

Seminararbeit: Machine Learning

im Masterstudiengang Finanzmathematik, Aktuarwissenschaften und Risikomanagement

Deep Portfolio Management

Berlin, 30. März 2020

Weiqi Xie
s0553735

bei:
Prof. Olaf Bochmann

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

Gliederung

Deep Portfolio Management

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

1 Motivation

2 Datensatz

3 Portfoliooptimierungsmethoden

- Markowitz efficient frontier
- Hauptkomponentenanalyse
- Risikoparitätsmodell

4 Benchmarking und Fazit

Motivation

Deep Portfolio Management

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

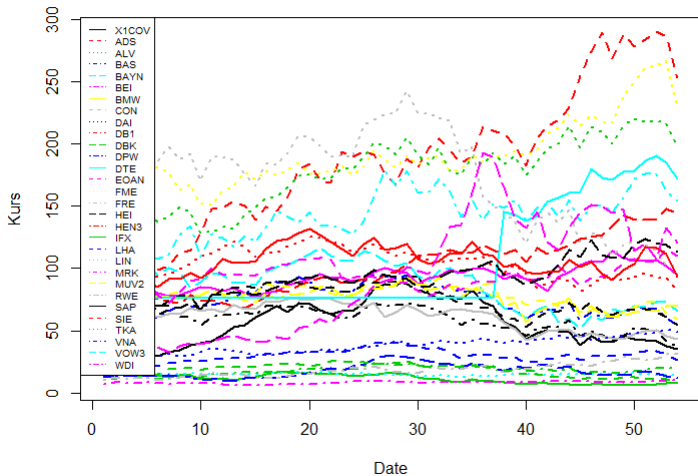
Anwendung

Fazit

- Optimierungsproblem: gleichzeitige Gewinnmaximierung und Risikominimierung
- Vermögensallokation: Aufteilung des Vermögens auf verschiedene Anlageklassen
- Vergleich der Methoden:
 - Markowitz efficient frontier
 - Hauptkomponentenanalyse
 - Risikoparitätsmodell

Datensatz

Komponente von DAX im Zeitraum 01.10.2015 bis 01.03.2020 (monatlich)



Datensatz

Tatsächliche Gewichtung einzelner Komponenten in % (Stand 24.03.2020):

| | | | | |
|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| X1COV 0,58 | ADS 4,62 | ALV 6,89 | BAS 4,52 | BAYN 5,94 |
| BEI 2,73 | BMW 3,01 | CON 1,38 | DAI 2,93 | DB1 1,41 |
| DBK 0.0138 | DPW 3,09 | DTE 6,94 | EOAN 2,20 | FME 2,07 |
| FRE 1,91 | HEI 0,80 | HEN3 1,49 | IFX 1,73 | LHA 0,53 |
| LIN 9,72 | MRK 1,33 | MUV2 2,72 | RWE 1,52 | SAP 13,53 |
| SIE 6,87 | TKA 0,84 | VNA 2,75 | VOW3 2,34 | WDI 1,29 |

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

Markowitz efficient frontier

Idee

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

- klassisches Optimierungsproblem
- Annahmen:
 - vollkommener Kapitalmarkt
 - alle Investoren verfolgen dasselbe Ziel von Gewinnmaximierung und Risikominimierung
- effizientes Portfolio: es wird von keinem anderen Portfolio dominiert

Markowitz efficient frontier

Methodik

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

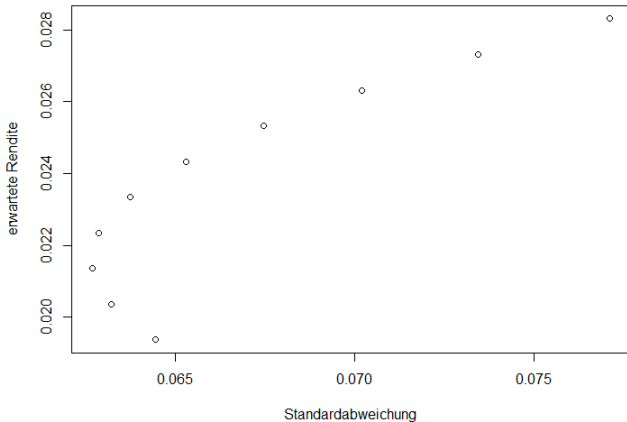
- Gewinnmaximierung: möglichst große erwartete Rendite μ
- Risikominimierung: möglichst kleine Standardabweichung σ
- Sharpe-Ratio: erwartete Rendite/Standardabweichung
- Ziel: Maximierung des Sharpe-Ratios

