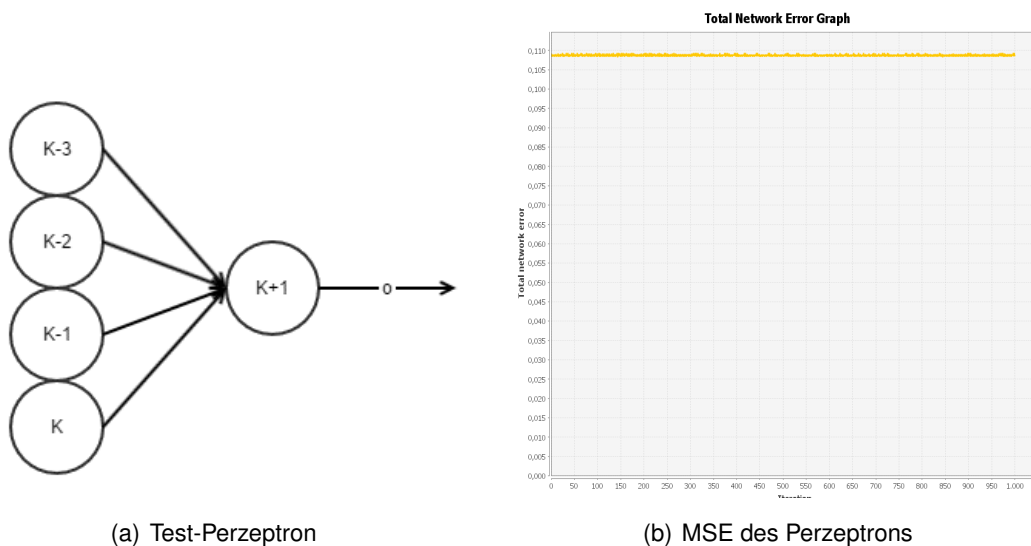


Abbildung 2.2: Test-Perzeptron sowie der dazugehörige MSE

Bei Betrachtung des Netzwerkfehlers des Perzeptrons erkennt man, dass das Perzeptron nicht konvergiert. Der Netzwerkfehler des Perzeptrons bleibt über alle Iterationen konstant

³Vgl. Laemmel (Laemmel), Seite 209

auf einem Niveau von circa 0,10. Somit steht fest, dass der Börsenkurs eine nicht linear separierbare Funktion darstellt und durch ein Perzeptron nicht approximiert werden kann.

Folglich bleibt nur noch das Multilayerperzeptron als Mögliche Auswahl übrig. Das dieses KNN tatsächlich zur Prognose geeignet ist, belegt das Theorem der universellen Approximation (Theorem 2)⁴.

Theorem 2. *Theorem der universellen Approximation*

Jede stetige Funktion kann mittels eines künstlichen neuronalen Netzes mit mindestens einer versteckten Schicht beliebig genau approximiert werden.

Ein Börsenkurs kann prinzipiell jede beliebige (stetige) Funktion annehmen. Durch Theorem 2 ist jedoch sichergestellt, dass das Multilayerperzeptron in der Lage ist, diese Funktion zu approximieren, da ein Multilayerperzeptron als universeller Approximator fungiert.

2.2.2 Wahl der Topologie

Zur Prognose des Börsenkurses sollen die letzten vier Börsenkurse als Input dienen. Durch diesen Input soll der Börsenkurs am nächsten Tag prognostiziert werden. Folglich gestaltet sich Auswahl der Anzahl an Input-Neuronen (4) sowie Output-Neuronen (1) trivial. Etwas komplexer gestaltet sich jedoch die richtige Dimensionierung der inneren Schicht. Hierbei können aber einige Richtlinien hinzugezogen werden, um die Dimensionierung zu erleichtern:

- Die Anzahl der versteckten Neuronen in der inneren Schicht sollte nicht zu groß gewählt werden, damit das Netz das antrainierte Verhalten nicht „auswendig“ lernt. Sonst kann es nur das bereits trainierte Muster entsprechend verarbeiten. Dies bedeutet ein Verlust der Generalisierungsfähigkeit. Man spricht in diesem Fall von einem Overfitting.
- Die Anzahl der versteckten Neuronen in der inneren Schicht sollte nicht zu klein gewählt werden, da eine gewisse Menge an Neuronen wichtig ist, um sich Regelsätze merken zu können.

