

# Benaderen van een strategie voor waardebeleggen met behulp van reinforcement learning en fundamentele data

Anthony Rathé

1/7/2020

## **Promotoren:**

Prof. dr. J. Davis  
Prof. dr. W. Schoutens

## **Assessoren:**

Ir. A. De Brabandere  
Dr. ir. R. De Croon

## **Begeleiders:**

Ir. L. Devos  
Ir. T. Dierckx

# INHOUD

01

INLEIDING

02

BESCHRIJVING VAN DE RL  
AGENTS

03

EXPERIMENTEN EN  
RESULTATEN

04

BESLUIT

# INHOUD

01

## INLEIDING

- Situering
- Waardebeleggen
- Reinforcement learning
- Onderzoeksvragen

02

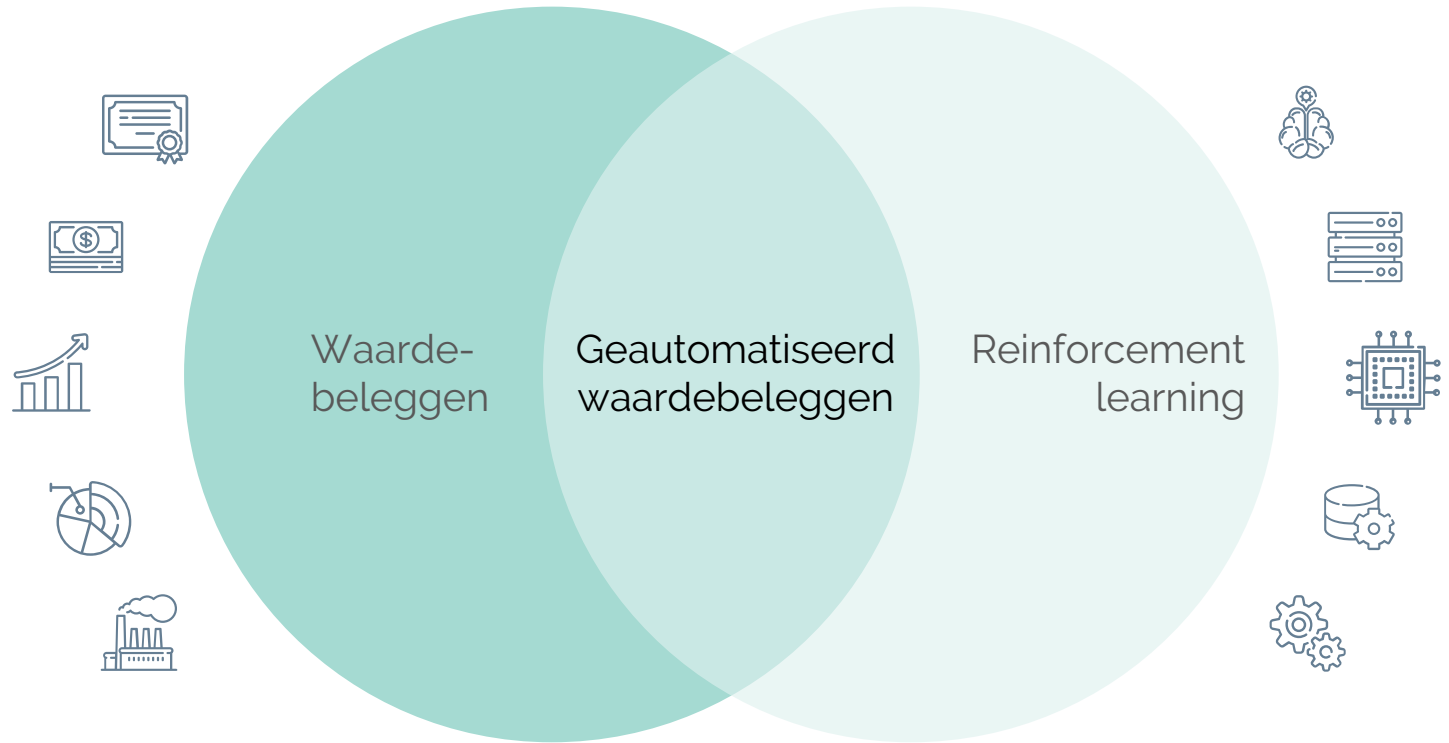
## BESCHRIJVING VAN DE RL AGENTS

03

## EXPERIMENTEN EN RESULTATEN

04

## BESLUIT



Waardebeleggen = Beleggen in bedrijven (aandelen)  
op basis van hun **intrinsieke waarde** t.o.v. de marktprijs (= de waardering)

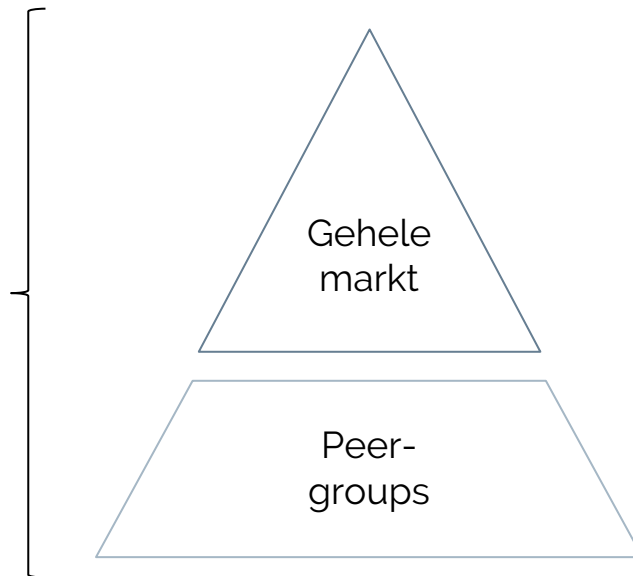
Waardebeleggen = Beleggen in bedrijven (aandelen)  
op basis van hun **intrinsieke waarde** t.o.v. de marktprijs (= de waardering)

Fundamentele  
data



- ⇒ Bezittingen
- ⇒ Vermogen om winst te genereren

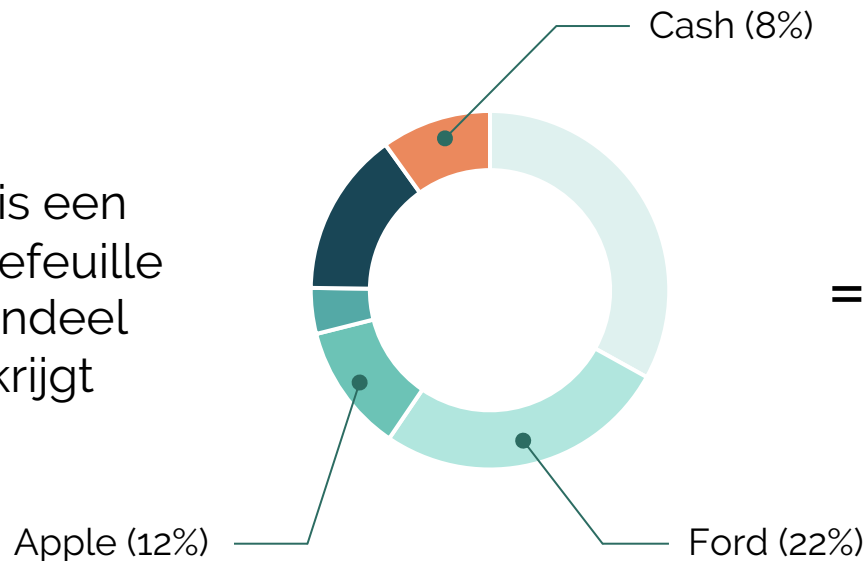
De  
waardebelegger  
vergelijkt  
aandelen  
onderling op 2  
niveaus



2. Peer groups worden  
vergeleken t.o.v. de rest van  
de markt

1. Aandelen worden in  
eerste instantie vergeleken  
t.o.v. sectorgenoten (peer  
groups)

Het resultaat is een  
aandelenportefeuille  
waarbij elk aandeel  
een gewicht krijgt

