



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Seminararbeit

Finanz- und Versicherungsmathematik

Trading With Fuzzy-Logic And Technical Analysis

ausgeführt durch

Florian Hein
Matrikelnummer: 11917655

unter Anleitung von

Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.
Stefan Gerhold

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Analyse	4
2.1	Technische Analyse	4
2.1.1	Voraussetzungen	4
2.1.2	Vorgehensweise	5
2.2	Fundamentalanalyse	5
2.3	Indikatoren	6
2.3.1	SMA (Simple Moving Average)	6
2.3.2	EMA (Exponential Moving Average)	6
2.3.3	MACD (Moving Average Convergence/Divergence)	7
2.3.4	RSI (Relative Strength Index)	8
2.3.5	Williams %R	9
2.3.6	Bollinger-Bänder	10
3	Fuzzy-Logik	11
3.1	Unscharfe Mengen	11
3.2	Fuzzy-Operatoren	11
3.3	Fuzzy-Controller	12
3.3.1	Fuzzifizierung	12
3.3.2	Regelbasis	12
3.3.3	Interferenz	13
3.3.4	Defuzzifizierung	13
3.4	Fuzzy-System in der Finanzwelt	14
4	Beispiel	15
4.1	Setting	15
4.2	Aufbau der Strategie	15
4.3	FIS (Fuzzy-Interferenz-System)	15
4.4	Regeln für das FIS	16
4.5	Handelsstrategie aufgrund des FIS	17
4.6	Performance	19
5	Fazit	20
6	Anhang	21
7	Literaturverzeichnis	26
8	Abbildungsverzeichnis	26

1 Einleitung

Das Thema Trading, der (oft kurzfristige) Handel von Wertpapieren, erfreut sich seit jeher großer Aufmerksamkeit. Viele Menschen träumen davon ihren derzeitigen Job zu kündigen, um unabhängig von Ort und Zeit ihren Lebensunterhalt mit Trading zu verdienen und Aktien, Derivate oder andere Wertpapiere zum richtigen Zeitpunkt zu kaufen, beziehungsweise zu verkaufen. Allerdings ist es nur den Wenigsten möglich dies tatsächlich in die Tat umzusetzen. Zum einen ist es extrem schwer langfristig erfolgreich zu traden, es benötigt oft jahrelanges Training und selbst dann, ist es niemals leicht damit langfristig Geld zu verdienen. Zum anderen ist Trading doch sehr riskant. Man muss eigenes Vermögen einsetzen, um über gute Anlagen Geld zu verdienen. Je mehr Geld man einsetzt, desto mehr kann man auch gewinnen, aber viele Trader verlieren in der Regel mehr, als sie verdienen. Deswegen wird Trading vielfach auch als Glücksspiel bezeichnet. Es ist wahrscheinlich auch richtig, dass man als erfolgreicher Trader ab und zu Glück braucht. Um aber langfristig zu den Gewinnern im Trading zu gehören, ist es unerlässlich, dass man eine gute Strategie hat, an die man sich hält.

In dieser Arbeit wird mit der technischen Analyse in Kombination mit der Fuzzylogik eine mögliche Grundlage für eine derartige Trading-Methode, bzw. -Strategie präsentiert. Zunächst wird die technische Analyse sowie ein paar ausgewählte Indikatoren vorgestellt. Dieser Abschnitt basiert auf den Quellen [1] und [2]. Anschließend werden die für eine Trading-Methode benötigten Grundlagen der Fuzzylogik präsentiert. Dieser Teil beruht vor allem auf Quelle [4]. Abschließend wird eine Strategie beispielhaft, anhand der vorgestellten Indikatoren, zusammen mit der Fuzzy-Logik in matlab programmiert und mit bestimmten Indizes der Vergangenheit getestet. Der letzte Teil der Arbeit wurde eigenständig ausgearbeitet sowie programmiert. Inspiration hierfür erfolgte aus den Quellen [3] und [4], in denen ebenfalls eine eigene Trading-Strategie auf Basis der Fuzzy-Logik konzipiert wurde. Die Quellen der Abbildungen sind im Abbildungsverzeichnis angegeben, sollte zu einer Grafik keine Quelle angegeben sein, so wurde diese selbst erstellt.

2 Analyse

2.1 Technische Analyse

Bei der technischen Analyse versucht man in vergangenen Kursverläufen eines Wertpapiers gewisse Trends, Muster oder Verhaltensweisen zu erkennen, um daraus Schlüsse zu ziehen, wie sich der Kurs des Wertpapiers in Zukunft verhalten könnte. Ziel ist auf Grundlage dieser Faktoren sicherere Kauf- beziehungsweise Verkaufentscheidungen treffen zu können.

2.1.1 Voraussetzungen

Um technische Analyse betreiben zu können, und um ihr überhaupt einen wirklichen Nutzen zuzuschreiben, muss man zunächst drei Annahmen treffen:

- **Alle Faktoren die den Kurs beeinflussen sind bereits eingepreist**

Diese Behauptung ist von enormer Wichtigkeit und bildet gewissermaßen die Basis für die technische Analyse. Denn daraus folgt, dass man nur die Kursbewegungen untersuchen muss. Alle anderen Faktoren, wie z.B. betriebswirtschaftliche Parameter und dergleichen, können vernachlässigt werden. Auch wenn diese Aussage im ersten Moment etwas realitätsfern klingt, beruft man sich hierbei lediglich auf ein grundlegendes Prinzip der Betriebswirtschaftslehre, Angebot und Nachfrage. Sogenannte Spezialisten oder Techniker gehen davon aus, dass sobald der Kurs einer Aktie steigt, die Nachfrage größer als das Angebot ist und die Fundamentaldaten dadurch bullish sind. Fällt aber der Kurs, dann ist genau das Gegenteil der Fall. Die Nachfrage ist niedriger als das Angebot und die Fundamentaldaten sind bearish. Glaubt man dieser Argumentation scheint es einleuchtend zu sein, lediglich die Kursbewegungen zu analysieren um Handelsentscheidungen zu treffen.

- **Gewisse Muster in Kursverläufen wiederholen sich**

Jeder der selbst schon an der Börse aktiv war und mit Wertpapieren gehandelt hat, wird festgestellt haben, dass bei Kursbewegungen oftmals auch die psychologische Komponente der Marktteilnehmer eine Rolle spielt. Sei es die Angst einen möglichen großen Gewinn zu verpassen (sogenannte: 'fear of missing out') oder die Angst 'das sinkende Schiff' als Letzter zu verlassen, also als einer der Letzten ein vermeintlich wertloses/überteuertes Wertpapier mit sehr großem Verlust zu verkaufen. Die technische Analyse ist sich dessen bewusst. Es ist festzustellen, je mehr man sich damit auseinandersetzt Marktbewegungen zu analysieren, desto mehr muss man sich auch mit der menschlichen Psychologie beschäftigen, welche sich meist nicht gravierend verändert. Demzufolge wird davon ausgegangen, dass gewisse Muster, die in der Vergangenheit funktioniert haben, dies auch in Zukunft tun werden.

- **Kurs bewegt sich in einer (Aufwärts-, Abwärts- oder Seitwärts-) Phase bis ein Signal zur Umkehr auftritt**

Anders ausgedrückt bewegen sich die Kurse eines Wertpapiers solange in einem Trend, bis es ein Signal zur Umkehr dieses Trends gibt. Daraus folgt, dass es wahrscheinlicher ist, dass sich ein Trend fortsetzt, als dass er sich ändert. Auch diese Prämisse ist unumgänglich um technische Analyse zu betreiben. Denn letztendlich versuchen die Techniker anhand gewisser Indikatoren Trends frühzeitig zu erkennen, um dann dementsprechende Handelsentscheidungen zu treffen.

2.1.2 Vorgehensweise

Es werden nun ausgewählte Indikatoren für das aktuelle Kursniveau berechnet. Einige dieser Indikatoren werden im Verlauf der Arbeit noch genauer vorgestellt. Anschließend werden diese Indikatoren mit Hilfe von Erfahrungswerten beziehungsweise durch Vergleich mit vergangenen Kursverläufen interpretiert. Basierend darauf wird versucht einzuschätzen, wie sich der Kurs in etwa in der Zukunft verhalten wird. Zudem leitet man daraus seine Handelsentscheidung ab. Bei der technischen Analyse konzentriert man sich somit nur auf den Chart (bildet den Kurs eines Wertpapiers ab), also das aktuelle Kursniveau, beziehungsweise die Kurshistorie.

