



**Copenhagen
Business School**
HANDELSHØJSKOLEN

Kan kvantitative investeringsstrategier forbedre afkast/risiko på traditionelle porteføljer?

HD Finansiering

Opgaveløser: Christoph S. Junge
Vejleder: Erik Haller Pedersen

Handelshøjskolen i København
Institut for Finansiering

Maj 2011

Indhold

1.0 Indledning.....	4
1.1 Problemformulering.....	4
1.2 Afgrænsning.....	5
1.3. Metodevalg.....	6
2.0 Modern Portfolio Theory (MPT)	6
2.1 Efficiente porteføljer og Minimum-Varians-Porteføljen	10
2.2 Historisk performance af MVP porteføljen	12
3.0 Hvad er kvantitative investeringsstrategier?.....	14
3.1 Kvantitativ investering og hypotesen om efficiente markeder	14
3.2 Fordele ved kvantitative strategier	17
3.3 Behavioral Finance og kvantitativ investering	18
3.3.1 Disposition effect	18
3.3.2 Prospect Theory	19
3.3.3 Status Quo Bias	20
3.3.4 Perception (Opfattelse)	21
3.3.5 Overconfidence (For stor selvtillid)	21
3.3.6 House Money Effect	22
3.3.7 Snake-Bit Effect	22
3.3.8 Delkonklusion.....	22
3.4 Performance af kvantitative investeringsstrategier.....	23
3.5 C++ løsning til test af kvantitative modeller	24
4.0 Hvilke kvantitative strategier findes?.....	27
4.1 Trendfølgende strategier.....	28
4.1.1 Indikatorer til identificering af en trend	28
4.1.2 Glidende gennemsnit	28
4.1.3 En simpel implementering af en SMA strategier	30
4.1.4 Er det en fordel at anvende stop-loss?.....	31
4.1.5 Delkonklusion.....	33
4.1.6 Oscillatorer.....	33
4.2 Mean-reverting/statistical arbitrage strategier	36
4.2.1 Pairs trading	37
4.2.2 Implementering af en pairs trading strategi	38

4.2.3 Noise Trader Risk.....	45
4.3 En avanceret trendfølgende investeringsstrategi.....	46
4.3.1 Backtest af perioden fra 01.1995 til 01-2011	47
5.0 Performancemåling.....	50
5.1 Er manageren god til at time?	50
5.2 Sharpe Ratio.....	53
5.3 Treynor	55
5.4 Jensens Alpha.....	55
5.5 Performancemåling af Pairs Trading Strategien	56
5.5.1 Nøgletal.....	56
5.6 Performancemåling af Trendfølge Strategien	57
5.6.1 Timing	57
5.6.2 Nøgletal.....	59
5.7 Er afkast normalfordelt?.....	60
6.0 Kvantitative strategier i porteføljesammenhæng.....	62
6.1 Minimum-Varians-Portefølje med kvantitative strategier	62
6.2 Maksimum-Sharpe-Ratio-Portefølje med kvantitative strategier.....	69
7.0 Konklusion	71
7.1 Perspektivering til fremtidige undersøgelser.....	73
8.0 Litteraturliste	74
9.0 Bilag.....	75

1.0 Indledning

Kapitalforvaltning er et utroligt konkurrencepræget område med lave indgangsbarrierer og direkte konkurrenceparametre som afkast og risiko. Hypotesen om de effiente markeder siger, at ingen kan opnå konstant overnormalt afkast. Men alligevel prøver hedgefonde, kapitalforvaltere og investeringsbanker over hele verden at slå markedet hver eneste dag og beskæftiger tusindvis af analytikere, handlere og porteføljemanagere som gør deres yderste for at tjene penge til deres kunder og arbejdsgivere.

En særlig kategori af dem kaldes for "Quants", kvantitative analytikere, som udvikler avancerede matematiske modeller som kun har ét formål: at tjene penge.

Formålet med matematiske modeller til investering er oplagt. Modeller har ingen følelser og kender hverken grådighed eller frygt og kan dermed fokusere på fakta og omsætte data til handler. Men kan disse modeller virkelig genere et højere afkast end markedet?

I denne opgave vil jeg gå nærmere ind på hvad kvantitative investeringsteknikker er, beskrive trendfølgende og statistical arbitrage strategier og programmere vha. C++ programmering konkrete eksempler på mulige strategier. Til sidst undersøger jeg om strategierne har en positiv indflydelse i en porteføljesammenhæng.

Min store interesse for porteføljeteori og især alternative investeringsformer blussede op under finanskrisen i efterår 2008 og forår 2009. Jeg var ikke tilfreds med at traditionelle porteføljer som kun består af aktier og obligationer ikke beskyttede investorerne godt nok mod de til dels enorme tab. Det var her, hvor jeg begyndte at interessere mig for kvantitative investeringsstrategier og at bygge de første modeller, for at beskytte mine kunder bedre ved den næste store krise.

1.1 Problemformulering

Med udgangspunkt i indledningen ønsker jeg at undersøge om kvantitative investeringsteknikker kan forbedre afkast/risiko forholdene på traditionelle porteføljer kun bestående af aktier og obligationer.

For at undersøge dette vil jeg besvare følgende spørgsmål i min opgave:

- Hvad er kvantitative investeringsteknikker?
- Hvad er de mest udbredte kvant-modeller og hvordan fungerer de?
- Kan jeg finde profitable modeller?
- Hvordan har disse modeller klaret sig de senere år? (backtest)
- Er afkast på modellerne ukorreleret med andre aktivklasser som aktier og obligationer?
- Tilføjer modellerne værdi til traditionelle porteføljer?

1.2 Afgrænsning

For ikke at overkomplicere opgaven har jeg valgt at belyse en tysk investor som kun investerer i værdipapirer i EUR for at undgå valutaomregninger og de dermed forbundne udfordringer. Konkret står to investeringsmuligheder til rådighed: DAX performanceindeks som er en aktieindeks over de 30 største børsnoterede selskaber i Tyskland og som udover kursperformance også indeholder dividender og REXP, en tysk obligationsindeks som er en "total return" indeks inkl. renter og kursgevinster. Disse to indeks vurderes at være tilstrækkelige for at kunne simulere veldiversificerede porteføljer, i og med disse indeks afdækker en stor del af det tyske marked for henholdsvis obligationer og aktier. Da det tyske aktiemarked er et meget internationalt marked (qua de mange eksportvirksomheder) får man stadigvæk som EUR investor en international eksponering selvom man kun investerer i tyske selskaber.

Jeg har undersøgt tidsrummet 01.01.1995 – 31.01.2011 da perioden anses for at være tilstrækkelig lang nok og samtidig anses perioden for mere retvisende for aktuelle markedsforhold, end tidsperioder som går endnu længere tilbage.

Jeg ser bort fra det risikofri aktiv og et lånemarked som investeringsmuligheder og bruger det risikofri aktiv kun til beregning af nøgletal. Den eneste mulighed for at "geare" en portefølje bliver således ved at gå kort i et aktiv og investere provenuet i et andet aktiv. Desuden ser jeg bort fra skatter og eventuelle handelsrestriktioner. I nogle af mine beregninger tager jeg hensyn til transaktionsomkostninger men ser generelt bort fra såkaldt "slippage", hvilket er forskellen mellem den teoretisk handlebare pris og en i realiteten muligvis afvigende kurs.

Derudover har jeg valgt kun, at præsentere de mest udbredte kvantitative teknikker og indikatorer som jeg selv bruger i udviklingen af de to strategier, som jeg beskriver i opgaven.

Teorierne omkring den efficiente markedshypotese og behavioral finance vil kun blive behandlet deskriptivt, dvs. jeg afgrænser mig fra at anvende empiriske undersøgelser for at undersøge om fx det tyske marked er efficient eller ej.

1.3. Metodevalg

Jeg har valgt at lægge hovedvægten i min opgave på empiriske undersøgelser i stedet for en ren teoretisk beskrivelse. Derfor har jeg også brugt det meste af tiden på fremskaffelse af data, klargøring af tidsserier, programmering af strategier og til sidst, på baggrund af mine data, at undersøge problemstillingen. Jeg starter med en teoretisk beskrivelse af hvad "Modern Portfolio Theory" (MPT) er, og hvordan den anvendes for at optimere sammensætningen af porteføljer bestående af finansielle aktiver for at skabe et godt grundlag for forståelsen af resten af afhandlingen.

Efterfølgende fortsætter jeg med en teoretisk beskrivelse af de to mest udbredte kvantitative investeringsstrategier, trendfølgende og mean-reverting modeller, og udvikler selv både en mean-reverting og en trendfølgende strategi og tester dem på historiske data. Analyseperioden er fra januar 1995 til og med januar 2011 og dataserierne består af daglige og månedlige observationer af lukkekurser. Ved diskussionen af fordelene ved kvantitativ investering går jeg også ind på de psykologiske effekter som kan påvirke ens finansielle dispositioner, kaldet Behavioral Finance. Til sidst undersøger jeg om mine modeller har en positiv indflydelse på den traditionelle portefølje bestående af DAX og REXP som jeg introducerede i afsnittet om MPT.

2.0 Modern Portfolio Theory (MPT)

Harry M. Markowitz, som ofte bliver betragtet som opfinder af Modern Portfolio Theory, grundlagde store dele af teorien i sin Ph.D. afhandling 1952 og fik senere nobelprisen for sin teori (Dreman, 1998, s. 399).

Grundtanken bag MPT er, at man ikke skal udvælge finansielle aktiver ud fra en individuel betragtning, men at man i stedet betragter kovariansen mellem aktiverne for at finde kombinationer, som giver det samme afkast ved en lavere risiko eller et højere afkast ved samme risiko som det enkelte aktiv. Populært sagt betyder det, at man ikke skal lægge alle æg i én kurv.

Matematisk udtrykt kan det forventede afkast af en portefølje beskrives som den vægtede sum af aktivernes forventede afkast (Elton, 2010, s. 69):

$$E(R_p) = \sum_i w_i E(R_i)$$

For at beregne det forventede afkast af en portefølje skal man selvfølgelig have en idé om hvad det forventede afkast på de enkelte aktiver er. Man kan enten vælge estimer fra analytiker, CAPM, APT eller andre modeller, eller anvende det aritmetiske gennemsnit af de historiske afkast. Jeg har valgt at betragte historiske data som estimat for det forventede afkast, da jeg anser det som et godt estimat hvis den betragtede periode er langt nok. I undervisningen på CBS bliver samme metode anvendt.

En porteføljes afkast uden gearing kan maksimalt være så høj som afkastet på det aktiv med det højeste afkast.

For at beregne risikoen (standardafvigelsen) på en portefølje bestående af to aktiver skal man udover standardafvigelsen på aktiverne også kende korrelationen eller kovariansen mellem de to aktiver:

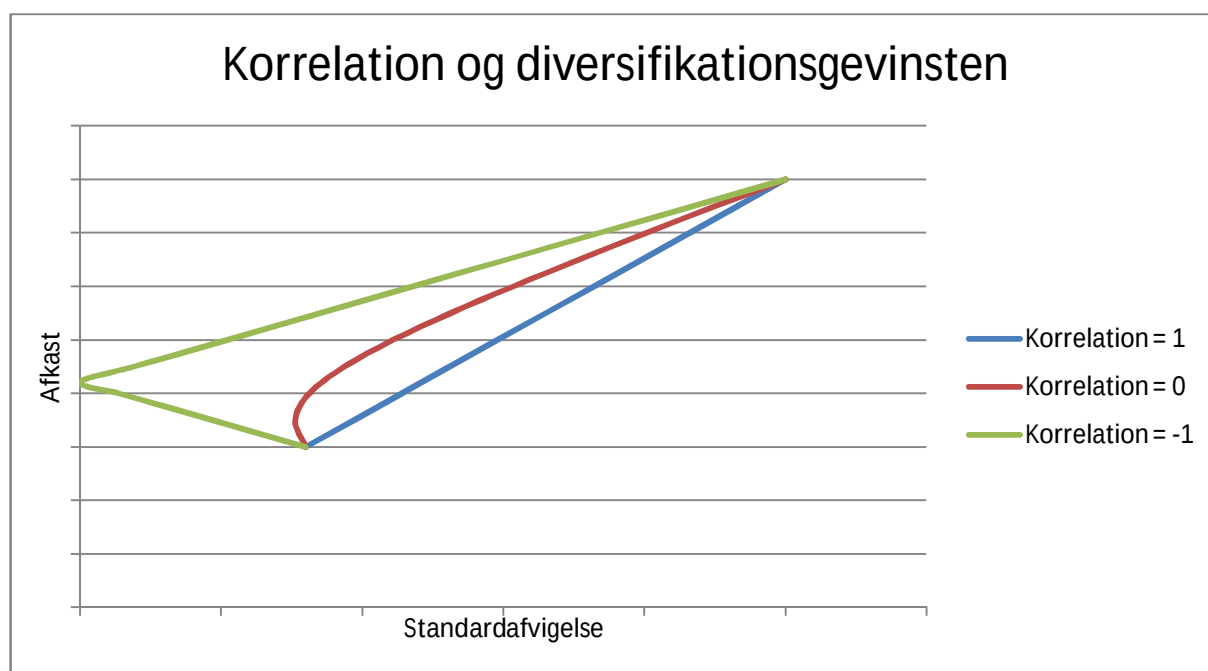
$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_{Aktiv A}^2 * W_{Aktiv A} + \sigma_{Aktiv B}^2 * W_{Aktiv B} + 2 * W_{Aktiv A} * W_{Aktiv B} * cov(A, B)}$$

$$\text{Hvor } cov(A, B) = \rho * \sigma_{Aktiv A} * \sigma_{Aktiv B}$$

Hvor ρ = korrelationskoefficienten mellem Aktiv A og Aktiv B.

$$\rho = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i - \mu_x}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \mu_y}{s_y} \right)$$

Markowitz brugte ikke kun det forventede afkast og risiko for at bestemme risikoen og det forventede afkast af en portefølje, men brugte også sammenvariationen mellem de forskellige aktiver. Det viser sig, at hvis man vælger aktiver med en korrelationskoefficient som er mindre end én, at man kan få et bedre risikojusteret afkast end ved en direkte investering i bare ét aktiv.

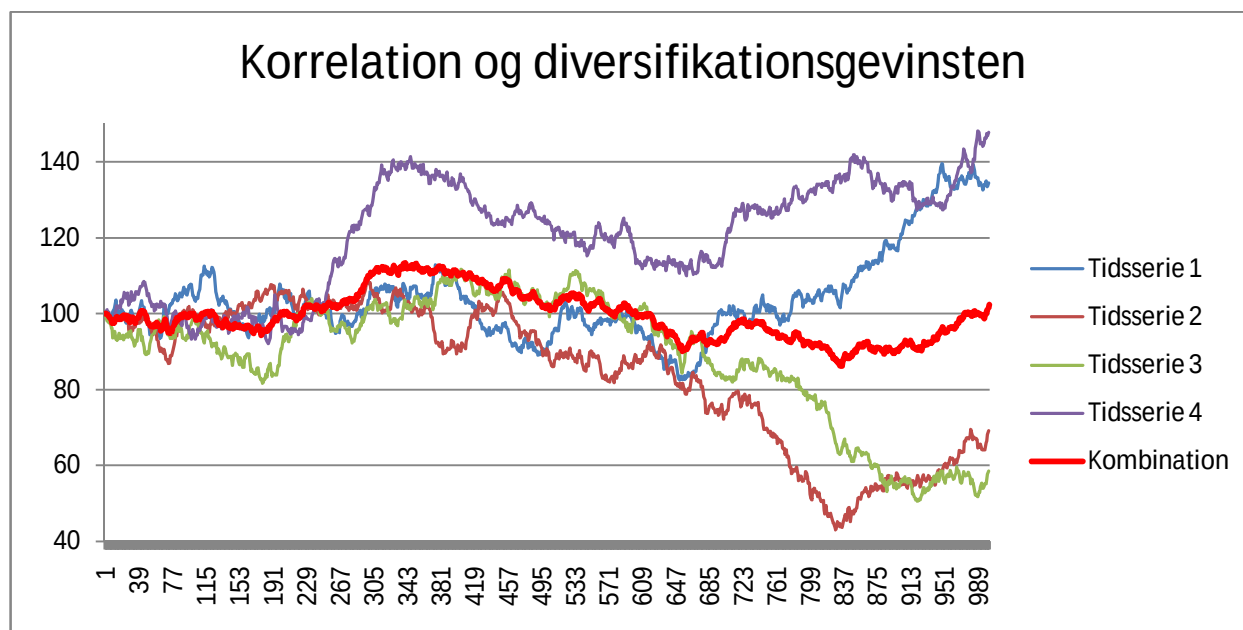


Figur 1
Kilde: Egen tilvirking

Ved perfekt negativ korrelerede aktiver går standardafvigelsen i nul.

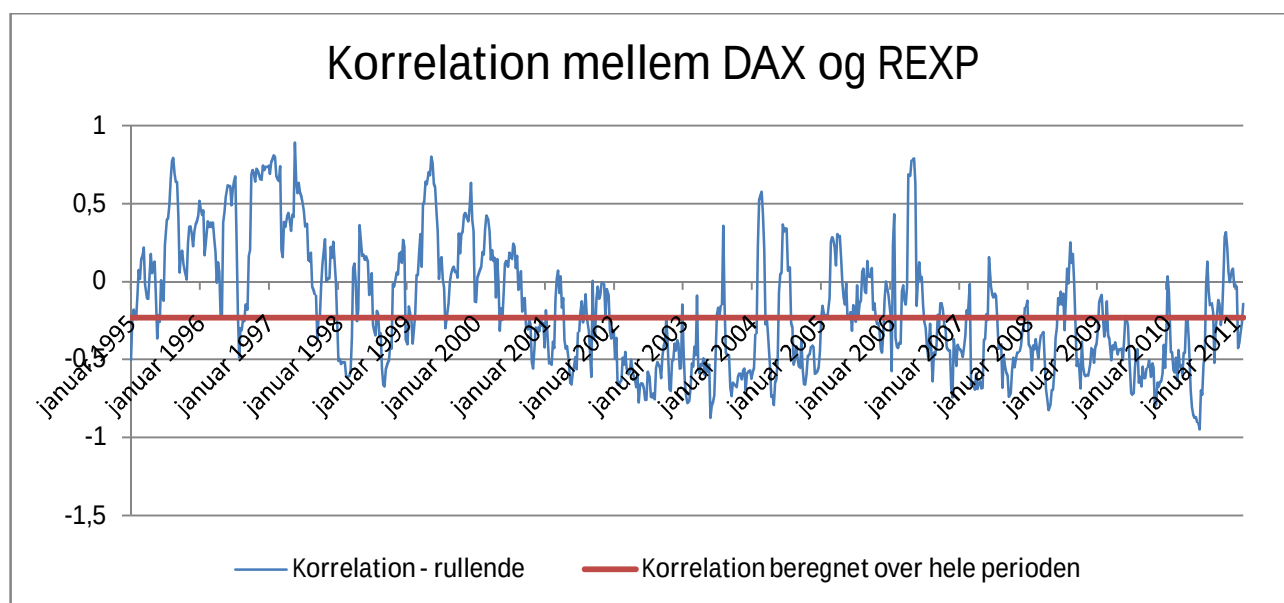
For at gøre diversifikationseffekten mere synligt har jeg vha. funktionen "Generering af tilfældige tal" i Excel simuleret fire forskellige, fra hinanden uafhængige aktiekursudviklinger med 1000 tilfældige tal hvor de daglige afkast er normalfordelte med middelværdi 0 og standardafvigelse 1.

Figur 2 viser tydeligt at en kombination med lige andele mellem de 4 aktier giver en meget lavere standardafvigelse at hver for sig. Som nævnt har afkastene på de genererede aktier en standardafvigelse på ca. 1. Kombinationen af de 4 har en standardafvigelse på ca. 0,005.



Figur 2
Kilde: Egen tilvirkning

Det skal dog bemærkes at korrelationer ikke er statiske. Korrelationer ændrer sig over tiden. Figur 3 viser den rullende 10 ugers korrelation mellem DAX og REXP index over de sidste 16 år. Korrelationen svinger mellem +0,89 og -0,95. Korrelationen beregnet over hele tidsserien er -0,2303. Dermed kan korrelationen betegnes som værende negativ, dog med afvigelser i perioder.



Figur 3
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

2.1 Efficiente porteføljer og Minimum-Varians-Porteføljen

For at en portefølje (en kombination af to eller flere værdipapirer) anses for at være efficient må der ikke være andre kombinationer som enten giver et højere afkast ved samme risiko eller det samme afkast ved lavere risiko.

DAX og REXP har i perioden 01.1995 – 02.2011 haft et gennemsnitligt månedligt afkast og en månedlig standardafvigelse samt korrelation som vist i tabel 1.

REX		DAX		Korrelation	Kovarians
Gns. Afkast	0,4790%	Gns. Afkast	0,8720%	-0,302640299	-0,00019
StdDev	0,9610%	StdDev	6,5390%		

Tabel 1

Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

Kombinationen af de to aktiver som har den laveste standardafvigelse kaldes for "Minimum-Varians-Porteføljen" eller kort "MVP".

Det matematiske udtryk for at finde MVP er (Elton, 2010, s. 93)

$$\text{Andel Aktiv B} = \frac{(\sigma_{\text{Aktiv A}}^2 - \text{Kovarians}_{A,B})}{(\sigma_{\text{Aktiv A}}^2 + \sigma_{\text{Aktiv B}}^2 - 2 * \text{Kovarians}_{A,B})}$$

$$\text{Andel Aktiv A} = 1 - \text{Andel Aktiv B}$$

Indsættes værdierne fra tabel 1 fås følgende andele for MVP:

REXP = 0,940502

DAX = 0,059498

Indsætter man vægtene for REXP og DAX samt værdierne fra tabel 1 i formlerne for henholdsvis afkast og standardafvigelse af en portefølje fås nedenstående resultater

Tabel 2 viser at afkastet på MVP er højere end på REXP samtidig med at standardafvigelsen er lavere.

	REXP	DAX	MVP
Gns. Afkast	0,4790%	0,8720%	0,5024%
StdDev	0,9610%	6,5390%	0,8691%

Tabel 2

Kilde: Egen tilvirkning

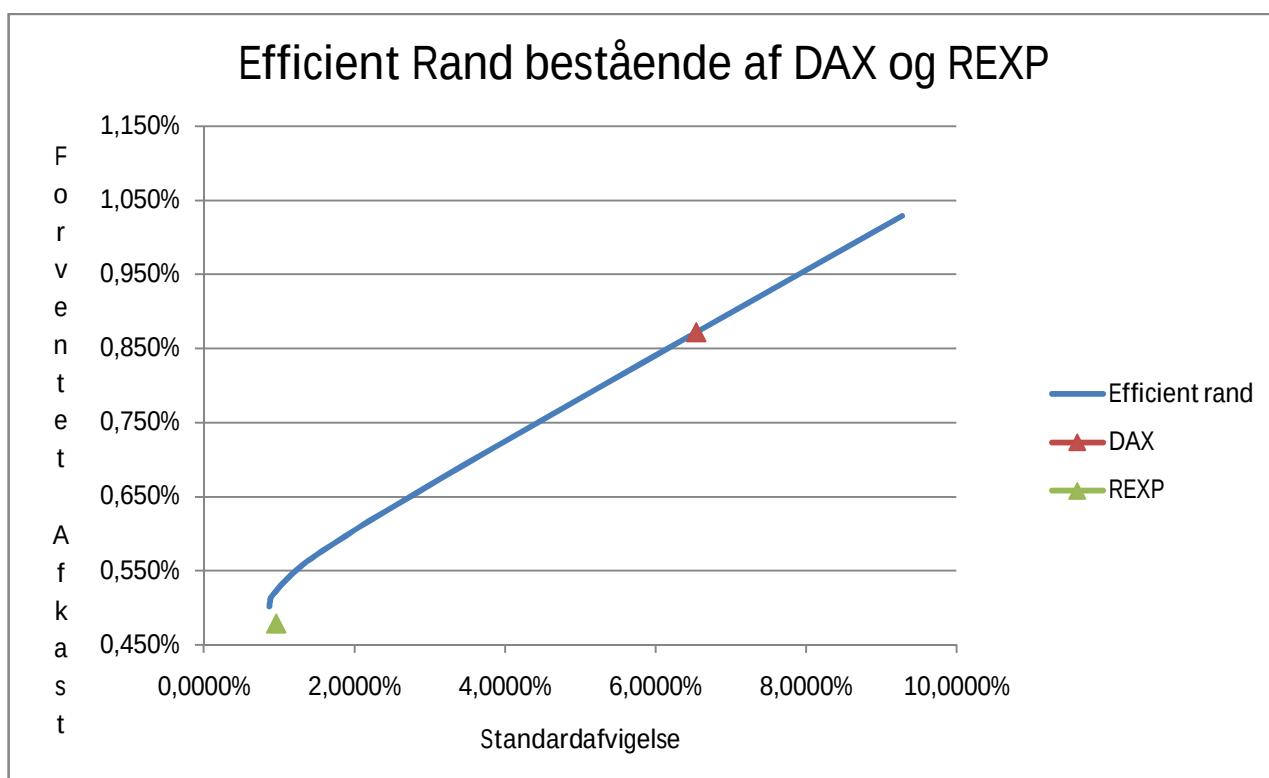
Tager man udgangspunkt i MVP og øger andelen i DAX samtidig med at reducere andelen i REXP får man flere punkter på den efficiente rand.

