

Lineare Regressionsgeraden in der Technischen Analyse

Das zu Unrecht ungeliebte Kind der Techniker?!

$$y_i = \alpha + \beta x_i$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\alpha = \bar{y} - \beta \bar{x}$$

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \right)^2$$

Autor:

Joachim Lenz, Bergstr. 63, D-35418 Buseck

backtesting@gmx.de

Inhalt

1	Executive Summary.....	5
2	Einleitung.....	5
2.1	Ziel der Arbeit.....	5
2.2	Bisherige Erwähnungen in der Literatur	5
3	Ein erster Test mit Linearen Regressionsgeraden einer festen Länge als Trendfolger	7
3.1	Systembeschreibung.....	7
3.2	Ergebnisse (im Vergleich zu einer SMA Strategie)	7
3.3	Verbesserungsmöglichkeiten.....	10
3.3.1	Bestimmtheitsmaß R^2 der Regressionsgeraden als Filter beim Einstieg.....	10
3.3.2	Bestimmtheitsmaß R^2 der Regressionsgerade als Filter für den Ausstieg	11
3.3.3	Marktphasen Ampel	12
3.3.4	Unterschiedliche Regressionslängen für Ein- und Ausstieg	12
3.4	Zusammenfassung.....	12
4	R^2 als zentrales Element	13
4.1	Systembeschreibung.....	14
4.2	Ergebnisse	14
4.3	Verbesserungsmöglichkeiten.....	16
4.3.1	Verbesserungsmöglichkeit $R^2 < n\%$ als Exit.....	16
4.3.2	Verbesserungsmöglichkeit R^2 Smoothing	16
4.3.3	Ergebnisse R^2 Smoothing	18
4.4	Unterschiede im Verhalten der beiden Systeme „fixe Regressionslänge“ / „ R^2 optimierter Regressionslänge“	20
4.5	Verbesserungsmöglichkeit Marktphasen Ampel	22
4.6	Zusammenfassung.....	23
4.7	Mögliche Verwendung.....	23
5	Portfoliobacktest Nasdaq 100 Survivorship Bias FREE.....	24
5.1	Verbesserungsideen	27
5.1.1	Marktphase- bzw. Marktbreitemodell	27
5.1.2	Marktbreite Filter auf die vom Positionsbegrenzungs-System gehaltenen Positionen im Verhältnis zur maximalen Positionsanzahl.....	27
5.1.3	Die Position des Handelssystems im Index als Filter.	27
5.1.4	Positionsgrößen Variation.....	27

5.1.5	Die relative Mondfeuchte liegt über 42%	27
5.2	Markbreite Filter (wie in Abschnitt 5.1.2 vorgeschlagen).....	28
6	Exkurs: Quantifizierung Survivorship Bias anhand des Nasdaq 100	29
7	Wo und wie die Forschung weitergehen könnte.....	30
7.1	Crossmarketvalidierung.....	30
7.2	Marktbreite Indikatoren	30
7.3	Zeitstabilität	30
7.4	Pivotpunkte statt Close Kursen	31
7.5	Marktkapitalisierung.....	31
8	Ergebnisüberblick und Schlussbemerkung.....	31
I.	ANHANG	32
9	Theorie : „Wat is´n denn eigentlich´n Dampfmaschin“ bzw. die Lineare Regression.....	32
9.1.1	Lineare Regressionsgerade.....	32
9.1.2	Steigung der Regressionsgeraden.....	32
9.1.3	Bestimmtheitsmaß R^2	33
9.1.4	Gleitende Regression	33
10	Testmethodik.....	34
10.1	Transaktionskosten.....	34
10.1.1	Gebühren	34
10.1.2	Slippage.....	35
10.2	Testsoftware	35
10.3	Portfolio / Testsegment.....	36
10.3.1	Testzeitraum.....	36
10.3.2	Datenselektion.....	36
10.3.3	Survivorship Bias.....	36
10.4	Benchmark	37
10.4.1	Benchmarkproblematik.....	38
11	Bewertung eines quantitativen Handelssystems.....	38
11.1	Performance Kennzahlen.....	38
11.1.1	Arithmetischer Mittelwert / Durchschnittlicher Return	38
11.1.2	Arithmetischer Mittelwert / Durchschnittlicher Return je Zeiteinheit.....	38
11.1.3	Trefferquote	39

11.1.4	Profitfaktor	39
11.1.5	Standardabweichung der Returns	39
11.2	Rendite-Risiko Kennzahlen.....	40
11.2.1	Sharpe Ratio	40
11.3	Kapitalkurven Analyse	40
11.3.1	R^2 Bestimmtheitsmaß	40
11.3.2	Maximaler Drawdown.....	41
11.3.3	MAR Ratio.....	41
11.4	Systemstabilität und Robustheit	41
11.4.1	Cross Market Analyse.....	41
11.4.2	Cross Time Frame Analyse	41
11.4.3	Parametervariation.....	42
11.4.4	Zeitstabilität, Marktphasenabhängigkeit	42
II.	Literaturverzeichnis.....	43
III.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	43

1 Executive Summary

In den letzten 10 Jahre gab es mit Buy & Hold am Aktienmarkt kein Geld zu verdienen. In solchen Phasen suchen Anleger nach Strategien, mit denen man dennoch Geld an der Börse verdienen kann.

In dieser Arbeit wird ein auf Linearer Regression basierendes, trendfolgendes Handelssystem präsentiert, mit dem man mit den Nasdaq 100 Aktien ungehebelt und nur auf der Longseite zweistellige prozentuale Jahresrenditen in diesem Zeitraum erzielen konnte, bei gleichzeitiger Reduzierung des Risikos.

2 Einleitung

Diese Arbeit stellt die Zusammenfassung meiner bisherigen Forschungsergebnisse rund um die Lineare Regressionsgerade (Anhang 9.1.1) als Technische Analyse und Tradinginstrument dar. Ein, nach meinen Beobachtungen, in der technischen Analyse bisher eher stiefmütterlich behandeltes Thema. Dass dies mehrheitlich zu Unrecht der Fall ist, soll diese Arbeit zeigen.

Wie bereits oben erwähnt, sind Lineare Regressionsgeraden unter den technischen Analysten anscheinend nicht besonders beliebt und/oder verbreitet. Über das Warum kann ich nur Vermutungen anstellen.

1. Vielleicht ist das Verfahren zur Berechnung einer Linearen Regressionsgerade für die meisten zu mathematisch und damit zum Teil unverständlich?
2. Mitschuld könnten auch die Anbieter von Chartsoftware sein. In keinem mir bekannten Paket befindet sich zB. eine gleitende Lineare Regressionsgerade.

Um dem 1. Punkt Rechnung zu tragen, versuche ich im Kern dieser Arbeit das Ganze nicht zu mathematisch werden zu lassen. Die mathematischen Grundlagen finden sich daher allesamt im Anhang wieder.

2.1 Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, den Entwicklungspfad aufzuzeigen, von der Idee mittels Linearen Regressionsgeraden einen trendfolgenden Handel mit Aktien abzubilden, über den Vergleich mit weit verbreiteten Methoden („der SMA200 wird schon halten“) hin zu einem System, welches nur über das Bestimmtheitsmaß R^2 gesteuert wird. Dabei baut jede Weiterentwicklungsstufe oder Idee auf den vorherigen Ergebnissen auf. Am Ende kommt man zu einem Portfoliohandelssystem, mit dem man langfristig an unterschiedlichen Märkten profitabel handeln kann.

2.2 Bisherige Erwähnungen in der Literatur

Die aktuelle praktische Bedeutung der Linearen Regressionsgeraden für die technische Analyse kann man am besten an der Anzahl wissenschaftlicher Studien und Veröffentlichung in der einschlägigen Literatur erkennen.

Mir selber ist nur eine Studie (Sherstov / Stone 2005) und einige wenige Erwähnungen in der Fachliteratur (Kaufmann, 2005, p. 889ff), (Kroll & Chande, 1994), (Legahn, 12 / 2009) bekannt.

Ich halte es für nützlich den Inhalt der von Kaufmann veröffentlichten Arbeit zu kennen, daher werde ich diese hier kurz zusammenfassen.

Perry Kaufmann hat im Nasdaq 100 Index von 1997-2003 untersucht, ob man Lineare Regressionsgeraden als Trendfolgeinstrument verwenden kann. Die Handelsregeln sind simpel: Wenn die Lineare Regressiongerade eine positive Steigung aufweist, wird gekauft. Wenn die Steigung der Linearen Regressionsgeraden ins Negative kippt, wird die Position geschlossen. Der einzige Parameter des Systems ist die Anzahl Bars, die für die Berechnung der Regressionsgeraden verwendet werden. Die Systemkennzahlen variieren deutlich in Abhängigkeit von diesem Parameter:

Mit kurzen Regressionslängen lässt sich kein Profit erzielen, je länger die Regressionsgeraden sind, desto höher wird der Profit. Dies gilt bis zu einer Länge von ca. 200 Tagen, für größere Längen ergeben sich keine Verbesserungen mehr, hier dreht sich der Effekt sogar wieder leicht um.

Die Ergebnisse sind insofern erstaunlich, als dass das auf Linearen Regressionsgeraden beruhende Handelssystem in fast allen Fällen einem Handelssystem mit gleicher Periodenlänge und Verwendung eines SMAs überlegen war und in einigen Fällen sogar Buy & Hold outperformed wurde.

In Kenntnis dieses Faktos verwundert es doch, dass fast kein Techniker auf Regressionsgeraden und deren Steigung zurückgreifen, aber sehr viele den guten alten SMA200 verwenden.

Die offensichtliche Schwäche der Studie von Kaufmann ist der relativ kurze Zeitabschnitt für den der Test durchgeführt wurde.

3 Ein erster Test mit Linearen Regressionsgeraden einer festen Länge als Trendfolger

In Ergänzung zu Perry Kaufmanns in 2.2 vorgestelltem Test mit dem Nasdaq Index, erfolgt als Einstieg in das Thema ein erster rudimentärer Test mit allen aktuell an der Nasdaq notierten Aktien. Zugunsten der sehr breiten Datenbasis von ca. 2800 Titeln, wird der Survivorship Bias bewusst in Kauf genommen. Welchen Einfluss der Survivorship Bias auf ein derartiges System hat, wird später in Kapitel 6 anhand der Titel des Nasdaq 100 gezeigt. Als Benchmark kommt aus diesem Grund, wie im Anhang beschrieben keiner der Indizes zur Anwendung, sondern das Handelsergebnis jeder Aktie wird mit Ihrem Buy & Hold Profit verglichen. Im weiteren Text wird das Modell „fixe Regressionslänge“ genannt. Alle in dieser Arbeit gerechneten Regressionen beruhen auf Tagesschlußkursen. Ein- und Ausstiege erfolgen immer zum Schlußkurs der Signalperiode.

3.1 Systembeschreibung

Testzeitraum	01.01.1985 – 03.02.2011
Testuniversum	alle aktuell an der Nasdaq gelisteten Aktien (Premium Data Datenbank)
Enter Bedingung	Die Steigung der Linearen Regressionsgerade der Länge n Tage ist positiv
Exit Bedingung	Die Steigung der Linearen Regressionsgerade der Länge n Tage ist negativ
Stops	Keine
Moneymanagment	Kein Portfoliotest, es wird jede Aktie einzeln betrachtet. Startkapital je Titel: 10.000\$. Gewinne werden ohne Abzug von Steuern reinvestiert
Parametervariation	n, die Länge der für die Signalgenerierung verwendeten Regressionsgerade
Benchmark	Jeder Titel wird mit seiner eigenen Buy & Hold Performance verglichen. Dargestellt wird der arithmetische Mittelwert aller Trades / Titel.

3.2 Ergebnisse (im Vergleich zu einer SMA Strategie)

Zuerst einmal das Positive vorweg zu diesem rudimentären System:

1. Es ist mit jeder Parametereinstellung einem simplen SMA System in allen Kennzahlen überlegen.
2. Es kann in einem sehr weiten Parameterumfeld signifikante zeitgewichtete Überrenditen gegen über Buy & Hold generieren.

Allerdings muss man die von Kaufmann gefundenen Ergebnisse auf der wesentlich breiteren und längeren Datenbasis ein Stück relativieren:

1. Es gibt **keine** Einstellung mit der das System Buy & Hold beim Nettoprofit durchschnittlich hätte schlagen können.
2. Aus Abbildung 3-1 ist ersichtlich, dass der höchste Nettoprofit mit 230 Tagen als Parameter für die Lineare Regression entsteht.
3. Wenn man auf die zeitgewichteten Überrenditen in Abbildung 3-3 und das MAR Ratio in Abbildung 3-2 schaut, sind die Parametereinstellungen 80-90 Tage die besten.
4. Das beste Sharp Ratio (Abbildung aus Platzmangel nicht enthalten) liefert die Einstellung 90 Tage.

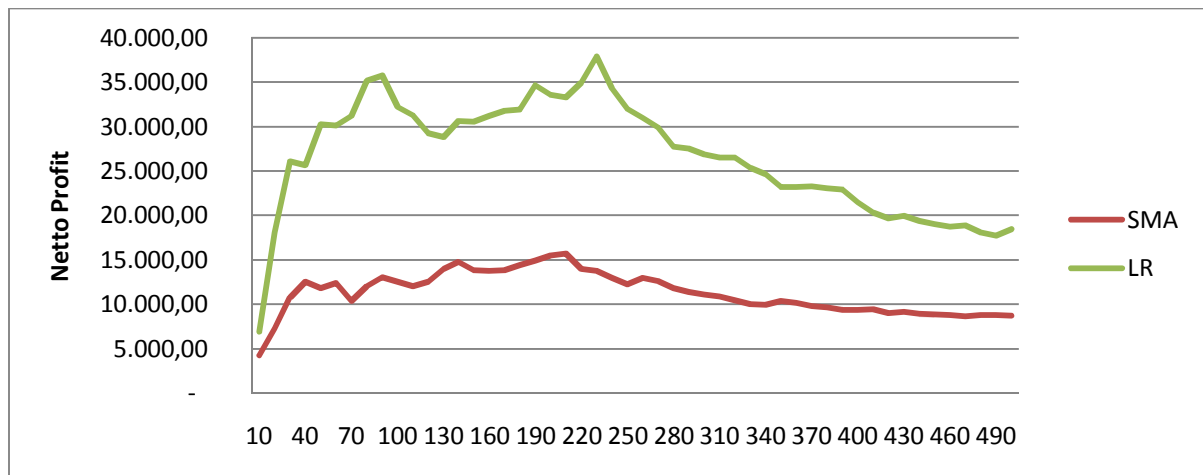


Abbildung 3-1 Nettoprofit in Abhängigkeit der Regressionslänge

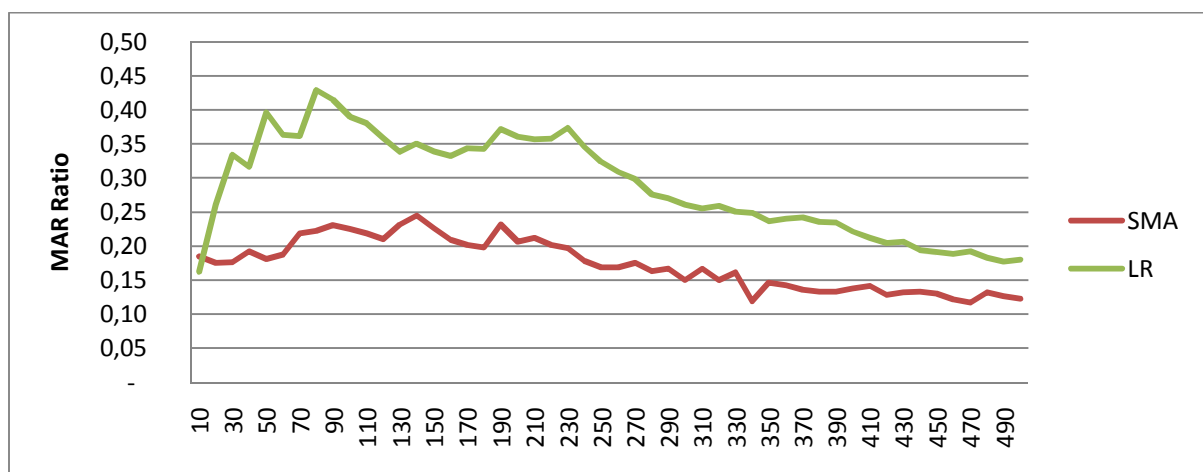


Abbildung 3-2 MAR Ratio in Abhängigkeit der Regressionslänge

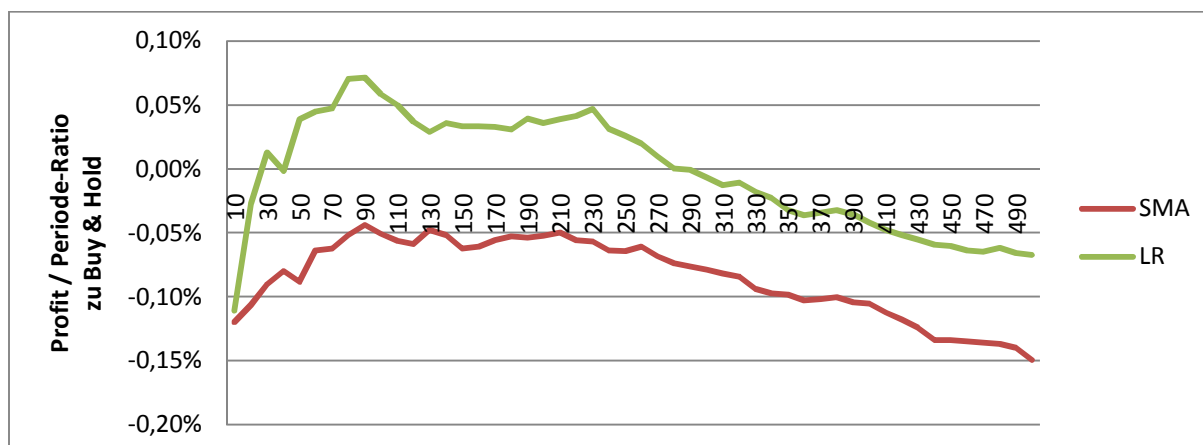


Abbildung 3-3 Überrendite pro Tag in Abhängigkeit der Regressionslänge

Betrachtet man den risikoadjustierten Return und die zeitgewichtete Überrendite, scheint also eine wesentlich kürzere Einstellung (80-90 Tage) als die von Kaufmann propagierten 200 Tage geeigneter. Auch wenn man den Nasdaq Composite Index für dieses längere Zeitfenster untersucht, findet man

ziemlich identische Ergebnisse bezüglich der Perioden Einstellung. Aufgrund dessen und der besseren Werte beim MAR-Ratio werden die weiteren Tests mit einer Regressionsgeradenlänge von 90 Tagen durchgeführt. In Tabelle 3-1 sind einige weitere Kennzahlen als Arithmetischer Mittelwert aller 2800 Einzeltitel dargestellt:

Tradeanzahl	45.616
Trades p.a.	1,4 je Titel
Durchschnittliche Tradelänge	90,6 Handelstage
Durchschnittlicher Return	12,8%
Profitable Trades	39,15%
Profitfaktor	2,50
Perioden mit Trades	51,0%
Netto Profit	35.748 \$
Buy & Hold Profit	45.302 \$
Profit pro Zeit Ratio zu Buy & Hold	1,55

Tabelle 3-1 Tradekennzahlen einfaches Regressionsgeraden Handelssystem

Die letzte Kennzahl Profit pro Zeit Ratio zu Buy & Hold zeigt an, dass das System in der Lage ist pro Zeiteinheit eine Überrendite gegenüber Buy & Hold zu erzeugen. Inwieweit dies dem Survivorship Bias geschuldet ist, kann an dieser Stelle leider nicht geklärt werden.

Auf jeden Fall lohnt sich ein erster Blick auf die Portfoliokapitalkurve in Abbildung 3-4 (auch wenn hierfür vorerst kein Portfolio und Moneymanagement angewendet wurde). Der oberste Teilchart stellt die Anzahl der gleichzeitig gehaltenen Positionen dar, der mittlere Chart die Portfolio Kapitalkurve und darunter befindet sich der Nasdaq Composite Index als Vergleichsmaßstab. Was auffällt, ist wie nach signifikanten Einbrüchen (2000-2003) und der letzten Finanzkrise (2008-03/2009) sehr schnell eine Vielzahl an Positionen aufgebaut wurden, die zu hohen profiten führten.

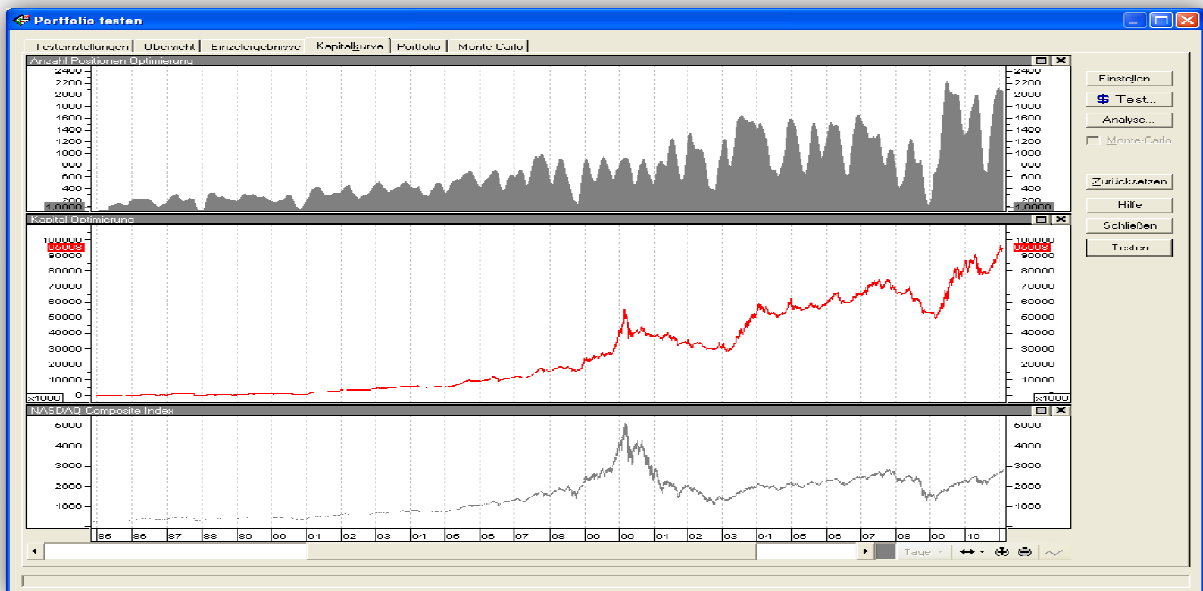


Abbildung 3-4 Portfolio Kapitalkurve einfaches Regressionsgeraden Handelssystems

3.3 Verbesserungsmöglichkeiten

Bisher wurde jede Regressionsgerade mit positiver Steigung gehandelt, unabhängig davon, wie gut diese den Kursverlauf beschrieben hat. Es wäre daher durchaus logisch, die „Güte“ der Regressionsgerade in die Handelsentscheidung einfließen zu lassen. Siehe hierzu auch (Kroll & Chande, 1994, p. 24f).

3.3.1 Bestimmtheitsmaß R^2 der Regressionsgeraden als Filter beim Einstieg

Der Indikator R^2 nimmt Werte zwischen 0 und 1 an. Er ermöglicht eine Aussage über die „Güte“ einer Regressionsgeraden. Je näher der Indikator an 1 liegt, desto besser beschreibt die Lineare Regressionsgerade den Kursverlauf (siehe Anhang 9.1.3). Man fordert, dass das R^2 der Regressionsgeraden über einem bestimmten Grenzwert (zB.90%) liegt, um nur in einen Trade einzusteigen, wenn die Regressionsgerade einen hohen Erklärungswert für den Kursverlauf liefert. Die Ergebnisse der Parametervariation sind in Tabelle 3-2 dargestellt.

Das Ergebnis ist eindeutig: alle wichtigen Tradekennzahlen sind gegenüber der Grundgesamtheit der Trades verbessert. Je besser eine Regressionsgerade den Kurs beschreibt bei Tradebeginn (gemessen an Ihrem R^2 Wert), umso besser wird der Trade durchschnittlich. Logischerweise geht aber auch die Tradeanzahl deutlich zurück, je strenger man filtert. Die Anzahl verbliebener Trades ist mit knapp 6000 aber immer noch groß genug um mit statistischer Relevanz weitere Untersuchungen vornehmen zu können.

R^2 Filter	Profitorfaktor	% Win	Durchschn. Tradelänge	Durchschn. Return	R^2 der Kapitalkurve	Anzahl aller Trades	Netto-Profit	Perioden mit Trades
45%	2,64	42,7%	101,3	14,2%	89,6%	30.488	23.398	37,4%
50%	2,65	43,0%	101,6	14,2%	89,3%	29.140	23.653	36,0%
55%	2,65	43,3%	102,1	14,1%	89,3%	27.650	22.466	34,5%
60%	2,69	43,6%	102,7	14,3%	89,4%	25.972	21.350	32,7%
65%	2,72	43,9%	103,3	14,4%	89,4%	24.081	19.949	30,7%
70%	2,76	44,2%	103,9	14,5%	89,4%	21.815	19.297	28,3%
75%	2,83	44,6%	104,7	14,9%	88,9%	19.115	17.511	25,4%
80%	2,85	45,0%	105,2	14,9%	89,9%	15.785	14.353	21,6%
85%	2,99	45,0%	106,2	15,5%	90,3%	11.006	9.561	16,8%
90%	3,47	46,8%	107,6	18,2%	90,5%	5.876	8.148	11,1%

Tabelle 3-2 R^2 als Filter für den Einstieg in Trades eines "fixe Regressionslänge" Systems

Da eine Aktie auf dem Weg ins „Abseits“ wohl eher selten einen derartig signifikanten Aufwärtstrend ausbilden wird, besteht außerdem nach meiner Meinung die berechnete Hoffnung, dass ein derartiger Filter geeignet sein könnte, den Survivorship Bias in den Griff zu bekommen.

3.3.1.1 Erklärungsversuch warum R^2 als Filter nützlich ist

Um die Frage zu klären, warum ein hohes R^2 bei Tradebeginn „bessere“ Trades ergibt, sollte man sich die R^2 / Steigungs Distribution für steigende Regressionsgeraden anschauen.

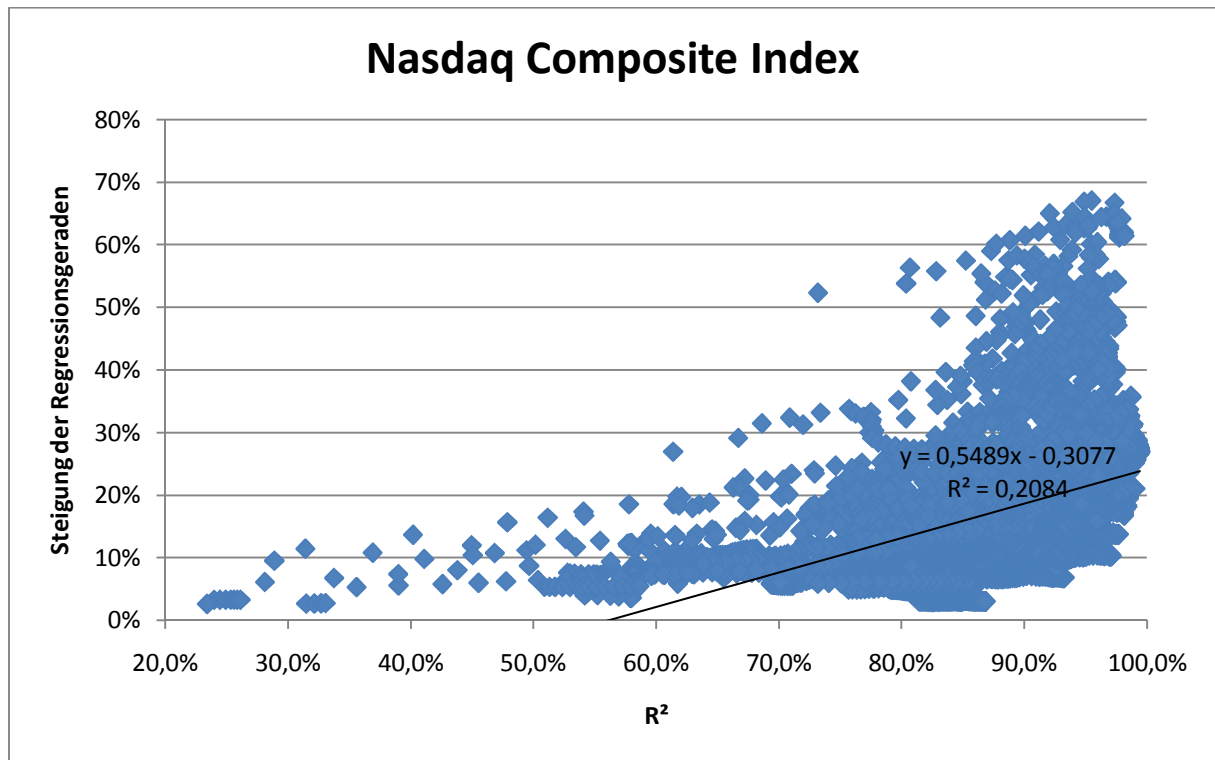


Abbildung 3-5 Nasdaq Composite Index: Verteilung R^2 / Steigung der Regressionsgeraden

Wie aus Abbildung 3-5 ersichtlich ist, geht eine große Steigung der mittels R^2 Optimierung ermittelten Regressionsgerade offensichtlich meist einher mit hohem R^2 . Da Momentum im Aktienmarkt durchaus ein Gedächtnis hat (besser ausgedrückt eine gewisse Autokorrelation auf mittelfristiger Zeitebene), kann man das Modell in die Rubrik Intelligenter Momentum Play einsortieren.

3.3.2 Bestimmtheitsmaß R^2 der Regressionsgerade als Filter für den Ausstieg

Wenn das R^2 der Linearen Regressionsgeraden unter einen Schwellenwert (zB. [42%](#)) fällt, unterstellt man, dass der Trend nicht mehr signifikant ist und kippen könnte. Daher versucht man dies durch einen Ausstieg zu antizipieren. Die Ergebnisse hierzu sind in Tabelle 3-3 dargestellt.

Aufgrund der ermittelten Ergebnisse kann man nur zu dem Ergebnis kommen, dass die Idee anscheinend nicht geeignet ist, das System zu verbessern. Alle wichtigen Performancekennzahlen sind durch Anwendung der Idee leider schlechter geworden. Insofern ist die Idee zu verwerfen.

R ² Exitlevel	Profitable Trades	Profitfaktor	Tradelänge	Durch. Return	R ² der Kapitalkurve	Trades	Profit pro Zeit Ratio zu Buy & Hold
30%	44,6%	2,50	67,7	9,99%	89,0%	6500	1,15
35%	44,8%	2,47	64,9	9,67%	89,0%	6517	1,14
40%	44,6%	2,38	62,1	8,97%	89,2%	6537	1,09
45%	44,6%	2,23	59,4	7,82%	88,2%	6547	0,94
50%	44,5%	2,18	56,4	7,47%	88,8%	6570	0,93
55%	43,7%	2,12	53,3	6,99%	87,9%	6599	0,91
60%	43,2%	2,07	50,2	6,56%	87,9%	6621	0,92
65%	42,5%	2,03	46,7	6,18%	88,1%	6639	0,93

Tabelle 3-3 R² als Exitkriterium für einfaches Regressionsgeraden Handelssystem

3.3.3 Marktphasen Ampel

Zur Vermeidung von Investitionen in negativen Phasen und dem damit verbundenen Drawdown, könnte man einen Marktphasenfilter etablieren, der zuerst die Anzahl aller Aktien mit Position laut System ermittelt und den Quotient zur Anzahl aller Aktien des Testuniversums bildet. Damit misst man die Marktbreite einer Bewegung. Die dahinter stehende Überlegung ist, dass man nur in Phasen investieren möchte, in denen der Gesamtmarkt positiv ist. Je nach Höhe dieses Quotienten erlaubt man neue Trades, verbietet Sie oder beendet bestehende Trades. Daraus kann man ein Ampelsystem ableiten, dass wie folgt aussehen könnte:

Rot 0%- <u>42</u> %	alle offenen Positionen werden geschlossen.
Gelb <u>42</u> %-62%	offene Positionen werden gehalten aber keine neuen eingegangen.
Grün 62%-100%	es dürfen neue Positionen eingegangen werden.

Leider lässt sich diese Idee auf Nasdaq All Stocks nicht vernünftig backtesten, da der Survivorship Bias hier einfach zu viel Einfluss/Verfälschung mitbringt. Nur auf Survivorship Bias freien Daten macht es Sinn dies zu testen. In Abschnitt 4.5 und Abbildung 5-1 findet man hierzu einige nützliche Zahlen.

3.3.4 Unterschiedliche Regressionslängen für Ein- und Ausstieg

Man könnte untersuchen, inwieweit die für die Signalgenerierung das Ausstiegs verwendete Regressionsgerade eine andere Länge haben sollte.

3.4 Zusammenfassung

Steigende Regressionsgeraden mit einer Länge von 90 Tagen sind ein geeignetes Tradinginstrument um eine zeitgewichtet Überrendite zu erzielen. Kombiniert man Sie mit einem hohen R² vermindert sich zwar die Tradeanzahl, die Trades selber werden jedoch durchschnittlich besser und mit ca. 250 Trades pro Jahr bleiben auch noch genügend Handelsgelegenheiten übrig, um ein breit diversifiziertes Portfolio zu erhalten.