⁴Vgl. **Cottbus** (Cottbus)

- Eine grobe Annäherung zur Bestimmung der Obergrenze der Anzahl von Neuronen in der versteckten Schicht liefert die folgende Formel⁵:

$$N_h = \frac{N_d}{10 * (N_i + N_o)} \quad (2.1)$$

N_h ist hierbei die Obergrenze, N_i die Anzahl der Input-Neuronen und N_o die Anzahl der Output-Neuronen. Da 450 Trainingsdaten verwendet werden sollen, bedeutet das für diese Seminararbeit konkret:

$$N_h = \frac{450}{10 * (4 + 1)} = 9 \quad (2.2)$$

Somit ergibt sich insgesamt die folgende Topologie aus Abbildung 2.3.

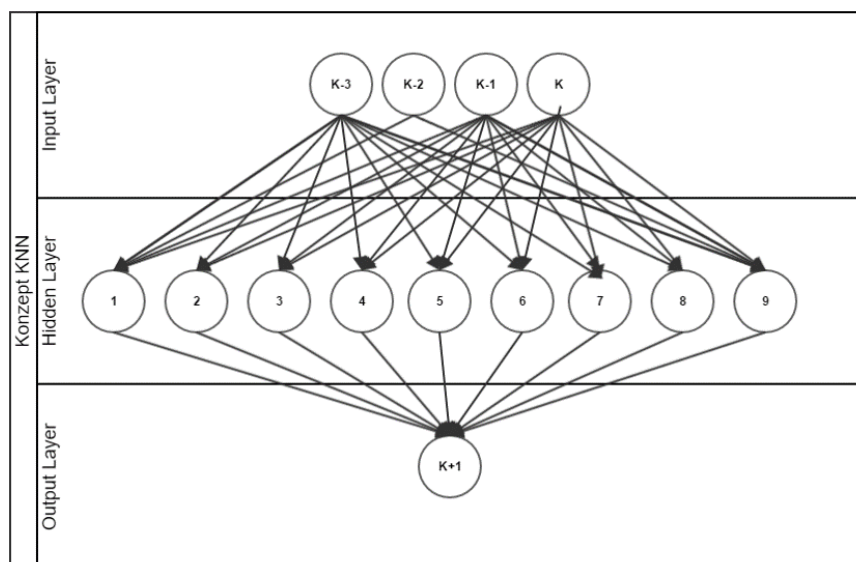


Abbildung 2.3: Grundlegendes Konzept des KNN

Dieses KNN stellt ein solides Grundkonstrukt dar, das in der Umsetzungsphase noch weiter optimiert werden kann.

⁵Vgl. Illmenau (Illmenau)

2.2.3 Wahl des Lernverfahrens

Grundsätzlich existieren drei Lernverfahren, wie ein KNN trainiert werden kann. In diesem Abschnitt werden alle drei Lernverfahren näher vorgestellt und anschließend eine begründete Auswahl des gewählten Verfahrens getroffen⁶.

- **Überwachtes Lernen:**

Beim überwachten Lernen sind sowohl die Eingabedaten als auch die dazugehörigen Ausgabedaten bekannt. Zunächst berechnet das KNN bestimmte Ausgabedaten zu den Eingabedaten. Diese berechneten Ausgabedaten können anschließend mit den tatsächlichen Ausgabedaten verglichen werden. Dieser Fehler wird dann genutzt, um die Verbindungsgewichte des KNN anzupassen. Typische Vertreter dieses Lernverfahrens sind die sogenannten Backpropagation-Lernverfahren.

- **Bestärkendes Lernen:**

Ähnlich wie das überwachte Lernen, jedoch biologisch motivierter ist das sogenannte bestärkende Lernen. Hier sind dem KNN die Eingabewerte zwar bekannt, aber die dazugehörigen Ausgabewerte nur zum Teil oder gar nicht. Das KNN wird lediglich darüber informiert, ob das Ergebnis richtig bzw. falsch war. Es ist ein sehr zeitaufwändiges Lernverfahren, da es die Gewichte auf Grund der spärlichen Information nur sehr langsam anpassen kann. Dieses Verfahren kann als Mischung aus überwachtes Lernen und nicht überwachtes Lernen gesehen werden.