Andel REX	0,940502	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Andel DAX	0,059498	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Gns. Afkast	0,502%	0,518%	0,558%	0,597%	0,636%	0,676%	0,715%	0,754%	0,793%	0,833%	0,872%
StdDev	0,8691%	0,9129%	1,3011%	1,8714%	2,5022%	3,1575%	3,8247%	4,4984%	5,1763%	5,8567%	6,5390%

Tabel 3

Kilde: Egen tilvirkning

Grafisk ser sammenhængen mellem risiko og afkast således ud.

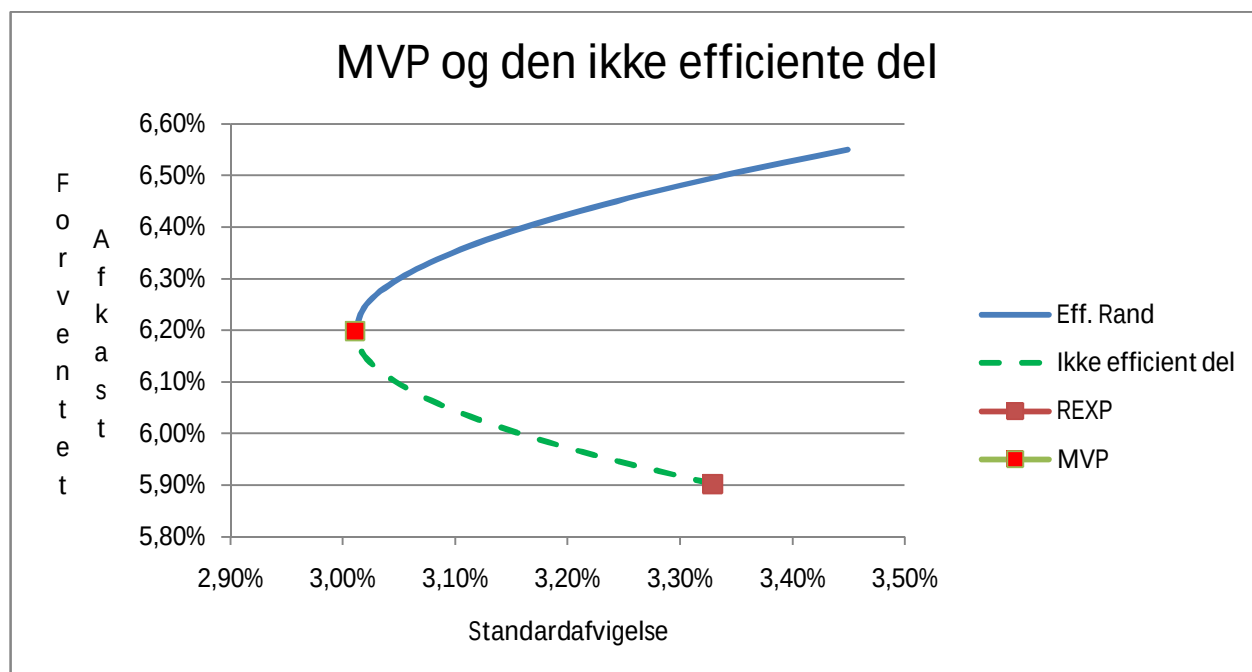


Figur 4

Kilde: Egen tilvirkning

En portefølje bestående af 100 % DAX ligger på den efficiente rand. Den del af den efficiente rand som ligger til højre for det røde trekant er med shortselling og dermed en negativ andel i REXP og en andel større end 100 % i DAX indekset.

Figur 5 viser også den ikke efficiente del af mulighedsområdet. En investering kun i REXP er ikke efficient, da en kombination af DAX og REXP giver et højere afkast ved lavere risiko.



Figur 5
Kilde: Egen tilvirkning

2.2 Historisk performance af MVP porteføljen

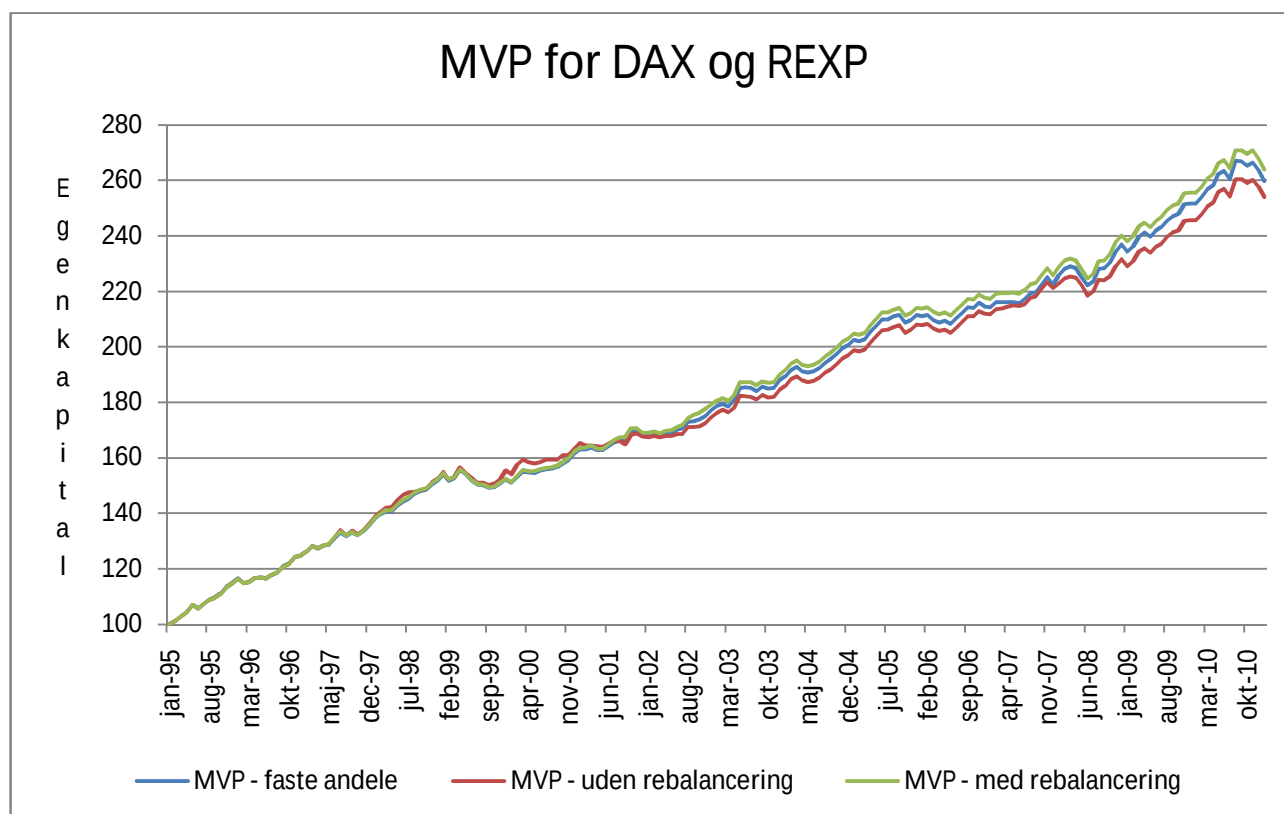
I dette afsnit undersøger jeg den historiske performance af MVP-porteføljen bestående af DAX og REXP indeks i perioden 03.01.1995 – 31.01.2011.

Havde man i januar 1995 investeret 94,05 % af kapitalen i REXP indekset og 5,95 % af kapitalen i DAX indekset, og havde man ikke rebalanceret porteføljen, så havde man fået et gennemsnitligt månedligt afkast på 0,486 % med en månedlig standardafvigelse på 0,9 %. Dog ændrer vægtningen sig under tiden ret kraftigt pga. forskellige afkast i de to indeks. Andelen i DAX indekset steg fx fra 5,95 % til op til 14,27 %. Dermed stiger risikoen naturligvis også.

Ønsker man at fastholde fordelingen af kapitalen mellem de to indeks skal porteføljen løbende rebalanceres. Jeg har valgt, at rebalancere vægtningen når andelen af DAX indekset steg til over 8 % og når den faldt til under 4 %. Grunden til at jeg har valgt disse niveauer er, at en for tæt bånd omkring startniveauet ville i praksis resultere i rigtig mange handler og dermed være forbundet med høje handelsomkostninger og meget arbejde. På den anden side skulle båndet ikke være for bredt for at risikoen ikke ændres for meget.

Rebalanceres porteføljen løbende fås et gennemsnitligt månedligt afkast på 0,506 % og en standardafvigelse på 0,863 %.

En portefølje med faste andele giver således et gennemsnitligt månedligt afkast på 0,502 % med en standardafvigelse på 0,869 %.



Figur 6
Kilde: Egen tilvirking / Data fra Reuters

Figur 6 viser den beregnede udvikling med indeks 100 for Minimum-Varians-Porteføljen bestående af DAX og REXP indeks. Den blå linje viser den lidt urealistiske antagelse at porteføljevægte er konstante, hvilket ville kræve en daglig rebalancering og dermed høje omkostninger i den rigtige verden. Den røde linje viser udviklingen uden rebalancering. Her kan porteføljevægtene afvige fra startniveauerne. Det interessante her er, at standardafvigelsen er den højeste af de 3 porteføljer samtidig med at afkastet er det laveste. Uventet for mig var at porteføljen med faste andele ikke, er den som har det bedste afkast/risiko forhold. Det er derimod porteføljen som løbende rebalanceres, når DAX andelen afviger mere end 2 procentpoint fra startværdien.

3.0 Hvad er kvantitative investeringsstrategier?

Der findes utallige metoder til at prisfastsætte og analysere handlebare aktiver. Aktieanalytiker fx kigger mest på indtjening, omsætning og gæld til egenkapital ratio for at finde en fair værdi af aktien. På valutamarkedene er det blandt andet renteniveauet, vækst i BNP og statsgælden, der er med til at danne en holdning til den fremtidige kursudvikling på et valutakryds. Disse metoder kaldes for fundamental analyse.

I modsætning til fundamental analyse bruges der ved kvantitativ analyse ingen fremtidige forventninger til vækst i omsætning eller udvikling i BNP men kun historiske prisdata på de aktiver, man ønsker at handle til at bestemme faste regler for en strategi, som så skal følges til punkt og prikke. Udviklingen på IT området de seneste 20-30 år har gjort kvantitativ analyse både nemmere og billigere i takt med faldende priser på hardware og udbredelsen af internettet og dermed adgang til historiske prisdata. Derudover kom internetmæglere på banen, hvilket gav adgang til børserne verden rundt til konkurrencedygtige priser. Markedet er uden tvivl blevet meget mere konkurrencepræget (Kaufman, 2005, s. 12).

3.1 Kvantitativ investering og hypotesen om efficiente markeder

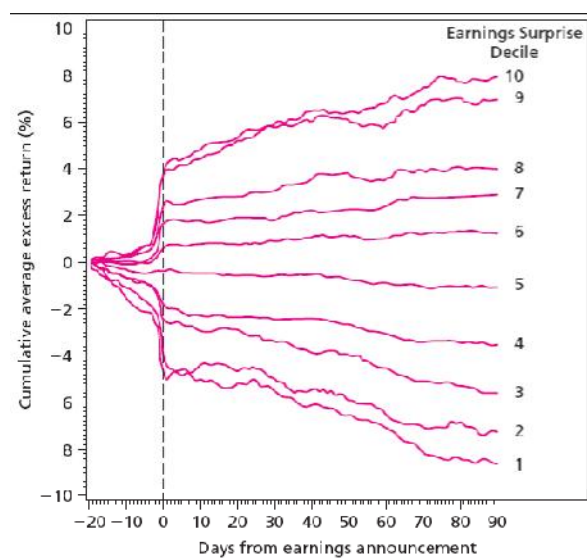
Hypotesen om efficiente markeder (efficient markets hypothesis - EMH) siger at markedsbevægelser ikke er forudsigelige da de følger en såkaldt "random walk", altså en hel tilfældig bevægelse. Dette skyldes, ifølge Eugene Fama, at al information allerede er inkluderet i prisen, og da nyheder kommer tilfældigt, må fremtidige prisbevægelser også være tilfældige. (Henderson, 2003, s. 58).

Der findes tre former for EMH: svag, semi-stærk, stærk.

Den svage form for EMH siger, at prisen allerede indeholder alle markedsinformationer som historisk kursdata, handelsvolumen mv. og at teknisk analyse dermed ikke fungerer, da købsignaler ud fra historisk kursdata omgående ville føre til en prisstigning, da alle ville handle på det.

Den semi-stærke form påstår at, udover markedsinformationer som i den svage form, al offentlig tilgængelig information som årsrapporter, nyheder mv. er priset ind i kursen. Den stærke form siger sågar at al offentlig og privat information, altså insiderinformationer, er reflekteret i prisen og at den pris, som et aktiv bliver handlet til, derfor må være den eneste rigtige pris for dette aktiv. Kommer gode eller dårlige nyheder ud antager EMH at prisændringen sker på selve annonceringsdagen men ikke i de efterfølgende dage da informationen allerede er kendt af alle markedsdeltagere og dermed er priset ind.

I 1982 offentliggjorde Richard Rendleman, Charles Jones og Henry Latane en undersøgelse i "Journal of Financial Economics", hvor de lige præcis undersøgte om det var tilfældet, at prisændringen efter nyheder er afsluttet på selve dagen eller om det trækker ud. De undersøgte aktiekurser af ca. 1.000 virksomheder omkring offentliggørelse af kvartalsrapporter i perioden 1972 – 1980. Figur 7 viser at informationen allerede nogle dage før begynder at lække ud og – endnu mere vigtigt – at prisbevægelsen fortsætter de næste 90 dage efter annonceringen af kvartalsrapporten. Aktien har altså "momentum" og befinder sig i en trend.



Figur 7

Originalkilde: Journal of Financial Economics, Vol 10, Issue 3, Rendleman, Jones, Latane, "Empirical anomalies based on unexpected earnings and the importance of risk adjustments", s. 269 – 287, 1982

Grafik fra: http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0073405175/534474/Chapter_8.pdf

En mulig forklaring til fænomenet kunne være, at især store institutionelle investorer først analyserer nøje om de vil købe aktien eller ej, da det er forbundet med relativt store omkostninger at bevæge flere millioner EUR ind og ud af en aktie. For at undgå fejl overvejes investeringen

måske i et par dage og dermed køber ikke alle investorer på nyhedsdagen men også i løbet af de næste dage og uger.

Det ville dog være interessant at se om den samme undersøgelse ville give det samme resultat i de senere år, da testperioden var før internettet blev udbredt. I dag er informationerne meget hurtigere tilgængelige og dermed kunne effekten være mindre.

Men hvis markederne virkelig er effiente – hvordan kan Warren Buffet (Berkshire Hathaway Inc.) eller Jim Simons (Renaissance Technology Corporation) outperforme markedet som de gør?

Jim Simons Medallion Fund har genereret et gennemsnitlig årligt afkast på 41,78 % siden marts 1988. (<http://www.insidermonkey.com/blog/2010/12/30/best-hedge-funds-jim-simons-medallion-fund%E2%80%99s-returns-and-alpha/>)

Jeg har valgt Jim Simons da han anvender kvantitative investeringsstrategier i sin fond. Figur 8 viser udviklingen i Warren Buffets Berkshire Hathaway Fond fra marts 1990 til marts 2011 sammenlignet med S&P 500 på en logaritmisk skala. Det skal dog bemærkes at Warren Buffet ikke anvender kvantitative strategier men såkaldt "value investing" i stedet. Jeg har alligevel valgt at bruge Warren Buffet da han er én af de mest kendte investorer, hvilket sikkert også skyldes hans gode performance.



Figur 8 – Viser udviklingen i Berkshire Hathaway (BRK-A) og S&P 500 indeks (^GSPC)
Kilde: <http://finance.yahoo.com/q/bc?s=BRK-A&t=my&l=on&z=l&q=l&c=^GSPC>

Jeg vil gerne benytte mig af et citat af Andrew W. Lo som han bruger i sin bog "A non-random walk down Wall Street", da jeg synes, at han beskriver det ret godt:

"Financial markets are predictable to some degree, but far from being a symptom of inefficiency or irrationality, predictability is the oil that lubricates the gears of capitalism." (Lo, 2002, s. 4)

Markederne er altså ikke inefficente, men dog så meget forudsigelige at det kan betale sig at bruge kræfter på det. Man kan også argumentere for, at hvis alle stoppede med aktiv investering og i stedet købte indeksfonde ville markederne muligvis blive mere inefficente da mindre afvigelser ikke med det samme ville blive arbitreret væk. Og så ville det være interessant igen at bruge kræfter på research.

3.2 Fordele ved kvantitative strategier

En væsentlig fordel ved kvantitative strategier er, at de kan testes på historiske data og dermed kan man se, om de havde været profitable eller ej. Dog skal det bemærkes at markederne løbende ændrer sig, og at historisk profitable strategier ikke nødvendigvis forbliver profitable. Kestner sammenligner profitabiliteten af en kvantitativ strategi med strålingen af et nukleart stof – den aftager eksponentielt med tiden (Kestner, 2003, s. 94). I og med at flere tusinde investorer deltager på markedet hver eneste dag og prøver at opnå en fordel overfor de andre markedsdeltagere, kan man være sikker på at ens profitable strategi på et tidspunkt også bliver "opfundet" af andre og dermed aftager profitabiliteten.

En anden fordel er, at når strategien først er lagt og programmeret, så kræver den ikke det store arbejde at følge. Rent faktisk kan man selv som privatinvestor programmere en strategi som selv handler på de genererede signaler via en såkaldt API-løsning (application programming interface) hos en af de større internetmæglere, som fx InteractiveBrokers eller sino AG, uden at man selv skal være aktiv eller foran en computer for den sags skyld.

Den tredje og måske største fordel af kvantitative strategier findes i menneskehedens svage punkt: vores psyke.

Hvorfor det lige præcis er vores psyke som er det svage punkt når det kommer til økonomiske beslutninger belyser jeg i næste kapitel.

3.3 Behavioral Finance og kvantitativ investering

Et af kritikpunkterne mod mange finansielle og økonomiske teorier er, at de anser mennesker som perfekt rationale og som udstyret med en ekstrem hurtig processor og uendelig RAM for at lynhurtig bearbejde enorme mængder af data for at komme med det optimale valg, taget al information i betragtning (Ackert, 2010, s. 83).

Faktum er, at mennesker ikke er computere og heller ikke af racen "homo oeconomicus", som er det perfekt økonomisk agerende menneske. Mennesker har følelser og begrænsninger mht. hvor mange informationer de kan bearbejde og hvor hurtigt de kan gøre det.

Behavioral finance forsøger at forklare, hvilken betydning psykologiske faktorer har på økonomiske beslutninger og kan være med til at forklare forskellige anomalier på de finansielle markeder ved at belyse hvordan investorer systematisk begår fejl i deres beslutninger. Jeg vil i dette kapitel beskrive de vigtigste biasens og heuristik som påvirker et menneske i finansielle beslutninger og komme ind på hvilke af disse psykologiske faldgruber man kan undgå og i bedste fald udnytte ved at anvende matematiske modeller i stedet for ens mavefornemmelse eller instinkt ved investering.

3.3.1 Disposition effect

Mennesker har fx en tendens til at realisere en for lille gevinst og dermed at sælge gode, nemlig stigende, aktier og samtidig ikke at realisere tab på faldende aktier. Dette fænomen kaldes for "disposition effect" (Ackert, 2010, s. 171). Kestner går også ind på dette område og gengiver en studie af Terrance Odean, professor i finansiering ved University of California, som i 1998 undersøgte 10.000 depots hos en stor discountmægler for at finde ud af, hvilke mønstre privatinvestorer handler efter når det kommer til hjemtagning af profit og realisering af tab. Over testperioden fra 1987 til 1993 solgte investorerne ca. 50 % mere aktier med profit end med tab.

Det kunne i første omgang virke logisk og tale for talent hos investorerne, at de rent faktisk havde købt flere "gode" aktier i stedet for dårlige. Men Odean undersøgte hvordan disse aktier udviklede sig de næste måneder: Aktier som blev solgt med gevinst, blev ved med at stige, mens aktier som blev beholdt med tab, blev ved med at falde. Faktisk var det ret markant. "Vinderaktier" som blev solgt outperformede markedet med 2,35 % året efter de blev solgt mens "taberaktier" som ikke blev solgt underperformede markedet med 1,06 %. Odean opdagede at privatinvestorer klarer sig dårligere end markedet, da de er tilbøjelige til at tage profit for tidligt, samtidig med at de holder fast i faldende aktier (Kestner, 2003, s. 25).

Hvilke konsekvenser det kan have ikke at begrænse sine tab, har jeg beregnet i afsnit 4.3.

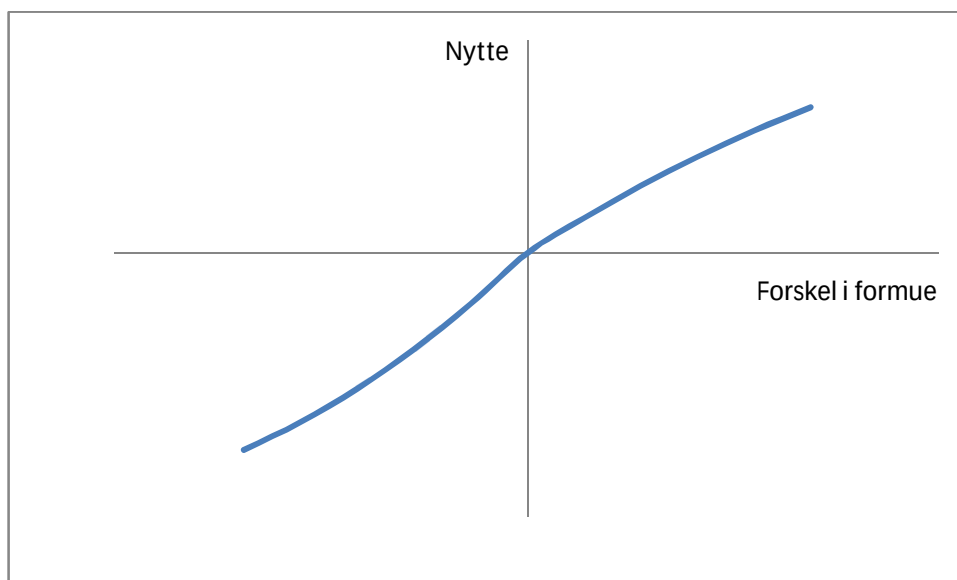
3.3.2 Prospect Theory

En mulig forklaring for "disposition effect" kunne være den af Daniel Kahneman og Amos Tversky udviklede "Prospect Theory", som går ud på at mennesker er mere risikoavers, når de har en profitabel investering, og bliver mere risikosøgende når deres investering går i minus (Kestner, 2003, s. 26). Grunden til denne opførsel er, at mennesker vil "belønne" sig selv ved at give dopamin, som er lykkehormonen, til hjernen når de tager en gevinst hjem. Samtidig prøver mennesker at undgå smerten som opstår når de taber penge ved at fastholde "taberaktier" og dermed bevare håbet om at de også bliver til profitable investeringer. Undersøgelser har vist, at folk går mere op i om det handler om gevinst eller tab end størrelsen af gevinsten (Ackert, 2010, s. 39).

Nyttefunktionen for prospect theory bliver af Ackert beskrevet som

$$V(pr, z1, z2) = V(P) = \pi(pr) * v(z1) + \pi(1 - pr) * v(z2)$$

hvor $\pi(pr)$ er beslutningsvægten som funktion af sandsynligheden pr og $v(z)$ er ændringen i formuen forbundet med en bestemt økonomisk beslutning (prospect).



Figur 9
Kilde: Egen tilvirking

Figur 9 viser en typisk form for nyttefunktion ifølge prospect theory. Nyttefunktionen er konkav i det positive område mens den er konveks i det negative område, ensbetydende med risikoaversion i det positive og risikosøgende i det negative område. Desuden er funktionen stejlere i det negative område hvilket kan oversættes med at tab af en vis størrelse gør mere ondt end en gevinst af samme størrelse spreder glæde.

Punktet hvor kurven ændrer sin form er break-even punktet, hvilket er punktet hvor man hverken har tab eller gevinst – alting er uændret. Forkærligheden for denne status bliver beskrevet i næste kapitel som omhandler status quo bias.

3.3.3 Status Quo Bias

Status Quo Bias beskriver forkærligheden for status quo, altså for ikke at ændre noget. En undersøgelse gennemført af Samuelson og Zeckhauser med titlen "Status quo bias in decision making", offentliggjort 1988 i Journal of Risk and Uncertainty kunne respondenterne vælge at placere penge de lige havde arvet i fire forskellige aktivklasser med forskellig risiko eller at vælge at bibeholde den fordeling de havde arvet pengene i. Selvom de uden omkostninger frit kunne vælge at omdisponere mellem de fire aktiver var den oprindelige fordeling den mest populære (Ackert, 2010, s. 90).

3.3.4 Perception (Opfattelse)

Mange har bestemt oplevet det: man ser kun det man *vil* se, men det stemmer ikke altid overens med realiteten. Ackert beskriver en undersøgelse gennemført af Frenkel og Doob som blev offentliggjort 1976 i Canadian Journal of Behavioural Science med titlen "Post-decision dissonance at the polling booth" hvor vælgere i det canadiske valg blev spurgt enten før eller efter, de havde afgivet deres stemme, om deres kandidat var den helt rigtige, og om de forventede at deres kandidat ville vinde valget. De adspurgte var mere overbeviste om at deres kandidat ville vinde *efter* de havde afgivet deres stemme (Ackert, 2010, s. 84).