4 R^2 als zentrales Element

Trends sind in den wenigsten Fällen gleichlang und stellen sich auch im Zeitverlauf nicht gleichstabil dar. Daher ist das Verwenden einer fixen Regressionsgeradenlänge wohl nicht optimal. Wie aus Tabelle 3-2 ersichtlich ist, hat das Bestimmtheitsmaß R^2 (Anhang 9.1.3) einer Regressionsgeraden bei Tradeeinstieg signifikanten Einfluss auf das Ergebnis des Trades.

Da liegt die Idee auf der Hand, die Länge der im System verwendeten Regressionsgeraden so zu ermitteln, dass deren R^2 möglichst hoch ist. Siehe hierzu auch (Legahn, 12 / 2009).

Hierfür muss man für jeden Handelstag „einen Schwung“ Regressionsgeraden berechnen und das R^2 jeder einzelnen Gerade ermitteln. Gewonnen hat dann die Regressionsgerade mit dem höchsten R^2 . Wie wir aus dem ersten Bruteforcetest (Abbildung 3-1) gesehen haben, sind Regressionsgeraden unter 30 Tagen nicht wirklich profitabel. Statistisch machen Sie auch keinen Sinn wegen der zu geringen Anzahl an Ereignissen. Daher definiere ich willkürlich den Bereich 42 Tage (2 Monate) bis 500 Tage (2 Jahre) als „einen Schwung“. Anstelle einer einzigen Regressionsgerade muss man nun 459 Regressionsgeraden pro Handelstag berechnen, um daraus die optimale herausfiltern zu können. Dies stellt natürlich einen erheblichen Mehraufwand an Rechenzeit da.



Abbildung 4-1 R^2 Spektrum

Zum besseren Verständnis ist in Abbildung 4-1 das R^2 Spektrum der aktuellen Periode einer Aktie dargestellt, dh. es wurden die unterschiedlichen Regressionsgeraden von jedem der im Chart ersichtlichen Handelstage zum aktuellen Kurs ermittelt. Über jedem Handelstag ist das R^2 der Regressionsgeraden abgetragen, deren Berechnungsbeginn an diesem Tag liegt. Die blaue vertikale Linie markiert das R^2 Maximum aller Regressionsgeraden, von hier aus ist die so ermittelte Regressionsgerade im Chart eingezeichnet. Man kann im Chart erkennen, dass dies in etwa der Beginn des letzten Aufwärtstrends war. Da die letzten 2 Monate in dieser Aktie ein absolut richtungsloses Rauf und Runter darstellten, ist das R^2 für 42 Tage kleiner als 20%. Rechts dieses Wertes wird nur noch eine 0 Linie dargestellt, da diese Werte (gemäß der Definition „ein Schwung“) nicht berechnet werden.

Dieses Spektrum muss nun für jeden Handelstag ermittelt werden, um pro Handelstag die Regressionsgerade mit dem höchsten R^2 zu ermitteln. Das Verfahren muss für jede einzelne Aktie separat angewendet werden und wird im weiteren Verlauf „ R^2 optimiert“ oder „ R^2 Optimierung“ genannt.

4.1 Systembeschreibung

Die Handelsregeln des Systems selber sind identisch mit dem System der „fixen Regressionslänge“. Zusätzlich wird auf den Filter $R^2 > n\%$ beim Einstieg in Trades zurückgegriffen. Im Abschnitt 4.4 findet sich die Darstellung eines Trades (Abbildung 4-6) mit Erläuterung von Ein- und Ausstieg.

Testzeitraum	01.01.1985 – 03.02.2011
Testuniversum	alle aktuell an der Nasdaq gelisteten Aktien (Premium Data Datenbank)
Enter Bedingung	Die Steigung der Linearen Regressionsgerade mit dem höchsten R^2 ist positiv Das R^2 dieser Geraden muss einen Mindestwert haben.
Exit Bedingung	Die Steigung der Linearen Regressionsgerade mit dem höchsten R^2 ist negativ
Stops	Keine
Moneymanagment	Kein Portfoliotest, es wird jede Aktie einzeln betrachtet. Startkapital je Titel: 10.000\$. Dabei werden Gewinne im nächsten Trade ohne Abzug von Steuern reinvestiert
Parametervariation	$n\%$ aus $R^2 > n\%$
Benchmark	Jeder Titel wird mit seiner eigenen Buy & Hold Performance verglichen. Dargestellt wird der arithmetische Mittelwert aller Trades / Titel.

4.2 Ergebnisse

In der Tabelle 4-1 findet man neben den Ergebnissen der Parametervariation auch die Ergebnisse der weiter oben getesteten Systeme. Wobei SMA210 das System eines einfachen gleitenden Durchschnittes mit 210 Bars ist, LR90 das System mit fester Regressionsgeradenlänge von 90 Tagen und LR90/85% ist dasselbe System nur mit einem Filter beim Einstieg von $R^2 > 85\%$. LR90/85% wurde gewählt zum Vergleich, da es ungefähr so viele Trades aufweist, wie das aktuell hier getestete System mit dem Filter $R^2 > 90\%$.

Wenn man LR90 und das „ R^2 optimierte“ Grundsystem ($R^2 > 0\%$) vergleicht, befinden sich beide System auf einem ähnlichen Level. Der Vorteil des R^2 optimierten Systems ist jedoch, dass es ohne explizite ex post Parameteroptimierung der Regressionsgeradenlänge auskommt und diese stattdessen markadaptiv in jeder Aktie separat automatisch vom Modell angepasst wird.

Beim Vergleich der gefilterten Systeme findet man erhebliche Unterschiede im Systemverhalten: Das in diesem Abschnitt getestete System hat einen höheren Profitfaktor, eine wesentlich längere Positionshaltedauer und einen entsprechend größeren Durchschnittlichen Return pro Trade als das LR90/ 85%. Die Rendite pro Tag ist jedoch für beide Systeme nahezu identisch.

Alle Systeme mit einem R^2 Filter im Bereich 90-95% liefern hervorragende Ergebnisse. Da man die Gesamtheit aller Trades nicht handeln wird, sondern ein Risk & Portfoliomanagement hinzufügen muss, kann man von hier aus in Unkenntnis der Portfolioregeln keine Parameterwahl empfehlen.

R^2 Filter	Bestimmtheitsgrad der Steigung	Durchschn. Return	Durchschn. Tradelänge	Profifaktor	% Win	Tradeanzahl	Anzahl Trades/Jahr	Verhältnis aller Einzelgewinne / Einzelverluste	Netto-Profit	Perioden mit Trades
SMA 210	82,8%	2,30%	27,0	1,50	11,9%	144.888	4,40	19,9	15.733,6	50,0%
LR90	87,1%	12,80%	90,6	2,50	39,1%	45.436	1,40	42,8	35.748,5	51,0%
0%	88,9%	14,66%	99,0	2,74	31,0%	42.536	1,31	46,6	30.461,0	50,4%
5%	88,9%	14,69%	99,2	2,75	31,1%	42.433	1,30	46,6	30.531,6	50,4%
10%	88,9%	14,71%	99,4	2,75	31,1%	42.358	1,30	46,6	30.505,3	50,4%
15%	88,9%	14,75%	99,5	2,75	31,1%	42.290	1,30	46,7	30.477,8	50,3%
20%	88,9%	14,76%	99,6	2,75	31,1%	42.230	1,29	46,7	30.471,4	50,3%
25%	88,9%	14,80%	99,8	2,76	31,2%	42.112	1,29	46,7	30.450,0	50,3%
30%	88,9%	14,76%	99,9	2,75	31,2%	42.005	1,28	46,7	30.336,4	50,2%
35%	88,9%	14,82%	100,2	2,76	31,3%	41.806	1,27	46,8	30.358,6	50,0%
40%	88,9%	14,87%	100,6	2,76	31,4%	41.542	1,26	46,8	30.114,8	49,9%
45%	89,0%	14,83%	101,2	2,75	31,5%	41.125	1,25	46,7	29.506,1	49,6%
50%	89,0%	15,01%	102,2	2,77	31,7%	40.424	1,22	46,9	29.984,5	49,3%
55%	89,0%	15,28%	103,7	2,80	32,1%	39.477	1,19	47,3	30.134,3	48,8%
60%	89,0%	15,17%	105,5	2,77	32,3%	38.208	1,15	46,9	28.175,4	48,0%
65%	89,3%	15,64%	108,2	2,81	32,8%	36.394	1,10	47,4	28.237,6	46,9%
70%	89,6%	16,08%	112,4	2,84	33,7%	33.835	1,02	47,9	27.607,8	45,3%
75%	89,8%	16,96%	118,5	2,90	34,5%	30.376	0,92	48,7	27.823,3	43,0%
80%	90,3%	18,24%	127,8	3,01	36,1%	25.857	0,79	50,2	23.973,5	39,8%
85%	90,5%	19,97%	141,4	3,12	37,9%	20.271	0,64	51,5	21.506,8	35,1%
90%	90,1%	23,70%	164,3	3,44	40,9%	12.892	0,43	55,0	16.700,2	27,4%
91%	90,4%	24,61%	170,3	3,53	41,7%	11.246	0,39	55,81	15.375,3	25,4%
92%	90,6%	26,06%	178,8	3,70	43,0%	9.404	0,34	57,41	13.955,3	23,4%
93%	90,5%	26,31%	186,2	3,72	43,8%	7.568	0,29	57,64	12.486,5	21,0%
94%	90,9%	28,88%	196,0	4,00	44,9%	5.599	0,24	60,01	11.526,7	18,4%
95%	90,8%	31,95%	205,1	4,35	45,4%	3.733	0,20	62,62	11.176,8	16,0%
96%	91,5%	24,84%	210,9	3,60	45,4%	1.944	0,16	56,51	4.958,6	12,9%
LR90/85%	90,3%	15,54%	106,2	2,99	45,0%	11.006	0,50	49,9	9.561,4	16,8%

Tabelle 4-1 R^2 als Filter für den Einstieg in Trades

Abschließend ist in Abbildung 4-2 die Portfoliokapitalkurve für den Filter $R^2 > 95\%$ ohne Money und Risikomanagement dargestellt.

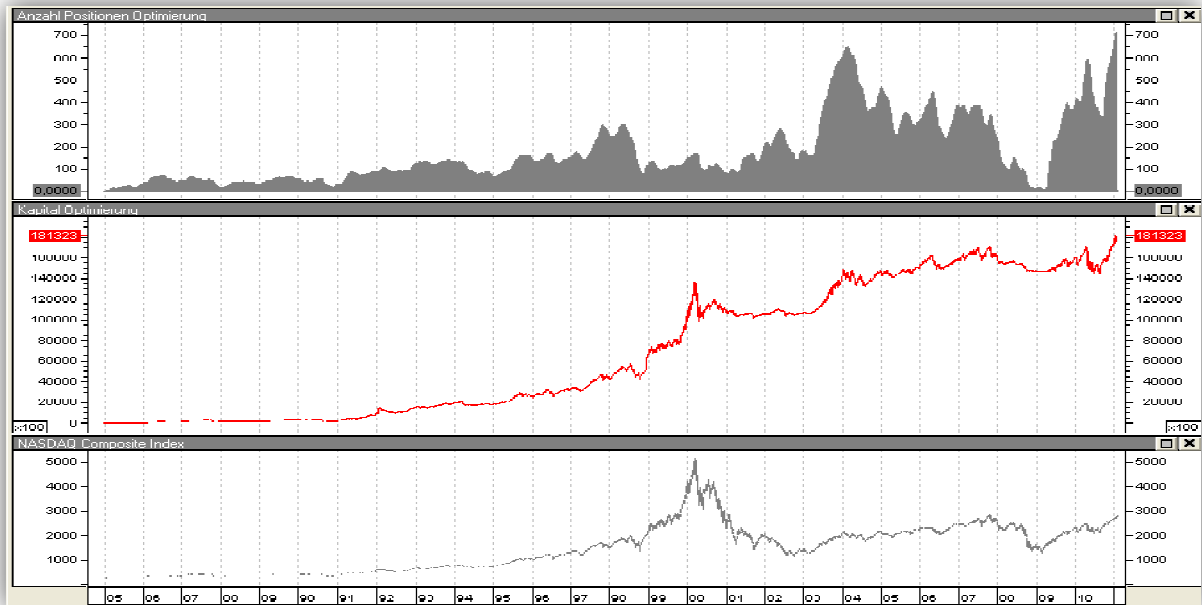


Abbildung 4-2 Portfoliokapitalkurve des Handelssystem R^2 optimierte Regressionslänge, $R^2 > 95\%$

4.3 Verbesserungsmöglichkeiten

Sehr viel mehr Möglichkeiten zur Verbesserung, wie ich Sie beim letzten System beschrieben habe, gibt es für dieses auch nicht. Die Ampel wurde ja bereits ausgeschlossen für Survivorship Bias belastete Daten, insofern bleibt folgendes zu prüfen:

4.3.1 Verbesserungsmöglichkeit $R^2 < n\%$ als Exit

Wie auch schon im vorherigen System, kann mit dem Ansatz keine Verbesserung des Systems erreicht werden. Auf eine Darstellung der Testergebnisse diesbezüglich wird daher verzichtet.

4.3.2 Verbesserungsmöglichkeit R^2 Smoothing

Beim oben beschriebenen Ermittlungsverfahren der Regressionsgeradenlänge läuft man unter Umständen Gefahr, einen Spike zu erwischen, oder zu mindestens kein stabiles Plateau. In obigem Beispiel (Abbildung 4-1) der „1-800 Flowers.com“ Aktie fällt der R^2 Wert links des R^2 -Maximums relativ steil ab, manuell würde man wahrscheinlich einen Wert mitten auf dem Top selektieren. Es wird also eine Mechanismus benötigt, der eine Glättung der R^2 Verteilungsfunktion vornimmt um nicht Spikes zu selektieren oder den Rand eines Plateaus, an dessen Ende es steil abwärts geht.

Um solche Spikes bei der Ermittlung der optimalen Regressionsgeradenlänge zu vermeiden, bietet sich der einfache Arithmetische Mittelwert des R^2 der n oberen und unteren Nachbargeraden als Kriterium an.

Beispiel: Wenn $n = 2$ wird das R^2 der die beiden benachbarten kürzeren und der beiden benachbarten längeren Regressionsgeraden gemittelt. Es werden also immer $2 \cdot n + 1$ unterschiedliche R^2 Werte gemittelt. „Gewonnen“ hat am Ende (fast wie im richtigen Leben) die Regressionsgerade, die ein angenehmes miteinander zu Ihren Nachbarn auf gleichem Niveau pflegt. Regressionslängen, deren R^2 einsam aus der Masse hervorstechen oder am „Abgrund stehen“ werden durch dieses Verfahren mehrheitlich gefiltert. In Abbildung 4-1 wurde das R^2 Spektrum der Aktie „1-800 Flowers.com“ dargestellt. In Abbildung 4-3 wird der Unterschied zwischen diesem Spektrum und einem geglätteten R^2 -Spektrum dargestellt.

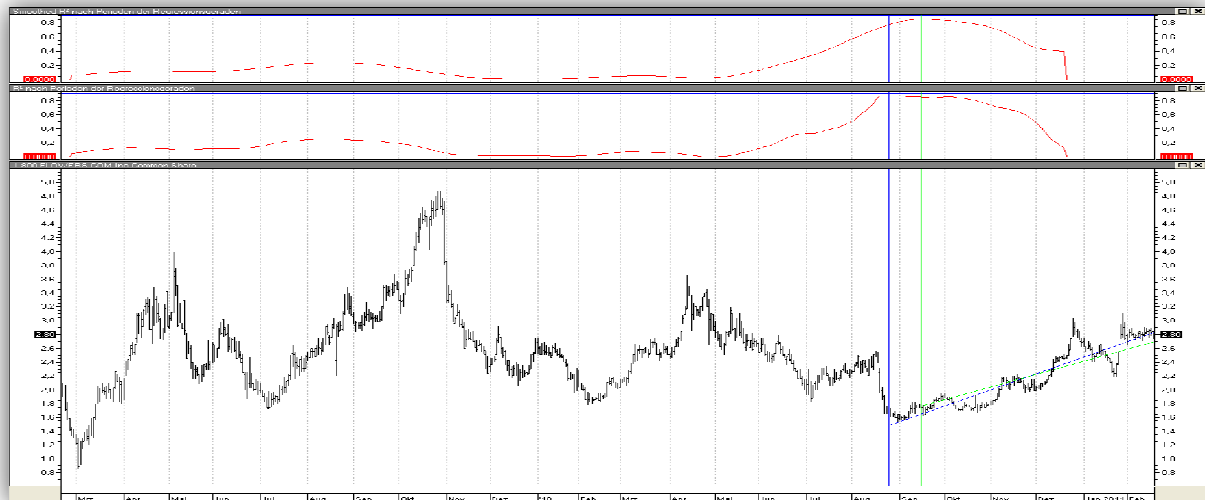


Abbildung 4-3 Unterschied R^2 -Spektrum und R^2 -Smoothing-Spektrum

Die blaue vertikale Linie zeigt wie in Abbildung 4-1 den Startzeitpunkt der mittels R^2 selektierten Regressionsgeraden an. Die grüne vertikale Linie den Startzeitpunkt des mittels R^2 Smoothing ermittelten Startzeitpunktes. Dieser Punkt liegt mitten auf dem Hochplateau des eigentlichen R^2 -Spektrums. Ausgehend von diesen beiden Startpunkten wurden die ermittelten Regressionsgeraden im Chart eingezeichnet.