- **Nicht überwachtes Lernen:**

Das nicht überwachte Lernen ist biologisch gesehen am plausibelsten. Bei diesem Lernverfahren existieren nur Eingabemuster, jedoch keine erwünschten Ausgaben oder Angaben, ob das Netz die Eingaben richtig oder falsch klassifiziert hat. Stattdessen versucht der Lernalgorithmus selbständig, Gruppen ähnlicher Eingabevektoren zu identifizieren und diese auf Gruppen ähnlicher oder benachbarter Neuronen abzubilden.

Da sowohl die Eingabewerte als auch die Ausgabewerte der zu verwendenden Datensätze bekannt sind, bietet sich das überwachte Lernen an. Verglichen mit den anderen Lernverfahren ist dies die effizienteste Lernmethode. Sie verfügt zwar über kein biologisches Vorbild, dieser Umstand hat aber für diese Seminararbeit keine Relevanz.

⁶Vgl. Laemmel (Laemmel)

3 Umsetzung

In den folgenden Abschnitten wird auf die Umsetzung der Anwendung und des KNN eingegangen.

3.1 Umsetzung der Anwendung

«Benedikt» Nach diesem vierten Absatz beginnen wir eine neue Zählung. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Das hier ist der zweite Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Und nun folgt – ob man es glaubt oder nicht – der dritte Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Nach diesem vierten Absatz beginnen wir eine neue Zählung. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

3.2 Umsetzung des künstlichen neuronalen Netzes mit Neurophstudio

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie das KNN aus der Konzeptionsphase (siehe Abbildung 2.3) umgesetzt wurde. Zur Umsetzung wurde die Anwendung „Neurophstudio“ verwendet. Diese ist ein Teil des Neuroph-Frameworks und erlaubt das Erstellen, Trainieren und Testen von KNN mittels einer graphischen Oberfläche. Das erstellte KNN kann anschließend mittels einer Library in einer Java-Anwendung eingebunden werden.

Nachdem das grundlegende KNN in der Anwendung angelegt wurde, musste dieses noch trainiert und anschließend getestet werden. Für diesen Vorgang sind Trainings- sowie Testdaten nötig. Die benötigten Daten konnten als Excel-Datei von der nachfolgenden Webseite bezogen werden: <http://www.quandl.com>. Es wurden die letzten 600 Börsenkurse des DAX extrahiert und anschließend in 2 Datensätze aufgeteilt: In einem Trainingsdatensatz bestehend aus 450 Trainingsdaten sowie in einem Testdatensatz bestehend aus 150 Testdaten. Da diese Datensätze noch nicht normalisiert waren, die Daten jedoch in normalisierter Form für das KNN zur Verfügung stehen müssen, wurden diese mit der folgenden Formel normalisiert:

$$N_h = \frac{A - \min(A)}{\max(A) - \min(A)} \cdot 0,8 + 0,1 \quad (3.1)$$

Wobei A den Datensatz als Matrix repräsentiert.

Damit wurde sichergestellt, dass sich alle Werte der Datensätze im Intervall $[0, 1]$ befinden. Die Multiplikation mit 0,8 sowie die Addition mit 0,1 soll Extremwerte abmildern.

Nachdem alle Komponenten für die Erstellung eines fertigen KNN vorhanden waren, konnte mit dem Training begonnen werden. Dafür wurden 200.000 Trainingszyklen gestartet. Als Lernverfahren wurde das Backpropagation-Verfahren mit einer Lernrate von 0,7 benutzt und als Aktivierungsfunktion eine Sigmoidfunktion. Nachdem das Training abgeschlossen war, wurde das KNN noch entsprechend mit dem Testdatensatz getestet. Dabei haben sich jeweils die folgenden Werte ergeben:

Durchlauf	MSE
Trainingszyklus	0,001048
Testzyklus	0,002134

Tabelle 3.1: Die Trainings- und Testergebnisse des Grundnetzes

Dieses KNN bildet nun die Grundlage für weitere Optimierungsmaßnahmen.