Markowitz efficient frontier

Anwendung

Zur Veranschaulichung Anwendung zunächst nur auf 2 Komponente von Dax (X1COV und ADS):

Markowitz effizient frontier



Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

Markowitz efficient frontier

Anwendung

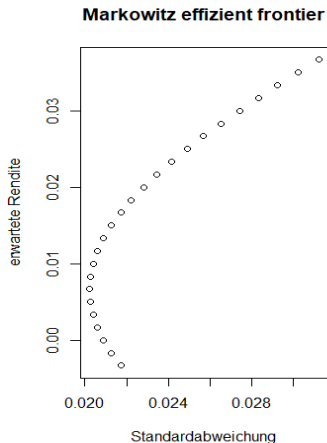
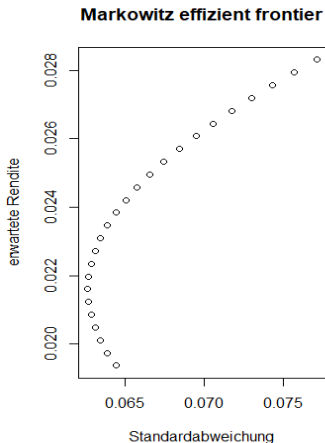
10 Portfolien auf der Markowitz effizient frontier

| Portfolio-Nr. | erwartete Rendite | Standardabweichung | Gewichtung | |
|---------------|-------------------|--------------------|-------------|------------|
| | | | X1COV | ADS |
| 1 | 4,8119215 | 18,171121 | -0,43769714 | 1,4376971 |
| 2 | 4,1843170 | 15,713344 | -0,24316508 | 1,2431651 |
| 3 | 3,5567125 | 13,302390 | -0,04863302 | 1,0486330 |
| 4 | 2,9291080 | 10,969177 | 0,14589905 | 0,8541010 |
| 5 | 2,3015035 | 8,775933 | 0,34043111 | 0,6595689 |
| 6 | 1,6738990 | 6,858282 | 0,53496317 | 0,4650368 |
| 7 | 1,0462945 | 5,511799 | 0,72949524 | 0,2705048 |
| 8 | 0,4186901 | 5,200838 | 0,92402730 | 0,0759727 |
| 9 | -0,2089144 | 6,086244 | 1,11855936 | -0,1185594 |
| 10 | -0,8365189 | 7,769228 | 1,31309143 | -0,3130914 |

Markowitz efficient frontier

Anwendung

Vergleich von Portfolien mit 2 und 30 Komponenten:



Markowitz efficient frontier

Anwendung

Gewichtung einzelner Komponenten eines effizienten Portfolios in %:

| | | | | |
|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| X1COV 1,9651004 | ADS 0,7179677 | ALV -2,9499803 | BAS 1,0858059 | BAYN -1,4084884 |
| BEI 0,8484779 | BMW 0,4935069 | CON 0,7257772 | DAI 2,5827618 | DB1 1,0134729 |
| DBK 11,615923 | DPW 3,7632726 | DTE 37,0867422 | EOAN 37,5384443 | FME -1,1979158 |
| FRE 0,7023623 | HEI -1,6027989 | HEN3 1,0121070 | IFX 13,0208846 | LHA -0,7661192 |
| LIN 0,2154779 | MRK -3,2002981 | MUV2 1,1099092 | RWE -4,9271375 | SAP 1,2525109 |
| SIE -1,9904976 | TKA 11,4930901 | VNA -0,1624795 | VOW3 -0,2868131 | WDI -0,4500188 |

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

Hauptkomponentenanalyse

Idee

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

- Vermögenallokation: Hauptkomponentenanalyse zur Zerlegung der Renditenmatrix in statistischen Faktoren
- *Problem*: große Dimension des Datensatzes
- *Lösung*: Verwendung einer orthogonale Transformation zur Reduktion der Dimensionen
- Umwandlung eines Datensatzes korrelierter Variablen in linear unkorrelierter Variablen
- jede aufeinander folgende Hauptkomponente erklärt eine bestimmte Variationsanzahl weniger