Lignende opførsel kunne jeg se hos mig selv og hos nogle af kunderne, som jeg handlede med i et job som investeringsrådgiver: efter beslutningen om køb af en aktie var truffet, ville man kun se de positive nyheder. Alle negative nyheder bliver ignorerede.

3.3.5 Overconfidence (For stor selvtillid)

Overconfidence er tilbøjeligheden til at overvurdere egne evner og viden. De fleste mennesker overvurderer det meste af tiden deres evner og viden (Ackert, 2010, s. 106).

Det kan, i forbindelse med finansielle beslutninger, føre til fx overdreven handel af værdipapirer da man tror, at man er bedre til at time eller finde de helt rigtige aktier på den korte bane end resten af markedet, eller til at man fastholder tabgivende positioner, da man ikke kan eller vil indse, at man har truffet et dårligt valg. Sidstnævnte går hånd i hånd med disposition effect.

Interessant at nævne her er, at mænd har en større tendens til at være overconfident end kvinder og at uddannelsen korrelerer positiv med overconfidence. Jo højere uddannelse desto oftere overvurderer folk deres evner (Ackert, 2010, s. 112).

Hvis folk tror for meget på deres evner at udvælge gode investeringer kunne det også lede til underdiversifikation og dermed forøget risiko.

3.3.6 House Money Effect

Undersøgelser har vist, at folk er mere villige til at tage risiko, efter de lige har vundet penge. En række gode investeringer i begyndelsen øger altså risikolysten (Ackert, 2010, s. 175). Man kan også formode en sammenhæng med overconfidence. Har man haft en række gode investeringer kunne man tro, at det var evner og ikke held. Det giver illusionen af kontrol over tingene, hvilket er et aspekt af overconfidence.

3.3.7 Snake-Bit Effect

Snake-Bit effect er det modsatte af house-money effect. Får man et tab til begyndelsen er man mere risikoavers (Ackert, 2010, s. 175). Dette fænomen kan også findes i andre områder end finansiering. Har et fx et barn rørt ved kogepladen bliver det (måske kun kortvarigt men alligevel) mere risikoavers med at udforske køkkenet videre.

3.3.8 Delkonklusion

Forskningen indenfor Behavioral Finance peger mere og mere i den retning, at mennesker ikke er supercomputer som er programmeret til at træffe rationale økonomiske beslutninger men at mennesker er påvirket af følelser og derfor til dels træffer nogle beslutninger, som ikke er konsistente med tidligere beslutninger, de har truffet, og som i værste tilfælde stiller dem dårligere end før. Især i investeringsområdet hvor kurserne ofte har nogle kraftige udsving og formuen dermed er udsat for de samme store udsving, er det ofte ikke nemt at "have is i maven" og altid handle fornuftsbestemt.

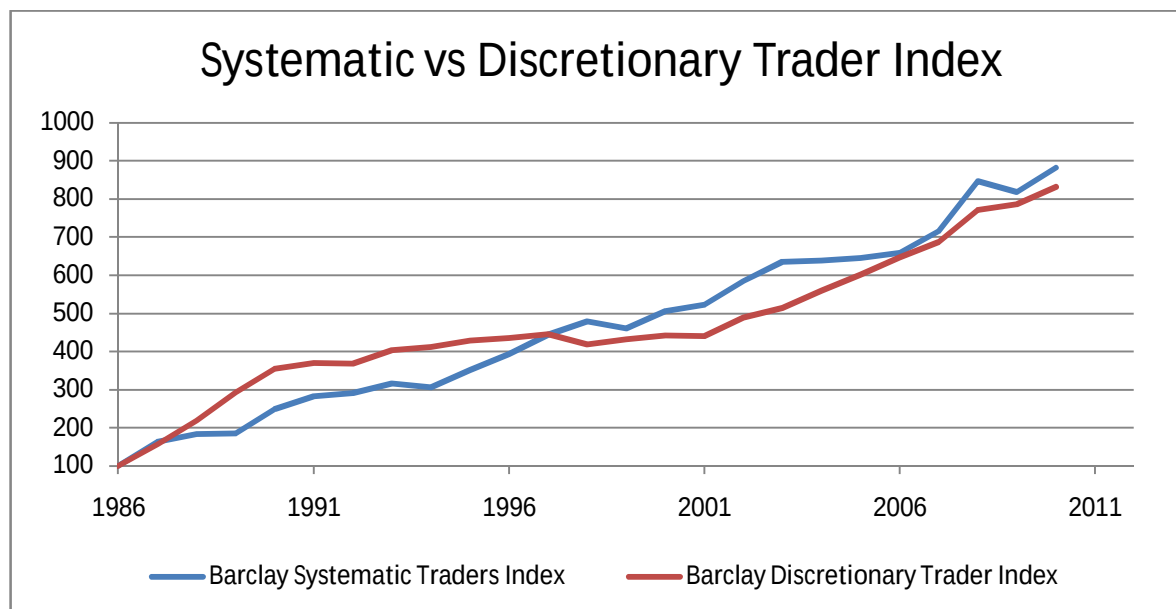
Kvantitative investeringsstrategier, som følger nogle faste regler, kan hjælpe med at handle udelukkende rationelt. For en kvantitativ strategi er det lige meget, om den første handel var med tab eller gevinst – den næste bliver indgået efter lige præcis de samme regler som den første. Hverken mere eller mindre risikobetonet. Det giver også god mening hvis man antager at sandsynligheden for tab/gevinst er lige stor. Så er sandsynligheden for endnu et tab efter det første kun 25 % og sandsynligheden for tab nr. 3 i en række falder til 12,5 %. Profithjemtagning sker også efter faste regler, og det samme gælder begrænsningen af eventuelle tab, når man

anvender stop-loss, hvilket skulle hjælpe med at undgå disposition effect som sørger for, at man realiserer for lille en gevinst, mens man lader tabene løbe.

Ud fra den teoretiske og psykologiske synsvinkel er der mange fordele ved at anvende kvantitative investeringsstrategier frem for diskretionære. I de følgende kapitler undersøger jeg om det også i praksis giver den ønskede merværdi.

3.4 Performance af kvantitative investeringsstrategier

Virksomheden "BarclayHedge" (www.barclayhedge.com) har siden 1987 samlet data ind på performance af både systematiske og diskretionære CTA (commodity trading advisor). Resultatet peger i den retning at systematiske handelsstrategier kan outperforme diskretionære:



Figur 10

Kilde: Egen tilvirkning / Data fra www.barclayhedge.com

Det systematiske indeks har et gennemsnitligt årligt afkast på 10,22 % og en årlig standardafvigelse på 13,99 %. Det diskretionære indeks har med 10 % et lavere afkast og samtidig en højere standardafvigelse med 14,31 %.

	Discretionary	Systematic
Standardafvigelse	14,31%	13,99%
Gennemsnit	10,00%	10,22%
CAGR	9,38%	9,57%
Sharpe-Ratio	0,5158	0,5411

Tabel 4

Kilde: Egen tilvirkning

Udviklingen i antal strategier giver også et indtryk af den voksende begejstring for kvantitative strategier.

I tidsrummet fra 1993 til 2010 er antallet af systematiske strategier i BarclayHedge's indeks er steget med 141 % hvorimod antallet af diskretionære strategier kun er steget med 92 %.

I 2011 er der 150 diskretionære og 457 systematiske strategier i de respektive indeks. Dermed fortsætter trenden for systematiske strategier mens antallet af diskretionære strategier stagnerer siden 2009.

	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993
Discretionary	154	155	137	119	99	83	85	69	68	80	81	78	83	88	96	101	92	80
Systematic	417	448	434	390	406	354	333	290	279	269	259	252	237	235	218	224	202	173

Tabel 5

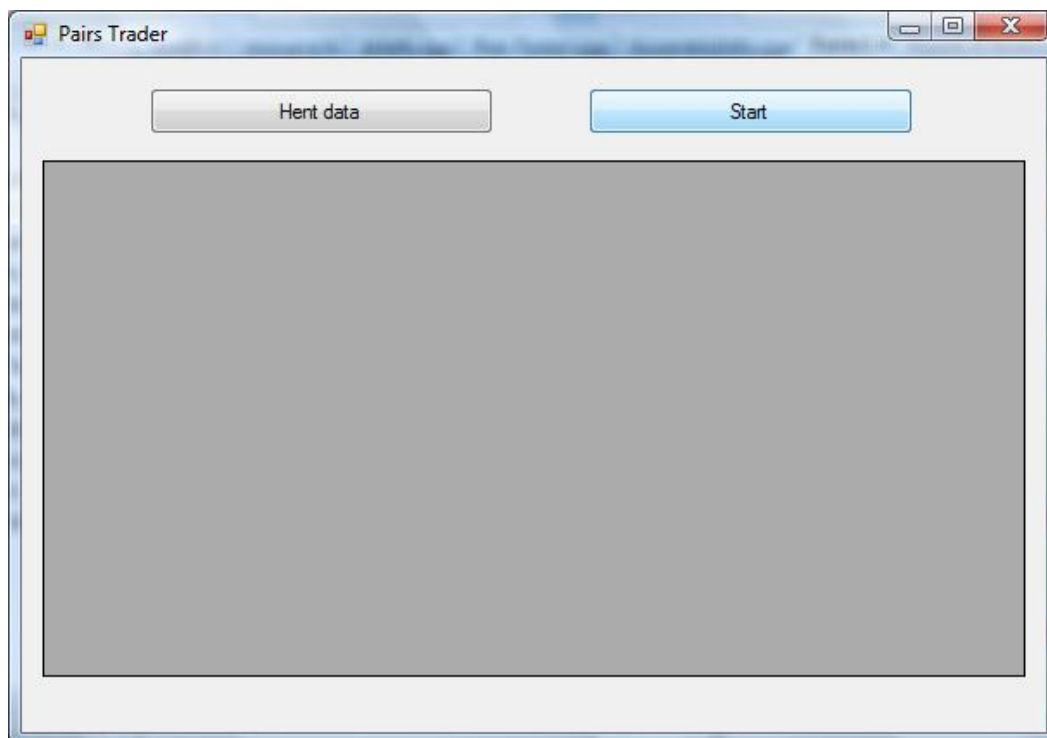
Kilde: www.barclayhedge.com / egen tilvirkning

3.5 C++ løsning til test af kvantitative modeller

Inden vi bevæger os ud i de komplekse, kvantitative modeller vil jeg præsentere et framework til test af kvantitative strategier, som jeg har udviklet vha. Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition og er et Windows program.

Formålet med programmet er at indlæse kursdata fra Excel og simulere en dag til dag gennemgang af data som om det var live data i stedet for historiske data. Det vil sige, at programmet ikke "kender" hele dataserien men indlæser den dag for dag og træffer beslutninger kun på baggrund af den historiske del og "dagens kurs", men ikke på baggrund af de fremtidige data. Det er selvfølgelig meget vigtigt for ellers ville resultatet ikke være realistisk.

Programmet består af en GUI (grafisk anvender overflade) som bliver vist i Figur 11.



Figur 11 – Anvender overflade af backtest program
Kilde: Egen tilvirking

Trykker brugeren på knappen "Hent data" åbner programmet en database forbindelse til en Excel fil som indeholder de relevante data, henter dem ind i et dataset og viser dem i et Excel lignende tabel.

The screenshot shows the same 'Pairs Trader' window, but now it displays a table of data. The table has five columns labeled F1, F2, F3, F4, and F5. The first column (F1) contains dates from 03-01-1995 to 19-01-1995. The other columns contain numerical values. The first row is highlighted in blue.

	F1	F2	F3	F4	F5
▶	03-01-1995	8,671	21,876	0,943947513256...	
	04-01-1995	8,667	21,988	0,938733700200...	
	05-01-1995	8,572	21,826	0,935995858150...	
	06-01-1995	8,583	21,922	0,933015847094...	
	09-01-1995	8,513	21,785	0,931718494376...	
	10-01-1995	8,453	21,937	0,919163942198...	
	11-01-1995	8,482	21,932	0,922321885828...	
	12-01-1995	8,453	21,861	0,922359425460...	
	13-01-1995	8,477	21,983	0,919674957922...	
	16-01-1995	8,6	22,233	0,921669590248...	
	17-01-1995	8,64	22,309	0,922527769061...	
	18-01-1995	8,64	22,283	0,923604182560...	
	19-01-1995	8,592	22,166	0,923650708291...	

Figur 12 – Programmet har hentet data
Kilde: Egen tilvirking

Efter datasettet blev hentet og vist kan brugeren trykke på knappen "Start", hvorefter selve beregningen af de programmerede regler går i gang. Reglerne er dem som bliver tilpasset til de enkelte strategier, resten af programmet som udseende, database forbindelse til Excel mv. er altid den samme. De enkelte regler forklarer jeg i de respektive kapitler.

Når programmet går i gang med at løbe datasettet igennem handler det fiktivt og fører et regnskab over egenkapitalen og tager – hvis ønsket – hensyn til handelsomkostninger.

For at gøre det muligt for brugeren at følge med hvordan programmet handler og hvor i datasettet det befinder sig, har jeg valgt at markere cellerne med farver. Nedenstående et eksempel for farverne i mit Pairs Trading program:

Grøn = lang position bliver indgået

Gul = lang position er stadig aktiv

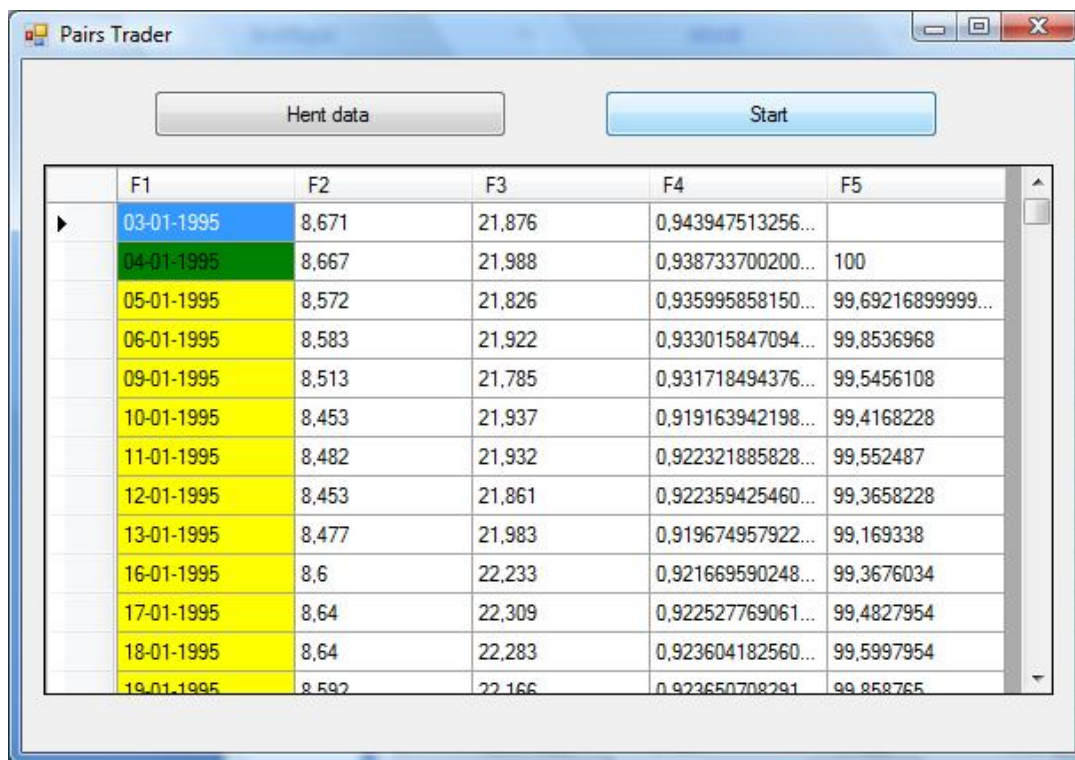
Cyan = lang position bliver lukket

Rød = kort position bliver indgået

Magenta = kort position er stadig aktiv

Cyan = kort position bliver lukket

Figur 13 viser hvordan det ser ud når programmet handler. Kolonne F5 viser udviklingen i egenkapitalen. Som man kan se blev der indgået en lang position den 04-01-1995 som i begyndelsen løber i minus.



	F1	F2	F3	F4	F5
03-01-1995	8,671	21,876	0,943947513256...		
04-01-1995	8,667	21,988	0,938733700200...	100	
05-01-1995	8,572	21,826	0,935995858150...	99,69216899999...	
06-01-1995	8,583	21,922	0,933015847094...	99,8536968	
09-01-1995	8,513	21,785	0,931718494376...	99,5456108	
10-01-1995	8,453	21,937	0,919163942198...	99,4168228	
11-01-1995	8,482	21,932	0,922321885828...	99,552487	
12-01-1995	8,453	21,861	0,922359425460...	99,3658228	
13-01-1995	8,477	21,983	0,919674957922...	99,169338	
16-01-1995	8,6	22,233	0,921669590248...	99,3676034	
17-01-1995	8,64	22,309	0,922527769061...	99,4827954	
18-01-1995	8,64	22,283	0,923604182560...	99,5997954	
19-01-1995	8,592	22,166	0,923650708291	99,858765	

Figur 13 – Programmet handler
Kilde: Egen tilvirkning

Når hele tidsserien er "handlet" fortæller programmet også lige hvor mange gange der blev handlet, hvilket også er vigtigt at vide da mange handler med små gevinster ved en profitabel strategi kan være et tegn på at strategien fanger de helt rigtige signaler. Få kæmpe store gevinster derimod kunne også være held.

Programmerne er inkluderet på den vedlagte CD og hedder henholdsvis "Pair Tester.exe" og "StrategyTest.exe".

4.0 Hvilke kvantitative strategier findes?

Kun fantasien sætter begrænsningen til udviklingen af nye modeller og strategier til kvantitativ investering da mange indikatorer kan kombineres med hinanden.

De to mest udbredte hovedstrategier er følgende:

4.1 Trendfølgende strategier

Investorer som benytter sig af trendfølgende strategier prøver ikke at forudsige fremtidige prisniveauer eller optimale købs- og salgstidspunkter. Disse investorer leder bare efter trends på markedet og springer med på vognen for at følge trenden indtil den ophører.

4.1.1 Indikatorer til identificering af en trend

4.1.2 Glidende gennemsnit

Meget udbredt til identificering af en trend er glidende gennemsnit. Disse er blevet brugt i mere end 50 år (Kestner, 2003, s. 57) og findes i mange forskellige former. De to mest udbredte er det simple og det eksponentielle gennemsnit (Kestner, 2003, s. 57).

Simple Moving Average

Det simple glidende gennemsnit er – som navnet antyder – den mest basale af de tre.

Det simple glidende gennemsnit (simpel moving average = SMA) beregnes sådan (Kaufman, 2005, s. 256)

$$SMA_t = \frac{P_t + P_{t-1} + \dots + P_{t-n+1}}{n}$$

hvor

P_t = kurs til tidspunkt t

n = antal observationer

Alle priser indgår med det samme vægt når det simple glidende gennemsnit beregnes.

Anvendelsen af det simple gennemsnit er ret intuitivt. Handler aktie XYZ over dens 200 dages glidende gennemsnit befinder man sig i en stigende trend. Bryder aktien oppefra igennem anses trenden for at være slut og en ny, nedadgående trend, kunne være på vej. Fordelen er helt klart, at man benytter sig af trenden og først sælger, når markedet formodentlig vender. Det betyder, at man også i bobler ikke sælger ud selvom fundamentalanalyse ville råde til det, da prisniveauet allerede er for højt. Ulempen ved denne strategi er, når markedet ikke har en klar retning. Såkaldte "whipsaw-markeder" kan påføre store tab til trendfølgende modeller baseret på glidende

gennemsnit modeller. Under "whipsaw-markeder" forstår man markeder som er uden klar retning og hvor priserne går op og ned under til dels kraftige udsving.

Exponential Moving Average

Det næstmest udbredte gennemsnit er det eksponentielt udglattede gennemsnit. Her anvendes en "smoothing factor", α , for at bestemme hvor hurtigt gennemsnittet skal reagere på ændringer i tidsserien. Formlen er (Kestner, 2003, s. 57):

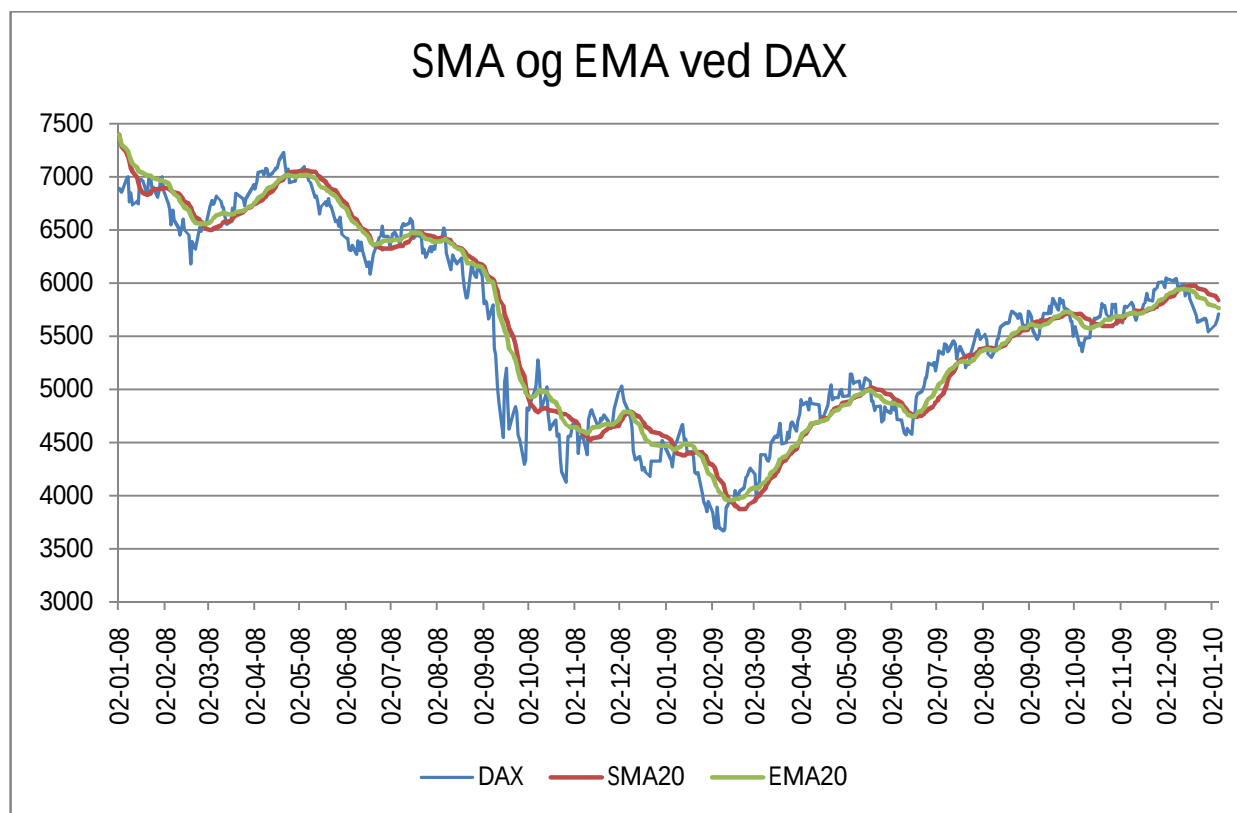
$$EMA_t = \alpha * pris_t + (1 - \alpha) * EMA_{t-1}$$

hvor

$$\alpha = \frac{2}{1 + \text{antal dage}}$$

Jo større α jo tættere følger gennemsnittet den aktuelle prisudvikling af tidsserien.