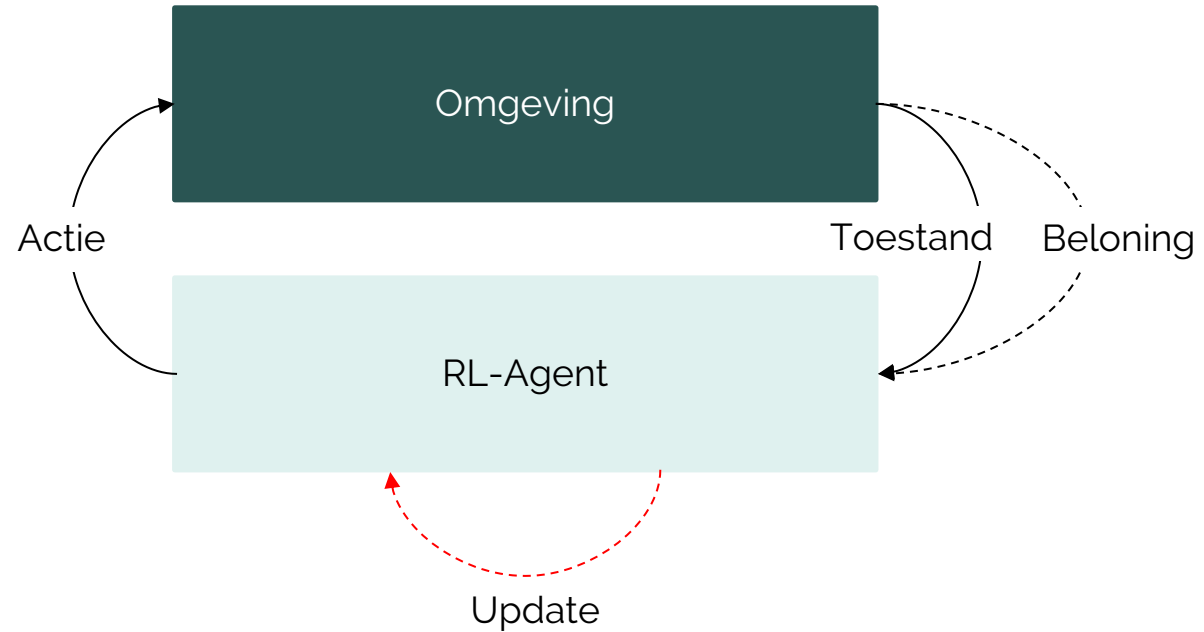


=

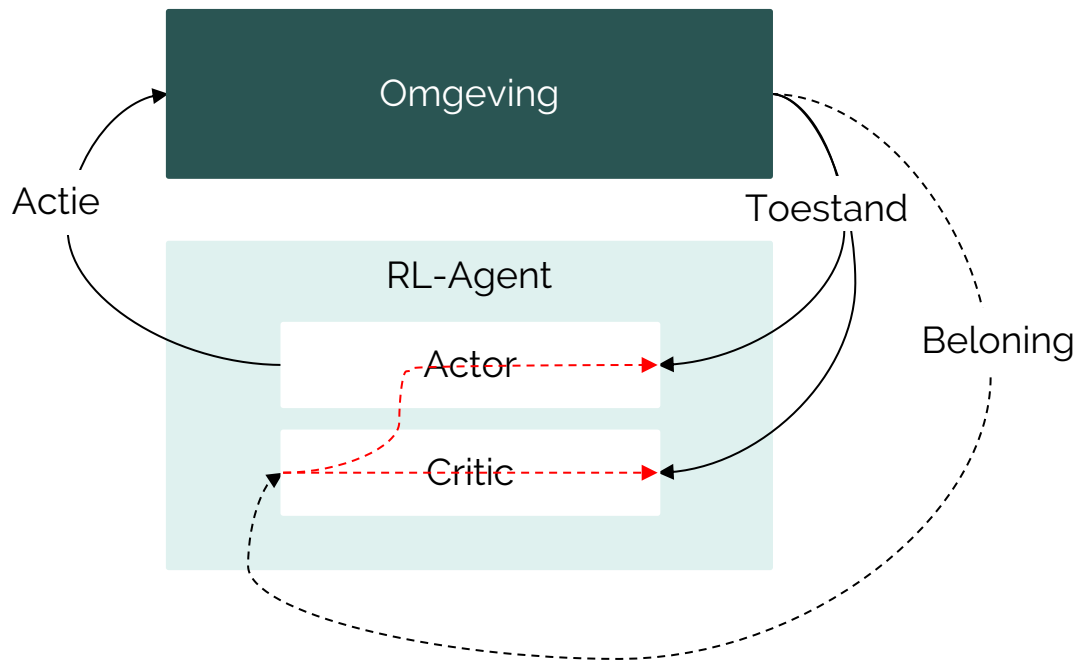
$$\begin{bmatrix} 0.08 \\ 0.34 \\ 0.22 \\ \dots \\ 0.17 \end{bmatrix}$$



Algemene  
werking:



Actor-Critic  
Deep RL:



**Onderzoeksvraag 1:** Kan een RL agent een waardebeleggingsstrategie benaderen door gebruik te maken van hoofdzakelijk fundamentele data?

**Onderzoeksvraag 2:** Draagt het integreren van waardebeleggen-specifieke domeinkennis bij tot de performantie van een RL agent?

Meer specifiek:

- De waardebelegger vergelijkt aandelen in eerste instantie met aandelen binnen dezelfde peer group (= **Peer-group-bewustzijn**)
- De waardebelegger komt tot een finale portefeuillesamenstelling door het oplossen van in essentie twee verschillende problemen: het vergelijken van aandelen binnen de peer group en het vergelijken van peer groups binnen de bredere aandelenmarkt (= **Tweevoudigheid**)

# INHOUD

01

INLEIDING

02

BESCHRIJVING VAN DE RL  
AGENTS

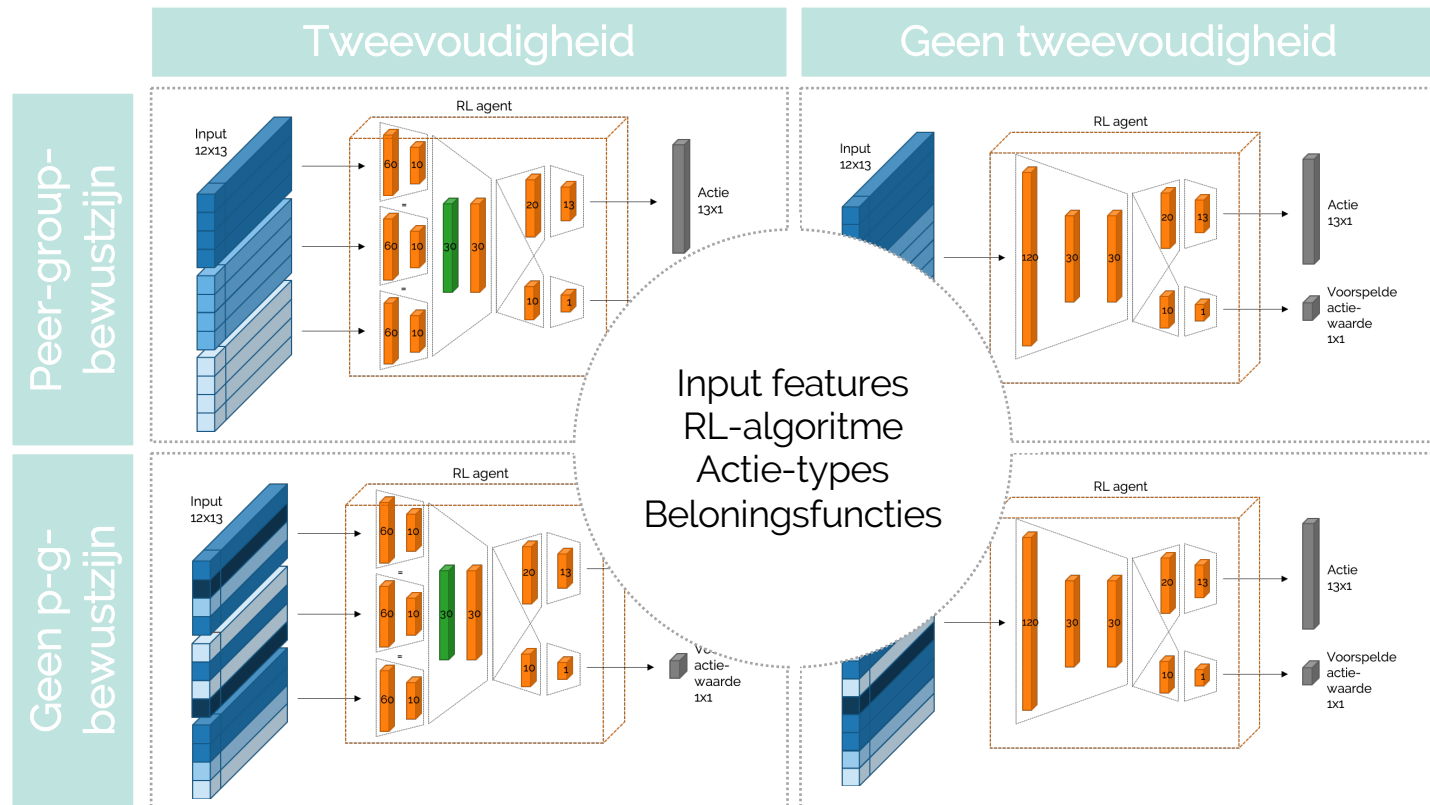
- 4 agents
- Input features
- RL-algoritme
- Actie-types
- Beloningsfuncties
- Geïntegreerde domeinkennis