Kennzahlen oder das Wettbewerbsumfeld des Unternehmens (bei der Analyse von Aktien) oder das volkswirtschaftliche Umfeld werden hierbei nicht berücksichtigt. Diese Faktoren analysiert man bei der sogenannten Fundamentalanalyse, welche im nächsten Abschnitt thematisiert wird.

2.2 Fundamentalanalyse

Das Ziel der Fundamentalanalyse ist es zu bewerten, ob der aktuelle Börsenkurs für ein Wertpapier, im Normalfall einer Aktie, angemessen ist oder ob das Wertpapier über- bzw. unterbewertet ist. Auf Grundlage dessen kann dann eine Entscheidung getroffen werden, ob man in das entsprechende Wertpapier investieren möchte oder nicht. Es wird meist zunächst die gesamtwirtschaftliche Situation betrachtet. Auf Basis derer eine Marktanalyse erstellt wird. Danach folgt die eigentliche Bewertung des Unternehmens. Es gibt auch hierbei einige wichtige Kennzahlen, mit deren Hilfe die Fundamentalanalyse durchgeführt wird. Diese Kennziffern basieren aber nicht wie bei der technische Analyse nur auf den (historischen) Kursverläufen, sondern vor allem auf den betriebswirtschaftlichen beziehungsweise dem volkswirtschaftlichen Kennzahlen. Einige der bekanntesten Kennziffern sind zum Beispiel die Eigenkapitalquote, also der Anteil des Eigenkapital eines Unternehmens am Gesamtkapital. Oder auch das Kurs-Gewinn-Verhältnis (KGV) welches sich aus dem aktuellen Kurs eines Wertpapiers geteilt durch den Gewinn des Unternehmens berechnet. Da aber

die Fundamentalanalyse in der Entwicklung einer Trading-Strategie in dieser Arbeit keine Verwendung findet, wird diese nicht genauer thematisiert.

2.3 Indikatoren

Im Folgenden werden einige häufig vorkommende Indikatoren der technischen Analyse erläutert. Diese werden dann teilweise auch später im eigens in matlab konzipierten Beispiel verwendet. Indikatoren werden immer für eine bestimmte Anzahl an Zeiteinheiten gebildet. Diese können Minuten, Stunden, Tage, Wochen, Monate, etc. sein. In diesem konkreten Abschnitt wird die verwendete Zeiteinheit immer Tage sein.

2.3.1 SMA (Simple Moving Average)

Der SMA oder auch gleitender Durchschnitt wird für eine bestimmte Anzahl an Tagen berechnet und gibt den durchschnittlichen Kurs des jeweiligen Wertpapiers für eben diese Anzahl der letzten Tage wieder.

$$\begin{aligned} C_k &:= \text{Schlusskurs des Wertpapiers zum Zeitpunkt } k \\ n &:= \text{Gesamtanzahl der Tage für die SMA berechnet wird} \end{aligned} \tag{1}$$
$$SMA = \frac{\sum_{k=0}^n C_k}{n}$$

Zum Beispiel sind der SMA 200, der SMA für die letzten 200 Tage, oder der SMA 50, SMA für die letzten 50 Tage, sehr beliebte Indikatoren. Meist wird er so interpretiert, dass es als Kaufsignal zu verstehen ist, wenn der Kurs die SMA-Linie von unten nach oben kreuzt. Andererseits, wenn der Kurs die SMA-Linie von oben nach unten kreuzt, ist das als Verkaufssignal zu verstehen.

2.3.2 EMA (Exponential Moving Average)

Der EMA oder auch exponentiell gleitender Durchschnitt ist eine Abwandlung des SMA. Auch er gibt den durchschnittlichen Kurs eines Wertpapiers einer bestimmten Anzahl an vergangenen Tagen an. Allerdings werden hierbei die Kurse der erst kürzlich vergangenen Tage höher gewichtet, als die Kurse der schon länger

zurückliegenden Tage.

C := Liste aller Schlusskurse des Wertpapiers

C_t := Schlusskurs des Wertpapiers zum heutigen Zeitpunkt

n := Gesamtanzahl der Tage für die EMA berechnet wird

$\omega := \frac{2}{n+1}$, ω ist Gewichtung der letzten Schlusskurse

Somit berechnet sich der heutige EMA eines bestimmten Wertpapiers in dieser Weise:

$$EMA(C, n) = C_t \cdot \omega + EMA(t-1) \cdot (1 - \omega) \quad (2)$$

Die Interpretation ist beim EMA analog zu der beim SMA.

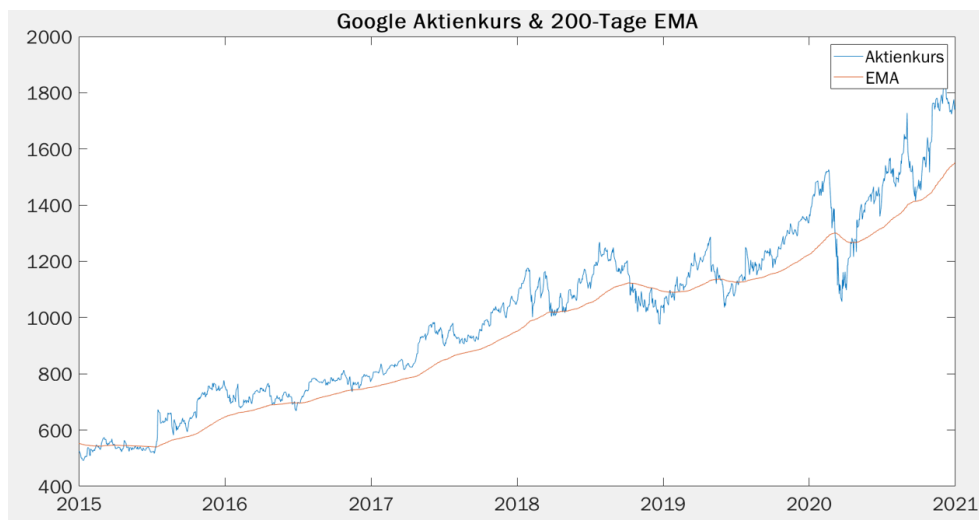


Abbildung 1: Beispiel des EMA mit der Google- (bzw. Alphabet-) Aktie

2.3.3 MACD (Moving Average Convergence/Divergence)

Der MACD ist ein (Trend-)Indikator für das Zusammenlaufen beziehungsweise das Auseinanderlaufen des EMA. Er kann alle reellen Werte annehmen, ist also nicht beschränkt. Für die Berechnung bildet man die Differenz von zwei unterschiedlichen EMAs, die sogenannte MACD-Linie, oder auch 'schnelle Linie' genannt. Meist verwendet man hier den 12-Tage EMA und den 26-Tage EMA. Aus der MACD-Linie bildet man nun erneut einen EMA, meist den 9-Tage EMA, dieser nennt sich

Signallinie.

$$\begin{aligned}
 t_{fast} &:= \text{Anzahl der Tage für EMA über den kürzeren Zeitraum} \\
 t_{slow} &:= \text{Anzahl der Tage für EMA über den längeren Zeitraum} \\
 t_{signal} &:= \text{Anzahl der Tage für EMA von MACD-line} \\
 C &:= \text{Liste aller Schlusskurse des Wertpapiers} \\
 MACDline &= EMA(C, t_{fast}) - EMA(C, t_{slow}) \\
 signalline &= EMA(MACDline, t_{signal})
 \end{aligned} \tag{3}$$

Jetzt hat man zwei verschiedene Größen, die MACD-Linie und die Signallinie. Zur Interpretation legt man diese beiden übereinander. Man erhält ein Kaufsignal, wenn die MACD-Linie die Signallinie von unten nach oben kreuzt, beziehungsweise andersherum erhält man ein Verkaufssignal, wenn die MACD-Linie die Signallinie von oben nach unten schneidet. Man kann sogar etwas allgemeiner interpretieren, dass es ein bullishes Signal für das zugrunde liegende Wertpapier ist, falls die MACD-Linie oberhalb der Signallinie ist und auf der anderen Seite ist es ein bearishes Signal, wenn die MACD-Linie unterhalb der Signallinie ist.