3.3 Optimierung des künstlichen neuronalen Netzes

Nachdem das Grundmodell des KNN erstellt wurde, ist dieses noch weiter optimiert worden. Darauf wird nun in den Unterabschnitten 3.3.1, 3.3.2 sowie 3.3.3 genauer eingegangen.

3.3.1 Optimierung der Topologie

Das im Abschnitt 3.2 erstellte KNN wird in diesem Abschnitt hinsichtlich der verwendeten Topologie optimiert. Dabei werden sukzessive Neuronen in der Zwischenschicht hinzugefügt bzw. entfernt und für jeden Trainings- und Testverlauf der MSE (Mean Squared Error) notiert. Auch wird jede Topologie einmal mit und einmal ohne ein Bias-Neuron trainiert und getestet. Die Topologie mit dem geringsten MSE im Testverlauf wird dann übernommen. Die Ergebnisse dieser Optimierung können aus der Tabelle 3.2 entnommen werden. Der Buchstabe (B) steht dabei für das Bias-Neuron.

Topologie	Training-MSE	Test-MSE	Training-MSE (B)	Test-MSE (B)
4-03-1 (B)	0.0011562	0.002569	$9.449 \cdot 10^{-4}$	0.001788
4-05-1 (B)	0.001062	0.002879	$9.598 \cdot 10^{-4}$	0.001799
4-07-1 (B)	0.001090	0.001784	$9.407 \cdot 10^{-4}$	0.001781
4-09-1 (B)	0.001048	0.002134	$9.488 \cdot 10^{-4}$	0.0024436
4-11-1 (B)	0.001022	0.001785	$9.760 \cdot 10^{-4}$	0.0033215
4-13-1 (B)	0.001002	0.001787	$9.906 \cdot 10^{-4}$	0.004067

Tabelle 3.2: Jeweilige Topologien & korrespondierende MSE

Wie aus der Tabelle 3.2 zu erkennen, liefert eine Topologie mit 4 Input-Neuronen, 7 versteckten Neuronen, ein Bias-Neuron sowie ein Output-Neuron die besten Testergebnisse. Die Start-Topologie aus der primären Umsetzung wird nun durch diese Topologie ausgetauscht.

3.3.2 Wahl der optimalen Transferfunktion

Nachdem die Topologie des KNN optimiert wurde, ist noch die Transferfunktion optimiert worden. Hierbei wurde das Netz einmal mittels einer sigmoiden Funktion und anschließend nochmals mit der Tanh-Funktion trainiert und getestet. Dabei ist anzumerken, dass die Tanh-Funktion lediglich einen Sonderfall einer sigmoiden Funktion darstellt (Das wird klarer, wenn man bedenkt, dass „Sigmoid“ mit „S-Förmig“ übersetzt werden kann). Die Abbildung 3.1 zeigt nochmals die Bauart der beiden Funktionen auf.

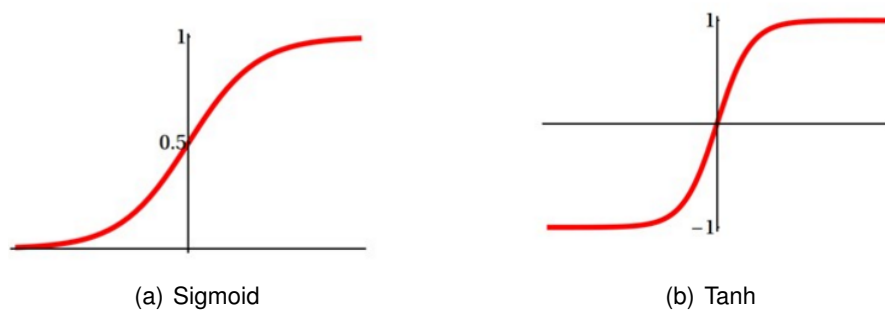


Abbildung 3.1: Die Sigmoide Funktion und die Tanh Funktion im Vergleich

$$(a) f(x) = \frac{1}{1 + e^{-cx}} \quad (b) f(x) = \tanh(x) \quad (3.2)$$

Aus der Tabelle 3.3 können die Ergebnisse dieses Optimierungsschrittes entnommen werden.