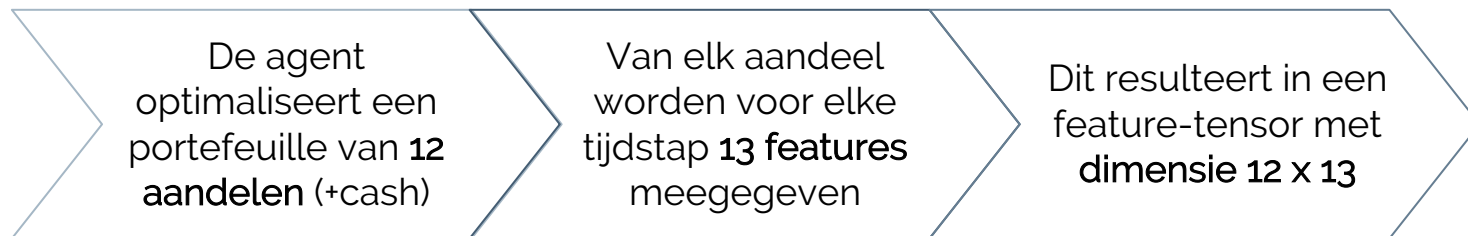
03

EXPERIMENTEN EN  
RESULTATEN

04

BESLUIT





Bieden zicht op de intrinsieke waarde van een aandeel t.o.v. de prijs

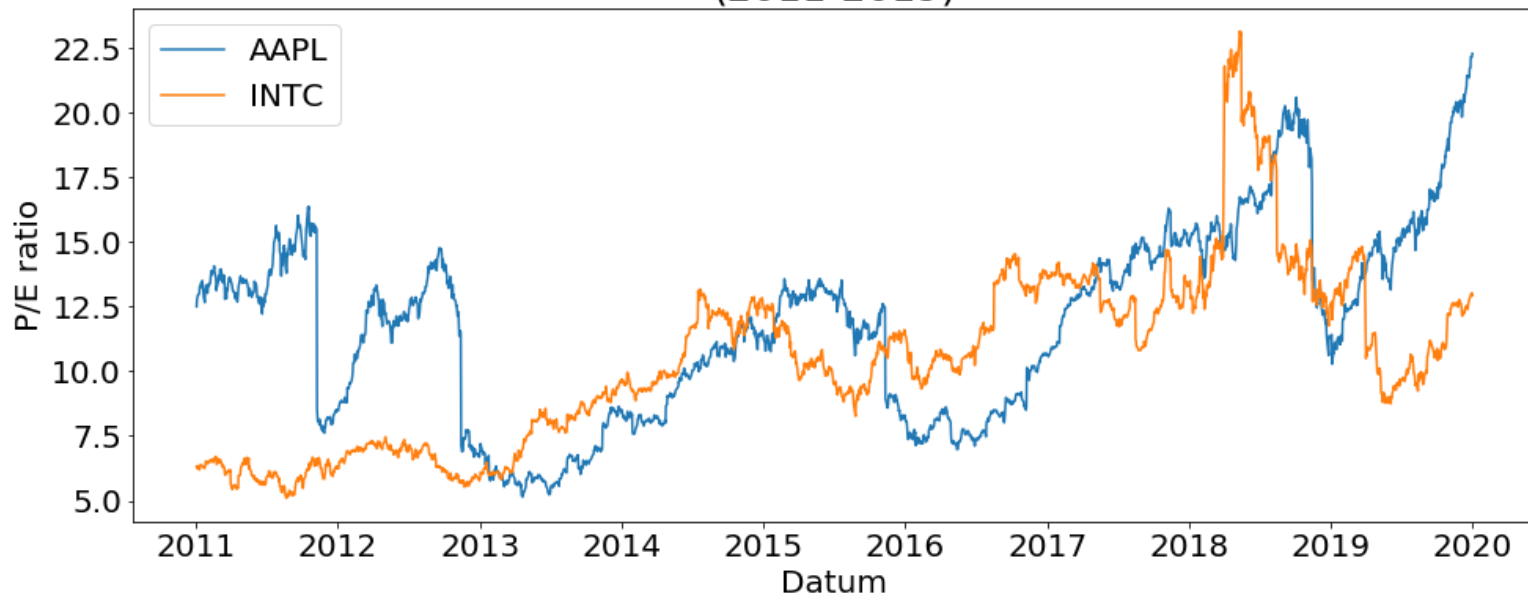
12 fundamentele features:

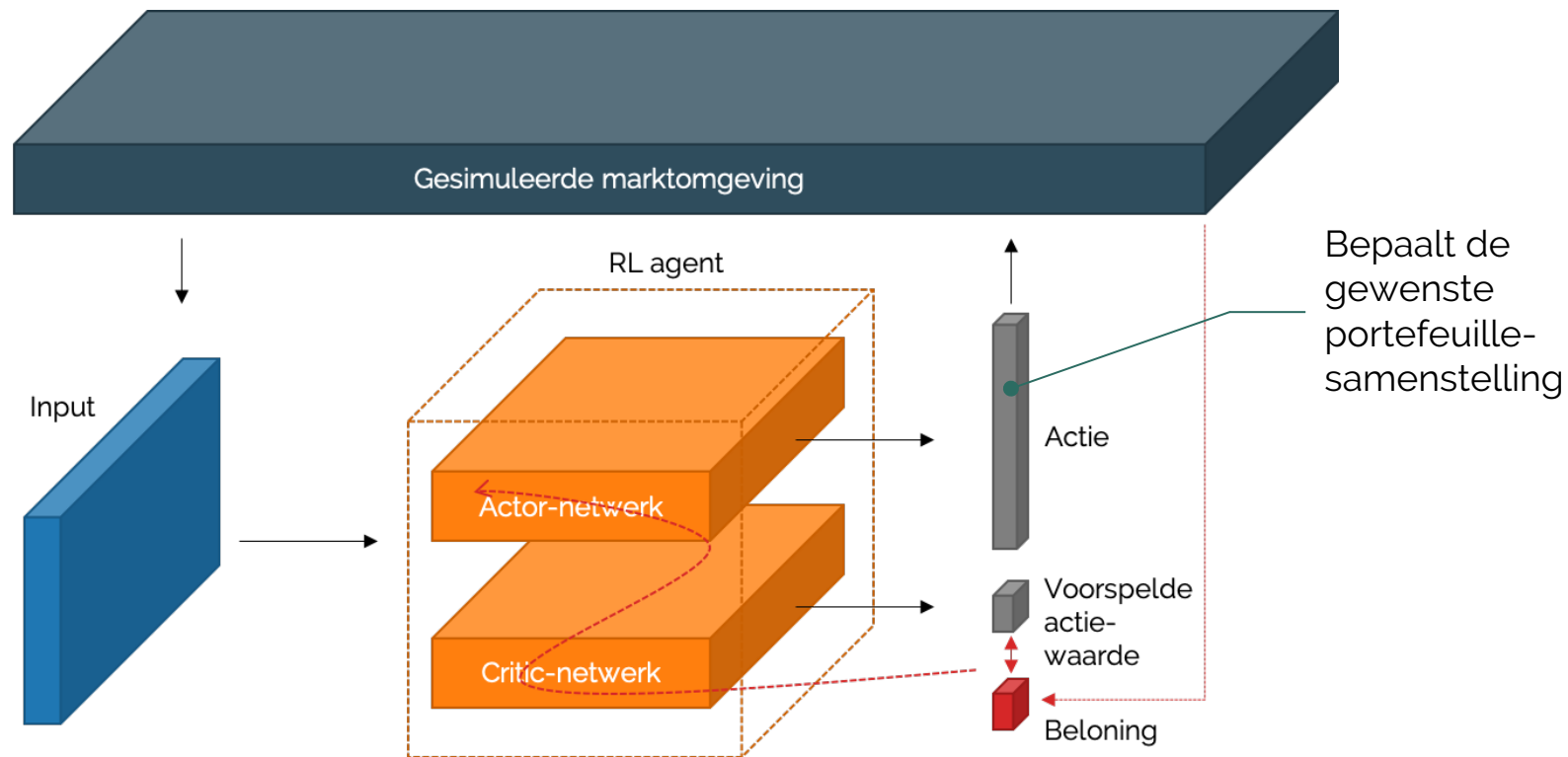
- EV/EBITDA
- P/E
- P/FCF
- P/B
- D/E
- D/A
- Netto winstmarge
- EBITDA marge
- ROE
- $QOE_a$
- $EV/EBITDA_{gg}$
- $KAMA_{EV/EBITDA}$

1 toestands-feature:

- Het huidige portefeuille-gewicht

P/E van Apple Inc. (AAPL) en Intel Corporation (INTC)  
(2011-2019)