2.3.4 RSI (Relative Strength Index)

Der RSI ist ein Indikator, der angeben soll, ob ein Wertpapier überkauft oder überverkauft ist. Wobei für ein überkauftes Wertpapier oft die Annahme getroffen wird, dass der Kurs demnächst (aber nicht zwingend sofort) sinken wird. Bei einem überverkauften Wertpapier hingegen geht man meist davon aus, dass der Kurs bald steigen wird. Der RSI kann nur Werte zwischen 0 und 100 annehmen.

t := Tag an dem RSI berechnet wird

C_k := Schlusskurs des Wertpapiers zum Zeitpunkt k

n := Gesamtanzahl der Tage für die RSI berechnet wird

$$\begin{aligned}
 avg_{gain} &:= \frac{\sum_{k=0}^{n-1} \max(C_{t-k} - C_{t-k-1}, 0)}{n} \\
 avg_{loss} &:= \frac{\sum_{k=0}^{n-1} \max(-C_{t-k} + C_{t-k-1}, 0)}{n} \\
 RS &:= \frac{avg_{gain}}{avg_{loss}} \\
 RSI &:= 100 \cdot \frac{RS}{1 + RS}
 \end{aligned} \tag{4}$$

Für die Interpretation dieser Größe bildet man wiederum Signallinien, bei 70 und bei 30. Sobald der RSI über der Linie von 70 steht, spricht man davon, dass das Wertpapier überkauft ist. Befindet sich dagegen der RSI unter der Linie von 30 bedeutet dies, dass das Wertpapier überverkauft ist. Es ergibt sich ein Verkaufssignal,

wenn der RSI die 70-Linie von oben nach unten kreuzt. Andererseits ergibt sich ein Kaufsignal, wenn der RSI die 30-Linie von unten nach oben schneidet.

2.3.5 Williams %R

Der Williams %R ist ebenfalls ein Indikator der Aufschluss darüber geben soll, ob ein Wertpapier überkauft oder überverkauft ist. Auch für diesen Indikator betrachtet man einen bestimmten Zeitraum, meist sind es die vergangenen 14 Tage.

$$\begin{aligned}
 t &:= \text{Tag an dem Williams \%R Wert berechnet wird} \\
 C_k &:= \text{Schlusskurs des Wertpapiers zum Zeitpunkt k} \\
 n &:= \text{Gesamtanzahl der Tage für die Williams \%R berechnet wird} \\
 High_n &:= \text{Höchstkurs der letzten n Tage} \\
 Low_n &:= \text{Tiefstkurs der letzten n Tage} \\
 \%R &= \frac{High_n - C_t}{High_n - Low_n} \cdot (-100)
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Wie man anhand der Formel erkennen kann, befinden sich die Werte für den Williams %R Indikator zwischen 0 und -100. Wobei man auch hier wieder Signallinien bildet, bei -20 und bei -80. Liegt der %R Wert über -20 bedeutet es, dass das jeweilige Wertpapier überkauft ist. Befindet er sich hingegen unter -80 heißt es, dass das Wertpapier überverkauft ist. Man erhält ein Kaufsignal, sobald der %R Wert die Signallinie -80 von unten nach oben kreuzt. Auf der anderen Seite bekommt man ein Verkaufssignal, wenn der %R Wert die Signallinie -20 von oben nach unten schneidet.

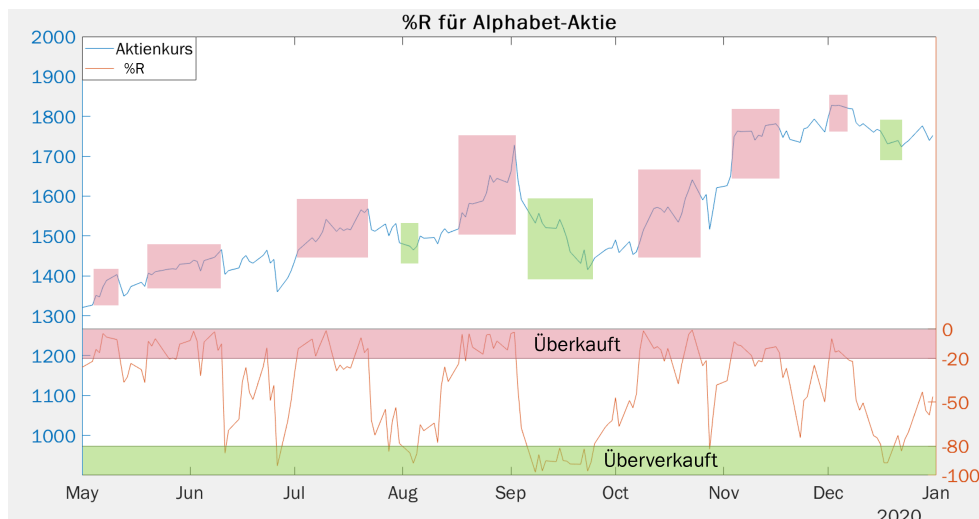


Abbildung 2: Beispiel des Williams %R mit der Alphabet-Aktie

2.3.6 Bollinger-Bänder

Die Idee der Bollinger-Bänder basiert darauf, dass die Wahrscheinlichkeit für neue Kurse eines Wertpapiers nahe beim Mittelwert der alten Kurse zu liegen höher ist, als die Wahrscheinlichkeit, dass die neuen Kurse weit weg vom Mittelwert der alten Kurse liegen. Hierfür wird die Normalverteilung zugrunde gelegt. Es wird also davon ausgegangen, dass bis auf ein paar Kurswerte, alle anderen Kurswerte in einer gewissen Spanne um den Mittelwert liegen. Dafür berechnet man zunächst den Mittelwert für eine bestimmte Anzahl an vergangenen Tagen (meist sind es 20-Tage). Um nun die zuvor angesprochene Spanne zu erhalten, innerhalb derer sich fast alle Kursdaten bewegen sollen, berechnet man, da man die Normalverteilung zugrunde gelegt hat, die Standardabweichung dieser bestimmten Anzahl an vergangenen Tagen. Es gibt somit drei Kurven, das obere Bollinger-Band, hierbei wird die Standardabweichung zum Mittelwert addiert, das mittlere Bollinger-Band, dieses entspricht dem Mittelwert und das untere Bollinger-Band, bei dem wird die Standardabweichung vom Mittelwert subtrahiert.

n := Gesamtanzahl der Tage für die die Bollinger-Bänder berechnet werden

t := Zeitpunkt an dem die Bollinger-Bänder berechnet werden

C_k := Schlusskurs des Wertpapiers zum Zeitpunkt k

σ_t := Standardabweichung zum Zeitpunkt t für die vergangenen n -Tage

$$\begin{aligned} avg_t &= \frac{\sum_{k=0}^{n-1} C_{t-k}}{n} & (6) \\ BB_t^{mitte} &= avg_t \\ BB_t^{unten} &= avg_t - 2 \cdot \sigma_t \\ BB_t^{oben} &= avg_t + 2 \cdot \sigma_t \end{aligned}$$

Die Bollinger-Bänder lassen nun einige Interpretationen zu. Zunächst ist davon auszugehen, dass sich der Kurs meist zwischen dem oberen und dem unteren Bollinger-Band bewegt. Nähert sich er Kurs also dem oberen oder dem unterem Bollinger Band an, so kann, zumindest kurzfristig mit einer Kursbewegung in die entgegengesetzte Richtung gerechnet werden. Steigt der Kurs aber durch das obere Bollinger-Band, dann ist zu erwarten, dass sich der Kurs weiter nach oben bewegt. Fällt der Kurs hingegen durch das untere Bollinger-Band, ist davon auszugehen, dass der Kurs weiter fallen wird.

3 Fuzzy-Logik

3.1 Unscharfe Mengen

Die Fuzzy-Logik basiert vor allem auf dem Prinzip der (un)scharfen Mengen. Die scharfen Mengen sind hierbei die aus der klassischen Mengenlehre bekannten Mengen. Für diese gilt, dass für eine Grundmenge Ω und eine Teilmenge $A \subseteq \Omega$ A in Ω mittels der Indikatorfunktion eindeutig identifiziert werden kann.

$$\mathbf{1}_A : \Omega \rightarrow \{0, 1\}, \quad \forall \omega \in \Omega : \mathbf{1}_A(\omega) = \begin{cases} 1 & \omega \in A \\ 0 & \omega \notin A \end{cases} \quad (7)$$

Es gibt also nur zwei Möglichkeiten. Entweder ist das Element ω in der Menge A enthalten oder eben nicht.