Da das R^2 -Spektrum eine Momentaufnahme eines Handelstages darstellt, wird in Abbildung 4-4 der unterschiedliche zeitliche Verlauf der mittels R^2 -Optimierung und R^2 Smoothing selektierten Regressionsgeraden Längen dargestellt. Im oberen Teilchart wird die Regressionsgeradenlänge aufgrund des maximierten R^2 ermittelt im mittleren Teilchart wird der Smoothingfaktor angewendet. Im dargestellten Bereich wird durch das R^2 Smoothingverfahren die Selektion von vier Spikes eliminiert, die evtl. zu Fehlsignale hätten führen können.

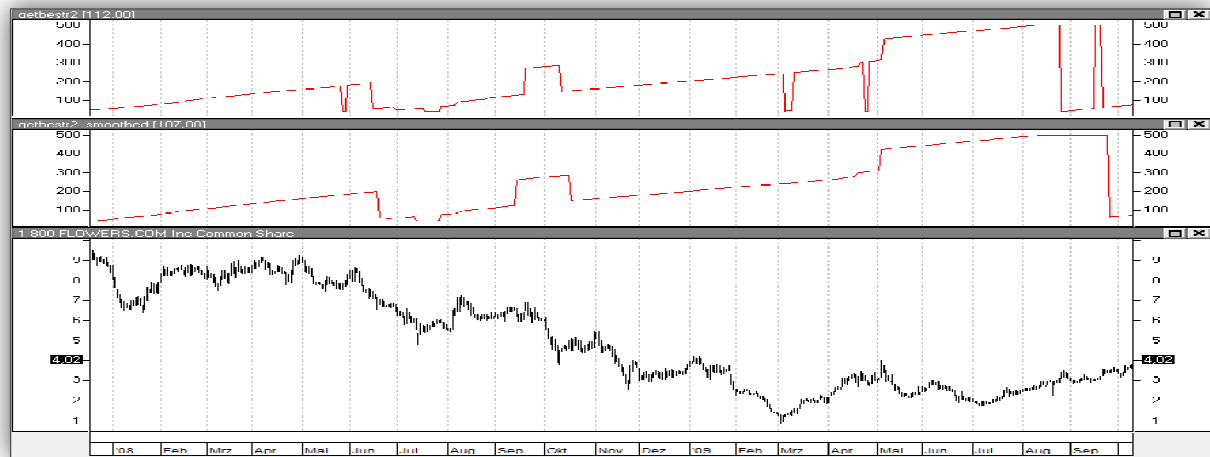


Abbildung 4-4 Unterschied im zeitlichen Verlauf der Regressionslängen der Verfahren R^2 und R^2 Smoothing

Im Handelssystem selber wird nichts geändert. Nur die Ermittlung der Regressionsgeradenlänge wird durch das R^2 Smoothing wie beschrieben ersetzt.

In Abbildung 4-5 werden für die Aktie aus Abbildung 4-3 und Abbildung 4-4 die sich aus dem R^2 Smoothing Verfahren im Handelssystem ergebenden Trades dargestellt.

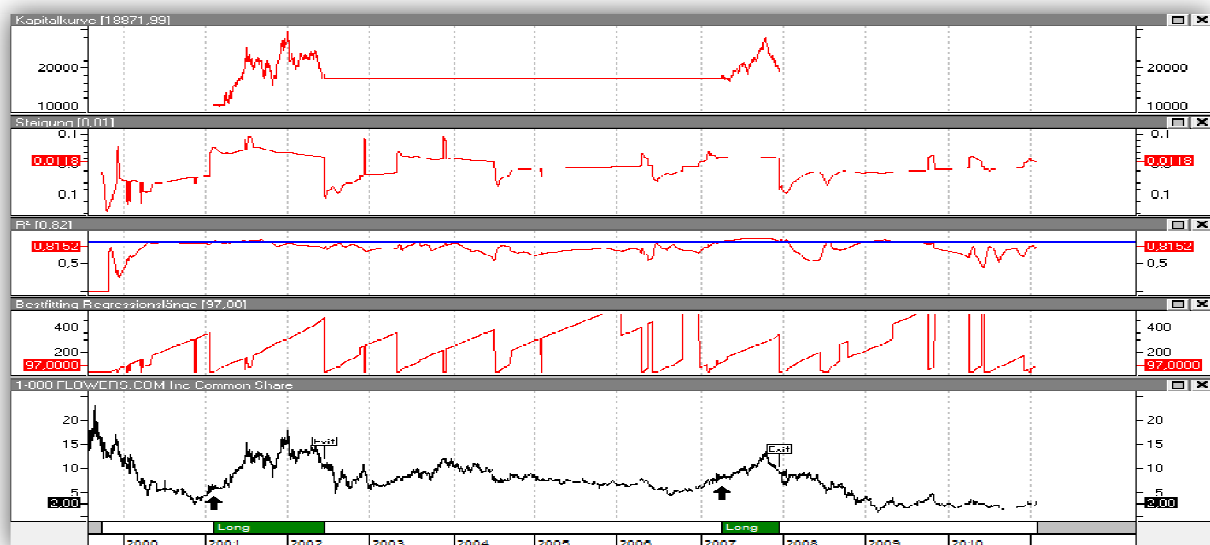


Abbildung 4-5 Zeitlicher Verlauf von R^2 Smoothing, ermittelter Regressionslänge, Steigung und resultierende Trades

4.3.3 Ergebnisse R^2 Smoothing

In einem ersten Test mit dem Nasdaq 100 Index, wird das R^2 Smoothing Verfahren auf seine generelle Tauglichkeit geprüft. Es erfolgt eine Parametervariation für den Smoothingfaktor von 0 bis 10. Wie man in Tabelle 4-2 ablesen kann, wird im Nasdaq 100 Index fast mit jeder Einstellung das Ergebnis des Modelles „fixe Regressionslänge“ (Smoothing Faktor 0) übertroffen. Fast alle Einstellungen ermöglichen eine zeitgewichtete Überrendite. Buy & Hold konnte beim reinen Netto

Profit mit keiner Einstellung erreicht werden. Ergänzend sei erwähnt, dass für Werte $n > 10$ die Kennzahlen schlechter werden. In der Annahme, dass Ergebnisse die für den Index gelten, für dessen Mitglieder nicht völlig falsch sein können, werden die weiteren Tests mit einem Smoothingfaktor von $n=3$ ermittelt.

	Smoothing Faktor	Bestimmtheitsgrad der Steigung	Durchschn. Return	Durchschn. Tradelänge	Profitfaktor	% Win	Anzahl Trades/Jahr	Netto-Profit	Perioden mit Trades	Sharpe Ratio	Profit/Periode- Ratio zu Buy/Hold
	0	83,5%	25,13%	260,8		50,00%	0,63	110.081	65,7%	0,34	-0,01%
	1	82,0%	24,93%	260,4		50,00%	0,63	102.648	65,6%	0,33	-0,03%
	2	82,6%	51,29%	281,7		46,67%	0,60	137.609	66,5%	0,38	0,05%
	3	83,4%	55,88%	298,9		57,14%	0,56	161.016	65,9%	0,41	0,11%
	4	82,2%	54,00%	295,4		50,00%	0,56	128.869	65,1%	0,38	0,04%
	5	81,8%	48,96%	285,9		50,00%	0,56	115.068	63,0%	0,35	0,01%
	6	82,4%	49,20%	273,4		50,00%	0,56	121.533	60,3%	0,37	0,04%
	7	82,4%	57,36%	317,9		58,33%	0,48	119.924	60,1%	0,36	0,04%
	8	83,3%	62,21%	317,6		58,33%	0,48	129.210	60,0%	0,38	0,06%
	9	82,9%	56,55%	316,9		58,33%	0,48	109.121	59,9%	0,35	0,01%
	10	83,7%	56,81%	316,3		58,33%	0,48	112.041	59,7%	0,35	0,02%

Tabelle 4-2 Nasdaq 100 Index Parametervariation R^2 Smoothing Faktor

Für die weiteren Tests folgt nun ein Wechsel des Testuniversums von Nasdaq alle Aktien zu Nasdaq 100. Das bringt den Vorteil, dass mittels der Indexmembershipverwaltung in diesem Backtests der Survivorship Bias eliminiert werden konnte.

Testzeitraum	01.01.1995 – 21.01.2011 & 01.01.2000-21.02.2011
Testuniversum	Nasdaq 100 Aktien inkl. delisteter Titel mit historischer Indexmembership Zugehörigkeitsverwaltung (Premium Data Datenbank)
Enter Bedingung	Die Steigung der Linearen Regressionsgerade mit dem höchsten R^2 ist positiv Das R^2 dieser Geraden muss größer 90% sein
Exit Bedingung	Die Steigung der Linearen Regressionsgerade mit dem höchsten R^2 ist negativ, oder die Aktie verlässt den Index
Stops	Keine
Moneymanagment	Kein Portfoliotest, es wird jede Aktie einzeln betrachtet. Startkapital je Titel: 10.000\$. Dabei werden Gewinne im nächsten Trade ohne Abzug von Steuern reinvestiert
Parametervariation	keine
Benchmark	Vergleich mit vorherigen Systemergebnissen und anderen Zeiträumen

In Tabelle 4-3 finden sich die Ergebnisse zu diesem Test. Die deutliche Verbesserung der Kennzahlen wie Sie im Index möglich war (Tabelle 4-2) lässt sich leider in den Einzelaktien nicht wiederfinden. Die Kennzahlen sind in beiden Testzeiträumen nahezu identisch.

Ob nun ein anderer Faktor in den Einzelaktien erfolgsversprechender ist, wäre bestimmt interessant zu untersuchen, würde aber mit Sicherheit den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Bleibt also festzuhalten:

1. R^2 Smoothing im Index bringt Vorteile
2. R^2 Smoothing in den Einzelaktien nicht

Beschreibung	$R^2 > 90\%$	$R^2 > 90\%$ Smoothing=3	$R^2 > 90\%$	$R^2 > 90\%$ Smoothing=3
System Start	03.01.1995	03.01.1995	03.01.2000	03.01.2000
System Ende	21.01.2011	21.01.2011	21.01.2011	21.01.2011
Anzahl Long Trades	670	737	537	488
Profitable Trades (%)	44,63%	45,05%	40,41%	40,78%
Netto-Profit	3.585.304,00	3.707.191,00	320.196,10	316.375,60
Bestimmtheitsgrad der Steigung	65,9%	66,7%	66,9%	69,0%
Verhältnis Jahresprofit/Drawdown	0,59	0,64	0,12	0,13
Profitfaktor	6,00	5,82	1,70	1,73
Durchschn. Return	40,94%	38,42%	5,93%	6,44%
Durchschn. Trade-Länge	175,8	163,2	145,1	155,3
Durchschn. Gewinn/Durchschn. Verlust	7,45	7,10	2,50	2,51
Verhältnis aller Einzelgewinne/Einzelverluste	71,4	70,7	25,8	26,8

Tabelle 4-3 Vergleich R^2 und R^2 Smoothing anhand der Nasdaq 100 Aktien

Getreu dem Motto KIS (keep it simpel) wird für die weiteren Untersuchung der Nasdaq 100 Aktien daher auf das R^2 Smoothing verzichtet, da es anscheinend keinen Mehrwert bietet, aber das Modell unnötig „verkomplex“.

4.4 Unterschiede im Verhalten der beiden Systeme „fixe Regressionslänge“ / „ R^2 optimierter Regressionslänge“

Anhand des Beispiels der Apple Aktie in der jüngeren Vergangenheit möchte ich den Unterschied der beiden Verfahren „fixe Regressionslänge“ und „ R^2 optimiert“ darstellen.

In Abbildung 4-6 wird das Modell „ R^2 optimiert“ dargestellt. Zu sehen sind das R^2 , die zugehörige ermittelte Regressionsgeradenlänge, deren Steigung und ein Trade. Am 15.04.2009 wurde erstmals ein Aufwärtstrend erkannt und am 24.04.2009 bei \$123,90 hat das R^2 die 90% Linie durchstoßen und damit ein Einstiegssignal generiert.

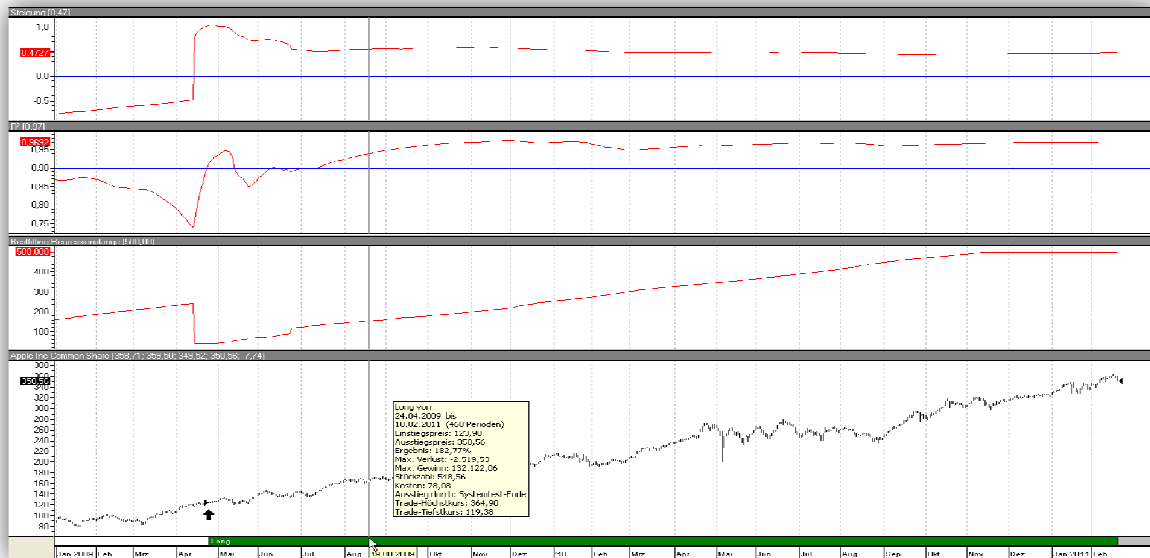


Abbildung 4-6 Apple Aktie mit zeitlichem Verlauf R^2 , ermittelter Regressionslänge, Steigung und Trade

Wer diesem Signal gefolgt wäre, hätte heute 182% Gewinn auf der Position stehen. In diesem Chart ist gut zu erkennen, wie der Mechanismus bei intaktem Trend die ermittelte Regressionslänge von Periode zu Periode „verlängert“ bis zu dem maximal vorgegeben Wert von 500 Tagen. Das R^2 dieses langfristigen Aufwärtstrends ist dabei stabil $>90\%$.

Das Modell „fixe Regressionslänge“ mit dem Parameter 90 Tage schneidet hier im Vergleich deutlich schlechter ab. In Abbildung 4-7 ist die Steigung, das R^2 der 90 Tage Regressionsgeraden und der hieraus resultierende Trade ersichtlich. Am 22.06.2009 stieg das R^2 erstmals über den 90% Level und da die Steigung der Regressionsgeraden positiv war, erfolgt ein Kauf zu \$137,37. Im weiteren Verlauf des Trades kann man erkennen wie die Steigung der 90 Tage Regression in der ersten Korrekturphase bis fast auf die 0 Linie läuft, aber erst die 2. Korrekturphase beginnend am 26.04.2010 führte am 23.08.2010 zu einer negativen Steigung und damit zu einem Verkauf bei \$245,80 (+78%).