## Vec-acties



Actie = gewenste  
portfolio-vector

## Delta-acties



+



=



Meest recente  
portfolio-  
vector

Actie =  
wijziging van  
de portefeuille

Gewenste  
portfolio-  
vector

## BinVec-acties



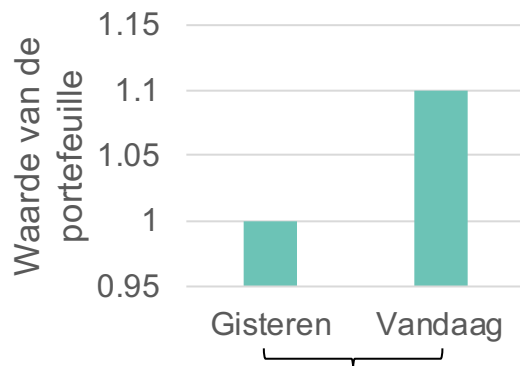
Softmax'( ) =



Actie = binaire  
portfolio-  
vector

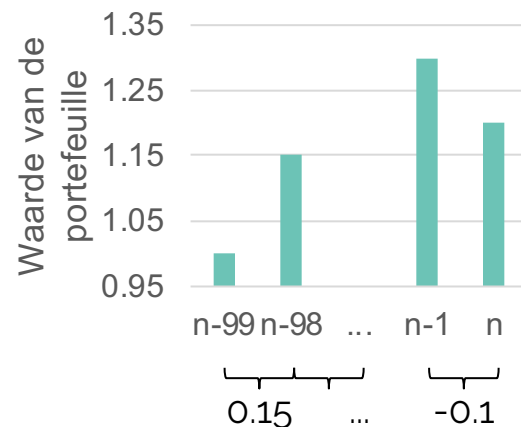
Gewenste  
portfolio-  
vector

## Ogenblikkelijke winst en verlies (P&L)



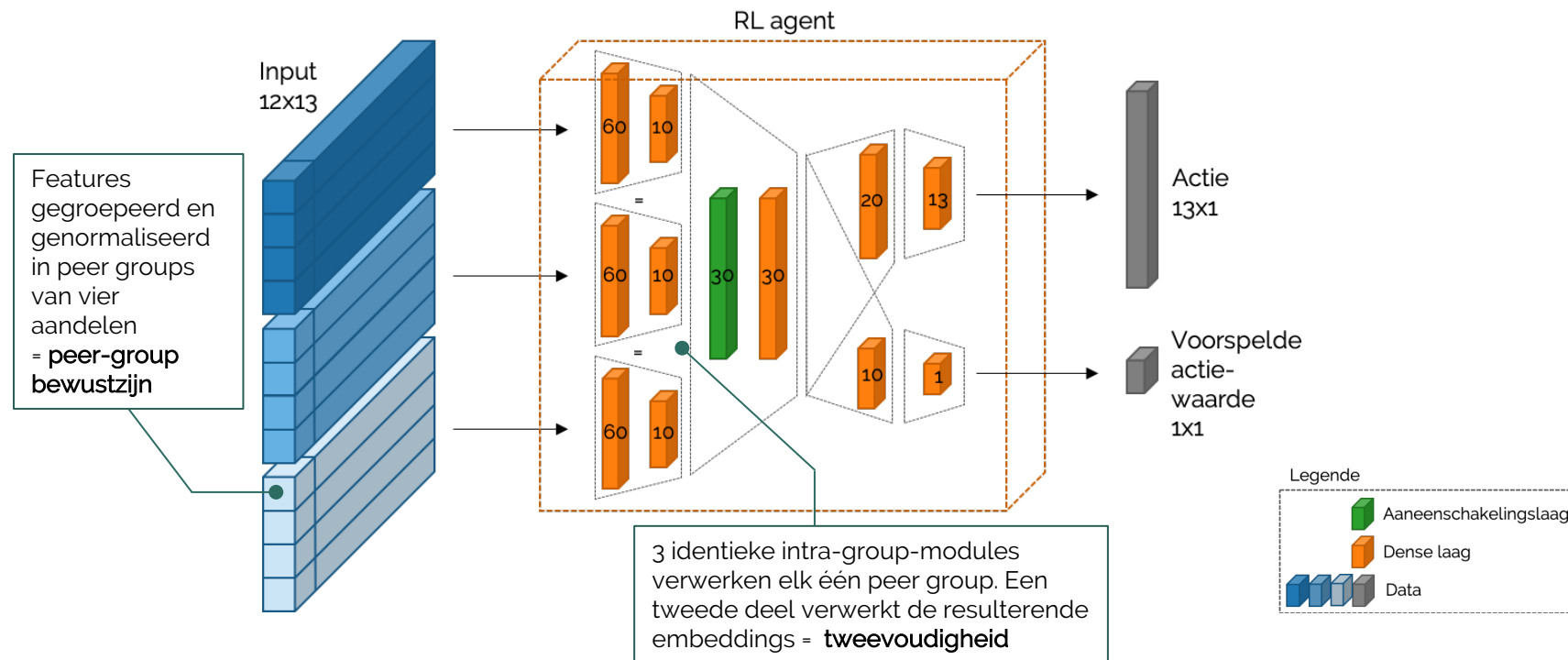
$$\text{Beloning} = 1.1 - 1 = 0.1$$

## Tijdsgemiddelde winst en verlies over 100 dagen (P&L 100)

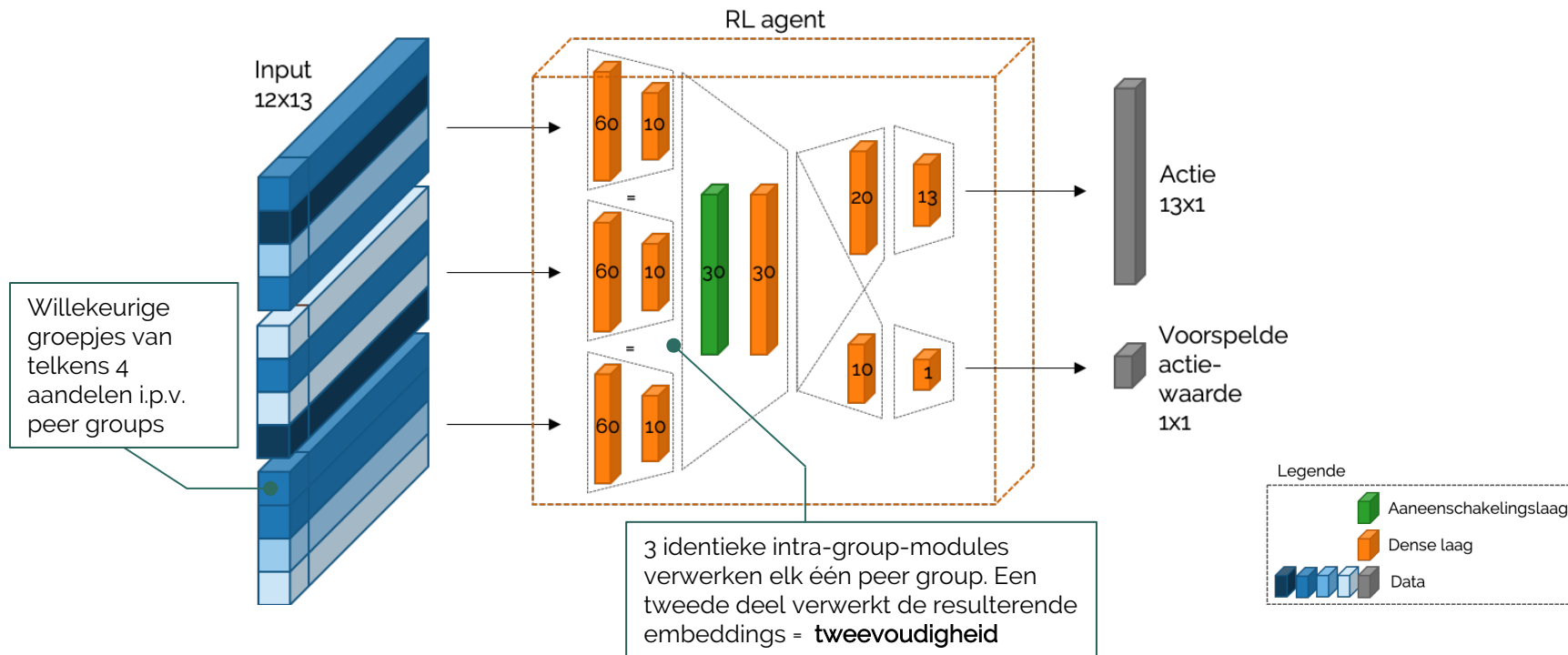


$$\text{Beloning} = (0.15 + \dots - 0.1) / 100$$

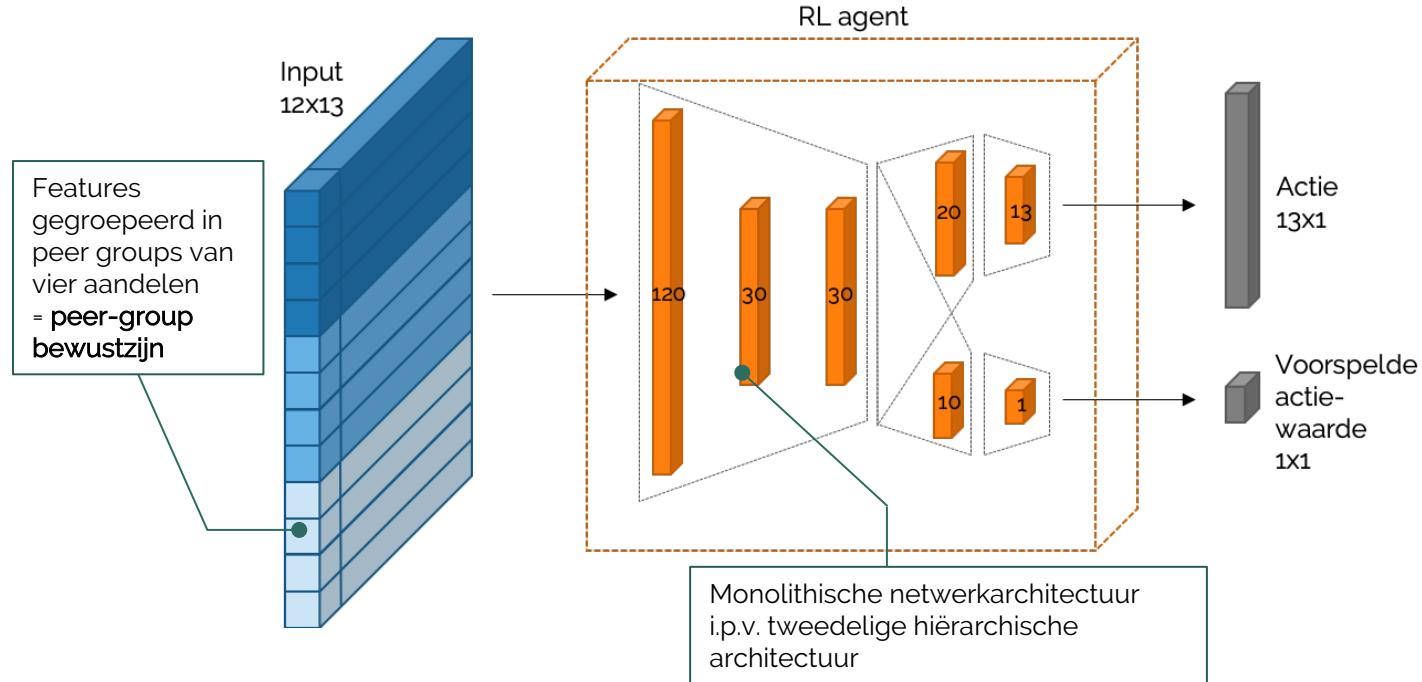
## PeT-agent: tweevoudigheid &amp; peer-group bewustzijn