Sammenligning af de to gennemsnit



Figur 14
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

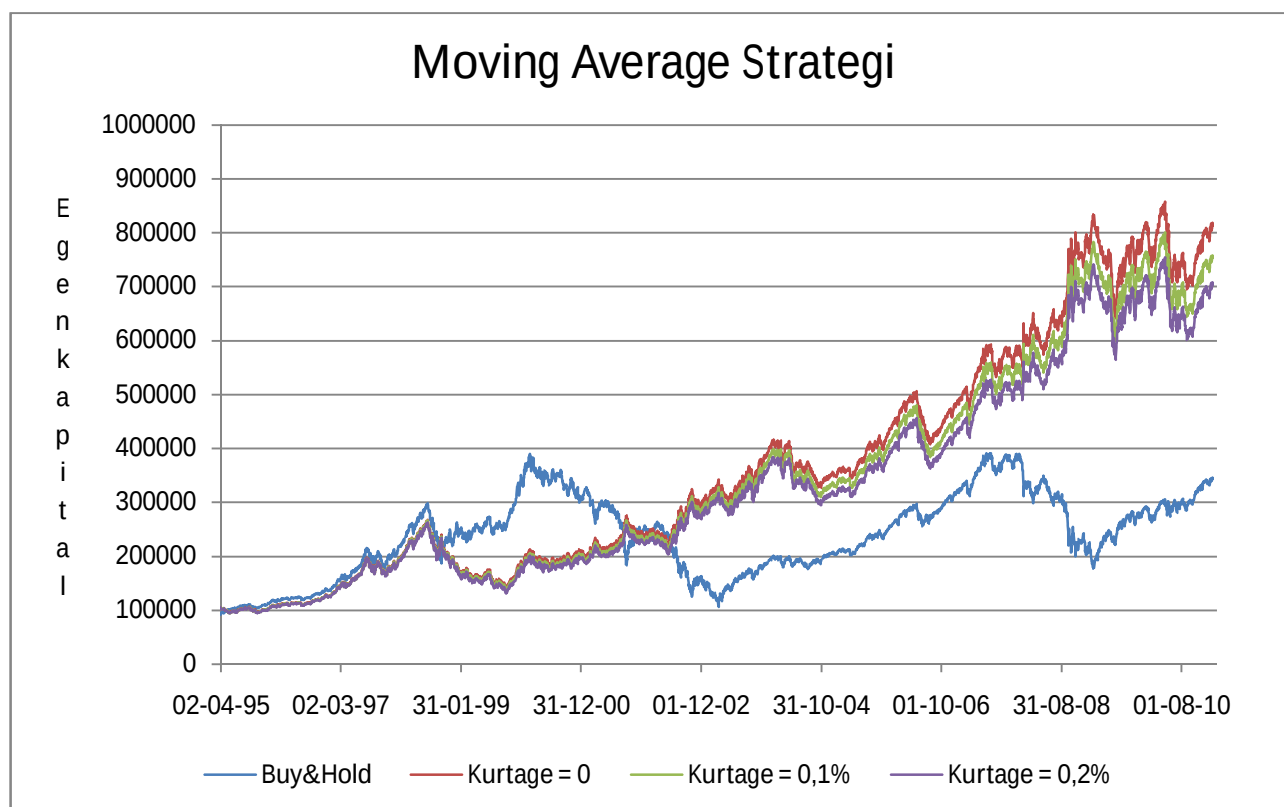
Figur 14 viser en vilkårlig periode af DAX indekset og det simple glidende gennemsnit beregnet over 20 dage (rød) og det eksponentielle gennemsnit (grøn), ligeledes beregnet over 20 dage. Som det kan ses reagerer det eksponentielle gennemsnit hurtigere på retningsændringer af DAX indekset end det simple gennemsnit. Det giver mulighed for at fange signaler tidligere, men giver dog også flere signaler og er dermed mere følsomt overfor transaktionsomkostninger samt falske signaler.

4.1.3 En simpel implementering af en SMA strategier

Som nævnt er strategier, der bruger glidende gennemsnit meget populære. Følgende backtest viser en meget simpel implementering af følgende strategi:

- Køb markedet når dagens lukkekurs er højere end 200 dages glidende gennemsnit
- Sælg (kort) markedet når dagens lukkekurs er lavere end 200 dages glidende gennemsnit

Resultatet bliver vist i nedenstående figur:



Figur 15
Kilde: Egen tilvirking / Data fra Reuters

Strategien har outperformat DAX indekset markant siden IT boblen sprang i år 2000. Inden da var en ren buy & hold strategi dog bedre. I næste afsnit undersøger jeg om strategien kan forfines uden stor indsats, nemlig ved at indføre stop-loss.

4.1.4 Er det en fordel at anvende stop-loss?

Samme SMA strategi som ovenfor testes nu inklusive stop-loss. Grunden til at mange anvender stop-loss er, at man vil undgå at en position løber langt i minus da det kræver en større gevinst at komme i break-even igen. Det viser tabel 6 tydeligt:

Tab	Gevinst til break-even
1%	1,01%
5%	5,26%
10%	11,11%
20%	25,00%
30%	42,86%
40%	66,67%
50%	100,00%
60%	150,00%
70%	233,33%
80%	400,00%
90%	900,00%
95%	1900,00%
99%	9900,00%

Tabel 6

Kilde: egen tilvirking / Kaufman, 2005, s. 1034

Sandsynlighed for tab	
Trade Nr.	Ssh
1	50,00%
2	25,00%
3	12,50%
4	6,25%
5	3,13%
6	1,56%
7	0,78%
8	0,39%
9	0,20%
10	0,10%

Tabel 7

Kilde: egen tilvirking

Antager man, at sandsynligheden for at en handel giver tab eller gevinst er lige stor (50%) og statistisk uafhængig af den forrige handel får man endnu et argument for at anvende stop-loss: Sandsynligheden for to eller flere tab i træk bliver mindre og mindre.

Har man fx haft 4 handel som gik imod ens forventning, er sandsynligheden for at den femte også giver tab kun 3,13 %. Tabel 7 viser sandsynlighederne for op til 10 tab i træk.

Begrænser man sine tab til fx 2 % ved at anvende stop-loss, begrænser man samtidig sandsynligheden for at miste store dele af formuen.

Jeg har testet strategien med forskellige stop-loss niveauer som fremgår af tabel 8.

Tabellen viser indekstal for resultatet for de forskellige parametre. Egenkapitalen startede i indeks 100. Stop-loss niveauet skal forstås som +/- X % fra købskursen. Ved købskurs 100 og et stop-loss niveau på 2 % er stop-loss kurser henholdsvis 98 og 102.

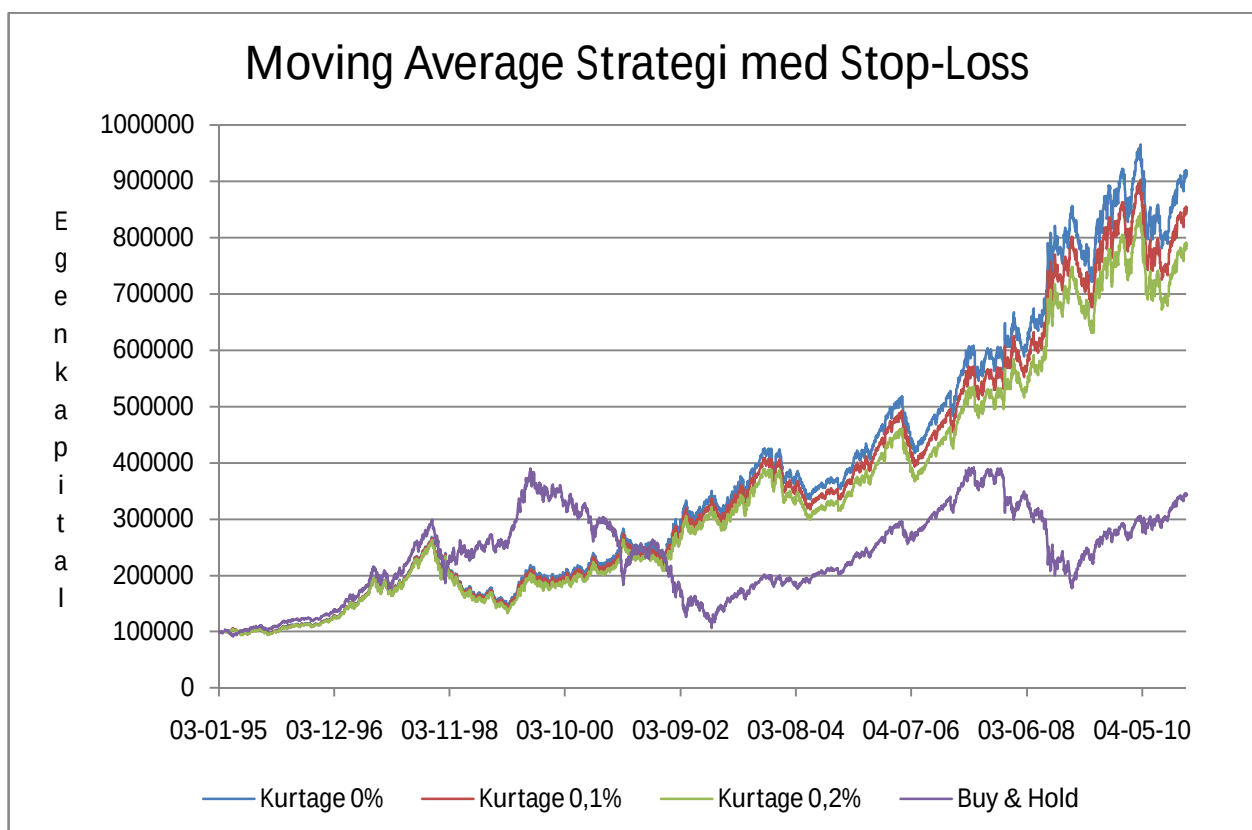
Kurtage / Stop-loss	1%	2%	3%	4%	5%	Buy & Hold
0%	789,76	913,37	864,10	812,31	812,31	343,31
0,10%	742,47	848,12	802,97	752,86	752,86	343,31
0,20%	699,61	784,97	749,79	703,17	703,17	343,31

Tabel 8

Kilde: egen tilvirking

Som man kan se, giver strategien med en stop-loss på 2 % det bedste resultat. Interessant også at bemærke, at det ikke gør nogen forskel overhovedet om man vælger 4 % eller 5 % som stop-loss niveau.

Nedenstående figur viser resultatet af strategien med 2 % som stop-loss niveau med de forskellige kurtagesatser samt DAX indeks som benchmark.



Figur 16

Kilde: Egen tilvirking / Data fra Reuters

4.1.5 Delkonklusion

Resultaterne viser, at en simpel trendfølgende strategi markant har outperformat DAX indekset i de senere år. Strategien begyndte for alvor at performe da IT boblen sprang i år 2000. Siden da har den fanget de store trends på markederne og profiterede både fra stigende markeder men også fra faldende markeder. Resultatet kunne forbedres ved at bruge stop-loss. Jeg har testet forskellige niveauer og fandt frem til, at et stop-loss niveau på 2 % giver det bedste resultat.

Resultatet uden kurtage er ved anvendelse af stop-loss på 2 % ca. 12,4 % bedre end uden stop-loss. Også efter kurtage på 0,2 % er resultatet med stop-loss ca. 11,6 % bedre.

Selvfølgelig skal markederne blive ved med at trende for at strategien også i fremtiden er profitabel.

4.1.6 Oscillatorer

Når man har fundet en trend ved fx anvendelse af glidende gennemsnitte er man interesseret i at vide, hvornår trenden kommer til at vende. For at bestemme hvornår en trend er udmattet, er der opfundet en del indikatorer som kaldes for "oscillatorer", som kan oversættes til "svingninger". Oscillatorer ligner i deres udseende ofte sinus og cosinus kurver – bare ikke så pæne og glatte.

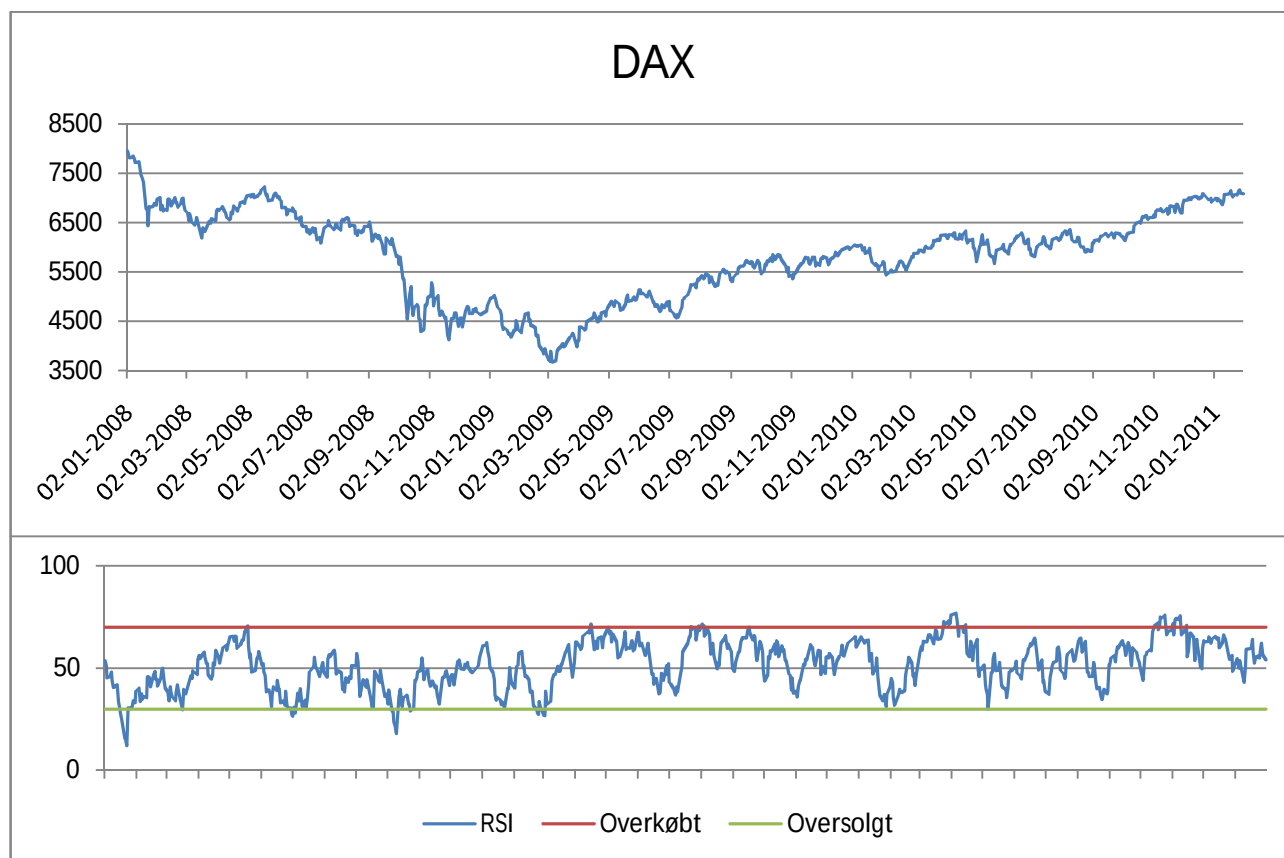
Relative Strength Index

En af de mest udbredte (hvis ikke dén mest udbredte) indikator for om et værdipapir er overkøbt eller oversolgt, er den af Welles Wilder i 1978 opfundne, "Relative Strength Index" (RSI) (Kestner, 2003, s. 66), som kan svinge mellem 0 og 100. Værdier over 70 anses for overkøbt og værdier under 30 anses for oversolgt, resulterende i at lange positioner bliver åbnet ved en $RSI < 30$ og korte positioner bliver åbnet ved $RSI > 70$. RSI bliver ofte beregnet over en periode af 14 dage (Kaufman, 2005, s. 362).

Formlen er (Kestner, 2003, s. 66)

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + \frac{U}{D}}$$

Hvor U er gennemsnittet af alle stigninger, og D er gennemsnittet af alle kursfald i beregningsperioden, altså ofte 14 dage.



Figur 17
Kilde: Egen tilvirking / Data fra Reuters

RSI indikatoren har i løbet af finanskrisen været oversolgt et par gange, fx lige i starten af 2008. Have man åbnet en lang position der ville have lukket den i midten af året 2008 med en lille gevinst når RSI blev overkøbt. Til gengæld blev der under opturen genereret en del falske short signaler.

Moving Average Convergence Divergence (MACD)

MACD er en oscillator/indikator, der blev udviklet i 80'erne af Gerald Appel for at måle styrken af en trend, og om trenden snart vender (Kestner, 2003, s. 68).

MACD indikatoren består af en MACD linje og en signallinje. Anvendelsen af MACD er forholdsvis nemt (Kaufman, 2005, s. 359):

- Køb når MACD krydser signallinjen nedefra
- Sælg (åben short position) når MACD krydser signallinjen oppefra

MACD linjen bliver beregnet som differencen mellem 12-dages EMA (exponential moving average) fratrullet 26-dages EMA af instrumentet vi ønsker at undersøge. (Kestner, 2003, s. 68) Signallinjen bliver ofte beregnet som 9-dages EMA af MACD (Kaufman, 2005, s. 358).

$$N \text{ dages EMA} = (C - X) * \left(\frac{2}{N + 1}\right) + X$$

hvor

C = dagens kurs af det underliggende

X = gårsdagens EMA af det underliggende

N = antal dage

$$MACD = 12 \text{ dages EMA} - 26 \text{ dages EMA}$$

$$Signallinje = (D - G) * \left(\frac{2}{N + 1}\right) + G$$

hvor

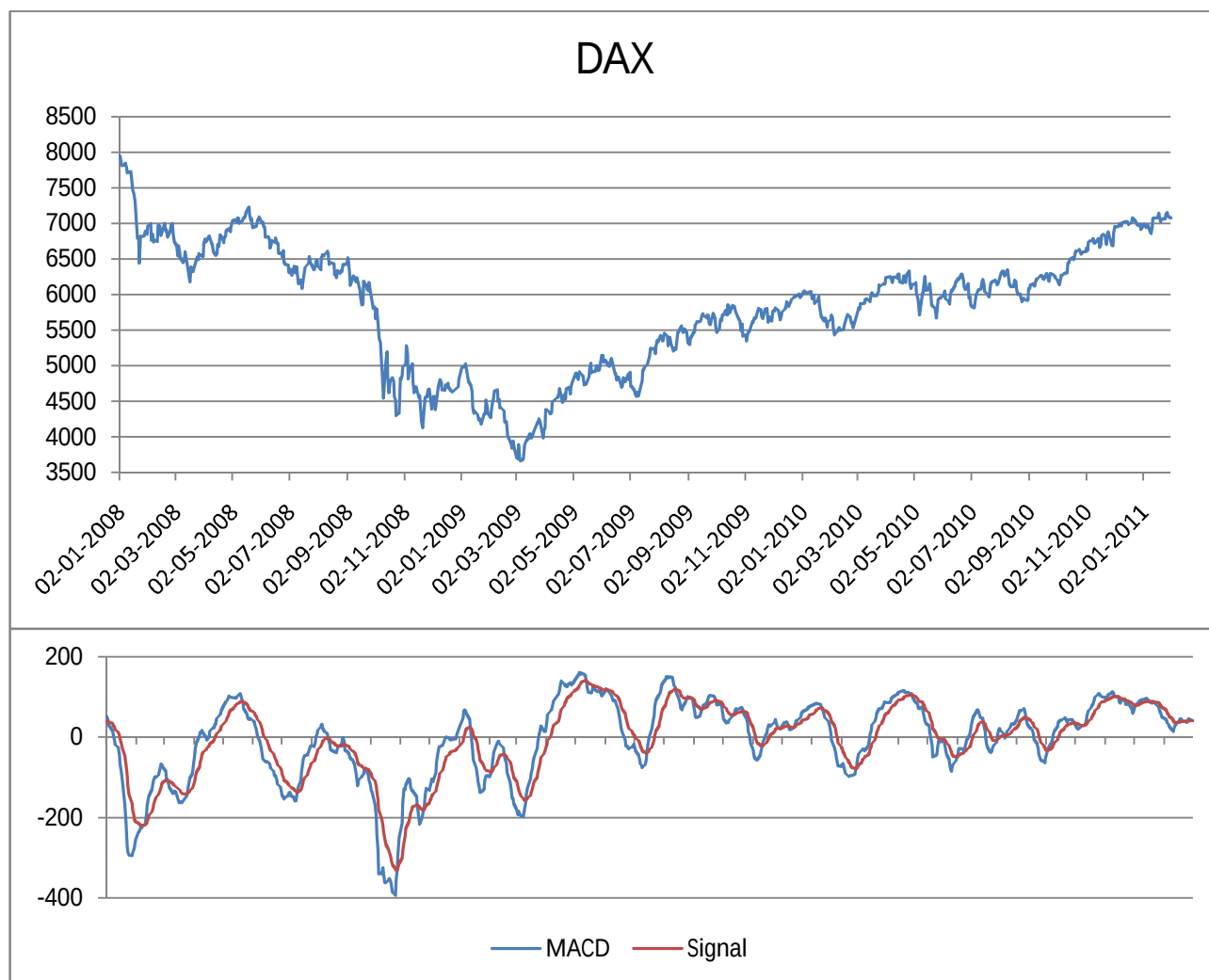
D = dagens MACD

G = gårsdagens EMA af MACD

N = antal dage

Jeg har i min research fundet ud af, at en signallinje beregnet som 12 dages EMA af MACD virker bedst for mit vedkommende. Dermed er indikatoren lidt langsommere end ved 9 dages og dermed bliver ikke så mange signaler genereret. Min erfaring er, at kvaliteten af signalerne bliver bedre.

Figur 18 viser, at MACD især under finanskrisen virkede ret godt. Fx var den short i starten af 2008 og fangede også bunden i marts 2009 korrekt da den skiftede over til long på ca. det laveste punkt. Derimod kan man også se at der blev genereret rigtig mange handelssignaler i løbet af 2010, hvor en buy & hold strategi måske havde været bedre.



Figur 18
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

4.2 Mean-reverting/statistical arbitrage strategier

Mean-reverting er det omvendte af trendfølgende modeller, da den siger, at hvis et aktiv afviger for meget fra sin langsigtede gennemsnit, er det enten for dyrt eller for billigt, og burde derfor komme tilbage til dets oprindelige niveau. Ofte bruges standardafvigelsen og glidende gennemsnitte som indikatorer. Hvis prisen fx er mere end to standardafvigelser over 200 dages gennemsnittet anses prisen for at være for dyr, og dermed skal aktivet sælges eller kortsælges, afhængig af strategien. Denne strategi virker udmærket i markeder som tenderer "sidelæns" og dermed har en stabil middelværdi. Det kaldes for "stationære" tidsrækker (Chan, 2009, s. 126).

Hvis en tidsserie var stationær og blev ved i al evighed, kunne man udnytte det at altid handle efter samme mønster. Desværre er de færreste kursudviklinger på finansielle aktiver stationære. De følger en geometrisk random-walk med en eller anden form for drift (Chan, 2009, s. 126).

Chan beskriver i sin bog en meget simpel, men alligevel profitabel, mean-reverting strategi på aktier som går ud på at ekstreme bevægelser vil blive udlignet igen. Han køber simpelthen gårsdagens "taber" og kortsælger gårsdagens "vinder". Ifølge hans undersøgelser virker denne strategi bedst på small cap aktier og mindre godt på large cap. Dette kan, i mine øjne, skyldes at large cap markeder er mere efficiente end small cap på grund af den større omsætning på large cap markeder.

Kendsgerningen at mean-reverting findes er ikke i modstrid med undersøgelsen af punkt 3.1 (efficiente markeder) som bekræfter at aktiekurser har momentum og dermed er trending. Disse fænomener optræder bare på forskellige tidspunkter – kaldet for regimer. Bull og bear markets er regimer. Ligesom høj volatilitet og lav volatilitet eller inflation og deflation. Og selvfølgelig mean-reverting og trending. Disse regimer optræder på forskellige tidspunkter og den store udfordring og kunst ligger i at identificere, hvilket regime vi befinder os i og endnu vigtigere hvornår vi er ved at skifte over til et andet.

4.2.1 Pairs trading

Pairs trading er en såkaldt "statistical arbitrage" strategi som ofte bliver anvendt af hedge funds. Tanken bag ved pairs trading er, at udnytte afvigelser fra det langsigtede ligevægtsniveau mellem to finansielle aktiver og kan anvendes på aktier, valutaer, råvarer mv.

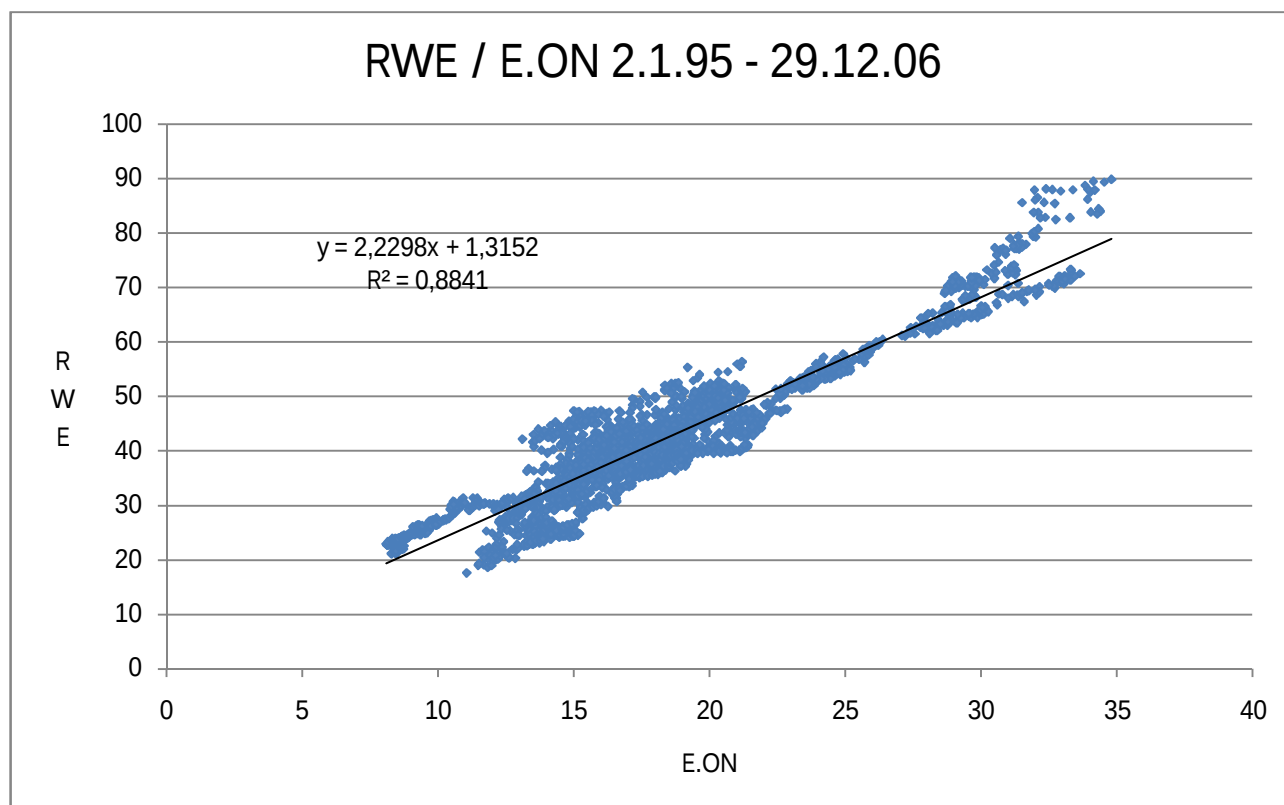
Ofte ser man på korrelationer mellem to aktiver for at finde et velegnet par til denne strategi. En mere avanceret model til at finde egnede aktiver er kointegration. Som nævnt tidligere betegnes tidsserier som er mean-reverting som stationære eller, med et mere teknisk udtryk, som "integreret på rang nul – $I(0)$ ". Selvom to tidsserier hver for sig ikke nødvendigvis er stationære, kan en kombination af dem, hvor man holder en kort position af den ene og en lang position af den anden være stationær – og dermed kointegreret (Chan, 2009, s. 127). Afviger markedsværdien af denne porteføljekombination nu fra dens langsigtede ligevægtspris, kan man forvente en

fremtidig bevægelse tilbage til ligevægt som så kan udnyttes ved enten at sælge eller købe porteføljen. For at kunne tjene penge på denne strategi skal man som investor selvfølgelig først identificere mulige kandidater. Ofte finder man egnede aktier til pairs trading i samme industri.