Transferfunktion	Training-MSE	Test-MSE
Sigmoid	$9.406 \cdot 10^{-4}$	0.001767
Tanh	0.0103333	0.044330

Tabelle 3.3: Jeweilige Transferfunktionen & korrespondierende MSE

Man erkennt, dass es sich bei der bisher genutzten sigmoiden Funktion bereits um die beste Lösung handelt. Folglich wurde das KNN in dieser Hinsicht nicht weiter optimiert und die ursprüngliche Funktion wurde belassen.

3.3.3 Wahl der optimalen Lernregel

Als letzten Schritt wurde die Lernregel des KNN optimiert. Innerhalb des Verfahrens der überwachten Lernens existieren mehrere Lernregeln, um das Netz zu trainieren. Die bekannteste Lernregel ist die Backpropagation-Lernregel. Diese Regel gibt es in mehreren Variationen. In dieser Seminararbeit werden zum einen das Grundverfahren sowie einige Variationen, namentlich das „Momentum Backpropagation“ sowie das „Resilient Backpropagation“ beschrieben und untersucht. Anschließend wird das für die Anwendung am besten geeignete Verfahren ausgewählt⁷.

- **Backpropagation:**

Dies ist das klassische Fehlerrückführungsverfahren zum Anpassen der Verbindungsgewichte. Die Gewichtsveränderung erfolgt durch ein Fehlersignal, dass aus der Abweichung von tatsächlicher und prognostizierter Ausgabe berechnet wird. Die Gewichtsveränderung erfolgt hierbei schichtweise von den Ausgangs-Neuronen bis zu den Eingangs-Neuronen.

- **Momentum Backpropagation:**

Dieses Verfahren fügt dem klassischen Verfahren einen Trägheitsterm hinzu, indem die Gewichtsveränderung zum Zeitpunkt $t - 1$ berücksichtigt wird. Dieser Term kann einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen. Umso größer dieser Term ist, umso stärker

⁷Vgl. Laemmel (Laemmel), S. 225 f.

wir die vorhergehende Gewichtsveränderung berücksichtigt. Durch diesen Trägheitsterm wird die Wahrscheinlichkeit verringert, dass das KNN beim Training in ein lokales Minimum oszilliert und sich somit nicht weiter dem Idealwert approximieren kann. Auch die Wahl der Lernrate gestaltet sich hier weniger kritisch.

- **Resilient Propagation:**

Resilient heißt Federnd. Dieses Verfahren nutzt das Vorzeichen des Gradienten zum Zeitpunkt t und entscheidet anhand dessen, ob das Gewicht vergrößert oder verkleinert werden muss. Der Betrag der Gewichtsveränderung wird jedoch unabhängig von der Richtung der Gewichtsänderung ermittelt. Dadurch werden die typischen Probleme klassischer Gradientenabstiegsverfahren, wie sie beim klassischen Backpropagation sowie beim Momentum Backpropagation genutzt werden, gemindert.⁸

Die Formeln für Resilient Propagation lauten wie folgt:

$$\Delta w_{ij} = \begin{cases} -\Delta_{ij} & \text{falls } S(t) > 0 \\ +\Delta_{ij} & \text{falls } S(t) < 0 \\ \pm 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\Delta_{ij} = \begin{cases} \Delta_{ij}(t-1) \cdot n^+ & \text{falls } S(t-1) \cdot S(t) > 0 \\ \Delta_{ij}(t-1) \cdot n^- & \text{falls } S(t-1) \cdot S(t) < 0 \\ \Delta_{ij}(t-1) & \text{sonst} \end{cases} \quad (3.4)$$

Solange das Vorzeichen des Gradienten negativ ist, wird das Vorzeichen des Gewichtes ebenfalls beibehalten und die Schrittweite und somit das Gewicht um einen konstanten Wert n^+ vergrößert. Somit können Plateaus besser überwunden werden. Ändert sich das Vorzeichen des Gradienten von negativ auf positiv (was bedeutet, dass ein Minimum übersprungen wurde), so wird das Vorzeichen geändert und die Schrittweite um einen fixen Faktor n^- verringert. Somit werden Oszillationen verhindert.

Die Abbildung 3.2 stellt das Vorgehen des Resilient Propagation Algorithmus grafisch dar⁹.