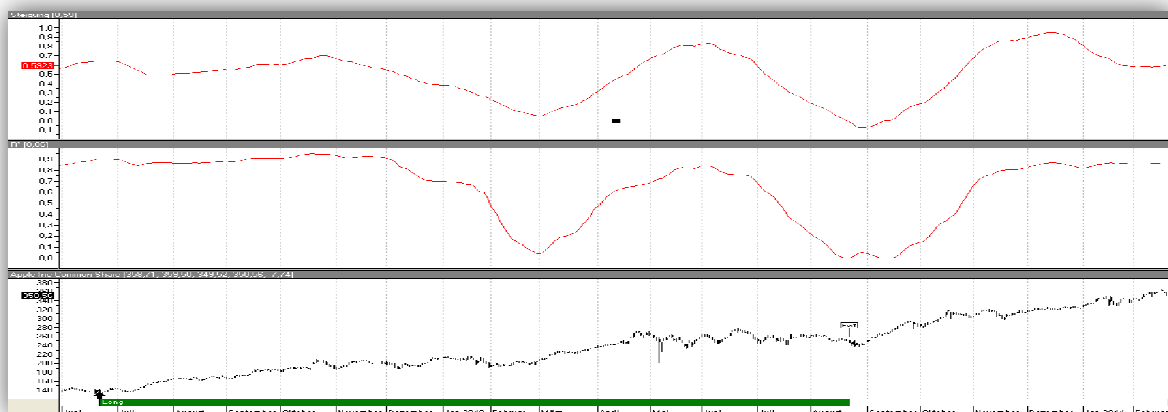


Abbildung 4-7: Apple Aktie mit fixer Regressionslänge von 90 Tagen, R^2 und resultierender Trades

Ein Wiedereinstieg in die Position ist bisher noch nicht erfolgt, da das R^2 der 90 Tage Regression noch nicht wieder über 90% gestiegen ist.

Dieser Vergleich zeigt die Stärke des Verfahrens der „ R^2 optimierten“ Regressionslänge sehr gut auf: Lange Trends werden meist bis zum Ende durchgehalten, da die lange Regressionslinie bei starken Trends durchgängig ein sehr hohes R^2 hat und ein kurzer Gegentrend es „schwer hat“ ein höheres R^2 auszubilden. Wie bei allen Trendfolgern stellt dies beim nachhaltigen Kippen eines Trends auch den größten Nachteil da. In diesem Fall wird meist ein großer Teil der Gewinne wieder abgegeben.

4.5 Verbesserungsmöglichkeit Marktphasen Ampel

Mithilfe der Survivorship Bias freien Daten der Nasdaq 100 Mitglieder habe ich den Anteil der Aktien des Indexes ermittelt, deren R^2 optimierte Regressionsgerade eine positive Steigung aufweisen. In Abbildung 4-8 ist dieser Anteil im zeitlichen Verlauf zusammen mit dem Nasdaq 100 Index dargestellt. Im Mittel lag die Quote über den kompletten Zeitraum bei 64,1%. Die Positionsanzahl schwankte zwischen 4 Titeln am 29.10.2008 und 98 am 20.04.2010. Ob dieses Instrument geeignet ist Markttiming damit zu betreiben ist auf den ersten Blick aus der Abbildung nicht unbedingt ersichtlich.

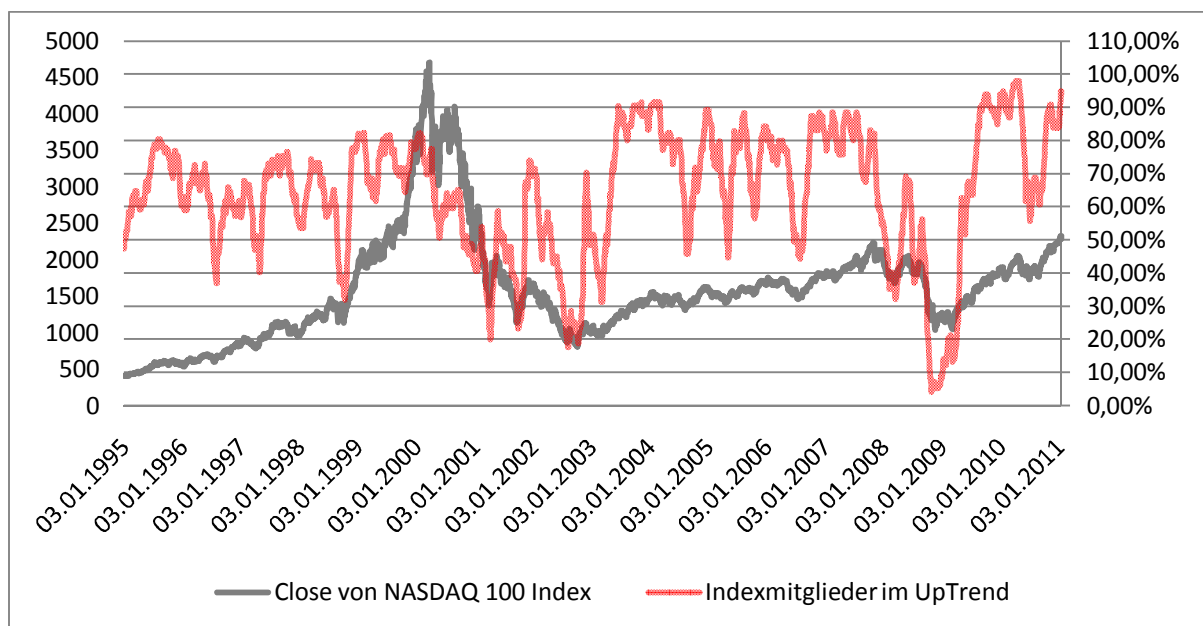


Abbildung 4-8 Anteil der Nasdaq 100 Aktien mit steigender Regressionsgerade

Daher habe ich in Tabelle 4-4 untersucht, wie sich die durchschnittlichen Close to Close Nasdaq 100 Indexes Tagesrenditen in Abhängigkeit dieses Messwertes verhalten. Der Mittelwert der Tagesrenditen liegt über den kompletten Zeitraum bei 0,064%. Wenn die in Abbildung 4-8 dargestellte Quote im Bereich 50%-90% steht, liegt die Tagesrendite durchschnittlich 44% über diesem Mittelwert. Im Extrembereich findet man sowohl am oberen als auch am unteren Ende Meanreversioneffekte.

Quote von	bis	Tage	Tages Rendite
0%	20%	133	0,323%
20%	30%	119	-0,022%
30%	40%	204	-0,107%
40%	50%	416	-0,032%
50%	60%	492	0,101%
60%	70%	878	0,076%
70%	80%	874	0,076%
80%	90%	686	0,129%
90%	100%	177	-0,089%

Tabelle 4-4 Durchschnittliche Tagesrenditen in Abhängigkeit der im Uptrend befindlichen Aktien

Eine weitergehende Untersuchung dieses Themas erscheint daher durchaus interessant, würde aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

4.6 Zusammenfassung

R^2 optimierte Regressionsgeraden erzielen gleich oder bessere Ergebnisse, wie das vorher getestete Verfahren „fixe Regressionslänge“, bei gleichzeitiger Eliminierung der ex post Parameteroptimierung der Regressionslänge. Lange Trends werden besser „erkannt“ und durchgehalten. Hieraus resultiert eine durchschnittlich längere Positionshaltedauer und ein deutlich geringerer Portfolioumschlag.

4.7 Mögliche Verwendung

Da nach meinen Beobachtungen insbesondere Nebenwerte besonders stabile und lange Trends ausbilden, dürfte das Verfahren „ R^2 Optimierung“ für den Nebenwertebereich besonders geeignet sein.

5 Portfoliobacktest Nasdaq 100 Survivorship Bias FREE

Aufbauend auf den bisher gefundenen Rohergebnissen, folgt nun der Schritt zur Implementierung in ein Portfolio, welches auch real handelbar ist. Das Handelssystem aus Abschnitt 4 wird beibehalten, auf das in Abschnitt 4.3.2 getestete Smoothing wird verzichtet. Es wird weiterhin auf Survivorship Bias freien Daten gerechnet.

Wenn man realistische Ergebnisse simulieren möchte, muss man sich Gedanken über die Anzahl der gleichzeitig vom System im Depot gehaltenen Positionen und deren Größe im Verhältnis zum Gesamtkapital machen. Für diesen Test soll kein Hebel erlaubt sein. Das Testuniversum umfasst zu jedem Zeitpunkt 100 Aktien. Um die Vorgabe „kein Hebel“ einhalten zu können, darf man demnach nur 1% des bei Tradebeginn verfügbaren Portfoliokapitals in diesen Trade investieren. In Abbildung 5-1 ist der zeitliche Verlauf der hieraus resultierenden Kapitalauslastung ersichtlich. Der Mittelwert für den Testzeitraum liegt bei 29,4%. Salopp gesprochen: effektive Kapitalausnutzung sieht anders aus.

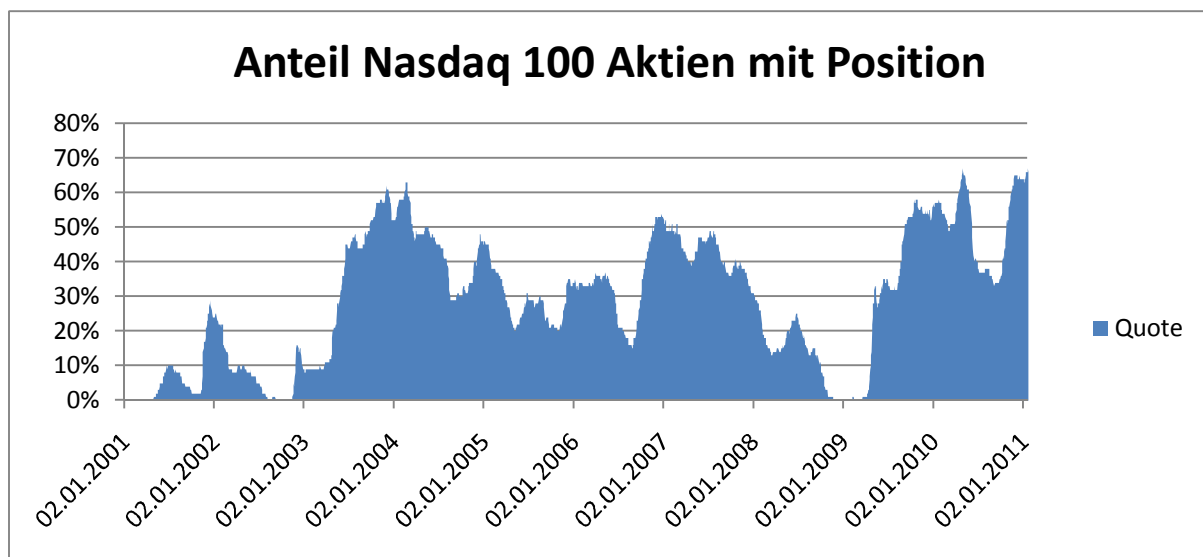


Abbildung 5-1 Anteil Nasdaq 100 Aktien mit Positionen

Aus Abbildung 3-3 ist ersichtlich, dass es prinzipiell möglich ist, mit dem System eine zeitgewichtete Überrendite zu erzielen. Insofern macht es natürlich Sinn, allokiertes Geld so hoch wie möglich auszulasten. Dies gelingt nur dann, wenn man statt 1% in jeden Trade zB. 3%, 4%, oder 5% investiert und beim Erreichen der Vollinvestitionsschwelle weitere Signale ignoriert. Man begrenzt also die Anzahl der maximal gleichzeitig erlaubten Positionen im Depot. Ob man nun 18, 20 oder 25 Positionen erlaubt ändert am Portfolio Ergebnis nahezu nichts. Für diesen Test wird der Grenzwert willkürlich auf maximal 21 gleichzeitig im Depot befindliche Positionen festgesetzt. Jede neue Position wird mit $1/21$ des zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Portfoliogesamtkapitals eröffnet. Wenn ein Einstiegssignal zu einem Zeitpunkt erfolgt an dem sich bereits 21 Positionen im Depot befinden, wird dieses Übergangen. Gibt es zeitgleich mehr Einstiegssignale als freie Positionen im Depot, entscheidet das Los welcher Titel ins Depot kommt. Hierbei werden nur neue Entersignale beachtet.

Obwohl der Zeitraum der letzten 10 Jahre von 2 großen Einbrüchen geprägt wurde, liegt die durchschnittliche Kapitalauslastung durch dieses Vorgehen bei rund 70% (durchschnittlich 14,6 von 21 erlaubten Positionen). Die evtl. auf nicht investiertes Geld zu erzielenden Zinsen wurden im Test unterschlagen.

Aus Tabelle 4-3 ist ersichtlich, dass die durchschnittlichen Renditen vor dem Jahr 2000 ein Vielfaches der Renditen danach betragen haben. Dies ist der allgemeinen Blasenbildung im Technologiesegment geschuldet, welche 1995-2000 stattfand. Insofern würde man eine überzogene Ertragserwartung (bezogen auf die aktuelle Marktlage) schüren, wenn man diesen Zeitraum in den Test inkludiert. Daher wird der Portfoliostart auf den 01.01.2001 gesetzt.

Hier nun die Zusammenfassung der Handelsregeln

Testzeitraum	01.01.2001 – aktuell
Testuniversum	Nasdaq 100 Aktien Survivorship Bias FREE (Premium Data Datenbank)
Enter Bedingung	Die Steigung der Linearen Regressionsgerade mit dem höchsten R^2 ist positiv, das R^2 dieser Geraden muss größer 90% sein
Exit Bedingung	Die Steigung der Linearen Regressionsgerade mit dem höchsten R^2 ist negativ oder die Aktie verlässt den Index
Stops	Keine
Moneymanagment	Maximal 21 Positionen gleichzeitig. Jede neue Position wird mit 1/21 des zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Portfoliokapitals eingegangen. Hat man mehr Signale als freie Positionen im Depot wird gelost Portfoliostartkapital: 1.000.000\$
Parametervariation	keine
Benchmark	Nasdaq 100 Index, R^2 Grundsystem

In Tabelle 5-1 ist ersichtlich wie vorteilhaft sich diese Portfoliokonstruktion auf das Ergebnis auswirkt. Im Vergleich zum Ausgangssystem sind nahezu alle Kennzahlen verbessert. In Abbildung 5-2 sind die Anzahl der Positionen, Drawdown in %, Kapitalkurve und Nasdaq 100 Index zu sehen. In Tabelle 5-2 finden sich die ermittelten Ergebnisse pro Jahr. Der arithmetische Schnitt der rund 10 Jahre liegt bei 11.88% pro Jahr. Dem Gesamtgewinn bei 156%. Der Nasdaq 100 Index hat in dieser Zeit gerade einmal +2% erzielt.

Dem Datenmaterial dass Abbildung 3-3 zugrunde liegt kann man entnehmen, dass die durchschnittliche zeitgewichtete Überrendite (50-230 Tage Regressionslänge) bei 0,043% pro Tag liegt. Wenn man nun, grob überschlägig, in Verbindung mit der Kapitalauslastungsquote von 70% die annualisierte Überrendite schätzt $(1 + 0.0043\%)^{(255 \cdot 70\%)} - 1 = 7,98\%$ und die anualisierte Indexrendite für diesen Zeitraum addiert $(1 + 2,1\%)^{(1/10,13)} - 1 = 0,2\%$ sollte man in etwa das erzielte Renditeniveau ermitteln können für den Testzeitraum.

Das so geschätzte Renditeniveau von 8,2% p.a. liegt dann auch tatsächlich nicht allzu weit entfernt von dem im Backtest erzielten Ergebnis: $(1 + 156\%)^{\left(\frac{1}{10,13}\right)} = 9,7\%$ p.a. Insofern kann man die Vermutung äußern, dass das System zeitstabile Überrenditen liefert (der ursprüngliche Test war auf

26 Jahre angelegt). Und da der Test bereits einen gewissen Wechsel der Marktdaten beinhaltet, kann man auch eingeschränkt behaupten, dass die Crossmarket Validierung stabile Ergebnisse liefert.