4.2.2 Implementering af en pairs trading strategi

Jeg har valgt at anvende korrelation og lineær regression til at finde ud af om to aktier er egnede til at anvende til pairs trading. Jeg har undersøgt korrelationer mellem aktier fra DAX indekset som er indenfor samme industri. Følgende pare har jeg undersøgt: Daimler/BMW (biler), BASF/Bayer (kemi) og E.ON/RWE (forsyning). For at bestemme om der rent faktisk er lineær sammenhæng har jeg plottet kurserne på de to aktier mod hinanden og har tilføjet både formelen samt R^2 , forklaringsgraden, til grafen. Grunden til jeg har valgt at bruge perioden frem til 29.12.2006 er, at jeg så kan teste "out-of-sample" om modellen stadig holder og stadig er profitabelt, selvom regressionen kun blev lavet på perioden frem til årsskifte 2006/2007.

Da E.ON/RWE havde den højeste forklaringsgrad, har jeg valgt at gå videre med dem.



Figur 19
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

Plottet viser kursen af RWE på Y-aksen og kursen af E.ON på X-aksen. Havde aktierne en korrelationskoefficient på 1, lå alle kurser på den rette linje som er tegnet ind. Men selvom de er lidt spredte omkring linjen kan man se en lineær sammenhæng.

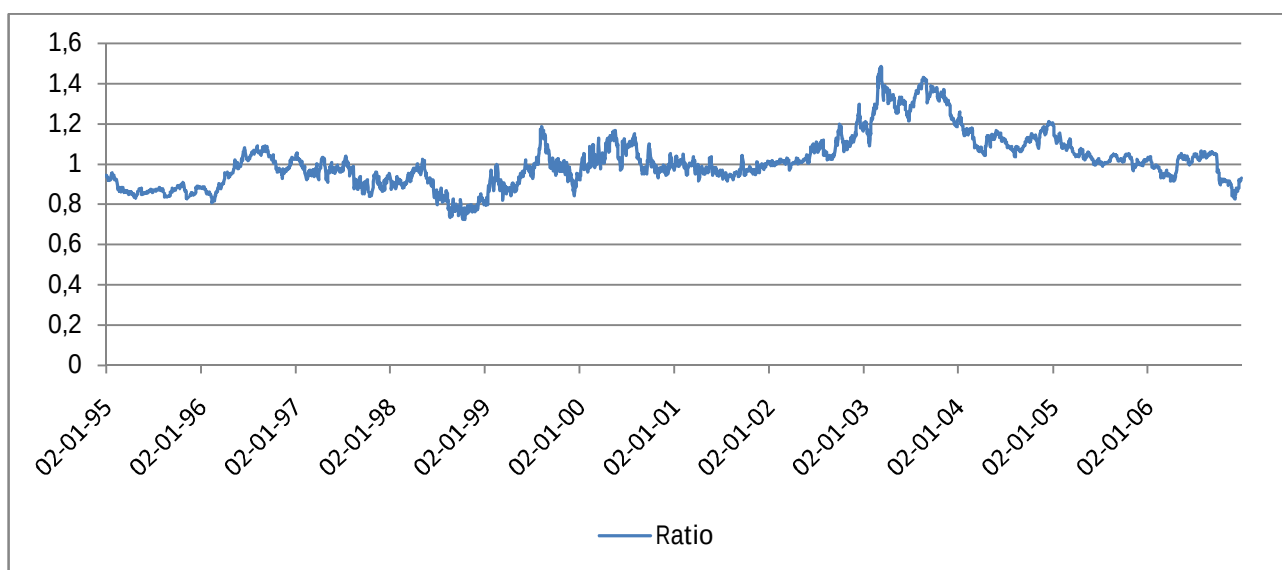
Forklaringsgraden betyder, at hele 88,41 % af alle kurser af RWE kan beskrives med nedenstående formel:

$$RWE = 2,2298 * E.ON + 1,3152$$

Dermed kan man roligt sige, at der findes lineær sammenhæng mellem kursudviklingen i RWE og E.ON.

Derefter har jeg beregnet de teoretiske priser af RWE med udgangspunkt i den lineære formel og delt de teoretiske priser med de observerede priser for at beregne mulige afvigelser.

Plottet viser tydeligt, at ratio'en altid kommer tilbage til dens teoretiske middelværdi 1:



Figur 20
Kilde: Egen tilvirking / Data fra Reuters

Den observerede middelværdi ligger på ca. 1,012 og afviger dermed fra den teoretiske minimalt. Den daglige standardafvigelse på udsving i ratio'en har jeg beregnet til 1,57 %. For at teste en mean-reverting strategi på RWE og E.ON har jeg valgt følgende model ud fra regressionsanalysen:

Hvis ratio < N x standardafvigelse fra 1 -> køb 2,2298 stk. E.ON og kort sælg 1 stk. RWE

-> Take profit hvis ratio > 1

Hvis ratio > N x standardafvigelse fra 1 -> kort sælg 2,2298 stk. E.ON og køb 1. stk RWE

-> Take profit hvis ratio < 1

For N har jeg valgt at indsætte værdier fra 1 – 4. Tabel 9 skal forstås således at den neutrale ratio er 1. Ved 1 standardafvigelse er det øvre bånd ved 1,015686 og det nedre bånd ved 0,984314. Det vil sige, hvis ratio'en falder under 0,984314 åbner programmet en lang position i E.ON og en kort position i RWE. Ved 2 standardafvigelser er det øvre bånd således 1,031372 og det nedre bånd 0,968628 osv.

1	1	2	3	4
σ	1,015686	1,031372	1,047059	1,062745
σ	0,984314	0,968628	0,952941	0,937255

Tabel 9

Kilde: Egen tilvirking

Programmet har tre tilstande:

Case 0 = ingen position

Case 1 = lang position i E.ON og kort position i RWE

Case 2 = kort position i E.ON og lang position i RWE

Selve logikken er implementeret i C++ kode og bliver forklaret på næste side.


```
case 0: // Ingen aktiv position
if(ratio<0.984313815) // Hvis ratio er < end X StdDev fra 1
{
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[0]->Style->BackColor = Color::Green;
    Application::DoEvents();
    position=1; // lang i E.ON og kort i RWE
    longprice = ekurs;
    shortprice = rkurs;
    depot = (shortprice-(hedge*longprice));
    trades = trades+2; // Tilføj 2 handler til tælleren
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[4]->Value = liqui;
}
else if(ratio>1.015686185) // Hvis ratio er > end X StdDev fra 1
{
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[0]->Style->BackColor = Color::Red;
    Application::DoEvents();
    position=2; // kort i E.ON og lang i RWE
    longprice = rkurs;
    shortprice = ekurs;
    depot = ((hedge*shortprice)+longprice);
    trades = trades+2; // Tilføj 2 handler til tælleren
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[4]->Value = liqui;
}
else // Hvis ration er mellem +/- X StdDev fra 1 -> vent!
{
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[4]->Value = liqui;
}
break;
```

Ovenstående viser koden for tilstand 0 (ingen position). Programmet tester om dagens ratio afviger mere end X standardafvigelser fra 1 og åbner i givet fald en position.

Hvis ratio'en er mere end X standardafvigelser mindre end 1 betyder det, at E.ON relativt set er for billigt i forhold til RWE og programmet køber 2,2298 stk. E.ON og sælger 1 stk. RWE. Position bliver sat til "1".

Med case = 1 tester programmet om ratioen igen er over 1, ensbetydende med at E.ON nu handler i ligevægtspris i forhold til RWE. Hvis dette er tilfælde bliver positionen lukket. Ellers bliver den aktuelle egenkapital beregnet, og programmet går videre til næste dag.

```
case 1: // lang i E.ON og kort i RWE
if(ratio>1) // Hvis ratio > 1 er målet nået
{
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[0]->Style->BackColor = Color::Cyan;
    Application::DoEvents();
    position=0; // Luk positionen
    trades = trades+2; // Tilføj 2 handler til tælleren
    pnl = (((ekurs-longprice)*hedge)+(shortprice-rkurs)); // Beregn PnL
    liqui = liqui+pnl;
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[4]->Value = (liqui); // Vis EK
}
else // Hvis ratio stadig er < 1 skal vi vente...
{
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[0]->Style->BackColor = Color::Yellow;
    Application::DoEvents();
    position=1;
    zwischengewinn = (((ekurs-longprice)*hedge)+(shortprice-rkurs));
    // Beregn dagens PnL og vis den i F5
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[4]->Value = (liqui+zwischenengewinn);
}
break;
```

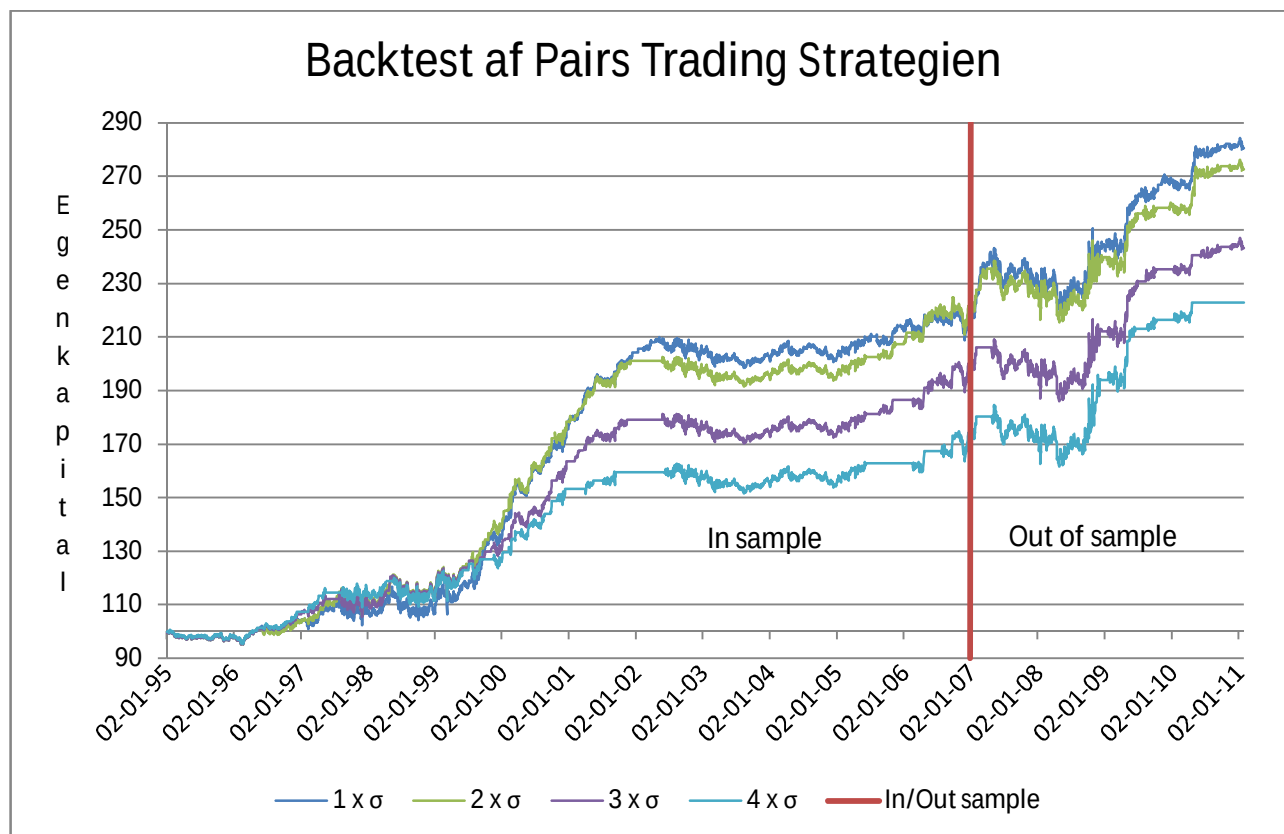
Er ratio'en derimod mere end X standardafvigelser større end 1 betyder det, at E.ON er for dyr i forhold til RWE, og programmet sælger 2,2298 stk. E.ON og køber 1 stk. RWE.

Position bliver sat til "2".

Med case = 2 tester programmet om ratio'en igen er under 1, ensbetydende med at E.ON nu ikke længere er for dyr i forhold til RWE. Hvis dette er tilfælde bliver positionen lukket. Ellers bliver den aktuelle egenkapital beregnet, og programmet går videre til næste dag.

```
case 2: // kort i E.ON og lang i RWE
if(ratio<1) // Hvis ratio < 1 er målet nået
{
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[0]->Style->BackColor = Color::Cyan;
    Application::DoEvents();
    position=0; // Luk positionen
    trades = trades+2; // Tilføj 2 handler til tælleren
    pnl = ((rkurs-longprice)+((shortprice-ekurs)*hedge)); // Beregn PnL
    liqui = liqui+pnl;
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[4]->Value = (liqui); // Vis EK
}
else // ellers vent til næste dag og prøv igen...
{
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[0]->Style->BackColor = Color::Magenta;
    Application::DoEvents();
    position=2;
    zwischengewinn = ((rkurs-longprice)+((shortprice-ekurs)*hedge));
    dataGridView1->Rows[counter]->Cells[4]->Value = (liqui+zwischenengewinn);
}
break;
```

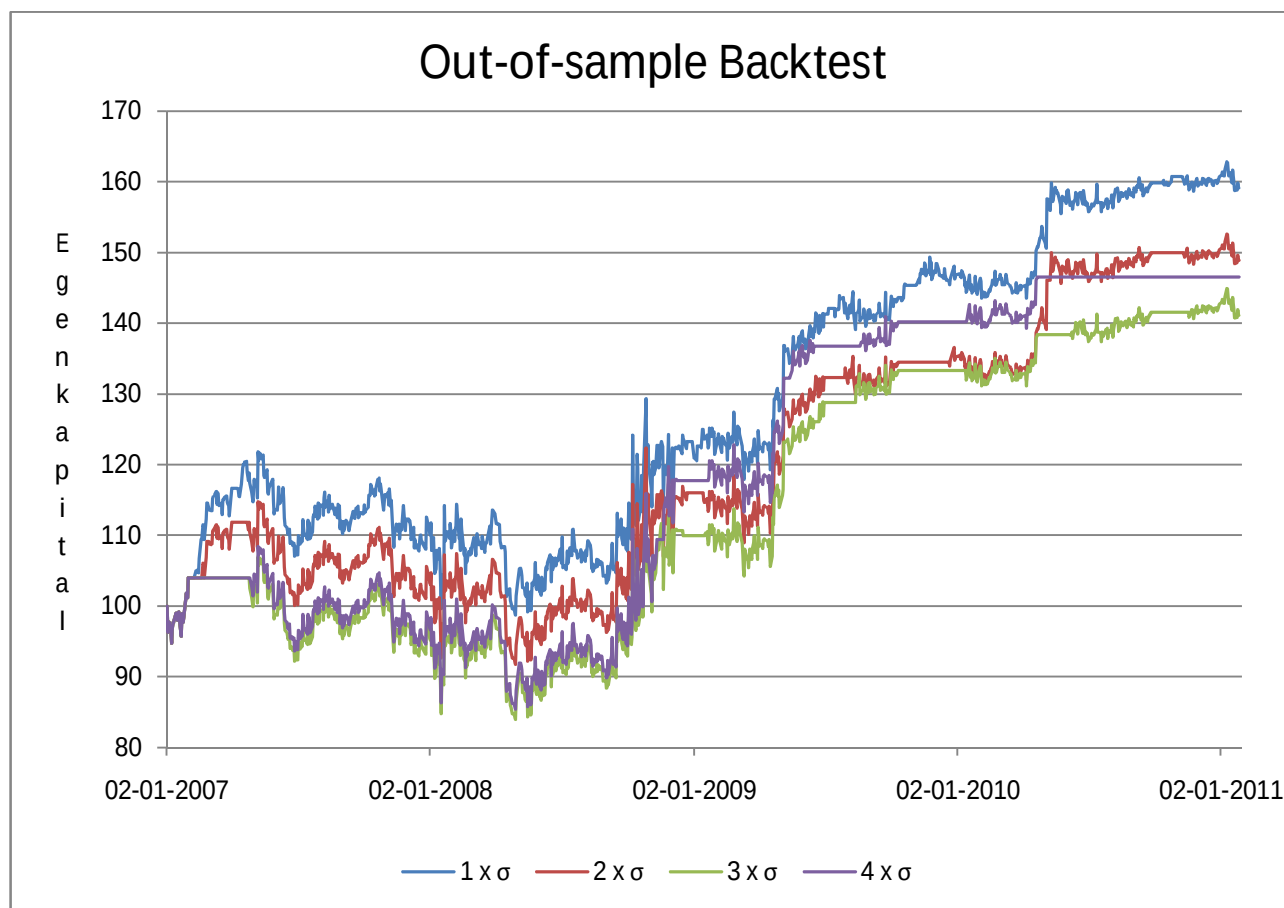
Figur 21 viser resultatet fra backtesten. Modellen ser ud til også at virke "out of sample", dvs. i den periode som ikke var med i regressionsanalysen. Sammenhængen mellem E.ON og RWE er ca. nogenlunde den samme som i de første 12 år af tidsserien.



Figur 21 – Backtest af Pairs Trading Strategien
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

Jo tættere båndet bliver lagt desto oftere bliver handlet og desto bedre bliver resultatet. Helt konkret betyder det, at der blev handlet 414 gange i den testede periode når båndet bliver lagt ved +/- 1 standardafvigelse, 286 gange ved +/- 2 standardafvigelser, 194 gange ved +/- 3 standardafvigelser og 124 gange ved +/- 4 standardafvigelser. Jeg har ikke taget højde for transaktionsomkostninger, da resultaterne ved implementeringen af den simple trendfølgemodel ikke signifikant blev påvirkede af transaktionsomkostninger.

For at anskueliggøre den "reelle" performance i "out of sample" perioden har jeg i nedenstående figur vist udviklingen hvis man lige præcis var begyndt med at handle modellen den 02.01.2007 på baggrund af testen frem til den 29.12.2006.



Figur 22 – Out of sample Test af Pairs Trading Strategien
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

Det er interessant at nævne, at den daglige standardafvigelse er højest ved den fjerde strategi, selvom den har de længste perioder med 0 % standardafvigelse – nemlig hvor den ikke er investeret.

	1 x σ	2 x σ	3 x σ	4 x σ
Daglig σ	0,697%	0,672%	0,698%	0,715%

Tabel 10
Kilde: Egen tilvirkning

Under visse omstændigheder er pairs trading en "market neutral" strategi, nemlig hvis kombinationen af de to aktiver har en beta på null. Dermed har man ingen markedsrisiko, og en mulig gevinst er dermed ren alpha. Nogle pairs trading strategier bliver også lavet som "equity neutral", hvilket betyder at indtægten fra kort salget er lige med udgiften til købet af den lange position. Man skal således ikke investere én eneste krone egenkapital for at bygge den portefølje. Bortset fra eventuelle sikkerheder for at broderen tillader kort salg.

I mit eksempel har porteføljen en gennemsnitlig værdi på 1,3152 EUR. Det er det beløb, som en investor i gennemsnit skal investere for at bygge den portefølje, som jeg har testet.

4.2.3 Noise Trader Risk

Et problem ved statistical arbitrage strategier er, at ikke alle markedsdeltagere er rationale, men at nogle handler på "noise". For "noise trader" kaldes investorer som handler på rygter, forkert information eller bare fordi de tror de har observeret noget i markedet i stedet for rationale beslutninger. Den modsatte side af "noise trader" kaldes for "smart-money trader" (Ackert, 2010, s. 68). Lidt forenklet kan man sige at privatinvestorer kan kategoriseres som noise trader og at institutionelle investorer kan kategoriseres som smart-money trader. Overgangen er selvfølgelig flydende og der findes bestemt privatinvestorer som er "smartere" end nogle institutionelle investorer, men det store billede passer nok ret godt.

"Noise Trader Risk" beskriver fænomenet at en aktie som – fundamentalt betragtet – er for dyr, kan blive ved med at blive endnu dyrere, og at en aktie som egentlig er billig, stadigvæk kan blive billigere (Ackert, 2010, s. 72). Ackert bruger en meget god sætning, som jeg gerne vil tage op:

"One can therefore say that sentiment is noise that is correlated among many investors."
(Ackert, 2010, s. 68).

Det som hun vil udtrykke med denne sætning er, at stemningen på børsen kun er "noise" som mange investorer handler efter. Det behøver ikke nødvendigvis være fundamentalt begrundet at en bestemt stemning hersker på børsen.

Har man opdaget en mulig strategi, er det altså ikke sikkert, at den virker, selvom den matematisk set er fejlfrit. Men hvis flertallet af (privat-)investorerne handler imod fornuften kan det tage lang tid inden ligevægten er genoprettet igen. Har man ikke likviditet nok til eventuelle margin calls kan en egentlig god idé hurtigt komme til at koste penge, når man skal realisere tab som opstår pga. noise trader, og man ikke kan skyde flere penge ind.

4.3 En avanceret trendfølgende investeringsstrategi

Målet er nu at anvende de beskrevne indikatorer og modeller til at programmere en avanceret strategi som – forhåbentlig – outperformer markedet i form af DAX indekset og tilføjer noget værdi til en portefølje bestående af DAX og REXP.

Strategien skal identificere trends og vendepunkter og dermed hurtigt skifte fra lang til kort og omvendt, uden at generere alt for mange falske signaler. Som fundament har jeg valgt at benytte MACD indikatoren med en signallinje baseret på 12 dages EMA af MACD. Som nævnt tidligere, har jeg oplevet 12 dages EMA signallinjen som mere pålidelig end den ellers udbredte 9 dages EMA signallinje. Et stort problem med MACD indikatoren er, at den også genererer salgssignaler i en længere optrend. Den fanger i standardopsætningen altså ikke lange trends men kun de korte. Derfor har jeg valgt at kombinere MACD med RSI og 50 dages glidende gennemsnit. MACD salgssignaler bliver ignoreret, med mindre de bliver bekræftet af enten RSI eller 50 dages SMA.

For at strategien også kan outperforme i en lang optrend, har jeg valgt at fordoble beta gennem gearing. Således har strategien en beta på -1 når den er kort og en beta på +2 når den er lang.

Grunden til at jeg har valgt at øge beta på lange positioner er, at strategien ellers ikke kunne give mere i afkast end DAX indekset i perioder med lange optrends uden handler. En forvalter af en aktiv aktiefond har muligheden for at øge og reducere beta gennem aktieudvalg. Jeg kunne også have valgt en beta på 1,5 eller 3. Jeg har ikke testet det om resultatet så ville blive endnu bedre.