⁸Vgl. **Valen (Valen)**, S. 71

⁹Vgl. **Geith (Geith)**, S. 71

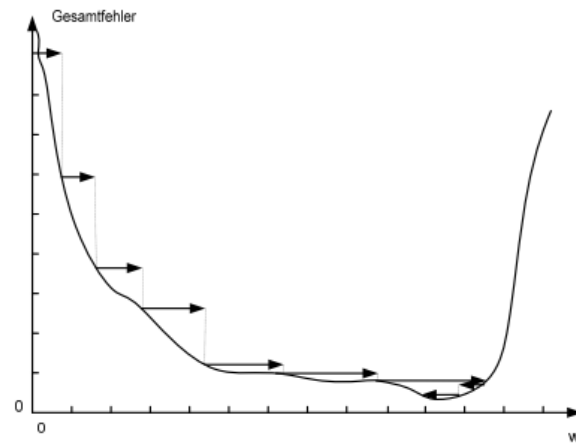


Abbildung 3.2: Visualisierung des Resilient Propagation Algorithmus

Allen drei Lernregeln ist gemein, dass zur Bestimmung des Fehlers zwischen der prognostizierten und tatsächlichen Ausgabe der MSE benutzt werden kann. Die MSE-Formel würde in dem konkreten Fall der Anwendung wie folgt lauten:

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (KT_i - KV_i)^2 \quad (3.5)$$

Wobei n für die Anzahl der Daten im Datensatz steht, KT_i für den tatsächlichen Ausgabe-
wert eines Datums i steht und KV_i für den korrespondierenden prognostizierten Ausgabe-
wert eines Datums i steht.

In der Tabelle 3.4 kann das Ergebnis der Trainings- und Testdurchläufe mit den jeweiligen Lernregeln betrachtet werden.

Lernregel	Training-MSE	Test-MSE
Backpropagation	$9.325 \cdot 10^{-4}$	0.001636
Momentum Backpropagation	$9.109 \cdot 10^{-4}$	0.001608
Resilient Propagation	$8.89 \cdot 10^{-4}$	$9.406 \cdot 10^{-4}$

Tabelle 3.4: Lernregeln & jeweilige MSE

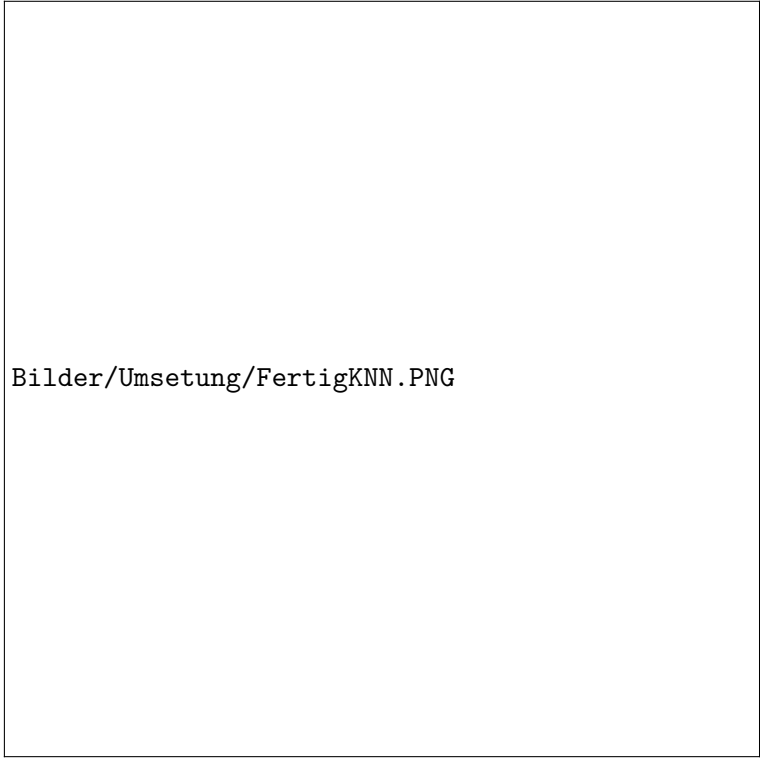
In der Regel liefert Resilient Propagation sehr gute Ergebnisse, dies ist auch hier der Fall. Wie man erkennen kann, ist das Resilient Propagation Verfahren hier den anderen überlegen. Folglich wurde das KNN entsprechend optimiert und Resilient Propagation als Lernregel eingesetzt. Da es sich bei Resilient Propagation um eine adaptive Lernregel handelt und bei der Berechnung keine Lernrate benutzt handelt, muss diese auch nicht angegeben werden.