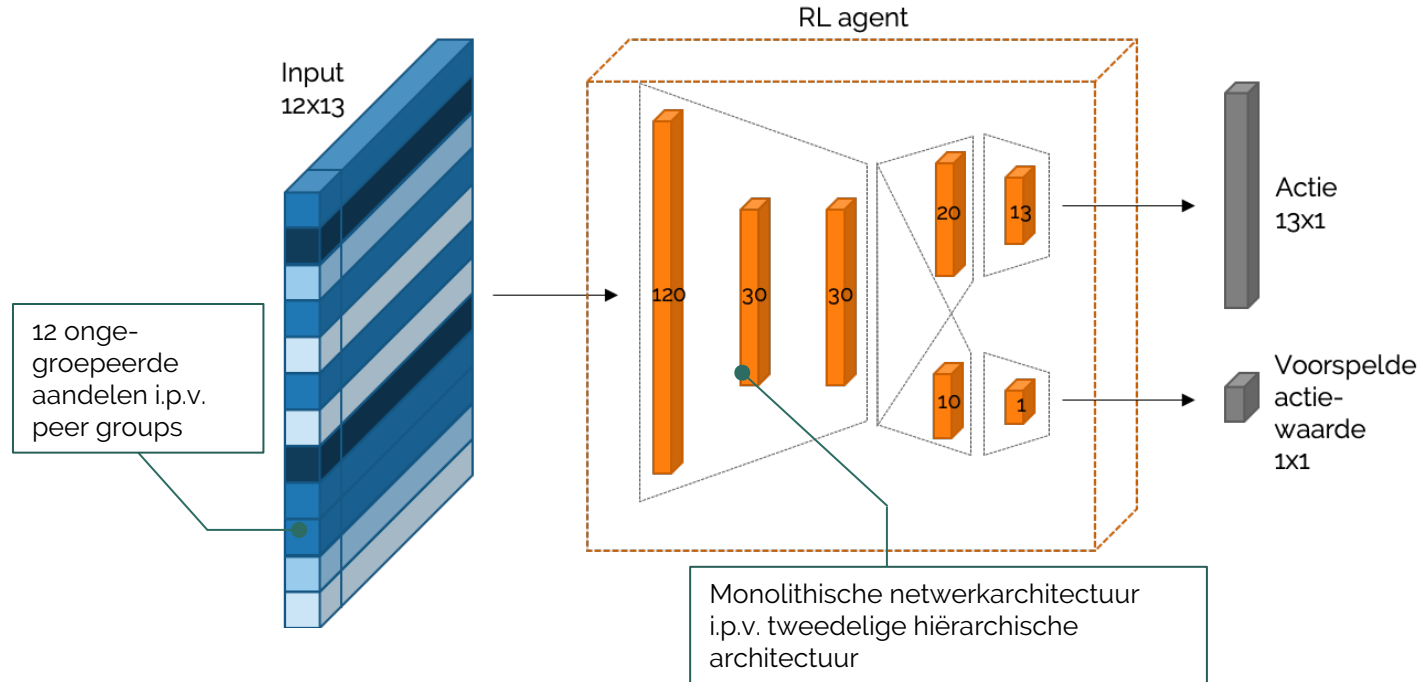
## T-agent: enkel tweevoudigheid



## P-agent: enkel peer-group bewustzijn



## 0-agent: geen domeinkennis



# INHOUD

01

INLEIDING

02

BESCHRIJVING VAN DE RL  
AGENTS

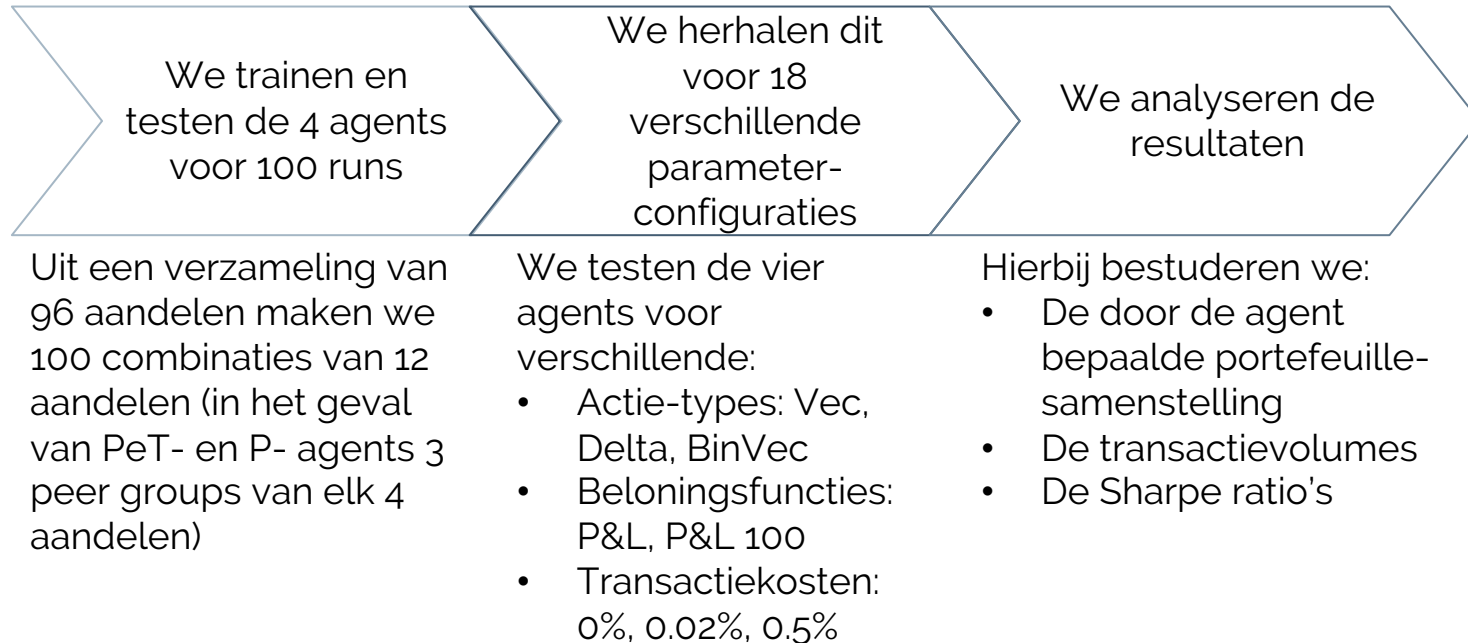
03

EXPERIMENTEN EN  
RESULTATEN

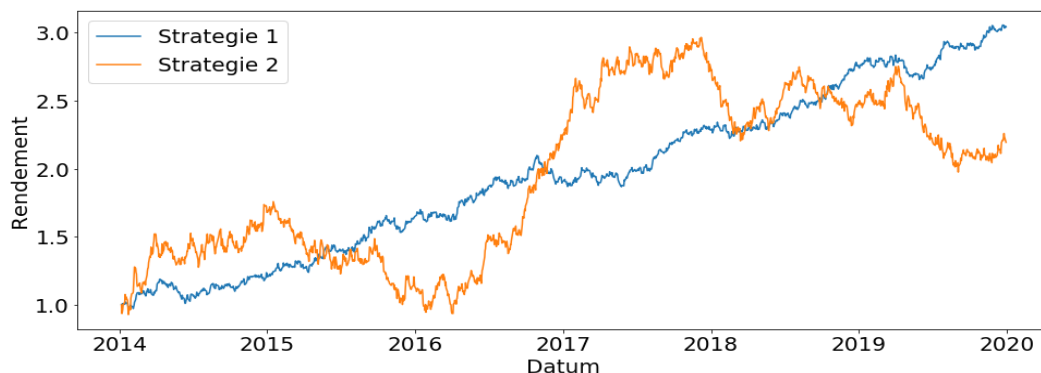
- Experimentopstelling
- Analyse:
  - Portefeuillesamenstelling
  - Transactievolumes
  - Sharpe ratio's

04

BESLUIT







Welk van de portefeuilles presteert beter?

Excess return over tijdstip  $t$  van portefeuille 1 ten opzichte van een benchmark portefeuille:

$$D_t = R_{\text{portefeuille},t} - R_{\text{benchmark},t}$$



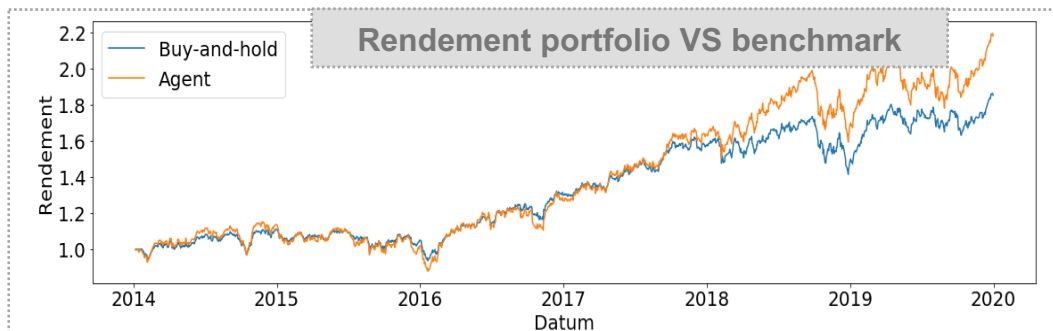
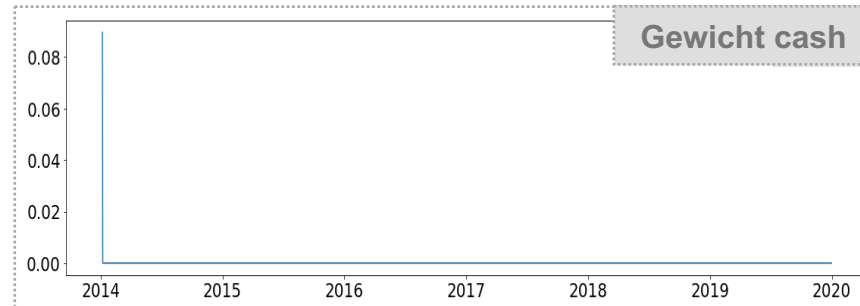
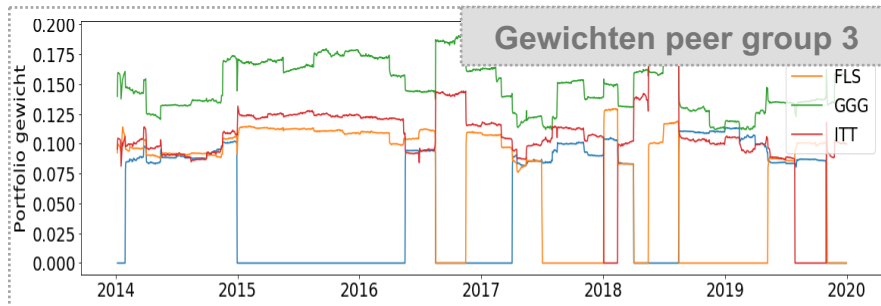
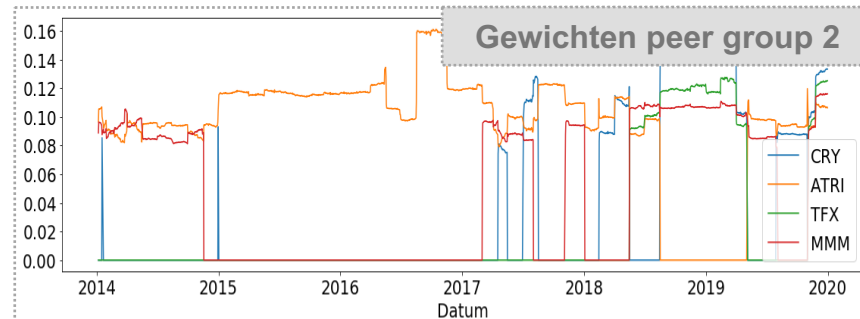
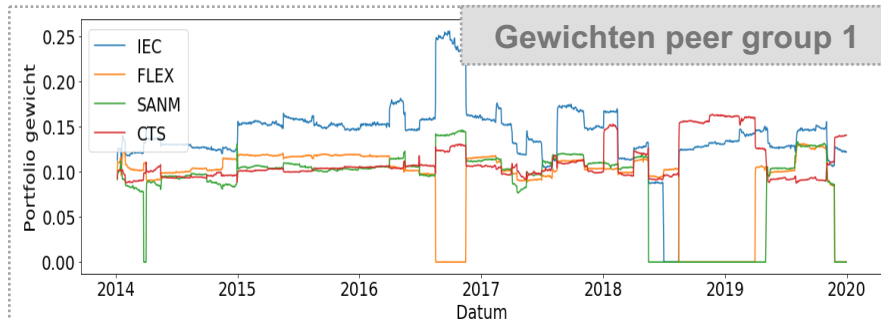
$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{\bar{D}}{\sigma_D}$$