Bei den unscharfen Mengen ist das etwas anders. Hier ist neben der klaren Zugehörigkeit, beziehungsweise der klaren Nicht-Zugehörigkeit auch eine teilweise Zugehörigkeit möglich. Für eine Grundmenge Ω und eine Teilmenge $A \subseteq \Omega$ kann man nun A in Ω mittels einer sogenannten Zugehörigkeitsfunktion μ_A identifizieren.

$$\mu_A : \Omega \rightarrow [0, 1] \quad (8)$$

Es wird also der Zugehörigkeitsgrad eines Elements zu einer Menge angegeben. Diese Funktion μ_A kann nahezu beliebig definiert werden. Der Wertebereich ist gesetzt, muss eine Teilmenge von $[0,1]$ sein. Der Definitionsbereich ergibt sich logischerweise von selber. Die Zusammenfassung der Zugehörigkeitsfunktionen nennt man auch Fuzzyfunktion. Der Vorteil dieser unscharfen Mengen ist also, dass man mehr Information erhält, nämlich wie stark (oder eben auch nicht) ein Element zu einer Menge gehört. Unscharfe Mengen heißen auch Fuzzy-Mengen.

3.2 Fuzzy-Operatoren

Aus der klassischen Mengenlehre sind bereits die Operatoren Durchschnitt, Vereinigung, Komplementbildung bekannt. Um diese auch auf unscharfe Mengen anwenden zu können gibt es verschiedene Überlegungen. Der im Folgenden dargestellte und auch gängigste Vorschlag stammt von Zadeh:

- Das Komplement \hat{A}^c einer unscharfen Menge \hat{A} auf der Grundmenge Ω wird durch diese Zugehörigkeitsfunktion festgelegt:

$$\mu_{\hat{A}^c}(\omega) = \{1 - \mu_{\hat{A}}(\omega) | \omega \in \Omega\} \quad (9)$$

- Der Durchschnitt von zwei unscharfen Mengen \hat{A} und \hat{B} auf der Grundmenge Ω heißt Minimum-Operator und ist durch diese Zugehörigkeitsfunktion festgelegt:

$$\mu_{\hat{A} \cap \hat{B}}(\omega) = \min\{\mu_{\hat{A}}(\omega), \mu_{\hat{B}}(\omega) | \omega \in \Omega\} \quad (10)$$

- Die Vereinigung von zwei unscharfen Mengen \hat{A} und \hat{B} auf der Grundmenge Ω heißt Maximum-Operator und ist durch diese Zugehörigkeitsfunktion festgelegt:

$$\mu_{\hat{A} \cup \hat{B}}(\omega) = \max\{\mu_{\hat{A}}(\omega), \mu_{\hat{B}}(\omega) | \omega \in \Omega\} \quad (11)$$

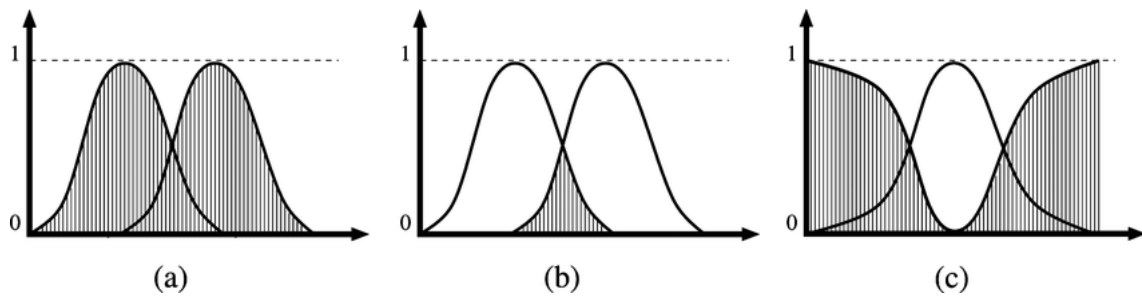


Abbildung 3: Fuzzy-Mengenoperationen: a) Vereinigung, b) Schnitt, c) Komplement

Neben diesen grundlegenden Operatoren gibt es noch eine Reihe weiterer, aber diese drei bilden gewissermaßen die Basis und sind für das Verständnis dieser Arbeit ausreichend.

3.3 Fuzzy-Controller

Der Fuzzy-Controller oder auch Fuzzy-Interferenz-System (FIS) ist eine Anwendung der Fuzzy-Logik. Diese Anwendung ermöglicht es tatsächlich eine Trading-Strategie auf Basis der Fuzzy-Logik zu konstruieren. Hierbei werden scharfe Eingangsgrößen (vergleiche scharfe Mengen aus Abschnitt 3.1) letztendlich wieder zu scharfen Stellenwerten umgewandelt, dem Output. Dieser Vorgang vollzieht sich in vier Abschnitten:

3.3.1 Fuzzifizierung

Im ersten Abschnitt werden die scharfen Eingangswerte mittels geeigneter Fuzzy-funktion in Fuzzy-Mengen abgebildet. Es werden also für die entsprechende Variable beliebig viele unscharfe Mengen definiert und anschließend mit den wiederum eigens definierten Zugehörigkeitsfunktionen dieser Variable Zugehörigkeitsgrade zu den jeweiligen unscharfen Mengen gegeben. Nun hat man also eine Reihe von Fuzzy-Mengen inklusive Zugehörigkeitsgraden der jeweiligen scharfen Eingangsvariable.

3.3.2 Regelbasis

Der Fuzzy-Controller ist eine regelbasierte Anwendung der Fuzzy-Logik. Dementsprechend werden gewisse Regeln definiert, die anschließend durch die entstandenen

Fuzzymengen aus der Fuzzifizierung auf ihren Wahrheitsgehalt geprüft werden. Es handelt sich um WENN-DANN Regeln, die in den Prämissen (also falls es mehr als eine Vorbedingung gibt) entweder durch den Operator UND oder durch den Operator ODER verknüpft sind. Für die Konklusion werden (falls nicht schon vorher geschehen) Ausgangsvariablen, sowie deren zugehörige Fuzzy-Mengen definiert, also der weiter oben angesprochene Output. Die Regeln können wiederum beliebig festgelegt werden. Logischerweise empfiehlt es sich hier Experten zurate zu ziehen, um diese Regeln zu definieren. Es wird also eine Prämisse vorgegeben und wenn diese erfüllt ist, beziehungsweise je nachdem wie stark diese erfüllt ist, erfolgt anschließend die Konklusion.

3.3.3 Interferenz

In diesem Schritt werden nun, wie bereits kurz erwähnt, die eben definierten Regeln auf ihren Wahrheitsgehalt überprüft. Vorneweg sei das Setting beziehungsweise der Aufbau der Regeln noch einmal festgehalten. Auf der WENN-Seite (in der Prämisse) stehen Bedingungen für die scharfen Eingangsvariablen und ihre zugehörigen Fuzzy-Mengen, die in der Fuzzifizierung erstellt wurden. Auf der DANN-Seite (in der Konklusion) stehen die durch den Benutzer zuvor definierten scharfe(n) Ausgangsvariable(n), sowie deren zugehörige Fuzzy-Mengen (welche später zum Output werden). Es wird nun der Zugehörigkeitsgrad der scharfen Eingangsvariablen zu den in der Prämisse angegebenen Fuzzy-Mengen überprüft. Je größer der Wahrheitsgehalt der Prämisse, also je höher die Zugehörigkeit der scharfen Eingangsvariablen zu den entsprechenden Fuzzy-Mengen, desto größer ist auch der Zugehörigkeitsgrad des scharfen Stellenwerts zu der Fuzzy-Menge in der Konklusion. Genauer gesagt erfolgt die Interferenz mit Hilfe der Fuzzy-Operatoren. Wie bereits im letzten Abschnitt erwähnt, sind die Prämissen durch UND oder durch ODER verknüpft. Es ist also naheliegend, dass für eine Verknüpfung durch UND der Minimum-Operator beziehungsweise für eine Verknüpfung durch ODER der Maximum-Operator verwendet wird. Da es aber meist mehr als eine Regel gibt, wird durch jede Regel einer Fuzzy-Menge des Outputs ein Zugehörigkeitsgrad zugewiesen.