3.4 Die endgültigen künstlichen neuronalen Netze

Nachdem das KNN zur Prognose des DAX erstellt und optimiert wurde, wurden diese Schritte in analoger Weise für die KNN zur Prognose des Nikkei sowie zur Prognose des Dow Jones wiederholt. Es stellte sich heraus, dass das optimale KNN für den DAX ebenfalls das optimale KNN für den Nikkei und den Dow Jones darstellt. Das Endgültige Netz sowie dessen Parameter können aus der Tabelle 3.5 sowie aus der Abbildung ?? entnommen werden.

Topologie	4-7-1 mit Bias
Lernregel	Resilient Propagation

Tabelle 3.5: Die jeweiligen Börsenkurse & deren Endwerte



Bilder/Umsetzung/FertigKNN.PNG

Abbildung 3.3: Das endgültige KNN für alle Börsenkurse

Die Tabelle ?? zeigt die Trainings- sowie Testergebnisse der implementierten und optimierten KNN nach jeweils 200.000 Trainingszyklen.

Börsenkurs	Training-MSE	Test-MSE
DAX	$4.252 \cdot 10^{-5}$	$4.820 \cdot 10^{-5}$
Nikkei	$1.350 \cdot 10^{-5}$	$4.520 \cdot 10^{-5}$
Dow Jones	$6.672 \cdot 10^{-5}$	$2.820 \cdot 10^{-4}$

Tabelle 3.6: Die endgültigen Parameter für alle KNN

4 Analyse der künstlichen neuronalen Netze

«Sebastian»

3 Bilder rein. 2 Jahre => Über die Bilder jeweils reden.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Das hier ist der zweite Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Und nun folgt – ob man es glaubt oder nicht – der dritte Absatz. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte

möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Nach diesem vierten Absatz beginnen wir eine neue Zählung. Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

5 Zusammenfassung und Fazit

Die KNN dieser Seminararbeit liefern zwar gute Approximationen, jedoch sind diese für praktische Zwecke noch nicht ausreichend. Dafür sind primär zwei Ursachen verantwortlich. Zunächst ist zu berücksichtigen, dass die KNN in dieser Anwendung ein abgeschottetes System bilden. Das bedeutet, dass diese nicht in der Lage sind, auf einschneidende Ereignisse (wie z.B. Terroranschläge) angemessen zu reagieren, obwohl solche einen großen Einfluss auf den Börsenkurs haben können. Eine Erweiterung um diese Eingaben wäre prinzipiell möglich, jedoch sehr aufwändig. Ein weiteres Manko der in dieser Seminararbeit erstellten KNN ist das Fehlen von nichtlinearen Zusammenhängen. Es wurden lediglich die letzten vier Börsenkurse zur Prognose des darauffolgenden Kurses verwendet. Erweiterungen wie z.B. durch den Leitzins oder Kurse anderer Börsen als Input würden die Prognosefähigkeit wahrscheinlich stark steigern, denn genau hier erweisen sich KNN als besonders effektiv.

Auf dem Markt befinden sich bereits zahlreiche Anbieter von sehr ausgefeilten Anwendungen auf Basis von KNN, die Börsenkurse prognostizieren. Diese liefern tatsächlich recht genaue Ergebnisse, die auch in der Praxis vom Nutzen sein können. Der Preis zur Nutzung dieser Anwendungen ist jedoch recht hoch. So stellt sich die Frage, ob der Nutzen tatsächlich höher ist als die Kosten zu Nutzung eines KNN dieser Anbieter.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Prognose von Börsenkursen mittels eines KNN möglich ist, jedoch mit sehr viel Aufwand verbunden ist, wenn man praxistaugliche Ergebnisse erzielen möchte. Auch sollte ein KNN nie als alleiniges Prognoseinstrument, sondern immer nur als Ergänzung zu anderen Prognoseinstrumenten eingesetzt werden.