Hauptkomponentenanalyse

Methodik

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

- Eigenwertzerlegung der Kovarianzmatrix Σ der Vermögensrenditen R
- Erhaltung von Eigenvektoren E und Eigenwerte λ (Varianz des Faktors) mit:

$$\Sigma E = \lambda E$$

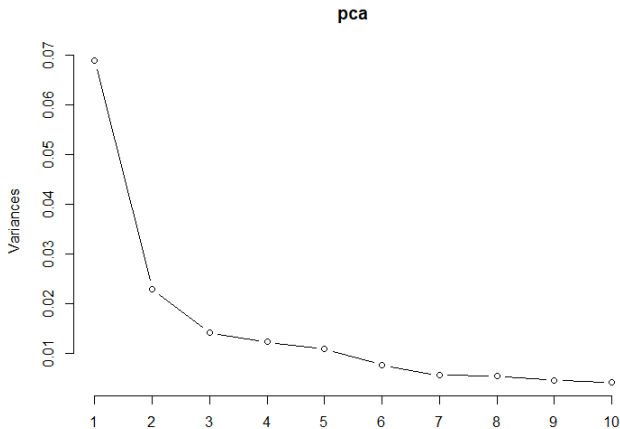
- Eigenvektoren als Gewichtung für das Principal Component Portfolio:

$$R_P = E^{-1} R^T$$

Hauptkomponentenanalyse

Anwendung

Die Wichtigkeit der ersten 10 Faktoren:



Hauptkomponentenanalyse

Anwendung

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

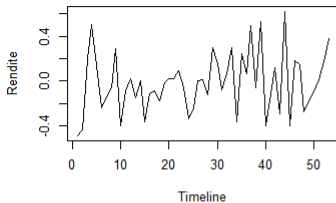
Idee

Methodik

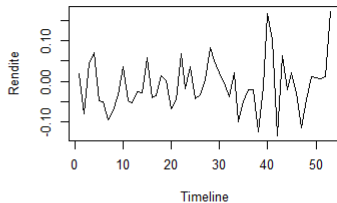
Anwendung

Fazit

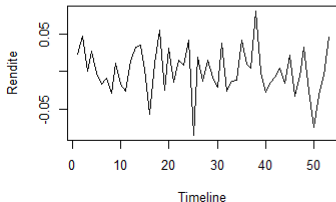
PC1



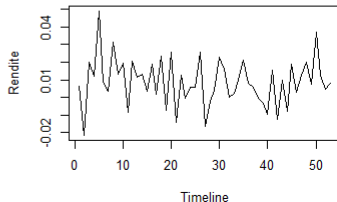
PC10



PC20



PC30



Hauptkomponentenanalyse

Anwendung

Gewichtung einzelner Komponenten in %:

| | | | | |
|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| X1COV 3,65011064 | ADS 0,87605257 | ALV 6,11358541 | BAS 6,97815171 | BAYN 3,80174903 |
| BEI 0,64774259 | BMW 6,19043027 | CON 5,60854559 | DAI 6,66476844 | DB1 0,51680088 |
| DBK 2,69074623 | DPW 5,92113117 | DTE 1,67983894 | EOAN 0,85083857 | FME 3,00560148 |
| FRE 3,50420727 | HEI 6,05367138 | HEN3 2,37580220 | IFX 5,04645111 | LHA 2,73590012 |
| LIN 0,02472525 | MRK 2,39857157 | MUV2 3,57214478 | RWE 0,14099898 | SAP 4,46791118 |
| SIE 5,36800302 | TKA 3,71257139 | VNA 0,21319912 | VOW3 5,02614688 | WDI 0,16360225 |

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

Risikoparitätsmodell

Idee

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

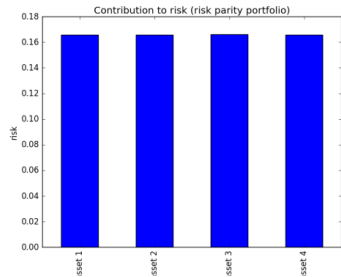
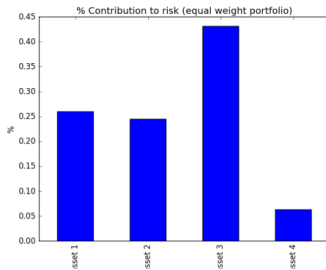
Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

Allokation der Risiken statt des Kapitals:



- *Definition:* Risikobeitrag der j-ten Komponente zum Gesamtportfoliorisiko $:= \frac{w_j(\Sigma w)_j}{\sigma_p}$
mit $\sigma_p = \sqrt{w \Sigma w^T} =$ Gesamtportfoliorisiko
- Risikoparitätsportfolio: Gleichverteilung (bzw. geg. Verteilung) des Risikobeitrags über alle Komponenten
- Minimierung der Summe der Fehlerquadrate $f(x)$ mit:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (x_i(\Sigma x)_i - w_i \sqrt{w \Sigma w})^2,$$
$$\text{s.d. } \sum_i x_i = 1 \text{ und } 0 \leq x_i \leq 1$$