3.3.4 Defuzzifizierung

Um nun abschließend wieder einen scharfen Stellenwert zu erhalten werden zunächst alle diese unscharfen Mengen, die man aus der Interferenz erhalten hat, mit Hilfe des Maximum-Operators zu einer unscharfen Menge zusammengeführt. Jetzt kann auf mehrere Arten weiter verfahren werden. Die übliche Vorgehensweise ist hierbei aber die sogenannte Flächenschwerpunkt-Methode, um den tatsächlichen Output, also den scharfen Stellenwert zu erhalten. Den Flächenschwerpunkt x^* der Fuzzymengen des Outputs (bzw. der durch den Maximum-Operator entstandenen unscharfen Menge) berechnet man dabei folgendermaßen:

$$\begin{aligned}
\mu &:= \text{akkumulierte Fuzzy-Funktion der Fuzzy-Menge} \\
x_a &:= \text{Flächenanfang für } \mu(x) = 0 \\
x_e &:= \text{Flächenende für } \mu(x) = 0 \\
x^* &= \frac{\int_a^b x \cdot \mu(x) dx}{\int_a^b \mu(x) dx}
\end{aligned}
\tag{12}$$

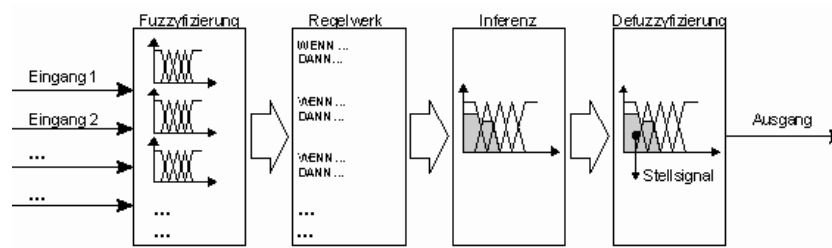


Abbildung 4: Aufbau eines Fuzzy-Controllers

3.4 Fuzzy-System in der Finanzwelt

Fuzzy-Anwendungen sind bereits weit verbreitet, z.B. in der Robotik, im Maschinenbau oder auch in den immer beliebter werdenden Smart-Home-Systemen. Aber eben auch die Anwendung im Finanzbereich erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Das liegt unter anderem daran, dass es, wie bereits schon erwähnt, sehr viele verschiedene Indikatoren in der technischen Analyse gibt. Wobei fast keiner dieser Indikatoren eine klare und verlässliche Kauf- beziehungsweise Verkaufsentscheidung liefert. Dementsprechend ist es sehr schwierig den passenden Indikator auszuwählen. Eine bessere Entscheidung kann man womöglich treffen, wenn man mehrere Indikatoren auf einmal benutzt. Die meisten Indikatoren liefern, wie eben angeführt, kein klares Ja oder Nein, folglich kann einem die klassische Logik nicht wirklich weiterhelfen. Deswegen wird hier die Fuzzy-Logik mit ihrem Prinzip der unscharfen Mengen benutzt. Diese verwendet man um aus mehreren Indikatoren Eingangsvariablen für das Fuzzy-Interferenz-System zu erhalten und daraus schlussendlich wieder einen scharfen Stellenwert zu ermitteln, anhand dessen eine Handelsentscheidung getroffen werden kann. Auch wenn dadurch mehrere Indikatoren betrachtet werden und das 'Indikatoren'-Risiko etwas gemindert wird, besteht eine der Schwierigkeiten beim Konzipieren einer solchen Handels-Strategie mit Hilfe der Fuzzy-Logik weiterhin darin, die passenden Indikatoren auszuwählen.

4 Beispiel

Im Folgenden wird ein kleiner Einblick in einen Trading-Ansatz gegeben, welcher auf der Fuzzy-Logik, sowie ausgewählten technischen Indikatoren basiert und in matlab programmiert wurde.

4.1 Setting

Für dieses Beispiel wird der Zeitraum von 01.06.2015 bis 31.12.2020 betrachtet. Es wird eine Long-Strategie verfolgt. Das bedeutet, dass nur auf steigende Kurse gewettet wird. Bei Kaufsignalen werden also Wertpapiere im Rahmen des zu dem Zeitpunkt verfügbaren Cash (nach)gekauft und bei Verkaufssignalen werden nur Wertpapiere verkauft, die man auch besitzt. Man startet mit 100.000,- Euro Cash, Geld das nicht investiert ist wird mit 0% verzinst, zudem sind die Transaktionskosten für den Kauf und Verkauf von Wertpapieren 0,- Euro. Außerdem wird das Trading-System immer nur für eine bestimmte Aktie beziehungsweise für einen bestimmten Index getestet, es kann also immer nur in dieses bestimmte Wertpapier investiert werden.

4.2 Aufbau der Strategie

Für dieses Beispiel werden die aus Abschnitt 2.3 bekannten Indikatoren MACD, RSI, Williams %R verwendet. Die Strategie fokussiert sich also vor allem auf Indikatoren die überverkaufte beziehungsweise überkaufte Marktsituationen anzeigen. Der MACD berechnet sich aus dem 12-Tage EMA beziehungsweise dem 26-Tage EMA für die MACD-line, sowie dem 9-Tage EMA für die Signallinie. Der Input in das Fuzzy-Interferenz-System ist die Variable *macd*, welche die Differenz von MACDline und Signallinie ist. Der RSI wird für die letzten 14 Tage berechnet, hier werden zwei Variablen erstellt. *rsi0* ist der RSI zum Zeitpunkt t-1 und *rsi1* ist der RSI zum Zeitpunkt t. Auch der Williams %R wird für die letzten 14 Tage berechnet, hierbei ist der Input direkt %R.

4.3 FIS (Fuzzy-Interferenz-System)

Wie schon zuvor erwähnt, erhält das FIS mehrere Inputs und wandelt sie in einen Output um. Unsere Inputs sind, wie gerade erläutert, *macd*, *rsi0*, *rsi1* und %R. Die Fuzzyfunktion von *macd* sind zwei Gaußskurven, namentlich *low* und *high*. Bei *rsi0* und *rsi1* haben wir den selben Aufbau, die Variablen haben vier Gaußskurven, *very low*, mit Maximum bei 0, *low*, mit Maximum bei 30, *high*, mit Maximum bei 70 und *very high*, mit Maximum bei 100. %R hat zwei Trapezfunktionen, *low* und *high*.

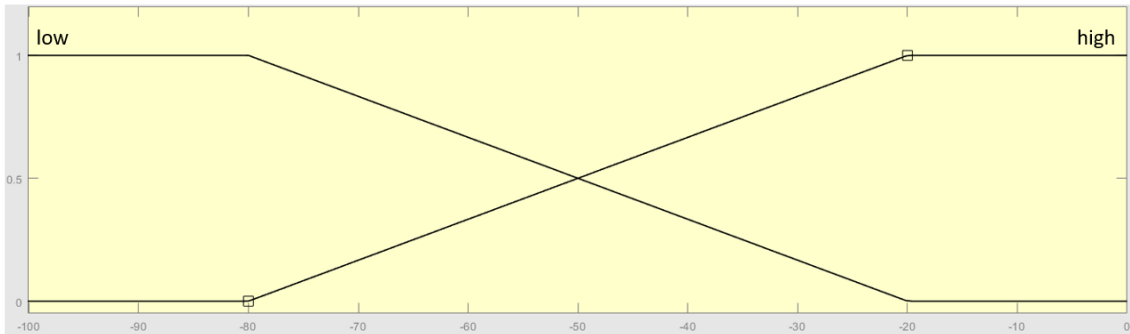


Abbildung 5: Fuzzy-Funktion des %R-Indikator

Der scharfe Ausgangswert heißt *output* und ist eine Variable mit 4 Gausskurven als Fuzzyfunktion, *strong sell*, *sell*, *buy*, *strong buy* und Wertebereich $[0,1]$.

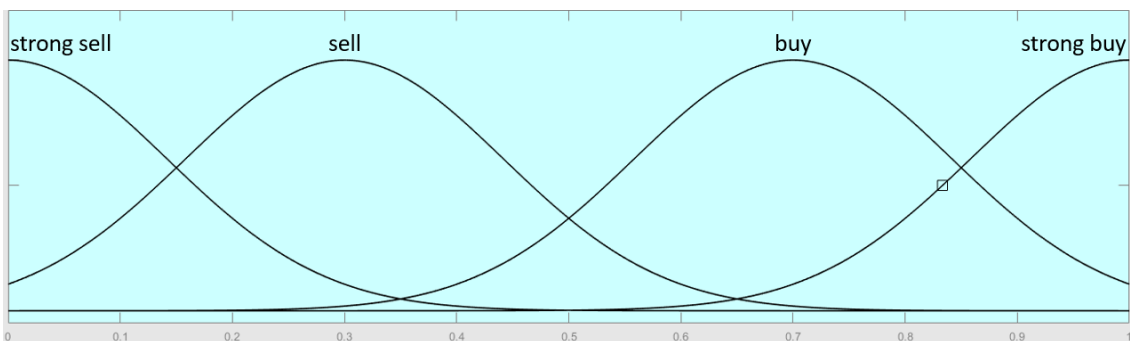


Abbildung 6: Fuzzy-Funktion des Outputs

4.4 Regeln für das FIS

Nun werden die Regeln festgelegt, nach denen das Fuzzy-Interferenz-System die Inputs zum Output umwandelt. Wie bereits erwähnt beruht dieser Ansatz vor allem darauf überverkaufte beziehungsweise überkaufte Marktsituationen zu erkennen, deswegen wurde in jeder Regel der RSI oder Williams %R-Indikator verwendet, zudem wird immer der MACD-Indikator betrachtet. Die Idee dahinter sowohl den %R also auch den RSI zu verwenden ist, dass der %R so genutzt wird, wie es weiter oben in Absatz 2.3.5 erklärt wurde, nämlich als Indikator, welcher angeben soll, ob das zugrundeliegende Wertpapier überkauft bzw. überverkauft ist. Der RSI hingegen wird als Trendindikator genutzt. Es wurde auch bereits in Abschnitt 2.1.1 festgehalten, dass eine Annahme bei der technischen Analyse ist, dass sich die Kurse immer in Trends bewegen, bis es ein vermeintliches Signal zur Trendumkehr gibt. Der Versuch