En beta på 2 virkede intuitivt fornuftigt på mig, hvorfor jeg så valgte det. Ligesom Pairs Trader Strategien har denne model også tre tilstande:

Case 0 = ingen aktiv position

Case 1 = lang i DAX

Case 2 = kort i DAX

Logikken i strategien er følgende:

Case 0 (ingen aktiv position):

Gå lang:

MACD krydser signallinjen nedefra

Gå kort:

MACD krydser signallinjen oppefra og dagens kurs er mindre end 50 dages SMA

Eller

MACD krydser signallinjen oppefra og RSI er større end 65

Case 1 (lang position):

Stop-loss: Dagens kurs $< \text{købskurs} * 0,95$

Luk lang position og gå kort:

MACD krydser signallinjen oppefra og dagens kurs er mindre end 50 dages SMA

Eller

MACD krydser signallinjen oppefra og RSI er større end 65

Case 2 (kort position):

Stop-loss: Dagens kurs $> \text{købskurs} * 1,05$

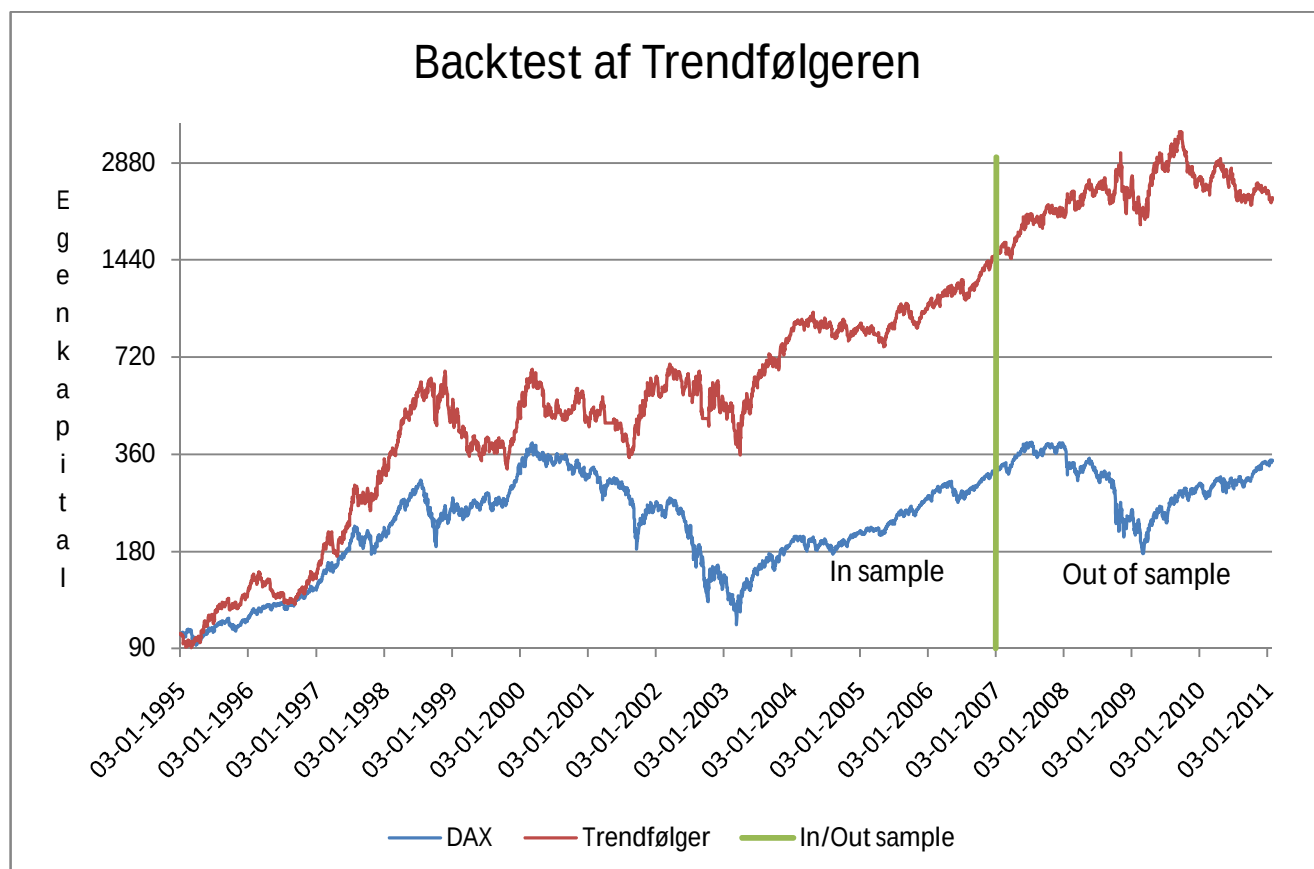
Luk kort position og gå lang:

MACD krydser signallinjen nedefra

4.3.1 Backtest af perioden fra 01.1995 til 01-2011

I den testede periode fra januar 1995 til og med januar 2011 har strategien handlet 351 gange, svarende til 1,82 gange om måneden.

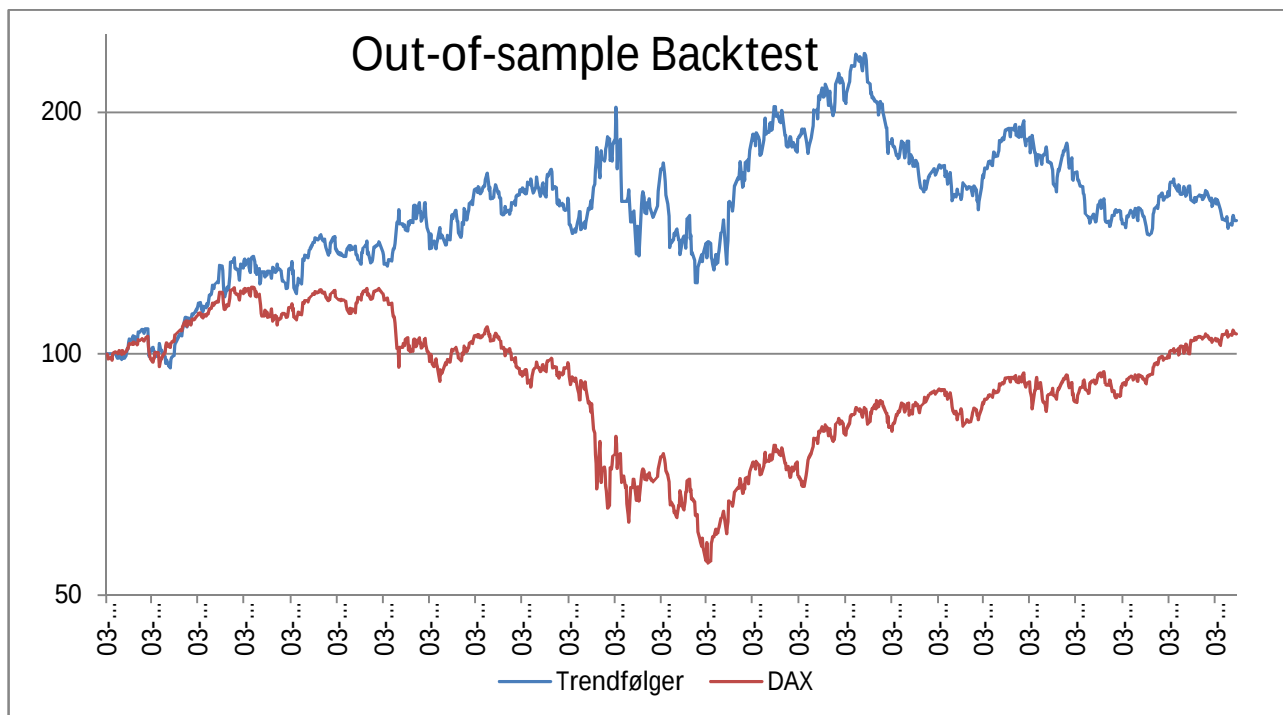
Figur 23 viser udviklingen i strategien sammenlignet med tyske DAX indeks som benchmark.



Figur 23 – Backtest af Trendfølgemodellen
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

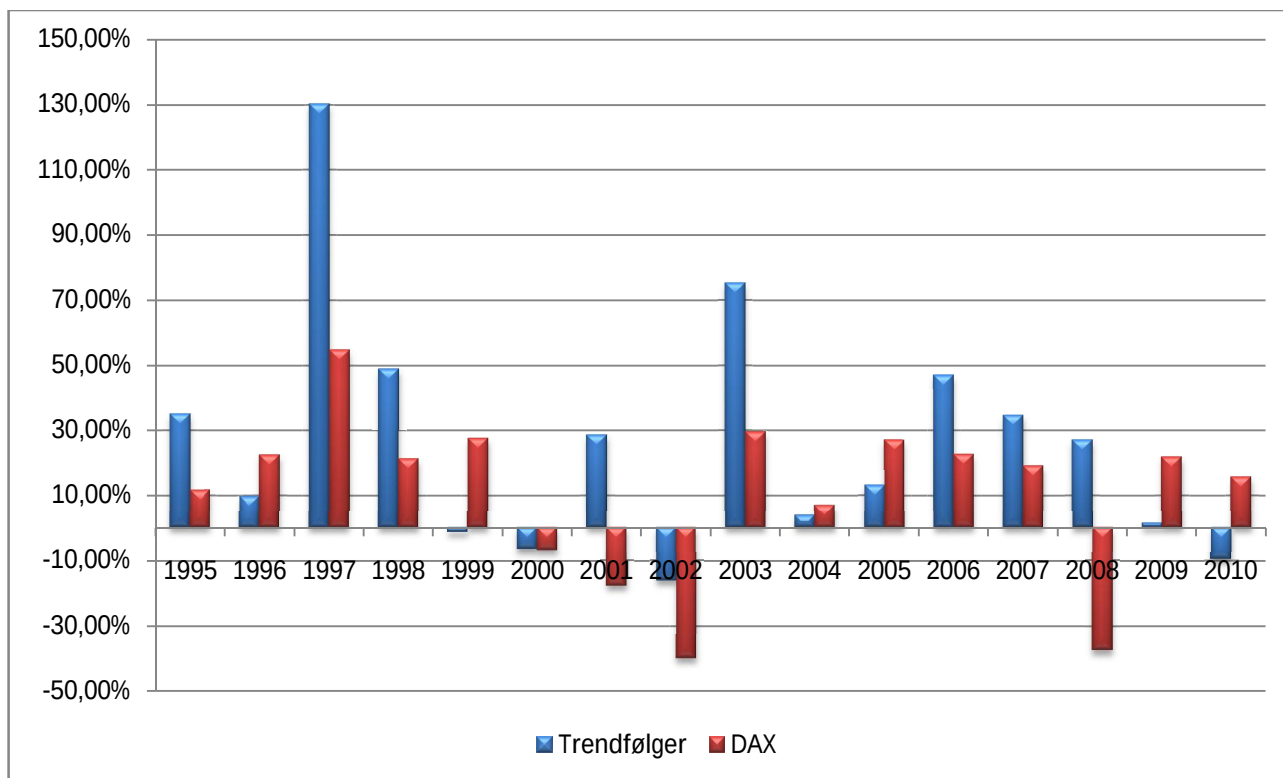
Det kan tydeligt ses at strategien har en klar fordel ved at kunne gå kort i markedet. Jeg har heller ikke taget hensyn til transaktionsomkostninger her, da undersøgelsen af den simple trendfølgemodell med og uden stop-loss viste, at forskellen i resultaterne ikke er særlig store på grund af de efterhånden ret lave transaktionsomkostninger. Det skal bemærkes at Figur 20 er med logaritmisk skala, da en normal skala ikke ville give et retvisende billede af udsvingene når der er så en stor forskel mellem de to aktiver. Et kursfald på 5 % på trendfølgemodellen ville alt andet lige virke meget voldsommere end for DAX indekset da 5 % af 2800 selvfølgelig er flere punkter end 5 % af 350. På en logaritmisk skala er der altid lig langt når værdien fordobles.

Efterfølgende figur viser testen af "out of sample" perioden alene, igen med logaritmisk skala.



Figur 24 – Out of sample Test af Trendfølge modellen
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

Figur 25 viser performance før omkostninger på årsbasis sammenlignet med DAX indekset.



Figur 25
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

Figur 25 bekræfter indtrykket fra Figur 23, at strategien giver en merværdi, når markedet falder. I nogle år som 2001 og 2008, hvor markedet falder markant, genererer strategien positive afkast. På den anden side virker det som om at perioder med fremgang efter kriser som fx 2004, 2005 samt 2009 og 2010, er mere vanskelige at håndtere for strategien. I næste afsnit vil jeg undersøge nærmere, om strategien virkelig er god til at time markedet, og om resultatet er statistisk signifikant.

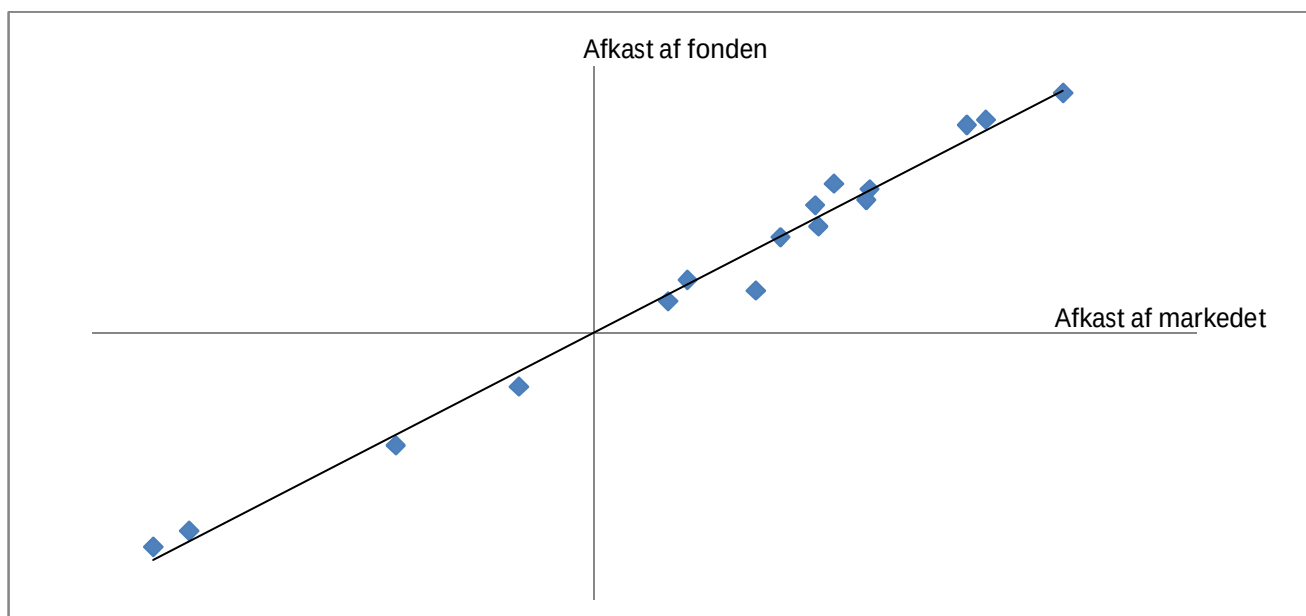
5.0 Performancemåling

For en investor er det yderst vigtigt at måle performance af en porteføljemanager. Har porteføljemanageren klaret sig bedre end andre? Bedre end markedet? Og hvor kommer hans performance fra? Tog han store risici, som også kunne have gået galt? Eller er han bedre til at time markedet end de andre? Det er de spørgsmål, som man som investor skal kunne svare på, inden man vælger en porteføljemanager. I dette kapitel vil jeg først beskrive de enkelte tekniker teoretisk og senere anvende dem for at måle performance på mine to modeller for at se om de rent faktisk er bedre end markedet.

Som risikofri rente til beregning af nøgletallene antages en rente på 2 %.

5.1 Er manageren god til at time?

En god mulighed for at teste om en manager er god til at time markedet er at sammenligne direkte afkastet af fonden med markedet i en XY diagram. Figur 26 på næste side viser et fiktivt eksempel af en fond og et marked.

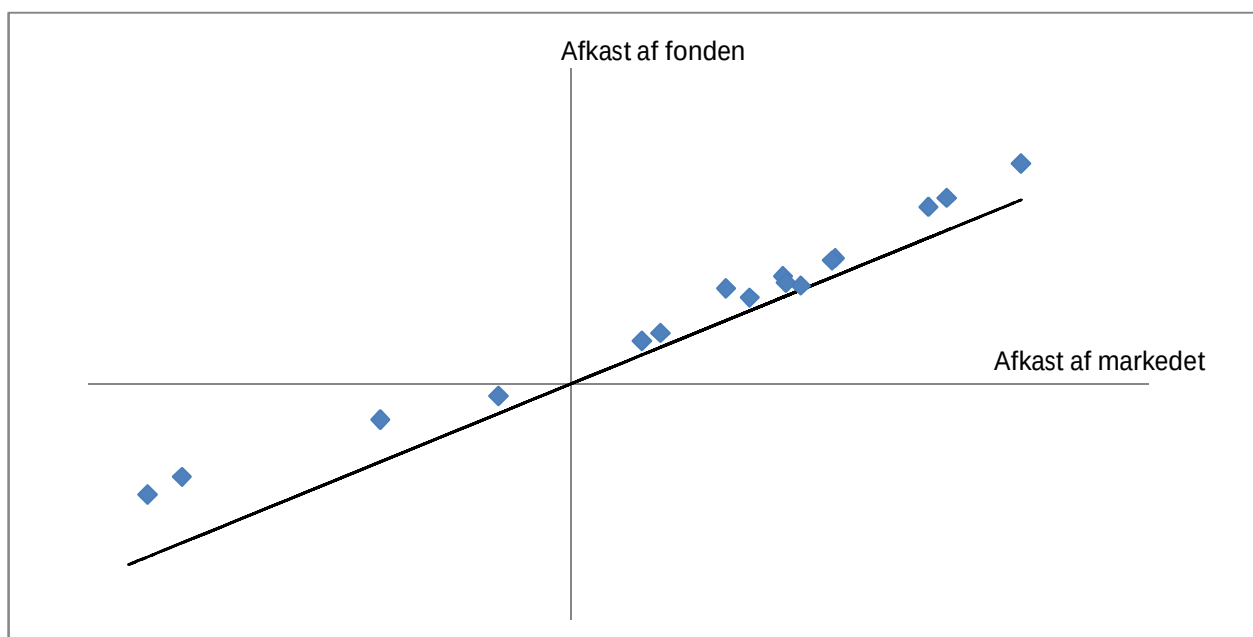


Figur 26 – Fond uden timing

Kilde: Egen tilvirkning

Plottet viser en nærmest lige linje, ensbetydende med at fondens beta var stort set konstant og dermed ingen timing overhovedet.

Havde manageren timet markedet ville han i en optrend haft en højere beta end markedet og dermed højere afkast end markedet og omvendt i en nedtrend en lavere beta, resulterende i lavere tab end markedet. Dermed ville punkterne ligge over den lige linje. Figur 27 viser hvordan sådan et eksempel kunne se ud.



Figur 27 – Fond med timing

Kilde: Egen tilvirkning

For at teste om markedstimingen er statistisk signifikant udviklede Jack Treynor og Kay Mazuy en test hvor man tilføjer en kvadratisk tendenslinje til diagrammet i stedet for en linear tendenslinje og tester for følgende regression (Elton, 2010, s. 650):

$$(R_{it} - R_{Ft}) = a_i + b_i(R_{mt} - R_{Ft}) + c_i(R_{mt} - R_{Ft})^2 + e_{it}$$

hvor

R_{it} = Afkast af fonden i i periode t

R_{mt} = Afkast af markedet i periode t

R_{Ft} = Risikofrit aktiv

e_{it} = Residualafkastet af fonden i i periode t

a_i , b_i og c_i = konstanter

En test af ovenstående regression skal vise, om tilføjelsen af det kvadrede markedsafkast forbedrer forklaringsgraden. Det gør det, hvis c_i er positiv.

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,997367589
R-kvadreret	0,994742108
Justeret R-kvadreret	0,993933202
Standardfejl	0,018799728
Observationer	16

ANOVA					
	fg	SK	MK	F	Signifikans F
Regression	2	0,86925135	0,434625675	1229,73696	1,53206E-15
Residual	13	0,004594587	0,00035343		
I alt	15	0,873845938			

	Koefficienter	Standardfejl	t-stat	P-værdi	Nedre 95%	Øvre 95%
Skæring	0,047065933	0,007658102	6,145900536	3,51082E-05	0,03052161	0,063610257
X-variabel 1	0,896732796	0,018165649	49,3642045	3,539E-16	0,857488298	0,935977294
X-variabel 2	0,432750085	0,069816549	6,198388405	3,2272E-05	0,281920602	0,583579568

Ovenstående regressionsstatistik fra Excel viser resultatet af testen for timing af ovenstående fiktive eksempel. X-variabel 2 er lige med c_i . Da den er positiv, kan man antage at

porteføljemanageren er god til at time. Da t-stat er større end 2 og 95 % konfidensintervaller ikke indeholder nul, er resultatet statistisk signifikant. Manageren er god til at time markedet.

Testen virker selvfølgelig kun, hvis man har et markedsindeks, som man kan teste performancedata imod. For nogle hedgefund strategier er det ikke muligt, da de er involveret i et hav af markeder og aktivklasser, hvorfor man her anvender andre nøgletal til at bedømme resultatet.

5.2 Sharpe Ratio

Sharpe Ratio, navngivet efter opfinderen William Sharpe, bliver beregnet vha. to statistiske størrelser: gennemsnitsafkast og standardafvigelse.

Formlen er (Christensen, 2009, s. 159):

$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{(R_p - R_f)}{\sigma_p}$$

hvor

R_p = Gennemsnitlig afkast af porteføljen

R_f = Risikofrit aktiv

σ_p = Porteføljens standardafvigelse

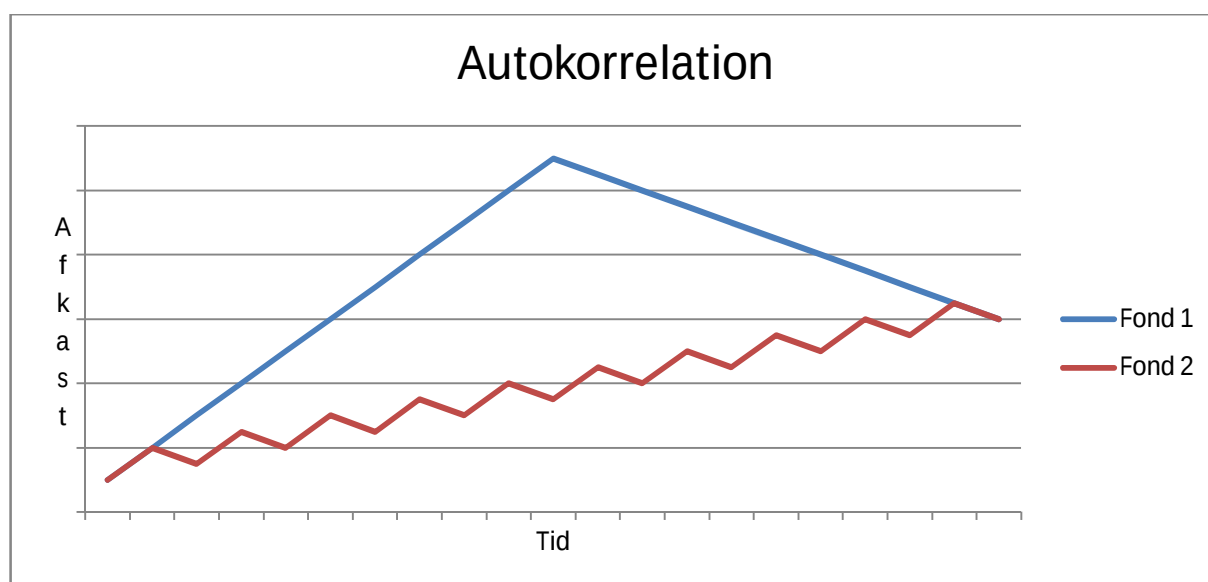
Afkastet kan både være daglig, ugentlig, månedlig eller årlig. Det er vigtigt, at den risikofri rente er af samme størrelse.

Har man fx beregnet Sharpe Ratioen på baggrund af daglige tal og ønsker at sammenligne med en Sharpe Ratio, som er beregnet på baggrund af årlige tal, skal den daglige Sharpe Ratio multipliceres med kvadratroden af 252 (Kestner, 2003, s. 84).

Sharpe Ratio måler porteføljens merafkast i forhold til den risikofri rente divideret med standardafvigelsen på porteføljens afkast. Jo højere standardafvigelsen er, jo lavere er Sharpe Ratioen da porteføljen anses for at være mere risikabel. Generelt kan man sige, at jo højere Sharpe Ratio er, desto bedre er risiko/afkast forhold.

Fordelen ved Sharpe Ratio er, at man på tværs af aktivklasser kan sammenligne afkast/risiko forholdene, og at man ikke er afhængig af, om der findes et markedsindeks, som fx i regressionsanalysen, som jeg viste før.

Ulempen ved Sharpe Ratio er, at den ikke tager hensyn til om der findes autokorrelation i mellem afkastene. Positiv autokorrelation betyder, at positive afkast bliver fulgt af positive afkast og negative afkast bliver fulgt af negative afkast. Negativ autokorrelation betyder, at efter et positivt afkast kommer et negativt afkast og omvendt. For at gøre problemet mere anskueligt har jeg simuleret to fonde. Fond 1 har ti måneder i træk genereret 1 DKK i afkast og så tabt 50 øre de efterfølgende ti måneder. Fond 2 derimod tjener 1 DKK for at tabe 50 øre måneden efter. Det gentager sig alle 20 måneder. Sharpe Ratio er den samme for begge fonde, men ser man på figur 28 virker fond 2 mere attraktivt.



Figur 28 - Autokorrelation
Kilde: Egen tilvirking

Sharpe Ratio kan ikke fange at fond 1 åbenbart har haft sine bedste dage og at fond 2 er mere stabilt i udviklingen.

En anden ulempe ved Sharpe Ratio er, at den forudsætter af afkast er normalfordelt. Ved en asymmetrisk investeringsstrategi hvor man fx sælger out-of-the-money optioner har man mange små gevinster – og nogle ganske store tab. Det kan Sharpe Ratio ikke tage højde for.