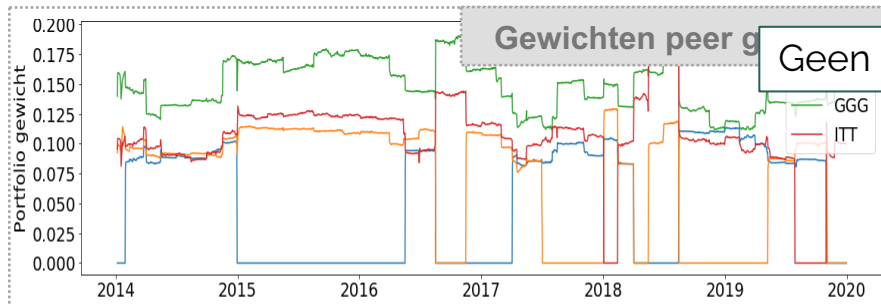
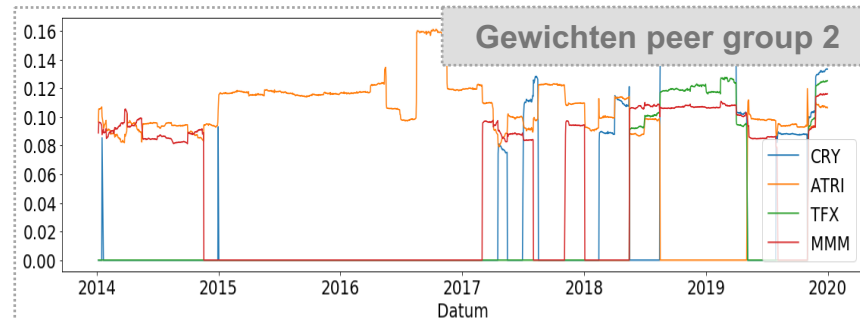
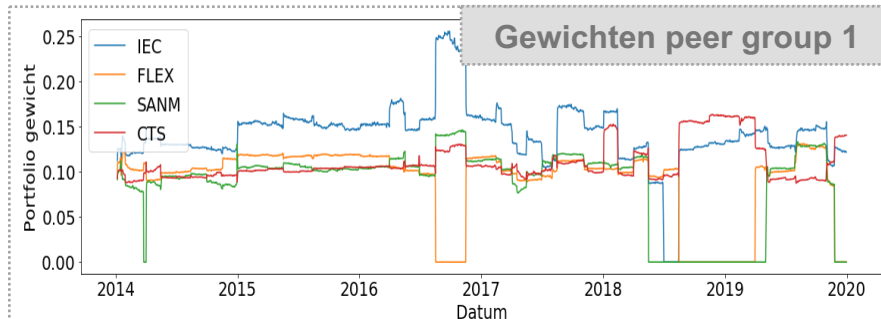
Gemiddelde excess return

Standaarddeviatie excess return

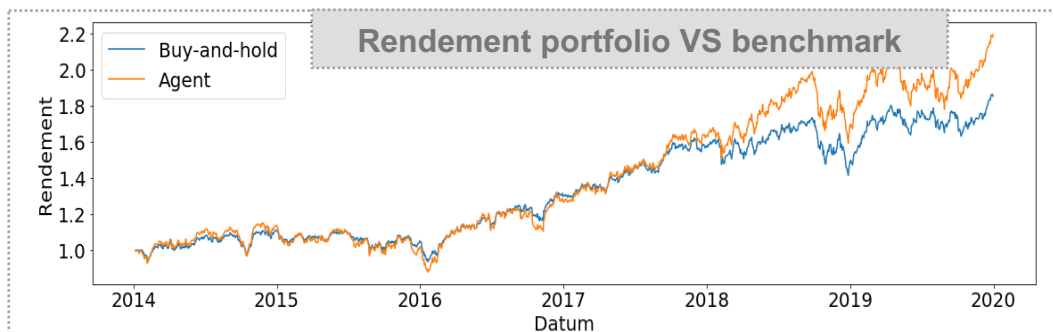
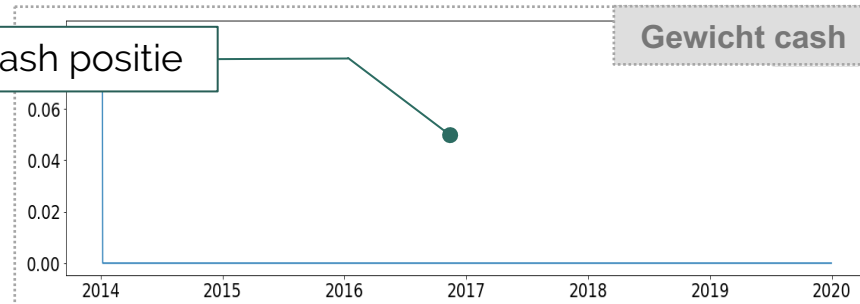
Sharpe Ratio > 0: Portfolio presteert beter dan de benchmark  
Sharpe Ratio < 0: Portfolio presteert slechter dan de benchmark

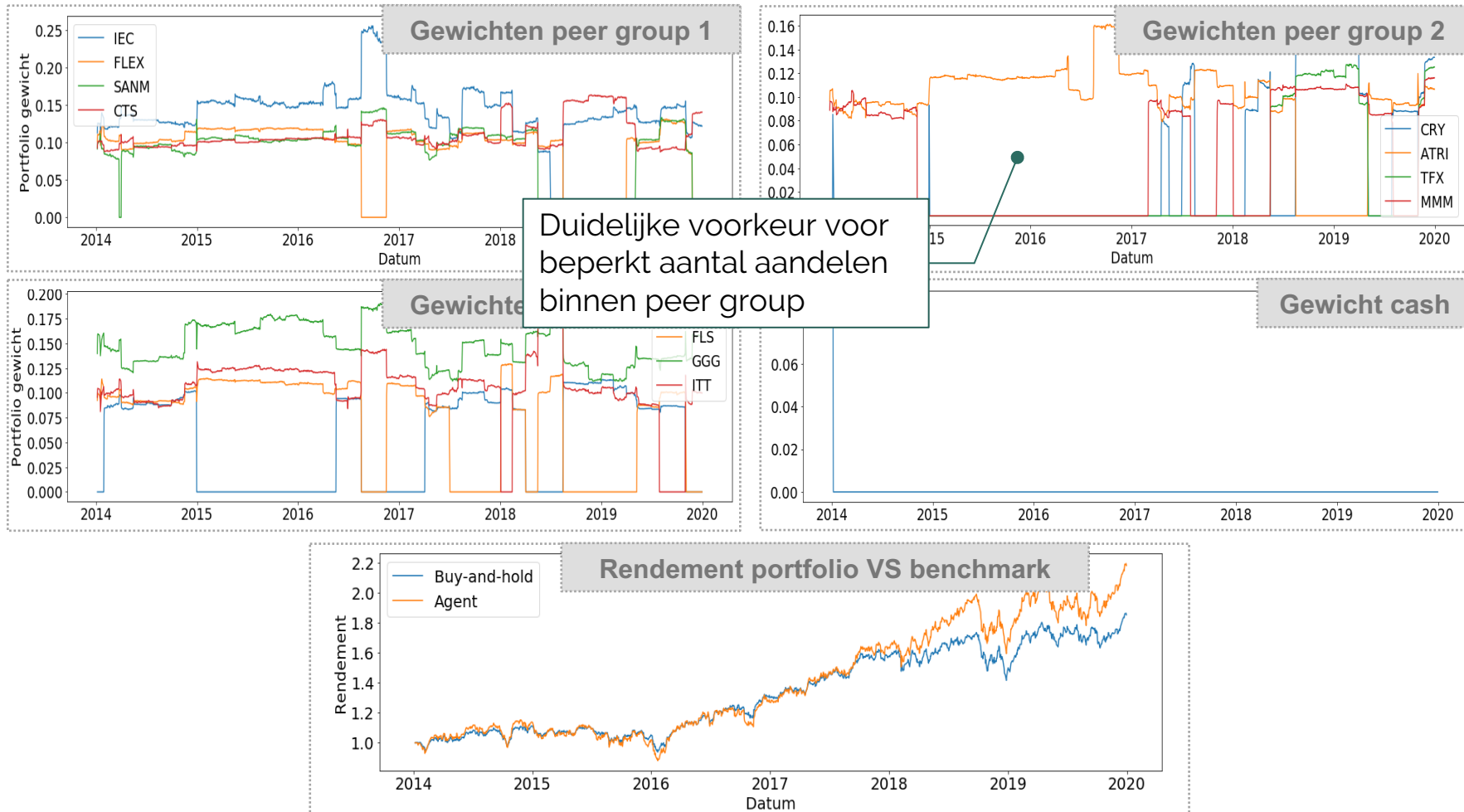
- Een andere agent
- Standaard benchmark: buy-and-hold (B&H)