ist es, mit Hilfe des RSI, genau dieses Signal herauszufiltern, in dem man bullish ist, wenn der RSI von unten nach oben, über die entsprechenden Linien steigt, bzw. bearish, wenn der RSI von oben nach unten durch die entsprechenden Linien fällt.

Nun werden folgende Regeln definiert:

- Wenn *macd high* und *rsi1 low* und *rsi0 very low* und *%R low* dann ist *output strong buy*
- Wenn *macd low* und *rsi1 high* und *rsi0 very high* und *%R high* dann ist *output strong sell*
- Wenn *macd high* und *rsi1 high* und *rsi0 low* dann ist *output buy*
- Wenn *macd low* und *rsi1 low* und *rsi0 high* dann ist *output sell*
- Wenn *macd high* und *%R low* dann ist *output buy*
- Wenn *macd low* und *%R high* dann ist *output sell*

Beispielsweise zur Erklärung für Regel 5:

Es wird in der Prämisse verlangt, dass die scharfe Eingangsvariable *macd high* ist. Wobei *high* eine Fuzzy-Menge ist, für *macd*. Und es soll die scharfe Eingangsvariable *%R low* sein. Auch hier ist *low* eine Fuzzy-Menge für *%R*. Es wird nun je nach Zugehörigkeit von *macd* zu *high* und von *%R* zu *low* der scharfen Ausgangsvariable *output* ein Zugehörigkeitsgrad zur Fuzzy-Menge *buy* zugeordnet.

4.5 Handelsstrategie aufgrund des FIS

Wie bereits in Abschnitt 3.3.3 erwähnt, werden nun alle scharfen Eingangsvariablen (*macd*, *rsi0*, *rsi1*, *%R*) auf die obigen Regeln geprüft und das FIS gibt nun einen Wert zwischen 0 und 1 zurück, den wir *output* nennen. Zudem definieren wir drei symbolische Konten. Auf einem liegt das Geld welches zum jeweiligen Zeitpunkt nicht investiert ist, also das frei verfügbare Kapital. Auf dem zweiten Konto befindet sich das Geld, welches investiert ist. Auf dem letzten Konto findet man den aktuellen Gesamtwert des Portfolios, also das frei verfügbare Geld zusammen mit dem aktuellen Wert der Wertpapier, die man zu diesem Zeitpunkt in Besitz hat.

Wie bereits oben erwähnt, wird mit 100000€ in Cash gestartet.

$$\begin{aligned}
 FIS &: (macd, rsi0, rsi1, \%R) \mapsto output, \quad output \in [0, 1] \\
 C(t) &:= \text{Preis des zugrunde liegenden Wertpapiers zum Zeitpunkt } t \\
 FC(t) &:= \text{Verfügbares (nicht investiertes) Geld zum Zeitpunkt } t \\
 IC(t) &:= \text{Investiertes Kapital zum Zeitpunkt } t \\
 Shares(t) &:= \text{Anzahl der Wertpapiere die zum Zeitpunkt } t \text{ im Besitz sind} \\
 GC(t) &:= FC(t) + Shares(t) \cdot C(t), \text{ Gesamtwert des Portfolios zum Zeitpunkt } t
 \end{aligned} \tag{13}$$

Somit gilt klarerweise, wenn man zum Zeitpunkt 0 startet; $FC(0) = 100000$, $IC(0) = 0$, $Shares(0) = 0$ und $GC(0) = 100000$.

Des weiteren muss logischerweise gelten: $\forall t : IC(t) + FC(t) = 100000$.

Nun werden folgende Szenarien definiert:

- 1. Fall: $output > 0.6 \Rightarrow$ Es wird ein Kaufsignal generiert
 - $invest = FC(t - 1) \cdot (output - 0.2)$
 - $Shares(t) = Shares(t - 1) + \frac{invest}{C(t)}$
 - $IC(t) = IC(t - 1) + invest$
- 2. Fall $output < 0.3 \Rightarrow$ Es wird ein Verkaufssignal generiert
 - $invest = (-1) \cdot IC(t - 1) \cdot (0.9 - output)$
 - $Shares(t) = Shares(t - 1) + \frac{invest}{C(t)}$
 - $IC(t - 1) = IC(t - 1) \cdot (0.9 - output)$
- $0.3 \leq output \leq 0.6 \Rightarrow$ Es wird ein Haltesignal generiert, alle Variablen bleiben gleich

In allen drei Fällen berechnet sich der Wert des Gesamtportfolios wie angegeben mittels $GC(t) = FC(t) + Shares(t) \cdot C(t)$. Des Weiteren berechnet sich das frei verfügbare Kapital durch die Gleichheit $FC(t) = 100000 - IC(t)$.

Die Definition der obigen drei Fälle liegt wiedereinander beim Ersteller der Methode und kann nach belieben modifiziert werden, je nachdem ob man seine Strategie etwas risikoreicher oder etwas risikoärmer haben möchte. Die obigen Fälle haben sich nach einigen Tests jedoch bewährt. Man könnte aber durch Optimierungen die (für die Vergangenheit) besten Parameter berechnen und die drei Fälle anhand von diesen definieren.

4.6 Performance

Nachdem die beispielhafte Strategie nun fertiggestellt ist, will man natürlich wissen, ob diese tatsächlich auch profitabel eingesetzt werden kann. Dafür wird sie für vergangene Zeiträume getestet und nachvollzogen, wie sich die eben konzipierte Trading-Methode im Verhältnis zu den Vergleichswerten entwickelt hätte. Dazu werden drei Indizes betrachtet, der Dax (deutscher Aktienindex), der Nikkei (japanischer Aktienindex) und der Nasdaq (US-amerikanischer Technologieaktienindex), sowie drei unterschiedliche Zeiträume.

Die erste Zeitperiode erstreckt sich von 01.06.2015 bis 30.09.2016, die Zweite von 01.01.2018 bis 31.12.2019 und die Dritte von 01.01.2016 bis 31.12.2020.

In der angeführten Grafik werden für die entsprechenden Zeiträume die Performance des jeweiligen Index mit der Performance der Trading-Strategie auf eben jenen Index verglichen. Wie man durch betrachten der Grafik erkennen kann, wurden drei Zeiträume ausgewählt, die sowohl Aufwärtsphasen der Indizes, als auch Abwärts- und Seitwärtsbewegungen enthalten.

Grün hinterlegte Felder bedeuten, dass die Trading-Strategie den Index in dieser Zeit outperformt hätte, rot hinterlegte Felder wiederum bedeuten das Gegenteil, also dass der Index die Trading-Strategie outperformt hätte.

Zeitraum		Dax	Nasdaq	Nikkei
01.06.2015 – 30.09.2016	Index	- 8.09%	4.51%	- 20.03%
	Trading	- 1.30%	14.13%	- 1.51%
01.01.2018 – 31.12.2019	Index	2.93%	27.67%	0.64%
	Trading	9.86%	19.06%	8.17%
01.01.2016 – 31.12.2020	Index	34.10%	162.08%	49.41%
	Trading	50.92%	135.98%	68.19%

Abbildung 7: Vergleich der Performance von Indizes und Trading-Strategie

Zur Veranschaulichung sind im Anhang noch die Charts der Indizes zusammen mit der Trading-Strategie für den Gesamtzeitraum (also von 01.01.2016 bis 31.12.2020) sowie der matlab-Code für das Programm angeführt.