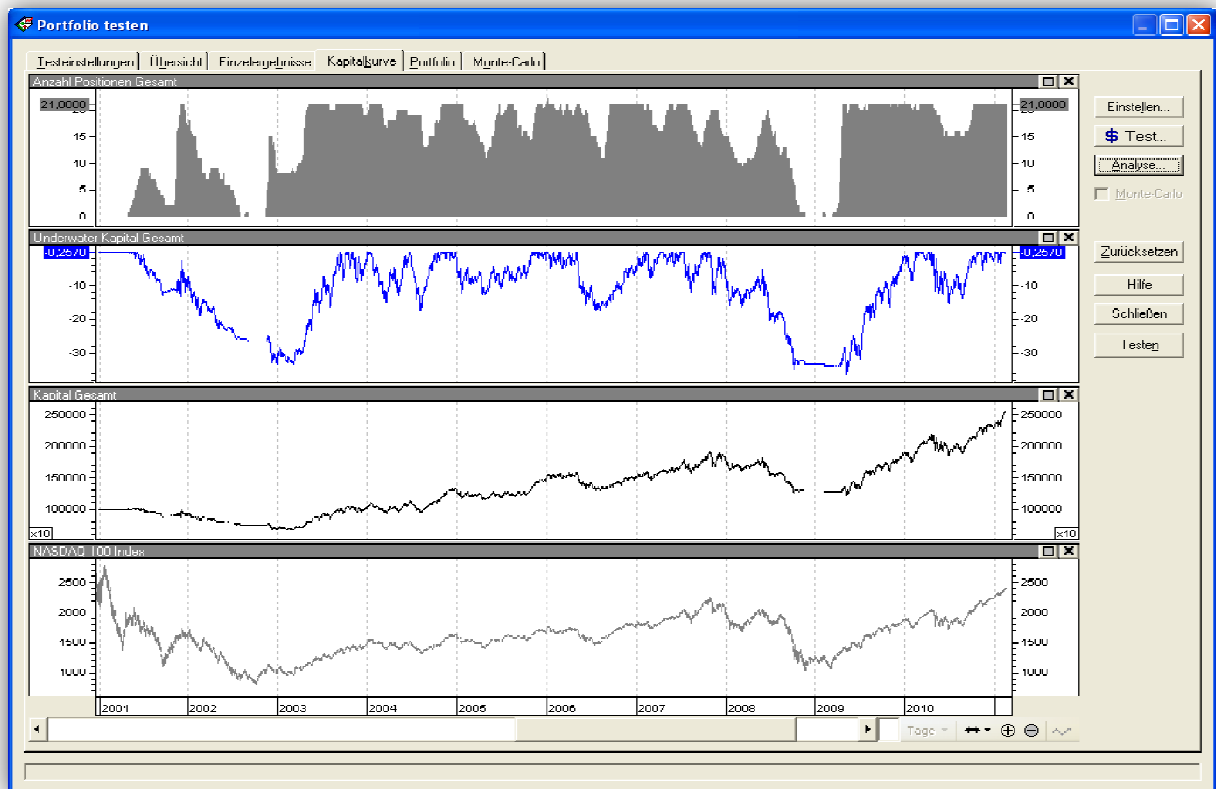


Abbildung 5-2 Nasdaq 100 Portfolio Test

Beschreibung	R^2 , 90%	R^2 , 90%, 21 Positionen
System Start	02.01.2001	02.01.2001
System Ende	18.02.2011	18.02.2011
Anzahl Long Trades	498	255
Profitable Trades (%)	42,57%	40,00%
--- Kapital-Analyse ---		
Sharpe Ratio	-0,04	0,33
Bestimmtheitsgrad der Steigung	0,823	0,783
Verhältnis Jahresprofit/Drawdown	0,34	0,42
--- Trade-Analyse ---		
Profitfaktor	2,29	2,41
Durchschn. Return	9,12%	10,69%
Durchschn. Trade-Länge	145,68	145,81
Durchschn. Gewinn/Durchschn. Verlust	3,08	3,61

Tabelle 5-1 Nasdaq 100 Portfolio Test

Jahr	Ergebnis %	Drawdown %
2001	-9,43%	13,35%
2002	-25,24%	28,16%
2003	49,96%	8,93%
2004	30,08%	17,38%
2005	8,21%	12,11%
2006	4,69%	17,28%
2007	23,34%	12,87%
2008	-29,92%	32,13%
2009	45,17%	11,31%
2010	22,54%	15,68%
2011	11,27%	3,29%
Mittelwert	11,88%	15,68%

Tabelle 5-2 Nasdaq 100 Portfolio Jahresergebnisse

5.1 Verbesserungsideen

Zur Verringerung der zwei Drawdownphasen und zur Erhöhung der zeitgewichteten Überrendite kann man folgende Möglichkeiten in Betracht ziehen.

5.1.1 Marktphase- bzw. Marktbreitmodell

In der in Abschnitt 4.5 vorgestellten Untersuchungen wurde gezeigt, dass man mit der Hilfe der dort definierten Marktbreite Phasen definieren kann, in denen das Handelssystem zeitgewichtete Überrenditen erzielt.

5.1.2 Marktbreite Filter auf die vom Positionsbegrenzungs-System gehaltenen Positionen im Verhältnis zur maximalen Positionsanzahl.

Wenn die Positionsanzahl im Depot unter eine festzulegende Mindestanzahl fällt, unterstellt man, dass eine stärkerer Korrektur zu erwarten ist und stellt das Depot komplett glatt.

5.1.3 Die Position des Handelssystems im Index als Filter.

Man wendet das Handelssystem „R² optimiert“ auf den Nasdaq 100 Index an. Wenn der Index laut diesem System eine Position hat sind Einstiege erlaubt.

In einem zweiten Schritt könnte man das Glattstellen aller Trades testen, wenn der Index ein Verkaufssignal liefert.

5.1.4 Positionsgrößen Variation

Eine weitere Überlegung wäre es, die Positionsgröße um 50% zu reduzieren, wenn zB. der Index ein Verkaufssignal liefert, oder eines der Marktbreite Modelle. Die Position wird wieder auf die ursprüngliche Größe angepasst, wenn von dem betroffenen Modell ein Einstieg angezeigt wird.

5.1.5 Die relative Mondfeuchte liegt über 42%

Hier wird man den heiligen Gral finden.

5.2 Markbreite Filter (wie in Abschnitt 5.1.2 vorgeschlagen)

Exemplarisch ist hier eine der Verbesserungsideen herausgegriffen und in einem simplen Test auf Wirksamkeit geprüft worden.

Jedes Mal wenn die Positionsanzahl im Depot unter 50% fällt, sprich höchstens 10 oder weniger Titel der erlaubten 21 im Depot sind, werden die restlichen Positionen ebenfalls glattgestellt. Die Positionen können wieder aufleben, wenn die theoretische Depositionsanzahl auf über 10 steigt und im Titel kein Exitsignal zwischenzeitlich erfolgte. Einstiegssignale werden solange nur vorgemerkt, bis die kritische Größe von 10 Positionen überschritten wurde und dann alle auf einmal umgesetzt.

In Abbildung 5-3 ist die ursprüngliche Kapitalkurve im Vergleich zur Markbreite gefilterten Kapitalkurve dargestellt. Man kann sehr gut erkennen, wie genau der gewünschte Effekt eintritt: Bevor eine größere Verlustphase eintritt, wird das Depot glatt gestellt.

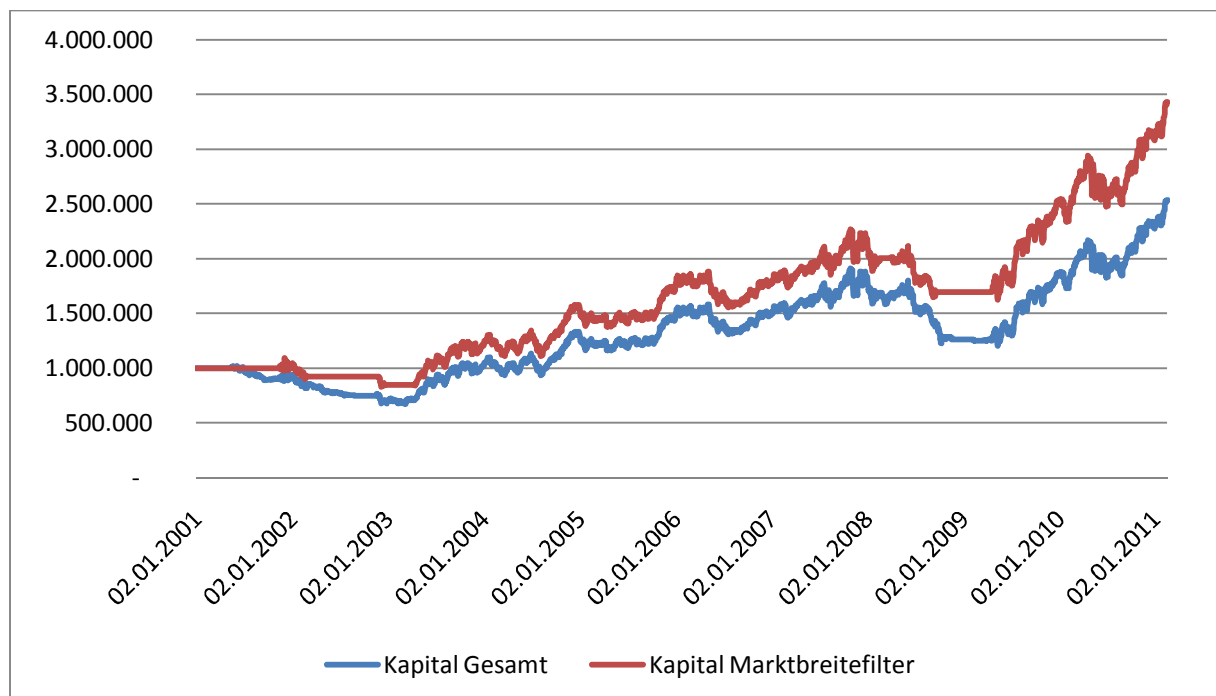


Abbildung 5-3 Kapitalkurve Marktbreitefilter im Vergleich

Bei der Kennzahlenermittlung (Tabelle 5-3) macht sich dies durch einen ca. 35% höhere geometrischen Jahresertrag bemerkbar, bei gleichzeitig reduziertem Drawdown. Das MAR Ratio steigt durch diese Maßnahme um 76%!

	R ² optimiert	R ² optimiert + Marktbreitefilter
Geometrische Rendite p.a.	9,62%	12,95%
Maximaler Drawdown	-37,19%	- 28,37%
MAR Ratio	0,26	0,46

Tabelle 5-3 Kennzahlen R² optimiert + Marktbreite

6 Exkurs: Quantifizierung Survivorship Bias anhand des Nasdaq 100

Wie im Anhang 10.3.3 beschrieben ist der Nasdaq 100 Index bezüglich seiner Titelmzusammensetzung ein sehr volatiler Index. Da wahrscheinlich nicht jeder über Survivorship Bias freie Daten verfügt, ist es mit Sicherheit interessant zu erfahren welchen Einfluss die Wahl des richtigen oder falschen Datenmaterials für die Untersuchungsergebnisse der hier vorgestellten Handelssysteme haben kann.

Als Handelssystem für diese Untersuchung dient das System „R² optimiert“.

Da die zur Verfügung stehenden Survivorship Bias freien Daten erst ab dem 01.01.1995 beginnen ist der Testzeitraum der 01.01.1995 bis 03.02.2011.

Folgende vier Datengruppen werden miteinander verglichen:

1. Die gehandelte Aktie muss im Index enthalten sein. Wird die Aktie aus dem Index genommen, wird der Trade beendet.
2. Es werden die aktuell im Index enthaltenen Aktien ab dem 01.01.1995 getestet
3. Alle jemals seit dem 01.01.1995 im Index enthaltenen Aktien (Just for Info)
4. Die gehandelte Aktie muss beim Einstieg in den Trade im Index enthalten sein. Der Exit erfolgt ausschließlich über das Handelsmodell.

In Tabelle 6-1 wird das Grundsystem ohne R² Filter für den Einstieg betrachtet. In 2. ist hier ein signifikanter Beitrag des Survivorship Bias enthalten. Sowohl durchschnittlicher Return als auch Profitfaktor sind in den Survivorship Bias freien Daten (1.) um rund 30% niedriger. 4. ist nahezu identisch mit 1. Und die Ergebnisse von 3. liegen auf dem Niveau von 2.

	1.	2.	3.	4.
Anzahl aller Trades	2.050	1.843	4.148	2.045
Profitable Trades (%)	32,88%	36,68%	35,15%	32,81%
Profitfaktor	3,61	5,16	5,09	3,66
Durchschn. Return	19,77%	27,54%	29,82%	20,25%
Durchschn. Trade-Länge	108,2	127,5	116,0	111,6

Tabelle 6-1 Survivorship Bias R² Regressionsgerade

In Tabelle 6-2 wird für den Einstieg mit dem Filter R²>90% gearbeitet. Wie bereits vorher vermutet, ist dieser Filter anscheinend in der Lage, den Survivorship Bias nahezu komplett zu eliminieren. Der Durchschnittliche Return ist bei 1. und 2. identisch, nur die Trefferquote und der Profitfaktor sind leicht besser. Wie bereits in Tabelle 6-1 sind auch hier die Ergebnisse von 1. und 4. nahezu identisch. Das wird daran liegen, dass Aktien die aus dem Index entfernt werden im Vorfeld meist einen Downtrend hatten, und daher vielfach vorher schon ein Exitsignal zustande kam.

Es bleiben also 2 Feststellungen zu machen bezüglich des Survivorship Bias:

1. Für ungefilterte Regressionsgeraden Handelssysteme schlägt der Survivorship Bias in den Backtest-Ergebnissen gnadenlos zu. Mit aktuellen Indexmitgliedern ermittelten Durchschnittlichen Returns sind rund 30% zu hoch gegenüber realistischen Daten.
2. Für stark gefilterte Regressionsgeraden Handelssysteme mit $R^2 > 90\%$ verfälscht der Survivorship Bias die Backtestergebnisse fast nicht mehr.

	1.	2.	3.	4.
Anzahl aller Trades	797	729	1618	793
Profitable Trades (%)	45,29%	51,71%	47,16%	45,78%
Profitfaktor	6,41	7,73	7,45	6,54
Durchschn. Return	43,66%	44,48%	51,70%	44,72%
Durchschn. Trade-Länge	168,5	208,0	182,1	175,0

Tabelle 6-2 Survivorship Bias R^2 Regressionsgerade, $R^2 > 90\%$

7 Wo und wie die Forschung weitergehen könnte

Viele Themen konnten im Rahmen dieser Arbeit nur angerissen, oder zum Teil auch gar nicht dargestellt werden. Daher folgt hier eine kurze Zusammenfassung der noch weiter zu beleuchtenden Punkte.

7.1 Crossmarketvalidierung

Die Crossmarket Validierung ist im Rahmen dieser Arbeit leider zu kurz gekommen. Hierzu kann Ich berichten, dass meine ursprünglichen Untersuchungen sich auf Aktien des S&P500 bezogen haben und die Ergebnisse dort ähnlich waren wie die hier vorgestellten Ergebnisse im Nasdaq 100 Index.

Eine Studie mit internationalen Aktien Indizes könnte ich mir interessant vorstellen, genauso wie ein Portfolio aus Subindizes eines Marktes anstelle der Einzelaktien. Hier würde sich zB. der STOXX600 oder der S&P500 mit seinen Subindizes anbieten.

Rohstoffe und Währungen würden sich für ein Long / Short Portfoliotest anbieten, da hier auch immer wieder stabile mittelfristige Trends entstehen.

Gemäß dem Homebias muss natürlich auch der deutsche Aktienmarkt noch beleuchtet werden, auch wenn hier die Anzahl der liquiden Aktien nicht wirklich hoch ist.

7.2 Marktbreite Indikatoren

Die diversen Marktbreite Ampel Indikatoren sind noch nicht genügend untersucht worden im Rahmen dieser Arbeit. Auch diese müsste man auf Ihre Crossmarket Stabilität hin untersuchen.

7.3 Zeitstabilität

Leider war auch für das Thema Zeitstabilität von Systemkennzahlen zu wenig Platz in dieser Arbeit. Sind die ermittelten zeitgewichteten Überrenditen auch zeitstabil oder Marktphasen abhängig?

7.4 Pivotpunkte statt Close Kursen

Man könnte untersuchen ob man stabilere Ergebnisse erhält, wenn man die Linearen Regressionen auf den Pivotpunkten $(H+L+C)/3$ berechnet anstelle auf den wie bisher verwendeten Close Kurs.

7.5 Marktkapitalisierung

Meine Erfahrung aus anderen Tests zeigt, dass Nebenwerte die stabileren und länger laufenden Trends ausbilden. Insofern war das hier gewählte Testuniversum Nasdaq 100 Aktien wahrscheinlich eher das suboptimale Portfolio für diese Art von System. Insofern wäre eine Untersuchung der Ergebnisabhängigkeit des Systems gestaffelt nach Marktkapitalisierung oder Nebenwerteindexzugehörigkeit (Russell 2000, S&P400, S&P600, MDAX, SDAX, TECDAX) nicht unspannend.

8 Ergebnisüberblick und Schlussbemerkung

Im ersten Schritt wurde in einem Handelssystem mit fixer Regressionsgeraden Länge alle aktuell an der Nasdaq gelisteten Aktien (ca. 2800) über einen 26 Jahre Zeitraum getestet. Auf dieser Datenbasis, die über 45000 Trades zur Auswertung ergaben, konnte eine Regressionslänge ermittelt werden, die zeitgewichtete Überrenditen versprach.

In einem zweiten Schritt konnten diese Ergebnisse durch das hinzuziehen eines R^2 -Filters im Einstieg stabilisiert / verbessert werden.

Daraus wurde dann die „ R^2 Optimierung“ der Regressionslänge abgeleitet. Auf diese Weise wurde der statische Optimierungsparameter Regressionslänge durch einen dynamischen parameterlosen Mechanismus ersetzt.