5.3 Treynor

Treynor måler porteføljens merafkast i forhold til en risikofri placering divideret med beta, altså den systematiske risiko. Jo højere Treynor, jo bedre, idet investor dermed har fået den højeste afkastmæssige belønning pr. risikoenhed, i dette tilfælde målt ved beta. Formlen er (Christensen, 2009, s. 160):

$$Treynor = \frac{(R_p - R_f)}{\beta}$$

hvor

R_p = Gennemsnitlig afkast af porteføljen

R_f = Risikofrit aktiv

β = Porteføljens beta

Ulempen ved Treynor overfor Sharpe Ratio er, at man altid skal forholde sig til et benchmark. Uden at kende det rigtige benchmark kan man ikke beregne Treynor. Derudover siger Treynor kun noget om risikoen i forhold til beta, altså den systematiske risiko. Ikke om hele risikoen som Sharpe gør. En anden ulempe er, at Treynor, baserende på CML, antager beta for at være konstant. Især porteføljer, som prøver at time markedet, har ikke konstant beta, da deres styrke jo netop er at tilpasse porteføljens beta til markedsretningen.

Treynor antager også afkast for at være normalfordelt.

5.4 Jensens Alpha

Måler merafkastet/alpha (positiv eller negativ) som en aktiv manager har genereret. Måler afstanden mellem "residualen" og CML.

Formlen er (Christensen, 2009, s. 160):

$$Jensens \alpha = R_p - (R_f + (R_M - R_f) * \beta)$$

Hvor

R_p = Gennemsnitlig afkast af porteføljen

R_f = Risikofrit aktiv

R_M = Gennemsnitlig afkast af markedet

β = Porteføljens beta

Den bagerste del af ligningen, nemlig $R_f + (R_M - R_f) * \beta$ kendes fra CAPM: det er ligningen for at bestemme det forventede afkast af et aktiv i et beta sammenhæng.

For Jensens alpha gælder samme kritikpunkter som for Treynor: den antager beta for at være konstant, og at man har et benchmark at måle op imod.

5.5 Performancemåling af Pairs Trading Strategien

Performancemåling for Pairs Trading strategien er ikke så lige til som ved fx den trendfølgende strategi. Grunden til det er, at det er svært at finde et adækvat benchmark. Det ligger i naturen af strategien at der er en vis risiko forbundet med det hvorfor en renteindeks som REXP måske ikke er det korrekte benchmark. På den anden side har pairs trading strategier ofte ingen systematisk risiko, hvorfor beta er tæt på nul – en aktieindeks er derfor måske heller ikke det helt perfekte benchmark.

Jeg har alligevel valgt, at måle strategien op mod tyske DAX indeks da de to anvendte aktier er en del af DAX indekset, velvidende at det måske ikke er det optimale valg. Måling af timing derimod var ikke mulig, da strategien ikke har som mål at time beta eksponeringen men derimod at spekulere i den relative værdiændring mellem de to aktier – med en beta tæt på nul.

5.5.1 Nøgletal

Tabel 11 viser de relevante nøgletal som gennemsnitlig afkast, standardafvigelse samt beta, sharpe ratio, treynor og jensen's alpha.

DAX	Pairs Trader	
0,04%	0,03%	Gns. Afkast daglig
1,55%	0,70%	Standardafvigelse daglig
11,25%	7,26%	Gns. Afkast årlig
24,62%	11,07%	Standardafvigelse årlig
1	0,004	Beta
0,38	0,48	Sharpe Ratio
0,09	12,03	Treynor
0%	5%	Jensen

Tabel 11
Kilde: Egen tilvirkning

Som forventet ligger beta af pairs strategien tæt på nul. Dermed har strategien stort set ingen systematisk risiko. Treynor er på grund af det meget lave beta selvfølgelig ualmindelig høj. Pairs Strategien er på de risikojusterede nøgletal bedre end DAX, ensbetydende med at det risikojusterede afkast for strategien er bedre end for DAX. Det indtryk kunne man også få ved at se på standardafvigelse og det gennemsnitlige afkast. Standardafvigelsen på Pairs Strategien er mere end halveret i forhold til DAX, mens det gennemsnitlige afkast kun er ca. 1/3 lavere end DAX.

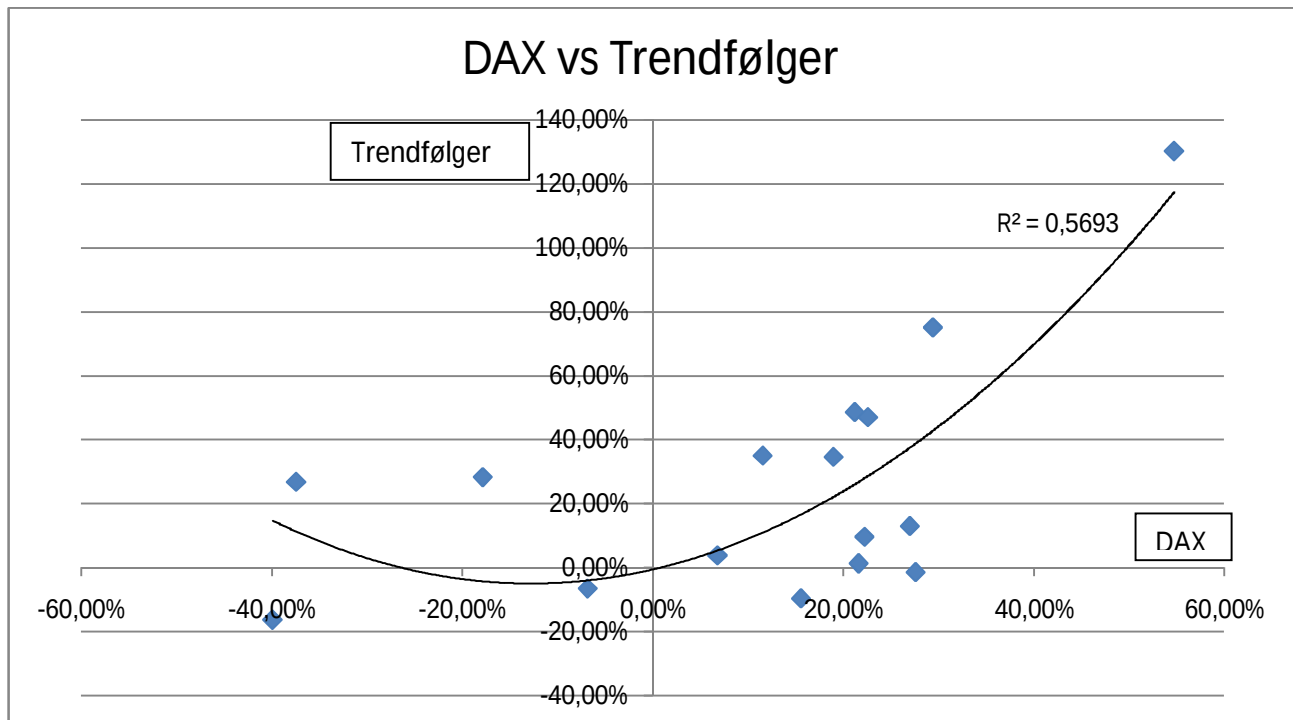
5.6 Performancemåling af Trendfølge Strategien

5.6.1 Timing

Som nævnt kunne man få indtrykket af at trendfølge strategien var god til at time markedet. I et faldende marked er beta -1 og i et stigende marked +2. Det vigtige er bare at ramme rigtigt - at man ikke alt for ofte er lang med beta +2 når markedet falder.

Jeg anvender nu den samme metode som vist under punkt 5.1 for at bestemme om strategien virkelig er god til at time markedet eller ej.

Figur 29 viser en XY plot af de årlige afkast af både strategien og DAX samt en tendenslinje, der er et polynomium af anden grad. Forklaringsgraden på 56,93 % er ikke helt så tilfredsstillende som i mit eksempel, men regressionsanalysen viser, at det er statistisk signifikant på trods af den lavere forklaringsgrad.



Figur 29

Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

Jeg har igen brugt nedenstående regressionsligning til at bestemme c_i :

$$R_{Trendfølge} = a_i + b_i(R_{DAX}) + c_i(R_{DAX})^2 + e_{it}$$

Nedenstående resultat fra Excel viser at c_i er positiv, at t-stat er større end 2 og at konfidensintervallerne er signifikant fra nul.

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,754521523
R-kvadreret	0,569302729
Justeret R-kvadreret	0,50304161
Standardfejl	0,262399674
Observationer	16

ANOVA

	fg	SK	MK	F	Signifikans F
Regression	2	1,183153461	0,59157673	8,591806784	0,004189081
Residual	13	0,895096653	0,068853589		
I alt	15	2,078250113			

	Koefficienter	Standardfejl	t-stat	P-værdi	Nedre 95%	Øvre 95%
Skæring	-0,005242452	0,094549789	-0,055446469	0,956625873	-0,209504852	0,199019948
X-variabel 1	0,686701094	0,272159422	2,523157524	0,025451793	0,09873641	1,274665779
X-variabel 2	2,679113103	0,91158585	2,938958634	0,011513524	0,70975161	4,648474596

Dermed kan jeg ikke afvise, at trendfølge strategien virkelig er god til at time markedet.

5.6.2 Nøgletal

Jeg har igen målt afkastdata op mod DAX for at beregne de ønskede performancenøgletal. I dette tilfælde giver det god mening, da strategien prøver at slå DAX.

Tabellen viser, ligesom ved Pairs Strategien, de relevante nøgletal: gennemsnitlig afkast, standardafvigelse samt beta, sharpe ratio, treynor og jensen's alpha.

DAX	Trendfølger	
0,04%	0,10%	Gns. Afkast daglig
1,55%	2,23%	Standardafvigelse daglig
11,25%	28,94%	Gns. Afkast årlig
24,62%	35,36%	Standardafvigelse årlig
1	0,51	Beta
0,38	0,76	Sharpe Ratio
0,09	0,52	Treynor
0%	22%	Jensen

Tabel 12
Kilde: Egen tilvirkning

Her fremgår det tydeligt at det gennemsnitlige afkast er mere end dobbelt så højt som ved DAX, samtidig med at standardafvigelsen kun er ca. 43 % højere, hvilket forklarer, at Sharpe Ratio er langt bedre end ved indekset. Også Treynor slår markedet markant, begrundet i at beta er det halve samtidig med at afkastet er betydeligt højere. Jensen alpha virker usandsynligt højt. Forklaringen er, at Jensen ikke tager hensyn til, at beta ikke er konstant. I strategien svinger beta faktisk mellem -1 og +2 – men er aldrig på 0,51, hvilket er gennemsnittet.

Et aktiv med beta 0,51 burde ifølge CAPM give et afkast på ca. 6,76 %:

$$E(R_p) = R_F + (R_M - R_F) * \beta_p = 2\% + (11,25\% - 2\%) * 0,51$$

Det gennemsnitlige afkast af strategien afviger dermed ca. 22 procentpoint fra hvad den ifølge CAPM burde give. En del af forklaringen er sikkert, at den er god til at time markedet men en anden del af forklaringen er sikkert også, at Jensen antager konstant beta. Men igen – modellen

slår indekset på alle performancemål. Det risikojusterede afkast for den trendfølgende strategi er bedre end for indekset.

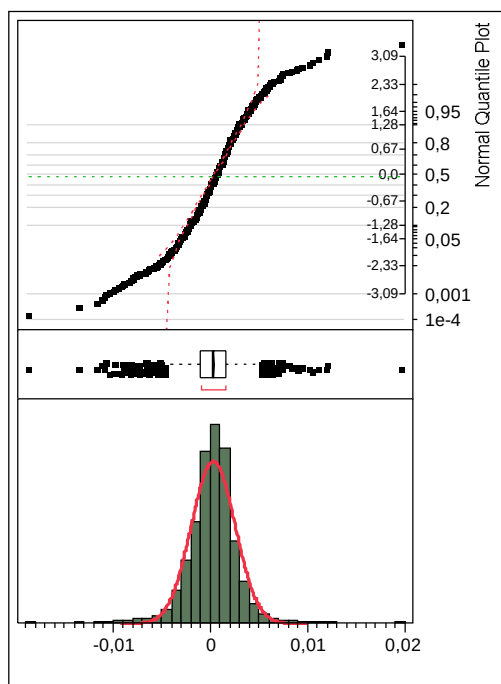
5.7 Er afkast normalfordelt?

En vigtig antagelse bag mange modeller indenfor finansiering, som fx Modern Portfolio Theory, CAPM og Sharpe Ratio, er at afkast er normalfordelt. I faglitteratur finder man ofte henvisninger at fordelingen af afkastet af finansielle aktiver er "leptokurtic", dvs. med en højere toppunkt og federe haler end normalfordelingen egentlig tilsiger og med en vis form for skævhed (Wilmott, 2009, s. 220).

I dette afsnit vil jeg undersøge om afkastet på de fire aktiver jeg undersøger (REXP, DAX, Pairs Trader og Trendfølger) er normalfordelt eller om der også findes fede haler og skævhed.

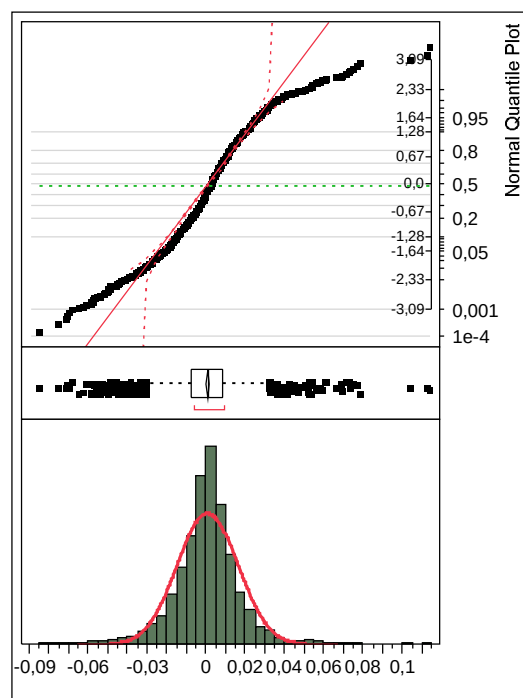
For at undersøge om afkastet er normalfordelt har jeg plottet de daglige observationer i en fraktildiagram (normal quantile plot) og viser dem også i et histogram hvor en rød linje tegner en normal fordelt kurve til sammenligning. På nedenstående figurer kan man se, at fraktildiagrammet ikke er helt lineært. Især i de ydre ender, altså i halerne af normalfordelingen, afviger den.

Figur 30 – Fordeling af REXP afkast



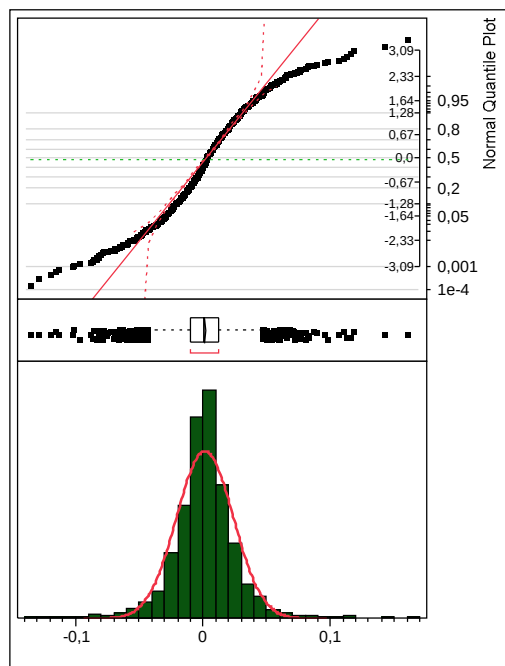
Skewness -0,340084
Kurtosis 5,2794746

Figur 31 – Fordeling af DAX afkast



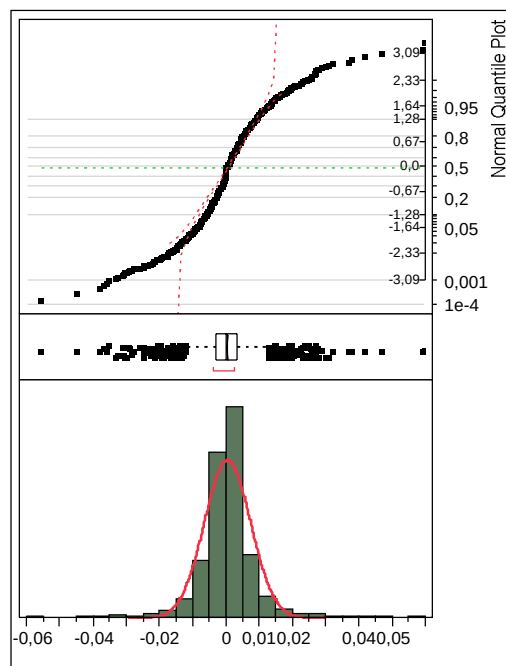
Skewness 0,1008654
Kurtosis 4,6298838

Figur 32 – Fordeling af Trendfølger afkast



Skewness -0,04923
Kurtosis 4,2634018

Figur 33 – Fordeling af Pairs Trader afkast



Skewness 0,2399279
Kurtosis 7,8779692

SAS JMP 8.0.1, som jeg har anvendt til beregningen af kurtosis og skævheden, bruger følgende formler til beregningen:

$$\text{Kurtosis} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n w_i^2 \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

$$\text{Skævhed} = \frac{\sum w_i^2 z_i^3}{N(N-1)(N-2)}, \text{ where } z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\text{std}(x)}$$

Kilde: SAS JMP Stat and Graph Guide, side 33
http://www.jmp.com/support/downloads/pdf/jmp_stat_graph_guide.pdf

Ovenstående undersøgelse bekræfter hvad Wilmott, blandt andre, har skrevet. Nemlig at afkast af finansielle aktiver ikke er perfekt normalfordelt men at det lider af kurtosis og skævhed. En normalfordeling har en kurtosis på ca. 3, og en højere kurtosis betyder, at risikoen for ekstreme observationer i fremtiden er højere (<http://www.investopedia.com/terms/e/excesskurtosis.asp>).

Skævheden måler, hvor asymmetrisk en fordeling er. En standardnormalfordeling har en skævhed på nul. En negativ skævhed betyder, at fordelingen har en længere hale ud til venstre og at

størstedelen af observationerne ligger til højre for middelværdien. Positiv skævhed betyder, at fordelingen har en længere hale ud til højre og at størstedelen af observationerne ligger til venstre for middelværdien (<http://www.riskglossary.com/link/skewness.htm>).

Det interessante ved min undersøgelse er, at REXP har den største negativ skævhed mens DAX har en lille positiv skævhed. Hos REXP, en konservativ renteindeks, blev der altså fundet nogle større kurstab i stikprøven. Pairs Trader har en positiv skævhed og Trendfølgemodellen har en lille negativ skævhed.

Hvis afkastfordelingen har kurtosis og skævhed er varians og standardafvigelse ikke præcise i deres forudsigelser da, som nævnt før, risikoen for ekstreme observationer er højere end ved en perfekt normalfordelt fordeling. Men selvom varians og standardafvigelse måske ikke er helt præcise bliver de alligevel tit brugt da de giver en god tilnærmelse til det sande resultat og derudover er de normalfordelingen nemt at anvende.

For en investor er negativ skævhed den største trussel da den medfører at ekstreme negative observationer optræder, lig med store kurstab.

6.0 Kvantitative strategier i porteføljesammenhæng

Efter undersøgelsen af de kvantitative strategier hver for sig, som har vist nogle spændende resultater, er det nu meget interessant at besvare spørgsmålet fra min problemstilling: Kan kvantitative investeringsstrategier forbedre afkast/risiko på traditionelle porteføljer? Er modellerne ukorrelerede med traditionelle aktivklasser som DAX og REXP? Og tilføjer modellerne værdi til en portefølje?

6.1 Minimum-Varians-Portefølje med kvantitative strategier

Det er lidt mere vanskeligt end vist i kapitel 2.0 at beregne minimum-variens-porteføljen, hvis der indgår flere end to aktiver. Igen er short sales tilladt men ingen risikofri placering eller lån tilladt (ligesom i kapitel 2). Teknikken ved flere end to aktiver er, at beregne to tangentporteføljer med

forskellige konstanter, beregne kovariansen mellem de to tangentporteføljer og bagefter at beregne MVP ved at behandle de to tangentporteføljer som enkelte aktiver.

Som det første har jeg lavet en korrelationsmatrix for de fire aktiver, jeg ønsker at kombinere med hinanden for at få et hurtigt overblik over korrelationerne:

Korrelationer	Trendfølger	Pairs Trader	REXP	DAX
Trendfølger	1,000	0,016	0,018	0,358
Pairs Trader	0,016	1,000	-0,064	0,010
REXP	0,018	-0,064	1,000	-0,142
DAX	0,358	0,010	-0,142	1,000

Tabel 13

Kilde: Egen tilvirkning

Tabellen viser at både DAX og REXP såvel som REXP og Pairs Trading Strategien er negativt korreleret med hinanden. Trendfølgeren og Pairs Traderen er næsten ukorrelerede og mens DAX og Trendfølgeren har den højeste korrelation af de fire aktiver.

For selve beregningen har jeg lavet en kovariansmatrix hvor

$$Kovarians_{A,B} = \rho_{A,B} * \sigma_A * \sigma_B$$

Kovarianser	Trendfølger	Pairs Trader	REXP	DAX
Trendfølger	0,00049608	0,00000251	0,00000092	0,00012371
Pairs Trader	0,00000251	0,00004859	-0,00000100	0,00000105
REXP	0,00000092	-0,00000100	0,00000505	-0,00000494
DAX	0,00012371	0,00000105	-0,00000494	0,00024055

Tabel 14

Kilde: Egen tilvirkning

For at finde porteføljevægtene af de enkelte aktiver beregner jeg først følgende ligningssystem:

$$R_{TF} - K_1 = Z_{TF} * \sigma_{TF}^2 + Z_{PT} * \sigma_{TF,PT} + Z_{REXP} * \sigma_{TF,REXP} + Z_{DAX} * \sigma_{TF,DAX}$$

$$R_{PT} - K_1 = Z_{TF} * \sigma_{TF,PT} + Z_{PT} * \sigma_{PT}^2 + Z_{REXP} * \sigma_{PT,REXP} + Z_{DAX} * \sigma_{PT,DAX}$$

$$R_{REXP} - K_1 = Z_{TF} * \sigma_{TF,REXP} + Z_{PT} * \sigma_{PT,REXP} + Z_{REXP} * \sigma_{REXP}^2 + Z_{DAX} * \sigma_{REXP,DAX}$$

$$R_{DAX} - K_1 = Z_{TF} * \sigma_{TF,DAX} + Z_{PT} * \sigma_{PT,DAX} + Z_{REXP} * \sigma_{REXP,DAX} + Z_{DAX} * \sigma_{DAX}^2$$

hvor

R_x = gennemsnitlig daglig afkast

K_1 = Konstant

Z_x = Andel aktiv X

$\sigma_{x,y}$ = Kovarians mellem aktiv x og aktiv y

σ_x^2 = Eigenvarians aktiv x

Ved at indsætte observerede værdier for R, beregnede kovarianser og eigenvarianser samt 0 % for K , hvilket også godt kunne være en anden værdi større eller lig med 0, i ligningssystemet får jeg følgende værdier for Z:

	Z
Z_{TF}	1,413441
Z_{PT}	6,60868
Z_{REXP}	48,40919
Z_{DAX}	1,99763

Tabel 15

Kilde: Egen tilvirking

For at beregne porteføljevægtene, W , af de enkelte aktiver dividerer jeg de enkelte Z-værdier med summen af alle Z.

$$\sum_{i=1}^4 Z_i = 58,42894$$

$$W_{TF} = 1,413441/58,42894 = 2,419 \%$$

$$W_{PT} = 6,60868/58,42894 = 11,311 \%$$

$$W_{REXP} = 48,40919/58,42894 = 82,851 \%$$

$$W_{DAX} = 1,99763/58,42894 = 3,419 \%$$

Ovenstående porteføljevægte er markeds- eller tangentporteføljen for konstant $K = 0$.

Efterfølgende gentager jeg samme beregninger som ovenfor, bare med konstant $K = 6 \%$, hvilket igen er tilfældigt valgt, og får følgende porteføljevægte:

$$W_{TF} = -0,289 \%$$

$$W_{PT} = 10,140 \%$$

$$W_{REXP} = 86,570 \%$$

$$W_{DAX} = 3,578 \%$$

Nu kender jeg to punkter på den efficiente rand: Markedsporteføljen med $K = 0$ og markedsporteføljen med $K = 6 \%$. Deres respektive forventede afkast, standardafvigelse samt kovariansen mellem de to porteføljer bliver vist i nedenstående tabel.

	Portefølje K = 0%	Portefølje K = 6%
	Andele	Andele
	2,419%	-0,289%
	11,311%	10,140%
	82,851%	86,570%
	3,419%	3,578%
E(R)	0,026%	0,024%
StdDev	0,211%	0,202%
Kovar	4,09254E-06	

Tabel 16
Kilde: Egen tilvirking

Da jeg nu kender to punkter på den efficiente rand kan jeg behandle de to porteføljer som enkelte aktiver og indsætte i den bekendte ligning fra kapitel 2.0 for at finde andelen i minimum-varians-porteføljen:

$$W_{0\%} = \frac{(\sigma_{6\%}^2 - \text{kovar}_{0\%,6\%})}{(\sigma_{6\%}^2 + \sigma_{0\%}^2 - 2 * \text{kovar}_{0\%,6\%})} = \frac{(0,202\%^2 - 0,00000409254)}{(0,202\%^2 + 0,211\%^2 - 2 * 0,00000409254)} = 0,399\%$$

$$W_{6\%} = 1 - W_{0\%} = 99,601\%$$

Minimum-Varians-Porteføljen for de 4 aktiver består altså af 0,399 % af markedsporteføljen med $K = 0$ og 99,601 % af markedsporteføljen med $K = 6 \%$.