5 Fazit

Es wurde also eine Trading-Strategie auf Basis der Fuzzy-Logik programmiert, welche die Inputs (also die technischen Indikatoren) in einen Output umwandelt, dieser wiederum gibt eine Handlungsempfehlung. Aufgrund dieser Empfehlung werden Wertpapiere gekauft beziehungsweise verkauft. Die Performance dieser Trading-Methode zeigt, dass das keine Strategie ist, welche immer bessere Renditen als der zugrundeliegende Index, beziehungsweise die zugrundeliegende Aktie, liefert. Man kann erkennen, dass der verwendete Ansatz in einem Bullenmarkt ebenfalls steigt und in einem Bärenmarkt meist auch fällt. Vor allem lässt sich aber auf Grundlage der getesteten Indizes vermuten, dass in Phasen in denen sich der Index/die Aktie seitwärts bewegt diese Fuzzy-Strategie oftmals besser performt, als das Wertpapier, in das investiert wurde. Für eine genauere Bewertung der Strategie bräuchte es jedoch noch deutlich mehr Tests. Somit kann dieser Trading-Ansatz maximal ein Anfang sein, auf dem sich eine verbesserte Trading-Strategie aufbauen lässt. Es sei jedenfalls noch erwähnt, dass nur weil eine Strategie in der Vergangenheit funktioniert hat, es keine Garantie gibt, dass dies auch in der Zukunft der Fall ist. Des Weiteren sollte man sich aber natürlich bei der Entscheidung, ob man in eine bestimmte Aktie, einen bestimmten Index investieren möchte, nicht nur auf die in dieser Abhandlung betrachtete technische Analyse verlassen. Es ist immer ratsam sich auch mit den betriebswirtschaftlichen Daten, den Wettbewerbern, den allgemeinen volkswirtschaftlichen Gegebenheiten und vielem mehr, rund um das Unternehmen, beziehungsweise rund um die Unternehmen des Index, zu beschäftigen. Jedoch kann die eben vorgestellte Strategie, beziehungsweise die mögliche Weiterentwicklung davon, als Hilfe zur Entscheidungsfindung zu Rate gezogen werden. Es könnte zum Beispiel genutzt werden, um den richtigen Zeitpunkt für den Kauf einer Aktie/eines Indizes zu finden, wenn man sich schon entschieden hat ein gewisses Investment zu tätigen.

6 Anhang

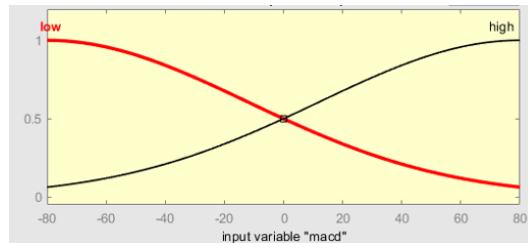


Abbildung 8: Definition der Fuzzy-Funktion für die Eingangsvariable *macd*

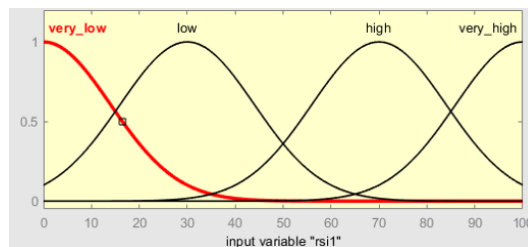


Abbildung 9: Definition der Fuzzy-Funktion für die Eingangsvariable *rsi0* und *rsi1*