In einem weiteren Schritt wurde ein Portfolio gebildet, das zum Ziel hat, mittels einer möglichst hohen durchschnittlichen Kapitalauslastung des Portfolios den Faktor zeitgewichtete Überrendite in möglichst hohe absolute Returns zu verwandeln.

Und zu guter Letzt wurde in einem Test mit einem Marktbreitefilter das Portfolio „rückschlagsicherer“ gestaltet.

All diese Schritte führten zu einem Handelssystem, dass in den letzten 10 Jahren eine geometrische Jahresrendite von knapp 13% p.a. erzielen konnte (bei gleichzeitiger Reduktion des Risikos), obwohl der Index des Testuniversum in diesem Zeitraum nur 0.2% Rendite p.a. abgeliefert hat.

I. ANHANG

9 Theorie : „Wat is´n denn eigentlich´n Dampfmaschin“ bzw. die Lineare Regression

Nachdem ich vorweg geschickt hatte, dass ich mich bemühe das Thema möglichst „unmathematisch“ anzugehen, um nicht zu viele Interessierte von vornherein zu verschrecken, habe ich mich entschlossen die Mathematik in den Anhang zu verbannen. Hier kurz und schmerzlos (!) der Definitionsteil.

9.1.1 Lineare Regressionsgerade

Ausgehend von dieser Geraden ist die Summe der quadrierten Abstände zu den Kursen minimal. Für die letzten n Kurse eines Wertpapiers wird eine Lineare Regressionsgerade wie folgt berechnet:

$$y_i = \alpha + \beta x_i$$
$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$
$$\alpha = \bar{y} - \beta \bar{x}$$

$$y_i = \bar{y} + \beta (x_i - \bar{x}) = \bar{y} + \beta \frac{(n-1)}{2}$$

Formel 1 Lineare Regression

mit $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$
 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i = \frac{(n+1)}{2}$
n: Anzahl der Perioden für die Lineare Regression
 y_i der i-ten Periode
 x_i = i, das es um die Perioden der Bars geht

9.1.2 Steigung der Regressionsgeraden

Die Steigung (Formel 1) ist eines von zwei Nebenprodukten der Linearen Regression. Positive Steigungswerte deuten auf einen Aufwärtstrend hin, negative auf einen Abwärtstrend. Neben der Trendrichtung zeigt die Steigung auch die Geschwindigkeit der Kursbewegung an, da sie die zu erwartende Kursänderung pro Zeiteinheit darstellt.

9.1.3 Bestimmtheitsmaß R^2

Gibt es gute und schlechte Regressionsgeraden?

Der quadrierte multiple Korrelationskoeffizient R^2 (Formel 2) ist das zweite Nebenprodukt der Regression. Er misst die Korrelation zwischen der Regressionslinie und dem tatsächlichen Kursverlauf der letzten n Handelstage.

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \right)^2$$

Formel 2 Bestimmtheitsmaß R^2

mit $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$
n: Anzahl der Perioden für die Lineare Regression
 x_i = i , da es um die Perioden der Bars geht
 y_i der i -ten Periode

Der Indikator R^2 nimmt Werte zwischen 0 und 1 an. Er ermöglicht eine Aussage über die „Güte“ einer Regressionsgeraden. Je näher der Indikator an 1 liegt, desto besser beschreibt die Lineare Regressionsgerade den Kursverlauf. R^2 gibt sozusagen den prozentualen Anteil an der Gesamtschwankung der Zeitreihe an, die durch die Lineare Regression erklärt werden kann.

9.1.4 Gleitende Regression

Hier gibt es mehrere Möglichkeiten der Konstruktion.

1. Typ 1: Man errechnet für jeden Bar im Chart die Regressionsgerade der n davorliegenden Bars. Die Endpunkte dieser Regressionsgeraden bilden dann die gleitende Regression.
2. Typ 2: Man errechnet für jeden Bar im Chart die Regressionsgerade der n davorliegenden Bars. Das arithmetische Mittel der letzten n Regressionsgeraden-Endpunkte wird als gleitende Regression verwendet.

Zu Verdeutlichung ist in Abbildung 9-1 der unterschiedliche Verlauf dargestellt von:

- Blaue Linie 200 Tage Regressionsgerade
- Grüne Linie Gleitenden 200 Tage Regressiongerade Typ 1
- Rote Linie SMA200
- Schwarze Linie Gleitenden 200 Tage Regressiongerade Typ 2
- Gepunktete Linie gleitende R^2 optimierte Regressionslinie (siehe Abschnitt 4)

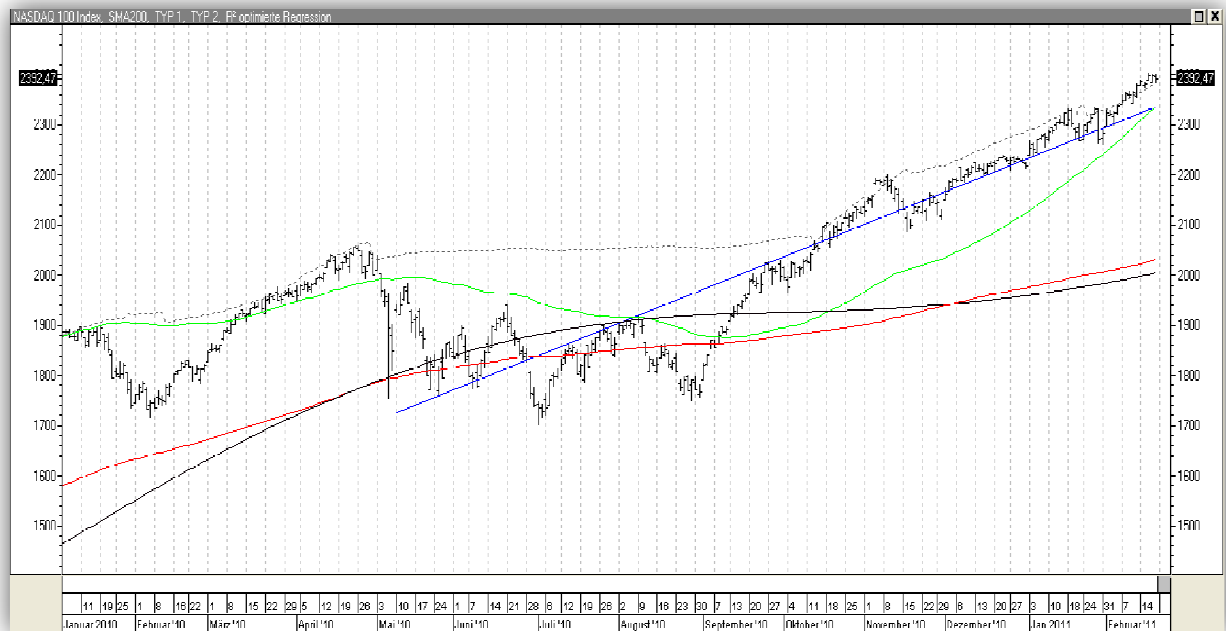


Abbildung 9-1 Lineare Regressionsgerade, SMA, gleitende Regression

10 Testmethodik

Bevor ein Handelssystem getestet werden kann, muss im Vorfeld die Testvoraussetzung klar definiert werden. Um realistische Ergebnisse zu erhalten, müssen anfallende Handelskosten so realitätsnahe wie möglich berücksichtigt werden. Um die Effizienzmarkthypothese auf den Prüfstand zu stellen wird jedes Handelssystem mit einer Benchmark verglichen.

10.1 Transaktionskosten

Grundsätzlich ist das Einbeziehen von Transaktionskosten für jede Art von Handelssystem oder Idee relevant. Die Transaktionskosten setzen sich aus den direkten Komponenten Broker & Börsen-Kommission und der indirekten Komponente Slippage zusammen.

Bei Handelsansätzen mit niedriger Portfolio-Umschlagshäufigkeit schlagen diese Kosten nicht sonderlich zu Buche. Handelt ein System jedoch hochfrequent, können die Transaktionskosten einen Großteil der Rendite aufzehren. Die hier vorgestellten Verfahren haben durchschnittlich 1-2 Trades pro Jahr und Underlying und gehören demzufolge zu den niederfrequenten Systemen, die von Transaktionskosten kaum beeinflusst werden.

10.1.1 Gebühren

Die in dieser Arbeit herangezogenen Gebühren richten sich nach der aktuellen [Gebührenstruktur](#) des Brokers Interactive Brokers LLC. Es wird ein Transaktionskostensatz von 0,03 % des jeweiligen Aktienwertes unterstellt.

Herleitung: Es wird von einer durchschnittliche Ordergröße von 10.000-20.000\$ ausgegangen. Im Untersuchungszeitraum lag der durchschnittliche Aktienkurs im Nasdaq 100 bei rund 40\$, was 250-500 Aktien je Order entspricht. Im Preismodell „bundled“ von IB kostet eine Order mit 250 Shares 0,013\$ je Share = 3,25\$ und eine Order mit 500 Stück 0,008\$ je Aktie = 4\$). Der Mittelwert hieraus 3,625\$/15000\$ entspricht 0,024%, was auf 0,03% aufgerundet wird.

Zum Skaleneffekt: Da die Mindestgebühr pro Order bei 1,3\$ liegt sind Trades unterhalb von durchschnittlich 100 Aktien bzw. 4.000\$ je Position teurer als 0,0325%.

10.1.2 Slippage

Die Slippage stellt sich für kleine Volumen in Form des *Bid-Ask-Spread* dar. Im Falle von sehr großem Volumen, wird das Eingehen oder Beenden einer Position den gehandelten Markt kurzfristig gegen die beabsichtigte Handelsrichtung treiben und kann dabei weit über den Bid/Ask Spread hinausgehen.

10.1.2.1 Bid / Ask Spread

Aufgrund der Tatsache, dass ausschließlich hochliquide Werte gehandelt werden, kann der Bid-Ask-Spread für „haushaltsübliche“ Ordergrößen nahezu vernachlässigt werden. Da die Ein- und Ausstiege der hier getesteten Handelsideen zur Schlussauktion umgesetzt werden, wird kein Kostenansatz für den Spread angenommen.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass meine Auswertung des Bid / Ask Spread der Nasdaq 100 Aktien für den Zeitraum 01.01.2011 bis 17.02.2011 auf Tick by Tick Basis einen durchschnittlichen Spread von 0,066% ergeben hat. Da der letzte Kurs entweder am Bid oder Ask gehandelt haben wird, wäre ein Kostenansatz für den Roundturn mit dem einfachen Spread anzunehmen. Also 0,033% für den Kauf und den selben Wert für den Verkauf.

10.1.2.2 Volumen beeinflusst Kurs

Dieses Problem haben große Fonds, wenn Sie viele Millionen in jedem einzelnen Titel investieren müssen. Vielfach kommen hier computergestützte Systeme zum Einsatz, die über einen längeren Zeitraum regelbasiert Käufe vornehmen mit dem Ziel zB. den VWAP (Volume Weighted Average Price) als Einstandspreis zu erzielen. Für die vorliegenden Untersuchungen wird der Effekt ebenfalls nicht berücksichtigt.

10.2 Testsoftware

Zur Programmierung und Evaluierung der Strategien kommen folgende Programme zum Einsatz:

1. Investox (Knöpfel Software GmbH, www.investox.de): Investox basiert auf einer proprietären Scriptsprache und der Möglichkeit eigene Indikatoren in VB oder VB Script zu integrieren. Damit ist es dem User möglich eigene Handelssysteme zu programmieren und mit den Auswertungsmodulen zu testen und zu bewerten. Mit dem Ordermodul ist es nach erfolgreicher Evaluierung möglich eine automatische Umsetzung der Handelssignale via API bei den Brokern Interactive Brokers LLC und Sino umzusetzen. Da Investox nicht über eine

eigene Kursversorgung verfügt, kann man diverse Datenquellen anbinden. Für diese Arbeit wurde auf die Kursdatenhistorien von Premium Data zurückgegriffen, die im Metastockformat vorliegen.

2. MS Excel: Auswertungen, die nicht direkt in Investox möglich waren, sowie die grafische Aufarbeitung einiger Daten erfolgten mit Excel.

10.3 Portfolio / Testsegment

10.3.1 Testzeitraum

Neben der Selektion des zu testenden Marktes kommt der Auswahl eines ausreichend langen Datensatzes die größte Bedeutung zu: In ihm sollten alle Marktbedingungen (Hausse, Baisse und Konsolidierung) vertreten sind. Wenn man hier nicht akkurat arbeitet, wird dies mit hoher Wahrscheinlichkeit fatale Folgen für das Handelssystem haben und es wird wohl im realen Einsatz kläglich versagen.

Um überhaupt von einer statistischen Relevanz bei der Tradeauswertung ausgehen zu können, sollten mindestens 30 Trades im Testzeitraum enthalten sind.

Durch die geeignete Auswahl des Testzeitraumes soll das Ziel, valide Performancekennzahlen zu erhalten, gewährleistet werden: Einerseits soll durch die Einbeziehung der unterschiedlichsten Marktphasen, alle möglichen Zukunftsbedingungen simuliert werden, andererseits durch eine ausreichend hohe Anzahl an Trades während der verschiedenen Phasen die Robustheit gewährleistet werden.

10.3.2 Datenselektion

Neben der obigen Frage einer ausreichend langen und ausgewogenen Datenhistorie ist für die Aussagekraft und Prognosegüte eines Handelssystems die Selektion der Testmärkte essentiell. In der Regel erfolgt für Handelssysteme die Auswahl der zu testenden Werte nach den Kriterien Liquidität und Diversifikation.

Im Rahmen dieser Arbeit werden Handelssysteme anhand der Portfolios

- Aktie wird an der Nasdaq gehandelt
- „Mitglied im Nasdaq 100 Index“

analysiert. Die Forderung nach ausreichender Marktliquidität erfüllen die Nasdaq 100 Einzelwerte unbestritten. Die Forderung der Diversifikation sollte, trotz der Tatsache, dass es sich um einen Technologieindex handelt, bei einem Auswahluniversum von 100 Aktien dennoch gewährleistet sein. Die Gesamtheit der an der Nasdaq gelisteten Titel ist mit mehr als 2800 Aktien natürlich weit besser diversifiziert als der Nasdaq 100 Index, aber viele dieser Aktien sind logischerweise weniger liquide. Das Portfolio dient daher mehr dazu einen möglichst robusten Ansatz zu finden, der auf breiter Basis funktioniert.

10.3.3 Survivorship Bias

Speziell das schnelllebige Technologie Segment ist durch viele Übernahmen und Pleiten geprägt. So darf es auch nicht wundern, dass in den letzten 15 Jahren durchschnittlich 16 der 100 Titel pro Jahr im Nasdaq 100 Index ausgetauscht wurden. Nur 18 der 1995 im Index enthaltenen 100

Unternehmen sind heute noch im Index vertreten. Ein Test mit den 100 heute im Index enthaltenen Aktien für die letzten 16 Jahre wird daher je nach Handelsansatz zu signifikant anderen Ergebnissen führen wie Derselbe Test auf die jeweils zum Handelszeitpunkt im Index enthaltenen Titel.

Für die Tests in dieser Arbeit werden sowohl auf Survivorship verfälschte Daten als auch auf Survivorship Bias free zusammengestellte Daten zurückgegriffen. Als Datenbank werden Daten von Premium Data verwendet, die neben den aktuellen Titeln auch alle delisteten Titel enthalten. Um den Survivorship Bias zu Eliminieren kommt eine selbstentwickelte HistoricalIndexMemberShip Verwaltung zum Einsatz, die zu jedem Zeitpunkt sicherstellt, dass nur Indexmitglieder selektiert werden können, die zum entsprechenden Tradezeitpunkt auch im Index enthalten waren. Dies führt dazu, dass insgesamt rund 300 Aktien im Zeitraum dieser 16 Jahre im Test enthalten sind. Einige Titel sind in dieser Zeit bis zu 3 mal aufgenommen worden und wieder ausgeschieden.

10.4 Benchmark

Quantitative Handelssysteme gehen davon aus, dass es in den Finanzmärkten durch Übertreibungen, und massenpsychologischen Verhaltensmuster regelmäßig zu Fehlbewertungen kommt und versuchen diese durch Regelsätze auszunutzen.

Die traditionelle Kapitalmarkttheorie stellt sich dieser Annahme vehement entgegen. Die Effizienzmarkthypothese (EMH) postuliert, dass die Märkte stets informations- und bewertungseffizient sind. Demzufolge ist es unmöglich durch regelbasierte Informationsauswertung signifikante Überrenditen (Abnormal Returns) zu erzielen.

Abnormal Returns würden sich ergeben, wenn das Handelssystem eine höhere Rendite als die nach kapitalmarkttheoretischen Regeln geführte Benchmark erwirtschaftet. Zur Quantifizierung der Überlegenheit eines Handelssystems gegenüber der passiven Anlagestrategie sollten nicht nur eindimensionale Kennzahlen wie z. B. Rendite pro Zeitraum herangezogen werden, sondern geeignete Verfahren zur risikoadjustierten Performancemessung.