Nu kan jeg beregne det forventede afkast

$$E(R_p) = \sum_i w_i E(R_i) = 0,399\% * 0,026\% + 99,601\% * 0,024\% = 0,024\%$$

samt standardafvigelsen

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_{Aktiv A}^2 * W_{Aktiv A} + \sigma_{Aktiv B}^2 * W_{Aktiv B} + 2 * W_{Aktiv A} * W_{Aktiv B} * Kovar(A, B)}$$

for MVP.

Resultaterne, som er beregnet med daglige observationer bliver omregnet til årlige tal vha. følgende formler:

$$\text{Årlig Standardafvigelse} = \text{Daglig Standardafvigelse} * \sqrt{252}$$

$$\text{Årlig Afkast} = (1 + \text{Daglig Afkast})^{252} - 1$$

Nedenstående tabel viser resultaterne for Minimum-Varians-Porteføljen inkl. de to kvantitative modeller og sammenligner med MVP uden kvantitative modeller, altså kun bestående af DAX og REXP.

	Med Quant	Uden Quant	
Andel W0%	0,399%	3,912%	Andel DAX
Andel W6%	99,601%	96,088%	Andel REXP
E(R)	0,0239%	0,0237%	E(R)
Standardafvigelse	0,202%	0,216%	Standardafvigelse
Årlig E(R)	6,213%	6,155%	Årlig E(R)
Årlig Std.Afv.	3,212%	3,429%	Årlig Std.Afv.

Tabel 17
Kilde: Egen tilvirkning

Tabellen viser, at det forventede årlige afkast inkl. kvantitative strategier er ca. 0,057 % højere end uden kvantitative strategier samtidig med at den årlige standardafvigelse er ca. 0,217 % lavere ved anvendelse af kvantitative strategier.

Nu er det for en investor ikke hensigtsmæssigt at købe to gange markedsporteføljen men at kende de enkelte porteføljevægte af de bagvedliggende aktiver i MVP.

For at finde de enkelte porteføljevægte af de fire aktiver løser jeg følgende ligninger:

$$MVP_{TF} = 0,399\% * 2,419\% + 99,601\% * -0,289\%$$

$$MVP_{PT} = 0,399\% * 11,311\% + 99,601\% * 10,140\%$$

$$MVP_{REXP} = 0,399\% * 82,851\% + 99,601\% * 86,570\%$$

$$MVP_{DAX} = 0,399\% * 3,419\% + 99,601\% * 3,578\%$$

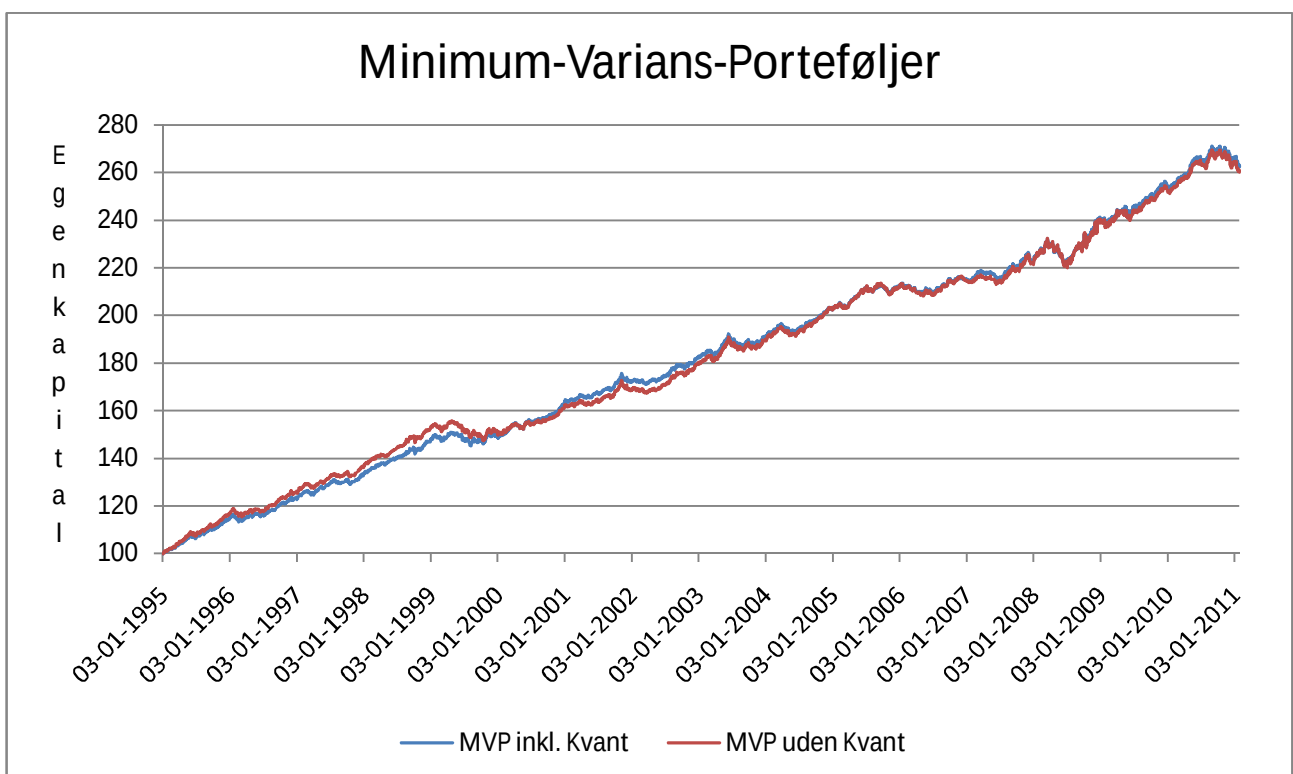
De respektive porteføljevægte af de enkelte aktiver i MVP vises i nedenstående tabel:

MVP	Andele
Trendfølger	-0,2781%
Pairs Trader	10,1448%
REXP	86,5554%
DAX	3,5779%

Tabel 18
Kilde: Egen tilvirkning

Minimum-Varians-Porteføljen består altså af en kort position i trendfølgemodellen, en mindre position i DAX, en position i Pairs Trading Strategien samt en stor position i REXP.

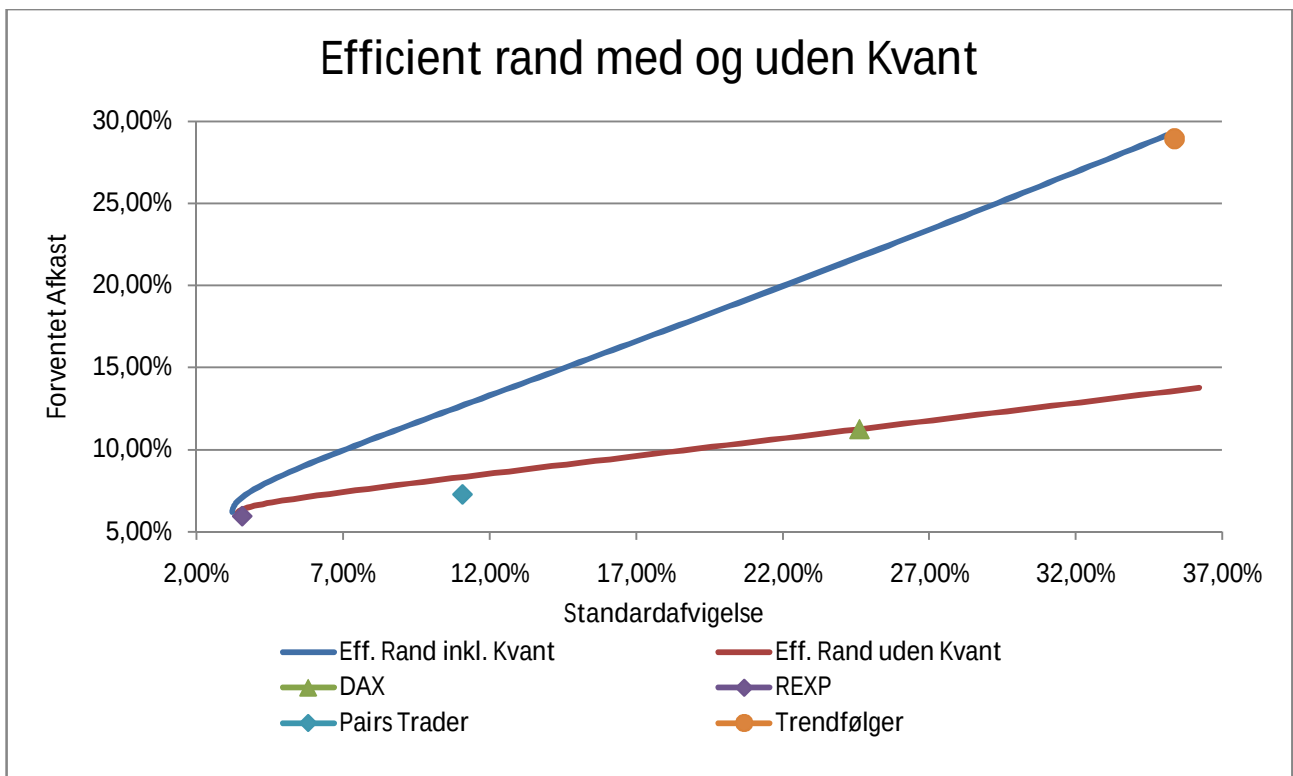
Figur 34 viser den akkumulerede udvikling hvis man havde investeret den 03-01-1995 i henholdsvis MVP inkl. Kvant og MVP uden Kvant.



Figur 34
Kilde: Egen tilvirkning / Data fra Reuters

Da forskellen i det årlige afkast kun er på ca. 0,06 % ligger de to linjer ret tæt på hinanden hvorfor man ikke kan se en reel forskel. Indekstallet for MVP inkl. Kvant er på ca. 262,5 i januar 2011 og indekstallet for MVP uden Kvant er på ca. 260 i januar 2011.

Figur 35 viser den efficiente rand med Kvant og uden Kvant samt placeringen af de enkelte aktiver i risiko/afkast diagrammet. Det er tydeligt at se, at den efficiente rand med Kvant er forskudt mod "nord-vest", altså op og mod venstre, ensbetydende med at man for det samme risiko får et højere afkast, hvis man inkluderer de to kvantitative modeller. Samtidig er hældningen på den efficiente rand stejlere, hvilket betyder, at man for hver enhed risiko man påtager sig bliver belønnet med et forholdsvis højere afkast end ved en lavere hældning.



Figur 35

Kilde: Egen tilvirking / Data fra Reuters

Forskydningen af den efficiente rand og dermed også af MVP resulterer også i en højere Sharpe Ratio for MVP inkl. Kvant.

	Med Quant	Uden Quant
Sharpe Ratio	1,31	1,21

Tabel 19

Kilde: Egen tilvirking

Jeg har beregnet Sharpe Ratio igen med et risikofrit afkast på 2 %, ligesom i kapitel 5.2.

6.2 Maksimum-Sharpe-Ratio-Portefølje med kvantitative strategier

Ikke alle investorer vil investere i MVP. Ofte er ønsket at investere i det punkt, hvor man får den største belønning i form af afkast for det risiko man påtager sig. Det punkt kaldes for tangent- eller markedsporteføljen og er lig med det punkt på den efficiente rand, hvor Sharpe Ratio er størst.

For at finde punktet med den største Sharpe Ratio har jeg bedt "solveren" i Excel om at maksimere Sharpe Ratio ved at ændre porteføljevægtene. Tabel 20 viser, at en blanding af 153,115 % af porteføljen med $K = 0$ og en tilsvarende position på -53,115 % i porteføljen med $K = 6$ % er den blanding, som har den højeste Sharpe Ratio. De respektive andele i de fire aktiver bliver vist i tabel 21 ved siden af.

Max Sharpe	Med Quant
W0%	153,115%
W6%	-53,115%
E(R)	0,027%
StdDev	0,223%
Yearly E(R)	7,09%
Yearly StdDev	3,53%
Sharpe Ratio	1,441028619

Tabel 20
Kilde: Egen tilvirkning

Max Sharpe	Med Quant
Trendfølger	3,8574%
Pairs Trader	11,9323%
REXP	80,8761%
DAX	3,3341%

Tabel 21
Kilde: Egen tilvirkning

Nu indgår Trendfølge Strategien med en positiv vægt samtidig med at vægten af REXP blev reduceret til fordel for de tre andre aktiver.

Samme beregning har jeg også gennemført for porteføljen bestående af DAX og REXP. Nu bliver forskellen i det forventede afkast og standardafvigelsen mere synligt end ved MVP.

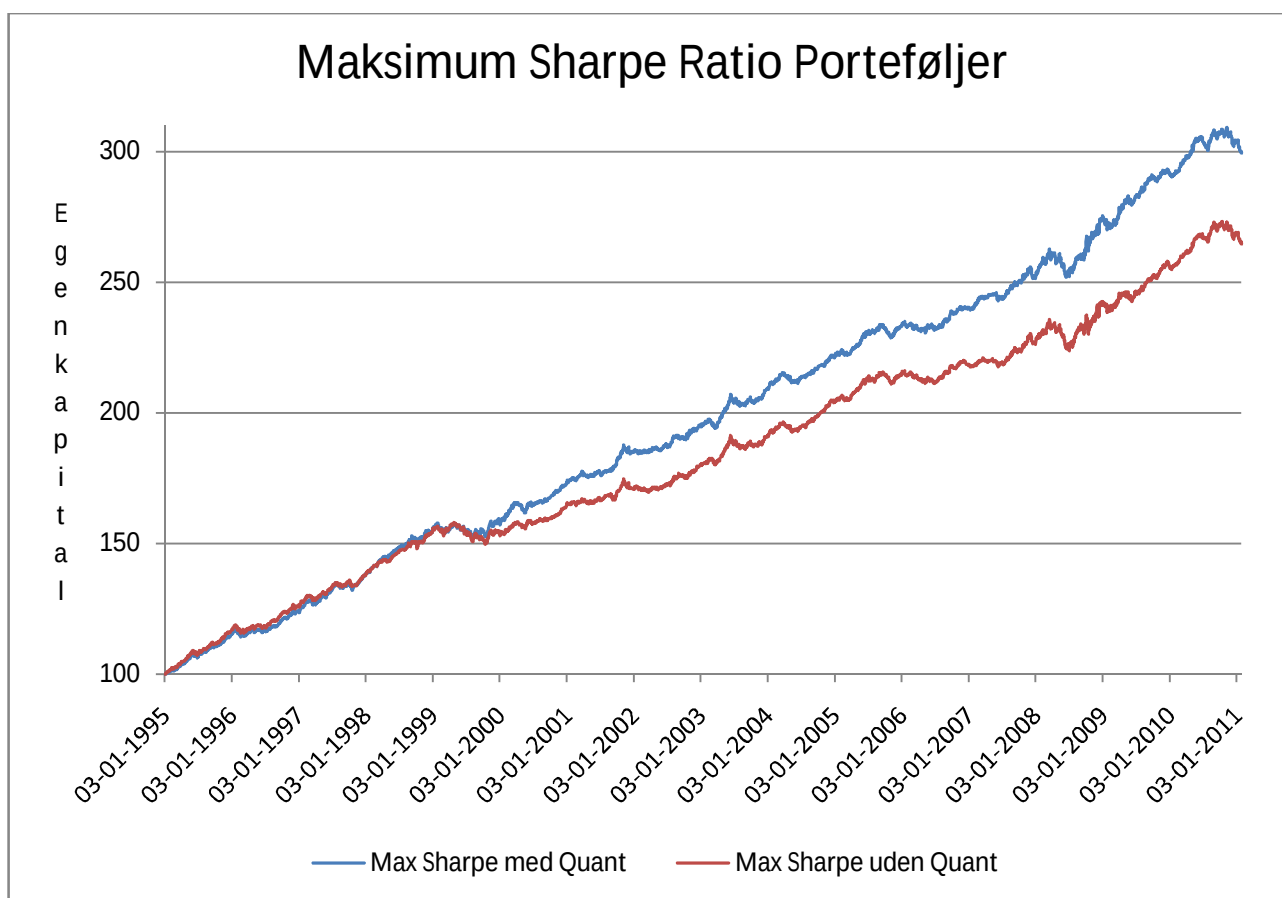
Max Sharpe	Uden Quant
Andel DAX	6,19%
Andel REXP	93,81%
E(R)	0,024%
StdDev	0,219%
Yearly E(R)	6,27%
Yearly StdDev	3,48%
Sharpe Ratio	1,22912849

Tabel 22

Kilde: Egen tilvirking

Det forventede årlige afkast for porteføljen med Kvant er ca. 0,82 % højere end uden Kvant, samtidig med at den årlige standardafvigelse kun er ca. 0,05 % højere end uden Kvant. Det resulterer i, at Sharpe Ratio for porteføljen med Kvant er 0,22 punkter bedre end uden Kvant.

Figur 36 viser det akkumulerede afkast af de to "Maksimum-Sharpe-Ratio" porteføljer fra januar 1995 til og med januar 2011.



Figur 36

Kilde: Egen tilvirking / Data fra Reuters

Forskellen er meget tydeligere end ved MVP. Indekstallet for "Maksimum-Sharpe-Ratio" porteføljen inkl. Kvant er på ca. 299 og "Maksimum-Sharpe-Ratio" porteføljen uden Kvant er på ca. 265 – en forskel på næsten 13 % over 16 år.

7.0 Konklusion

Jeg har i denne opgave undersøgt, om en investor fra EURO zonen ville have gavn af at tilføje kvantitative investeringsstrategier til sin portefølje bestående af DAX indeks og REXP indeks.

Konkret var målet at undersøge om:

- det lykkes mig at finde profitable kvantitative strategier
- afkastet af strategierne er ukorreleret med DAX og REXP
- risikoen bliver reduceret pga. kvantitative strategier
- afkastet bliver højere pga. kvantitative strategier

Det lykkedes mig, at udvikle både en profitabel pairs trading strategi som handler prisforskellen mellem E.ON og RWE, og en profitabel trendfølge strategi som handler DAX indekset.

Som tabel 23 viser, outperformer begge strategier DAX indekset på en risikojusteret basis, målt ved Sharpe Ratio. Det var dog ikke muligt at slå REXP indekset på en risikojusteret basis. Den meget lave standardafvigelse gør REXP til en attraktiv investering for en risikoavers investor.

	Trendfølger	Pairs Trader	REXP	DAX
Gennemsnitlig daglig afkast	0,101%	0,028%	0,023%	0,042%
Daglig standardafvigelse	2,228%	0,697%	0,225%	1,551%
Årlig afkast	28,94%	7,26%	5,95%	11,25%
Årlig standardafvigelse	35,36%	11,07%	3,57%	24,62%
Sharpe Ratio	0,76	0,48	1,11	0,38

Tabel 23

Kilde: Egen tilvirkning

Men på trods af at det risikojusterede afkast for REXP slår de andre aktivklasser, var det ikke forgæves at udvikle de to modeller. Nedenstående korrelationsmatrix viser, at især Pairs Trader Strategien tilføjer noget diversifikationseffekt grundet i den negative korrelation overfor REXP og den meget lave korrelation overfor DAX, der er tæt på nul.

Korrelationer	Trendfølger	Pairs Trader	REXP	DAX
Trendfølger	1,000	0,016	0,018	0,358
Pairs Trader	0,016	1,000	-0,064	0,010
REXP	0,018	-0,064	1,000	-0,142
DAX	0,358	0,010	-0,142	1,000

Tabel 24

Kilde: Egen tilvirking

At korrelationen mellem DAX og Trendfølgeren er forholdsvis højt med 0,358 ligger i sagens natur, i og med at strategien jo i en optrend er højt positivt korreleret. Korrelationen mellem Trendfølgeren og REXP og Pairs Traderen er dog ret lavt, hvorfor også her tilføjes noget diversifikationsgevinst.

Endvidere fandt jeg ud af, at risikoen i form af standardafvigelsen rent faktisk bliver lavere ved tilføjelse af de to modeller til porteføljen bestående af DAX og REXP. Standardafvigelsen ved Minimum-Varians-Porteføljen blev reduceret fra ca. 3,429 % til ca. 3,212 % på årlig basis. Samtidig blev afkastet forøget fra ca. 6,155 % p.a. til ca. 6,213 % p.a..

Ved tilføjelse af de to kvantitative modeller blev hele den efficiente rand rykket op og mod venstre, ensbetydende med et højere afkast ved samme risiko som uden kvantitative strategier. Det viste sig så også ved optimeringen efter porteføljen med det højeste Sharpe Ratio. Her kunne mine to modeller forbedre Sharpe Ratio fra 1,23 til 1,44.

Selvom undersøgelsen har vist at mine to modeller kunne forbedre risiko/afkast forholdet på porteføljen, er det dog ikke sikkert, at det også i realiteten ville holde stik. For det første tog jeg ikke hensyn til skatter og for det andet kan slippage og handelsrestriktioner have en stor betydning. Transaktionsomkostninger blev også udeladt, dog kunne jeg i mine undersøgelser i kapitel 4 kun se nogle ret begrænsede forskelle som følge af transaktionsomkostningerne, hvorfor de ikke antages for at være så relevante.

Til sidst skal det også nævnes at ethvert aktiv med samme, lave korrelation som mine modeller ville tilføje samme værdi til porteføljen. Det er altså ikke mine modeller i sig selv, som tilføjer værdien men deres egenskaber overfor de to andre aktiver (DAX og REXP). Den første udfordring ligger i, at finde aktiver med disse egenskaber og den anden udfordring er, som jeg også viste i starten af denne opgave, at korrelationer ikke er konstante. Især i krisetider ændrer

korrelationerne sig, hvor traditionelle long-only porteføljer ikke længere har den samme diversifikationseffekt som i "normale" tider. Derfor er jeg stadig overbevist om, at det kan betale sig også fremover at forske indenfor kvantitativ investering og finde modeller, som især i turbulente tider tilføjer værdi ved at kunne gå kort i markedet.

7.1 Perspektivering til fremtidige undersøgelser

Som nævnt tidligere i opgaven findes forskellige regimer på de internationale finansmarkeder hvor forskellige investeringsstrategier har fordele og ulemper. Min trendfølgende model fx har store problemer i et marked som er uden lange trends. I en fremtidig undersøgelse kunne det være interessant at udvikle modeller som selv kan finde ud af i hvilken regime de befinder sig og dermed tilpasse strategien til det aktuelle regime. En mulig indgangsvinkel til det kunne være "machine learning", hvor computerprogrammer lærer og hele tiden videreudvikler sig selv.

En anden interessant forandring på markederne pt. er den stigende omsætning af såkaldte "high-frequency" strategier. Det er også kvantitative strategier som ligner mine, der dog handler med meget korte tidshorisonter. Ofte kun brøkdeler af sekunder. Disse strategier står for en stadig stigende andel af omsætningen på de internationale børser. Rådgivningsvirksomheden Aite Group forventer, at high-frequency trader står for næsten halvdelen af omsætningen på aktiemarkedet i 2012 (<http://www.efinancialnews.com/story/2010-03-31/aite-high-frequency-trading-volumes>).

Det bliver interessant at følge om udviklingen har en indflydelse på profitabiliteten af kvantitative strategier i fremtiden og om volatiliteten stiger eller falder som følge af den elektroniske lynhandel.

8.0 Litteraturliste

- | | |
|--|--|
| David N. Dreman | <u>Contrarian investment strategies: the next generation</u>
Simon & Schuster Ltd.
1. udgave, 1998 |
| Lars Kestner | <u>Quantitative Trading Strategies</u>
McGraw-Hill
1. udgave, 2003 |
| Perry J. Kaufman | <u>New Trading Systems and Methods</u>
John Wiley & Sons, Inc.
4. udgave, 2005 |
| Edwin Elton
Martin Gruber
Stephen Brown
William Goetzmann | <u>Modern Portfolio Theory and Investment Analysis</u>
John Wiley & Sons, Inc.
8. udgave, 2010 |
| Andrew W. Lo | <u>A non-random walk down Wall Street</u>
Princeton University Press
5. udgave, 2002 |
| Tamara M. Henderson | <u>Fixed Income Strategy</u>
John Wiley & Sons, Inc.
1. udgave, 2003 |
| Lucy F. Ackert
Richard Deaves | <u>Behavioral Finance</u>
South-Western Cengage Learning
1. Udgave, 2010 |
| Paul Wilmott | <u>Frequently asked questions in Quantitative Finance</u>
John Wiley & Sons, Inc.
2. udgave, 2009 |
| Michael Christensen
Frank Pedersen | <u>Aktieinvestering</u>
Jurist- og Økonomforbundets Forlag
3. Udgave, 2009 |

Internet

http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0073405175/534474/Chapter_8.pdf

26. marts 2011

<http://www.insidermonkey.com/blog/2010/12/30/best-hedge-funds-jim-simons-medallion-fund%E2%80%99s-returns-and-alpha/>

27. marts 2011

<http://www.investopedia.com/terms/e/excesskurtosis.asp>

08. maj 2011

http://www.jmp.com/support/downloads/pdf/jmp_stat_graph_guide.pdf

08. maj 2011

<http://www.riskglossary.com/link/skewness.htm>

08. maj 2011

<http://www.efinancialnews.com/story/2010-03-31/aite-high-frequency-trading-volumes>

08. maj 2011

9.0 Bilag

Alle relevante regneark samt mine C++ programmer er på den vedlagte CD. Derudover kan hele opgaven inkl. regneark og programmer lades ned fra følgende adresse:

<http://www.christoph-junge.de/hovedopgave.zip>