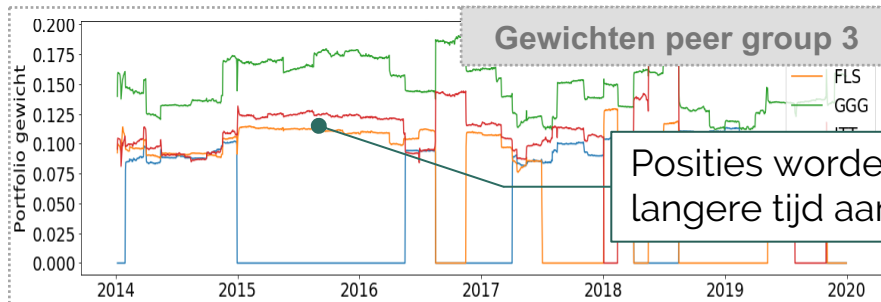
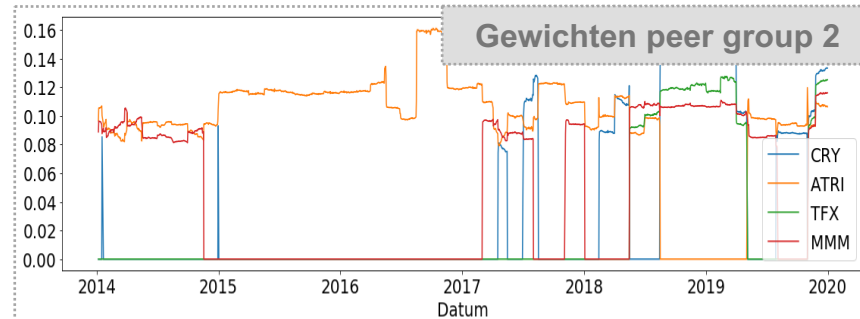
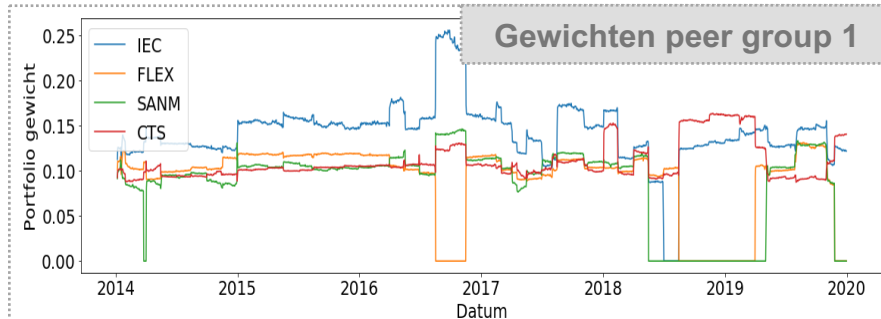




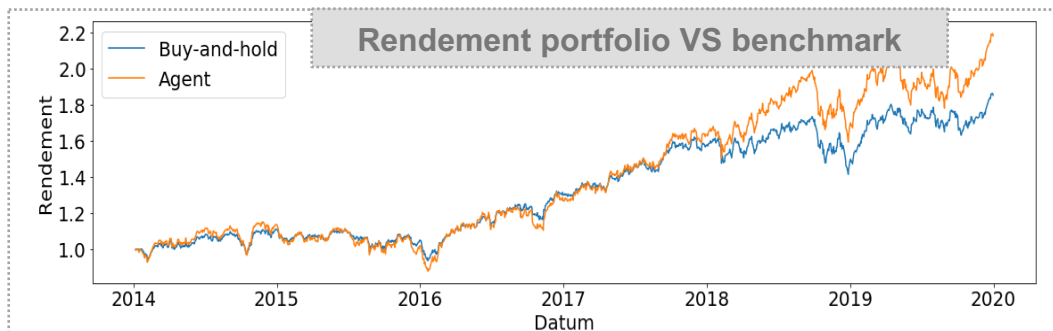
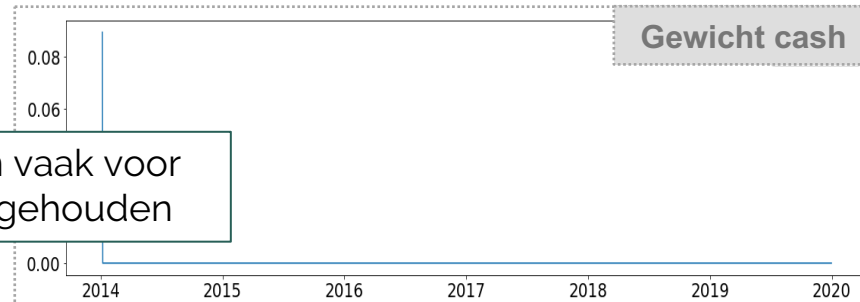
Geen cash positie

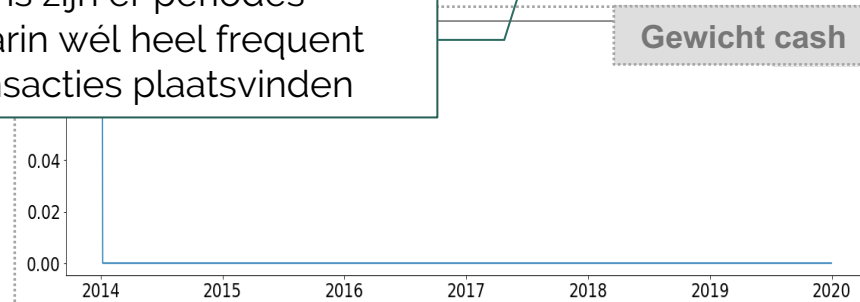
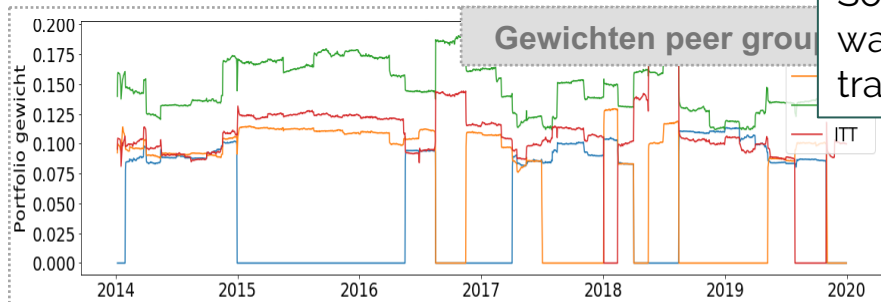
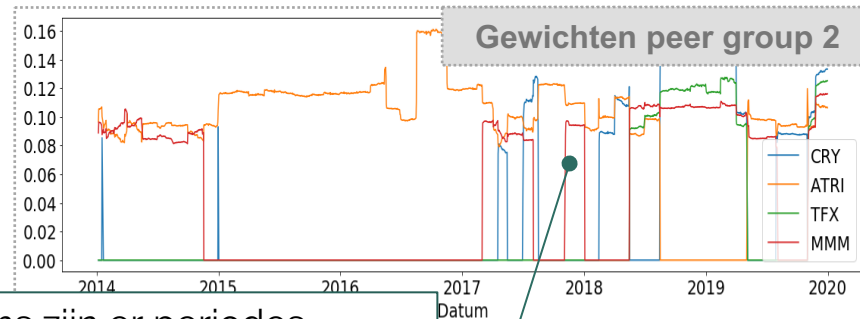
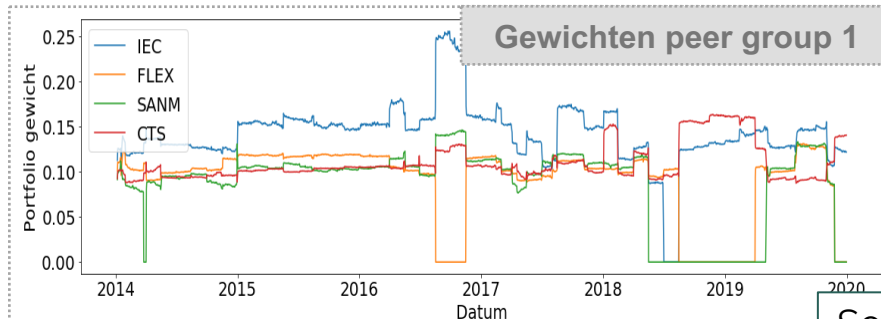




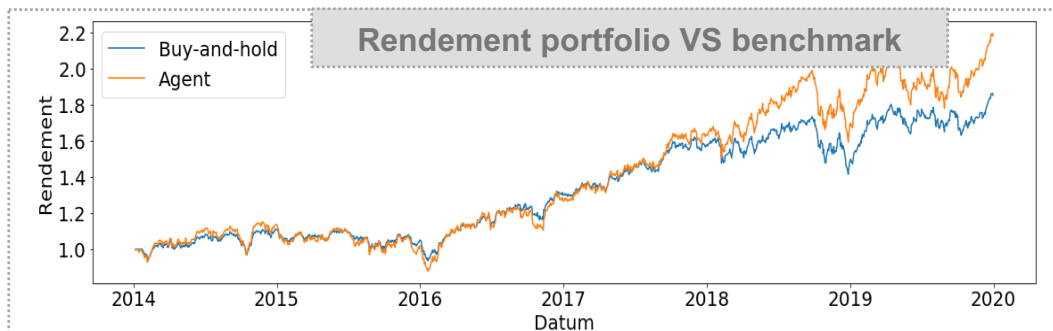


Posities worden vaak voor  
langere tijd aangehouden

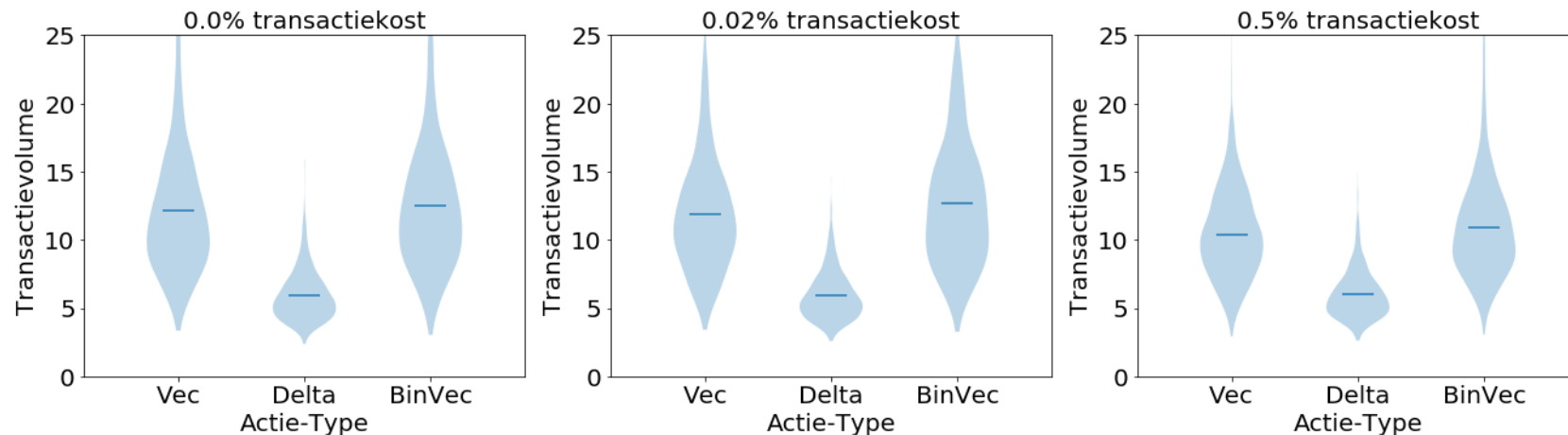




Soms zijn er periodes  
waarin wél heel frequent  
transacties plaatsvinden



### Distributie jaarlijkse transactievolumes voor verschillende actie-types en transactiekosten



- Delta-acties leiden tot aanzienlijk lagere transactievolumes
- Toenemende transactiekosten leiden tot lagere transactievolumes in het geval van Vec- en BinVec-acties