Risikoparitätsmodell

Anwendung

Gewichtung einzelner Komponenten bei gleichverteilten Risiken in %:

| | | | | |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| X1COV 1,5751273 | ADS 0,7868252 | ALV 0,5735380 | BAS 1,2175770 | BAYN 1,1239881 |
| BEI 2,6743672 | BMW 0,9484065 | CON 0,4539139 | DAI 1,1497239 | DB1 2,6552312 |
| DBK 6,8310719 | DPW 2,7299532 | DTE 14,8480588 | EOAN 17,2994520 | FME 1,4964043 |
| FRE 1,9987214 | HEI 1,3775199 | HEN3 1,7343222 | IFX 3,8958389 | LHA 4,8029052 |
| LIN 3,5032008 | MRK 1,2523273 | MUV2 0,7330502 | RWE 8,6211625 | SAP 1,1998862 |
| SIE 0,8987812 | TKA 4,8651101 | VNA 6,8376091 | VOW3 0,5588138 | WDI 1,3571126 |

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

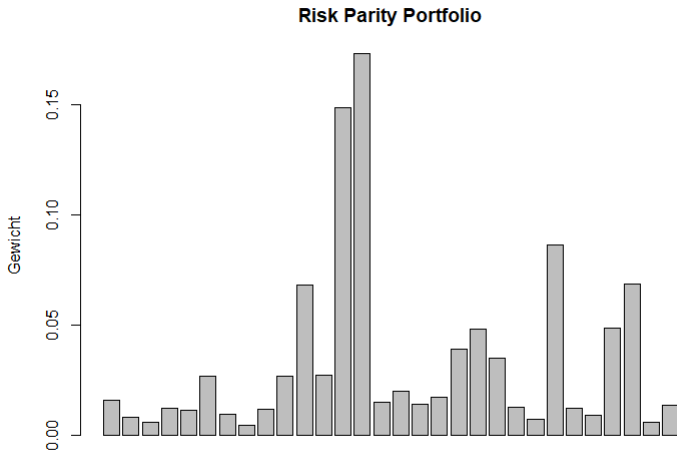
Anwendung

Fazit

Risikoparitätsmodell

Anwendung

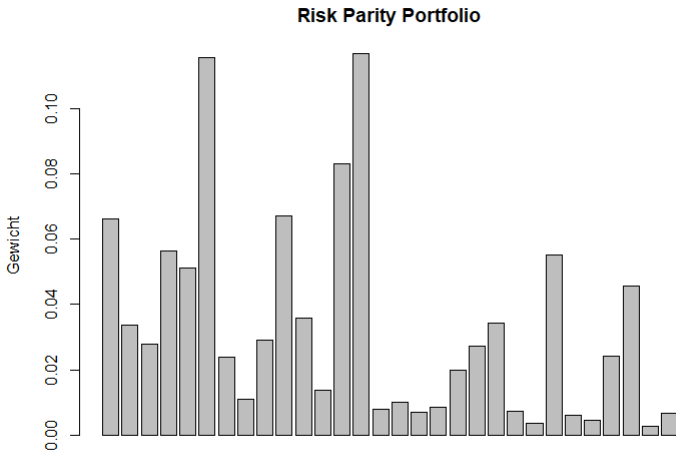
Gewichtung einzelner Komponenten bei gleichverteilten Risiken:



Risikoparitätsmodell

Anwendung

Gewichtung einzelner Komponenten bei absteigenden Risiken:



Benchmarking und Fazit

Motivation

Datensatz

Optimierung

MEF

Idee

Methodik

Anwendung

PCA

Idee

Methodik

Anwendung

RPM

Idee

Methodik

Anwendung

Fazit

Vergleich der Ergebnisse aus verschiedenen Optimierungsmethoden mit der Realität:

- Summe der Fehlerabstände:
 - $0.7944893 < 0,9490769 < 1,876961$
 - $PCA < RPM < MEF$
- Summe der quadrierten Fehler:
 - $0.03069741 < 0,06251216 < 0,3045258$
 - $PCA < RPM < MEF$

Fazit: Die Hauptkomponentenanalyse stellt die tatsächliche Gewichtung der einzelnen Komponenten von Dax am besten dar.