Die Aufgabe der Benchmark liegt darin, die Performance und Risikodaten eines im Sinne der EMH effizienten Marktes als konkretes Ziel für die Handelssysteme vergleichbar zu machen.

Insofern entspricht die Benchmark immer einer Buy und Hold Strategie:

- Aufgrund der unterstellten Informations- und Bewertungseffizienz sind Aktien jederzeit korrekt bewertet und es gibt somit keinen günstigen Zeitpunkt zum Erwerb.
- Aus demselben Grund können Aktien auch niemals überbewertet sein und ein zwischenzeitlicher Verkauf verbietet sich hierdurch ebenfalls.
- Demzufolge werden Aktien einfach immer „gehalten“.

Sharp fordert für einen geeigneten Benchmark folgende vier Kriterien:

- Die Benchmark muss vor der 1. Transaktion des Handelssystems bekannt sein
- Der Handel muss zu marktüblichen Kosten erfolgen
- Die Benchmark darf nicht „allzu leicht“ zu schlagen sein und muss gut diversifiziert sein
- Die Benchmark soll eine real erwerbbar Anlage darstellen

10.4.1 Benchmarkproblematik

Nach meiner Auffassung sprechen folgende Punkte gegen die Verwendung einer Benchmark:

- Da ein Handelssystem nicht an allen Tagen des Jahres aktiv ist, stellt sich die Frage ob es zulässig ist, bestimmt Systemkennzahlen zu annualisieren um einen zeitgewichteten Vergleich mit der Benchmark zu erreichen.
- Der Nasdaq 100 als Index scheint auf den ersten Blick als das geeignetste Instrument. Beim näheren Hinschauen stellt man jedoch fest, dass der Index Freefloat gewichtet ist und damit zB. aktuell AAPL einen Indexanteil von rund 25% hat. Damit ist der Index nicht besonders gut diversifiziert.
- Wenn man Daten verwendet, die vom Survivorship Bias „befallen“ sind, verbietet sich der Vergleich mit Survivorship Bias freien Daten wie zB. dem Nasdaq 100 oder Nasdaq Composite Index. Hierfür muss man sich geeignete Benchmarks selber zusammenstellen.

11 Bewertung eines quantitativen Handelssystems

Das Ziel eines jeden Handelssystems ist über algorithmische Kauf und Verkaufsentscheidungen eine möglichst hohe (Über-)Rendite zu erzielen. Die im Backtest erzeugten Trades / Handelsportfolios müssen mit geeigneten Methoden ausgewertet werden um sicherzustellen, dass die getesteten Verfahren hinreichend robust sind.

11.1 Performance Kennzahlen

Im Folgenden werden die in dieser Arbeit verwendeten Kennzahlen und deren Berechnungsmethode kurz vorgestellt.

11.1.1 Arithmetischer Mittelwert / Durchschnittlicher Return

Die durchschnittlich je Trade erzielte Rendite (average Profit) eines Handelssystems ist der einfache Mittelwert aller n (abgeschlossenen) Transaktionen.

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$$

mit n: Anzahl aller Trades
 r_i Rendite der i-ten (abgeschlossenen) Transaktion
 Optional kann auch die letzte offene Position in die Berechnung mit einfließen.

11.1.2 Arithmetischer Mittelwert / Durchschnittlicher Return je Zeiteinheit

Da der Faktor time to market ein nicht unerhebliches Risiko für das eingesetzte Kapital darstellt, ist es essentiell zu wissen, wie hoch die durchschnittlich pro investierter Zeiteinheit erzielte Rendite ist.

$$\overline{r \Delta t} = \frac{\bar{r}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i}$$

mit $\bar{r}$ Arithmetischer Mittelwert der Renditen
 n: Anzahl aller Trades
 t_i Handelsdauer der i-ten (abgeschlossenen) Transaktion
 Optional kann auch die letzte offene Position in die Berechnung mit einfließen.

11.1.3 Trefferquote

Die Trefferquote beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Trade einen positiven Return abwirft.

$$\%win = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\max(0, r_i)}{|r_i|}$$

mit n: Anzahl aller Trades
 r_i Rendite der i-ten (abgeschlossenen) Transaktion.
 Optional kann auch die letzte offene Position in die Berechnung mit einfließen.

11.1.4 Profitfaktor

Der Profitfaktor gewichtet das Verhältnis von durchschnittlichen Gewinnen und Verlusten mit der Trefferquote. Der Wertbereich des Profitfaktors beginnt bei 0 (kein einziger profitabler Trade im System) und ist nach oben offen. Erst ab einem Profitfaktor von > 1 sind Systeme gewinnbringend.

$$Profitfaktor = \frac{Anzahl\ Gewinntrades}{Anzahl\ Verlusttrades} \frac{durchschnittlicher\ Gewinntrade}{durchschnittlicher\ Verlusttrade}$$

11.1.5 Standardabweichung der Returns

Die empirische Varianz und die empirische Standardabweichung fußt auf der quadratischen Abweichung der Einzelrenditen zu Ihrem Mittelwert. Die Varianz stellt den Mittelwert der quadratischen Abweichungen dar:

$$var(r) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2$$

Die empirische Standardabweichung stellt die Wurzel der Varianz dar:

$$\sigma(r) = \sqrt{var(r)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}$$

mit n: Anzahl aller Trades
 r_i Rendite der i-ten (abgeschlossenen) Transaktion
 Optional kann auch die letzte offene Position in die Berechnung mit einfließen.

11.2 Rendite-Risiko Kennzahlen

Die Angabe einer absoluten Performancezahl alleine ist für ein Handelssystem nicht zielführend. Vielmehr stellt sich die Frage mit welchem Risiko (für das Geld des Anlegers) diese Rendite erzielt wurde. Eine Festgeldrendite von 10% p.a. ist einer Anlage in einem Aktienfonds der unter hohen Schwankungen ebenfalls 10% Rendite p.a. für den gleichen Zeitraum erzielt eindeutig überlegen. Es werden also Messgrößen benötigt um risikoadjustierte Returns erfassen zu können.

11.2.1 Sharpe Ratio

Sharp veröffentlichte vor über 40 Jahren seine Sharp Ratio als zweidimensionales Performancemaß für Investmentfonds. Das Prinzip von Sharp wird über die Annahme begründet, dass Renditen normalverteilt seien. Mittlerweile hat sich dieses als Standardkennzahl zur Beurteilung risikoadjustierter Renditen etabliert

$$SR = A_{\Delta t} \frac{\bar{r} - r_f}{\sigma}$$

mit	$\bar{r}$	Arithmetischer Mittelwert der Renditen
	r_f	Risikofreie Rendite
	σ	Empirische Standardabweichung des Handelssystems
	$A_{\Delta t}$	Annualisierungsfaktor; zB. $\sqrt{12}$ bei der Betrachtung von Monatsrenditen

Das Hauptproblem bei Kennzahlen die standardabweichungsbasiert sind, ist dass diese sowohl negative wie positive Abweichung vom Erwartungswert gleichgewichtet erfassen. Für den Anleger stellt aber nur die Abweichung nach unten ein wirkliches Risiko dar. Abweichungen nach oben werden jederzeitig freudig „in Kauf“ genommen ohne dass diese als Risiko wahrgenommen werden.

Da die Entwicklung von Handelssystemen eigentlich immer zum Ziel hat, nicht normalverteilte Renditen zu generieren ist das Sharpe Ratio zur Bewertung von Handelssystemen nicht wirklich gut geeignet.

11.3 Kapitalkurven Analyse

Die aus allen Trades des Systems resultierende Kapitalkurve wird mittels geeigneter Methoden analysiert.

11.3.1 R^2 Bestimmtheitsmaß

Zur Berechnung Siehe Anhang 9.1.3

Das R^2 (Bestimmtheitsmaß) beurteilt die Güte einer Linearen Regression. Angewendet auf die Kapitalkurve eines Handelssystems gibt die Maßzahl Aufschluss darüber, wie geradlinig und konstant der Kapitalkurvenverlauf ist. Ein hohes R^2 alleine ist jedoch in keinsten Weise ein Beleg für ein gutes Handelssystem, da keine Aussage über die Steigung der Kapitalkurve enthalten ist. R^2 muss also immer im Kontext anderer Performancekennzahlen wie zB. dem arithmetischen Mittelwert je Trade, dem arithmetischen Mittelwert je Zeiteinheit oder der Steigung der Kapitalkurve betrachtet werden.

11.3.2 Maximaler Drawdown

Der Maximale Drawdown ist der historisch größtmögliche prozentuale Rückgang in der Kapitalkurve ausgehend von einem bis dahin gültigen Alltimehigh der Kapitalkurve im entsprechenden Testzeitraum.

$$\text{maxDD} = \min_{i=1,2,\dots,n-1} \left(\frac{\min \left[\max(r_1, r_2, \dots, r_i), r_{i+1}, r_{i+2}, \dots, r_n \right]}{\max(r_1, r_2, \dots, r_i)} - 1 \right)$$

mit n: Anzahl aller Perioden
 r_n Höhe der Kapitalkurve nach der n-ten (abgeschlossenen) Transaktion

Wenn man den maximalen Drawdown als Bewertungskriterium für ein Handelssystem heranzieht, stellt sich immer wieder die Frage, inwieweit ein historischer Drawdown ein geeigneter Schätzwert ist für zukünftige Drawdowns. Eine wesentlich bessere Einschätzung für zukünftige Drawdowns erhält man meiner Meinung nach durch die wesentlich aufwendigere Montecarlo Simulation, bei der die Trades nach Zufallsprinzip aus dem Testzeitraum zu einer neuen synthetischen Kapitalkurve angeordnet werden. Wenn man diesen Vorgang zB.1000 mal wiederholt erhält man eine gute Abschätzung der Verteilung möglicher zukünftiger Drawdowns.

11.3.3 MAR Ratio

Abgeleitet vom Maximalen Drawdown wird das MAR Ratio als Quotienten aus der annualisierten Rendite und dem maximalen Drawdown berechnet und stellt damit ein gutes Maß da, für den mentalen Stress, den ein Anleger pro jährlicher Renditeeinheit ausgesetzt ist. Da die Kennzahl aus dem Maximalen Drawdown abgeleitet wird, unterliegt sie derselben Einschränkung (Montecarlosimulation).

11.4 Systemstabilität und Robustheit

11.4.1 Cross Market Analyse

Hier wird das Handelssystem bei unverändertem Timeframe auf einen anderen Markt oder andere Wertpapiere angewendet.

11.4.2 Cross Time Frame Analyse

Durch Verändern des Timeframes von zB.Tageskursen auf Wochenkursen soll die Stabilität des Handelssystems geprüft werden. Für einige Ansätze kann dieses Vorgehen sinnvoll sein, für andere wiederum eher nutzlos. Ein System welches auf Tagesbars entwickelt wurde und das beim Überschreiten eines SMA200 eine Longposition eingeht, würde beim Umstellen auf Monatsbars mit einem 12 mal so langen Filter arbeiten wie in der Ausgangssituation. Eigentlich hat der Timeframe Wechsel in diesem System eine Parametervariation (s.u.) von 200 auf 2400 zur Folge und sollte im Rahmen dieses Testes überprüft werden.

11.4.3 Parametervariation

Wie sensibel reagiert das Handelssystem auf die Veränderung eines oder mehrerer Parameter? Persönlich finde ich, ist dies einer der wichtigsten Punkte beim Test von Handelssystemen. Da hierfür meist sehr viel Rechenzeit von Nöten ist, wird dieser Teil vielfach nicht oder nur unzureichend in der Systementwicklung berücksichtigt.

Wenn man hier sorgfältig arbeitet, lässt sich schnell erkennen, ob ein System überoptimiert ist (also zB. nur mit einem SMA233 funktioniert) oder in weitem Parameterumfeld stabile/robuste Erträge erzielt. Hierfür wird der zu testende Parameter im Brutforce Verfahren über den möglichen Eingabebereich „bewegt“ und die Performancekennzahlen der daraus resultierenden Handelssystemsubsets zu den jeweiligen Parametereinstellungen ermittelt und gespeichert. Die Ergebnisse lassen sich dann entweder tabellarisch oder in Form von Grafiken darstellen.

11.4.4 Zeitstabilität, Marktphasenabhängigkeit

Nachdem man anhand von ex-Post (in-sample) Daten vermeintlich optimale Parametereinstellungen für sein Handelssystem ermittelt hat, sollte man das System zur Vermeidung von Curvefitting auf ihm fremden (out of sample) Daten überprüfen. Erreicht das System mit den ihm nicht bekannten Daten danach ähnliche Ergebnisse wie im in-sample Bereich, so kann man von Zeitstabilität ausgehen.

Findet man bei diesem Test, dass keine Zeitstabilität vorliegt, hat man drei Möglichkeiten:

- Verwerfen
- Modifizieren, bis man zu einer Zeitstabilität kommt
- Den Lotto- /Roulette-Spieler mimen und das System trotzdem einsetzen

Wenn man zB. ein reines Aktienlong System hat, stellt sich die Frage, wie sich die Ergebnisse in den unterschiedlichen Marktphasen Hausse und Baisse darstellen und wie man die Phasen definiert. Am sinnvollsten erscheint es diese Phasen manuell im Chart zu selektieren und die Systemergebnisse für die unterschiedlichen Zeitabschnitte separat zu ermitteln.

II. Literaturverzeichnis

- Kaufmann, P. J. (2005). *NEW TRADING SYSTEMS AND METHODS* (4. ed.). New Jersey: Wiley Trading.
- Kroll, & Chande. (1994). *The New Technical Trader*.
- Legahn, D. (12 / 2009). So finden Sie den besten Trend. *Traders'*, 56-60.

III. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 3-1 Nettoprofit in Abhängigkeit der Regressionslänge.....	8
Abbildung 3-2 MAR Ratio in Abhängigkeit der Regressionslänge.....	8
Abbildung 3-3 Überrendite pro Tag in Abhängigkeit der Regressionslänge.....	8
Abbildung 3-4 Portfolio Kapitalkurve einfaches Regressionsgeraden Handelssystem.....	9
Abbildung 3-5 Nasdaq Composite Index: Verteilung R^2 / Steigung der Regressionsgeraden	11
Abbildung 4-1 R^2 Spektrum.....	13
Abbildung 4-2 Portfoliokapitalkurve des Handelssystem R^2 optimierte Regressionslänge , $R^2 > 95\%$	16
Abbildung 4-3 Unterschied R^2 -Spektrum und R^2 -Smoothing-Spektrum	17
Abbildung 4-4 Unterschied im zeitlichen Verlauf der Regressionslängen der Verfahren R^2 und R^2 Smoothing.....	18
Abbildung 4-5 Zeitlicher Verlauf von R^2 Smoothing, ermittelter Regressionslänge, Steigung und resultierende Trades	18
Abbildung 4-7: Apple Aktie mit fixer Regressionslänge von 90 Tagen , R^2 und resultierender Trades	21
Abbildung 4-6 Apple Aktie mit zeitlichem Verlauf R^2 , ermittelter Regressionslänge, Steigung und Trade.....	21
Abbildung 4-8 Anteil der Nasdaq 100 Aktien mit steigender Regressionsgerade.....	22
Abbildung 5-1 Anteil Nasdaq 100 Aktien mit Positionen.....	24
Abbildung 5-2 Nasdaq 100 Portfolio Test.....	26
Abbildung 5-3 Kapitalkurve Marktbreitefilter im Vergleich.....	28
Abbildung 9-1 Lineare Regressionsgerade, SMA, gleitende Regression	34
Tabelle 3-1 Tradekennzahlen einfaches Regressionsgeraden Handelssystem.....	9
Tabelle 3-2 R^2 als Filter für den Einstieg in Trades eines "fixe Regressionslänge" Systems	10
Tabelle 3-3 R^2 als Exitkriterium für einfaches Regressionsgeraden Handelssystem.....	12
Tabelle 4-1 R^2 als Filter für den Einstieg in Trades	15
Tabelle 4-2 Nasdaq 100 Index Parametervariation R^2 Smoothing Faktor.....	19
Tabelle 4-3 Vergleich R^2 und R^2 Smoothing anhand der Nasdaq 100 Aktien.....	20
Tabelle 4-4 Durchschnittliche Tagesrenditen in Abhängigkeit der im Uptrend befindlichen Aktien	23
Tabelle 5-1 Nasdaq 100 Portfolio Test	26
Tabelle 5-2 Nasdaq 100 Portfolio Jahresergebnisse.....	27
Tabelle 5-3 Kennzahlen R^2 optimiert + Marktbreite.....	28
Tabelle 6-1 Survivorship Bias R^2 Regressionsgerade	29
Tabelle 6-2 Survivorship Bias R^2 Regressionsgerade, $R^2 > 90\%$	30