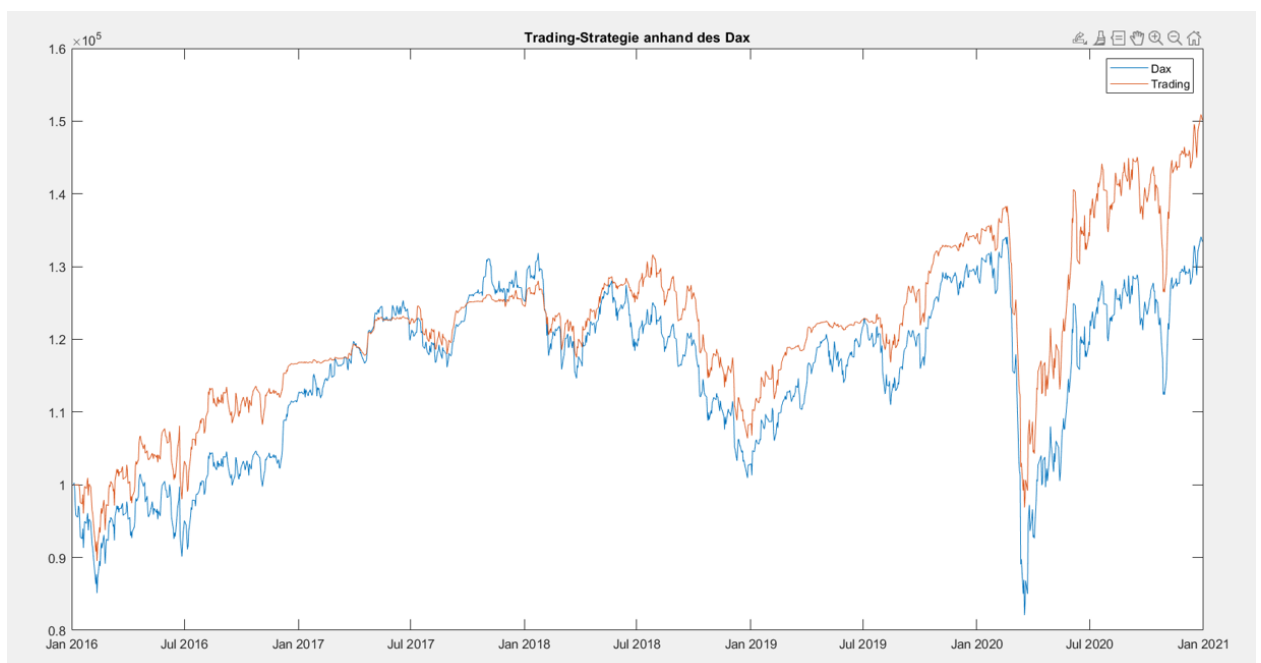


Abbildung 10: Vergleich der Performance von Dax und Trading-Strategie

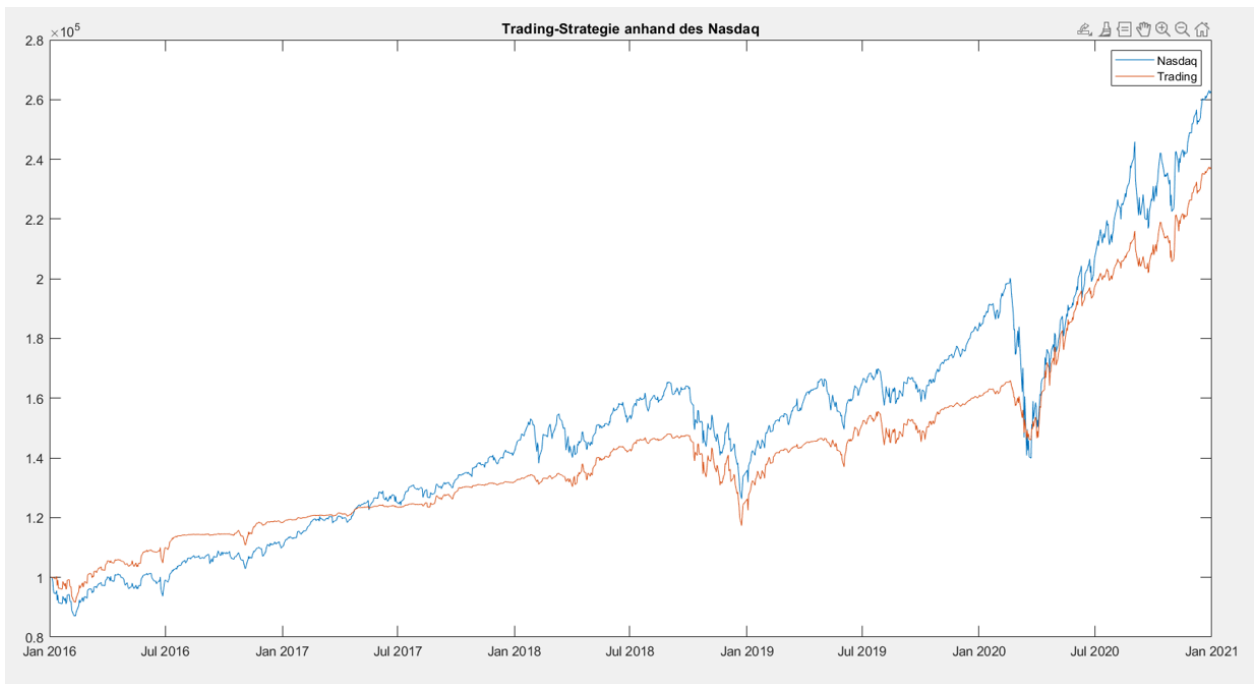


Abbildung 11: Vergleich der Performance von Nasdaq und Trading-Strategie

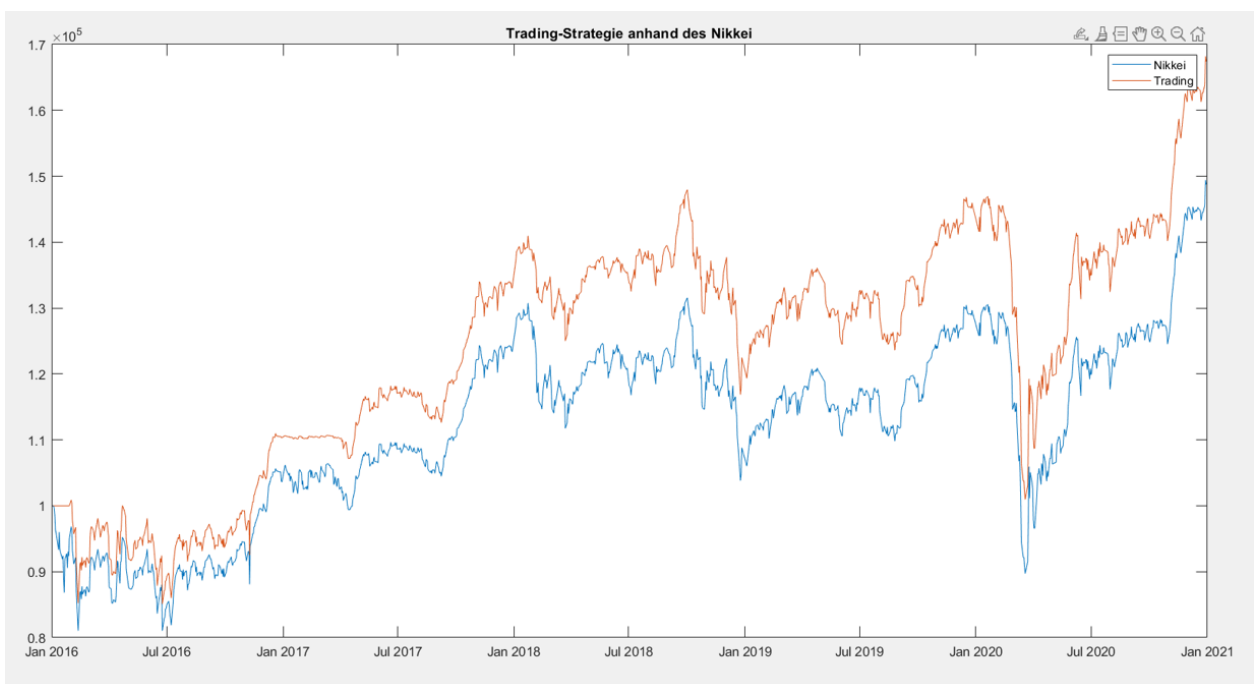


Abbildung 12: Vergleich der Performance von Nikkei und Trading-Strategie

matlab-code für die Trading-Strategie aus Kapitel 4, angewendet auf den Nasdaq:

```
1 %load data
2 data = readtimetable('nasdaq.xlsx');
3 %compute rsi
4 rsi = rsindex(data);
5 %compute macd
6 [MACDLine, signalLine]= macd(data);
7 ma = MACDLine.Close-signalLine.Close;
8 %compute williams \%R
9 william = willpctr(data);
10 %define period of time
11 length = 1763;
12 begin = 505;
13 %define 'accounts'
14 money = 100000;
15 shares = zeros([length,1]);
16 output = zeros([length,1]);
17 value = zeros([length,1]);
18 invested = zeros([length,1]);
19 buysignal = 0;
20 sellsignal = 0;
21 %use fuzzy to evaluate trading decision
22 for i=begin:length
23     output(i) = ...
24         evalfis(trading_test3,[ma(i),rsi.RelativeStrengthIndex(i),
25             rsi.RelativeStrengthIndex(i-1),william.WillPercentR(i)]);
26     if output(i) > 0.6
27         invest = money*(output(i)-0.2);
28         buysignal = buysignal+1;
29     elseif (output(i) < 0.3) && (invested(i-1) ≠ 0)
30         invest = (-1)*invested(i-1)*(0.9-output(i));
31         sellsignal = sellsignal+1;
32     else
33         invest = 0;
34     end
35     money = money - invest;
36     invested(i) = invested(i-1)+invest;
37     new_shares = invest/data.Close(i);
38     shares(i) = shares(i-1)+new_shares;
39     value(i) = money+shares(i)*data.Close(i);
40 end
41 %final value of portfolio and plot
42 stock_shares = 100000/data.Close(begin);
43 stock_value = stock_shares*data.Close(length);
44 plot(data.Date(begin:length), stock_shares*data.Close(begin:length));
45 hold on;
46 plot(data.Date(begin:length), value(begin:length));
47 legend('Nasdaq', 'Trading');
48 title('Trading-Strategie anhand des Nasdaq')
```

Code für das Fuzzy-Interferenz-System:

```
1 [System]
2 Name='trading_test3'
3 Type='mamdani'
4 Version=2.0
5 NumInputs=4
6 NumOutputs=1
7 NumRules=6
8 AndMethod='min'
9 OrMethod='max'
10 ImpMethod='min'
11 AggMethod='max'
12 DefuzzMethod='centroid'
13
14 [Input1]
15 Name='macd'
16 Range=[-80 80]
17 NumMFs=2
18 MF1='low':'gaussmf',[67.94 -80]
19 MF2='high':'gaussmf',[67.94 80]
20
21 [Input2]
22 Name='rsil'
23 Range=[0 100]
24 NumMFs=4
25 MF1='very_low':'gaussmf',[14 0]
26 MF2='low':'gaussmf',[14 30]
27 MF3='high':'gaussmf',[14 70]
28 MF4='very_high':'gaussmf',[14 100]
29
30 [Input3]
31 Name='rsi0'
32 Range=[0 100]
33 NumMFs=4
34 MF1='very_low':'gaussmf',[14 0]
35 MF2='low':'gaussmf',[14 30]
36 MF3='high':'gaussmf',[14 70]
37 MF4='very_high':'gaussmf',[14 100]
38
39 [Input4]
40 Name='william'
41 Range=[-100.1 0]
42 NumMFs=2
43 MF1='low':'trapmf',[-190 -110 -80 -20]
44 MF2='high':'trapmf',[-80 -20 10 90]
45
46 [Output1]
47 Name='output1'
48 Range=[0 1]
```



```

49 NumMFs=4
50 MF1='strong_sell':'gaussmf',[0.1416 0]
51 MF2='sell':'gaussmf',[0.1416 0.3]
52 MF3='buy':'gaussmf',[0.1416 0.7]
53 MF4='strong_buy':'gaussmf',[0.1416 1]
54
55 [Rules]
56 2 2 1 1, 4 (1) : 1
57 1 3 4 2, 1 (1) : 1
58 2 3 2 0, 3 (1) : 1
59 1 2 3 0, 2 (1) : 1
60 2 0 0 1, 3 (1) : 1
61 1 0 0 2, 2 (1) : 1

```

Beide Codes wurden mithilfe des M-code LaTeX Package von Florian Knorn in LaTeX eingefügt:

Copyright (c) 2015, Florian Knorn
All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

* Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.

* Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS 'AS IS' AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT OWNER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Murphy, John J., 1999. *Technical Analysis of the Financial Markets*. New York Institute Of Finance
- [2] Kaymak, Uzay; Cheung, Wee Mien, 2007. *A Fuzzy Logic Based Trading System*. Erasmus University Rotterdam
- [3] Dourra, Hussein; Siy, Pepe, 2001. *Investment using technical analysis and fuzzy logic*. Wayne State University Detroit
- [4] Nissen, Volker; Bankhofer, U.; Stelzer, D.; Straßburger S., 2007. *Ausgewählte Grundlagen der Fuzzy Set Theorie*. Technische Universität Ilmenau

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3: Benitez, Jose Manuel. <https://bit.ly/34MMV8b>

Abbildung 4: <http://reinarz.org/dirk/fuzzykugel/fuzzy.html>