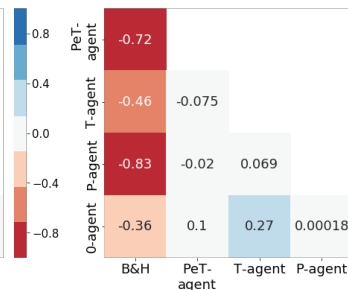
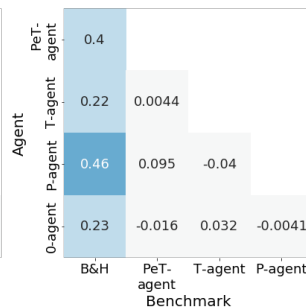
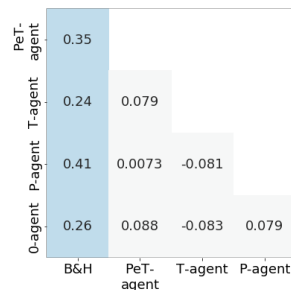


Zelfs in geval van Delta-acties liggen de transactievolumes aanzienlijk hoger dan gebruikelijk bij het waardebeleggen!

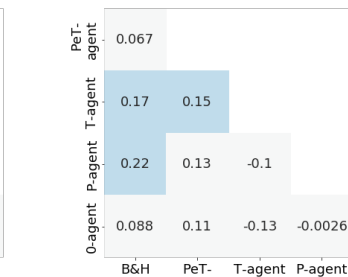
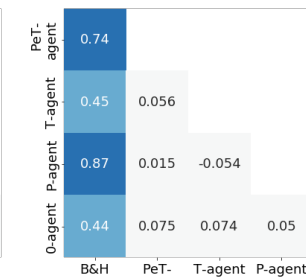
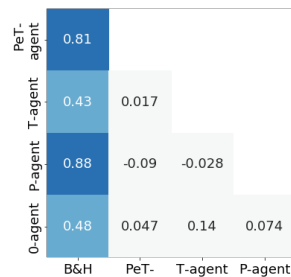
Gemiddelde Sharpe ratio's over 200 runs voor agents t.o.v. een benchmark (een andere agent of B&H)

Weergegeven voor verschillende actie-types en transactiekosten

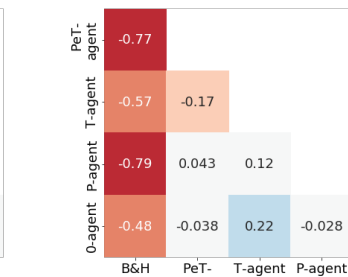
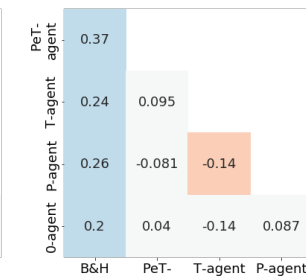
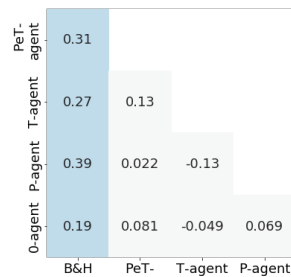
Vec



Delta



BinVec



0%

0.02%

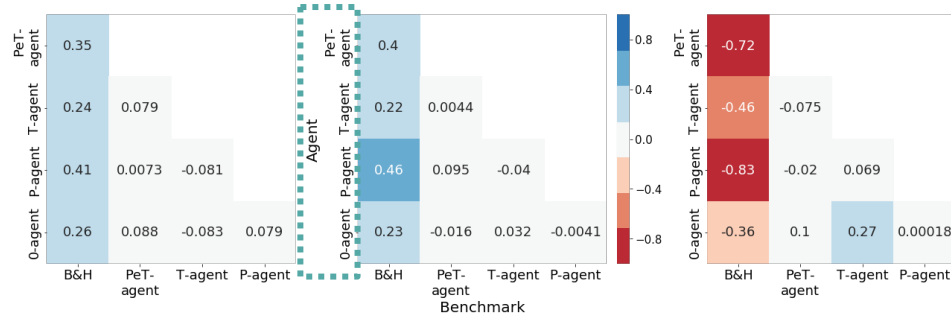
0.5%



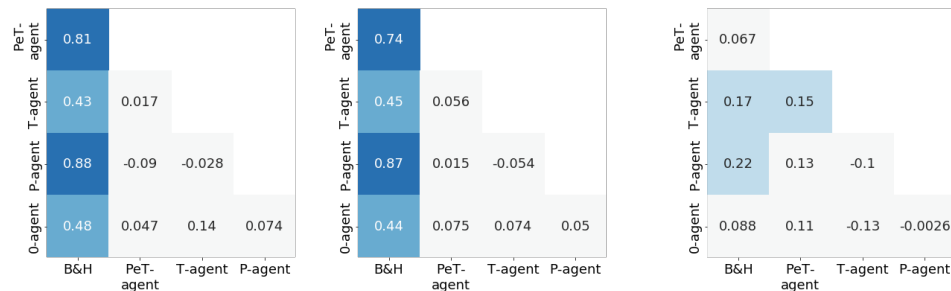
Gemiddelde Sharpe ratio's over 200 runs voor agents t.o.v. een benchmark (een andere agent of B&H)

Weergegeven voor verschillende actie-types en transactiekosten

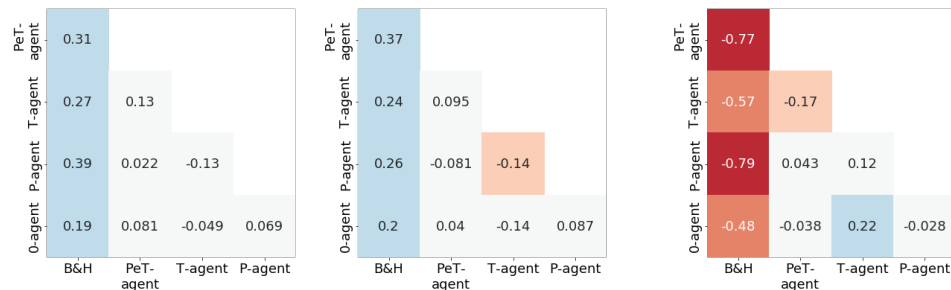
Vec



Delta



BinVec



0%

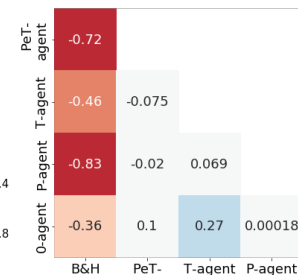
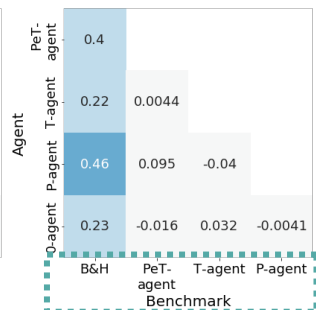
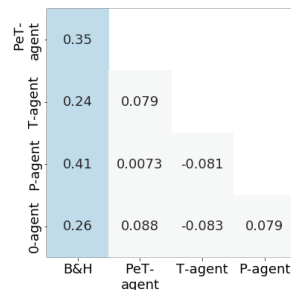
0.02%

0.5%

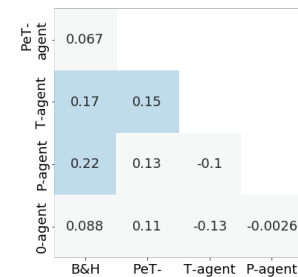
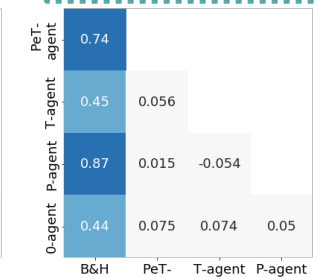
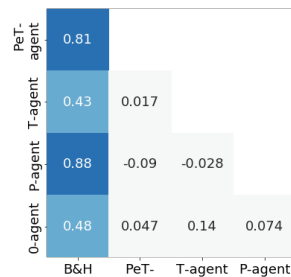
Gemiddelde Sharpe ratio's over 200 runs voor agents t.o.v. een benchmark (een andere agent of B&H)

Weergegeven voor verschillende actie-types en transactiekosten

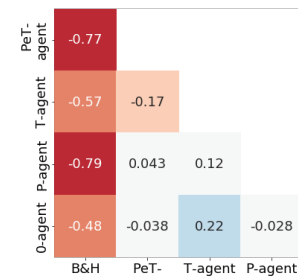
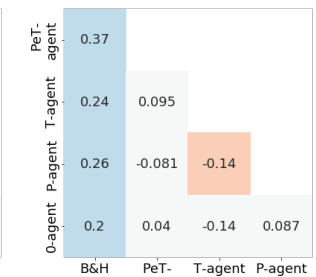
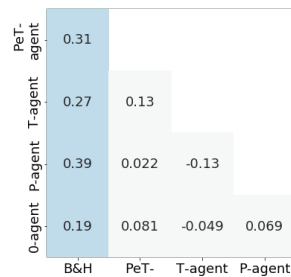
Vec



Delta



BinVec



0%

0.02%

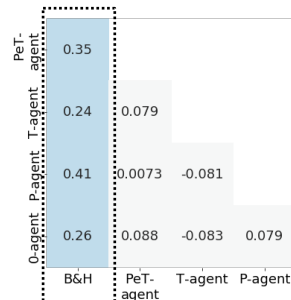
0.5%

Gemiddelde Sharpe ratio's over 200 runs voor agents t.o.v. een benchmark (een andere agent of B&H)

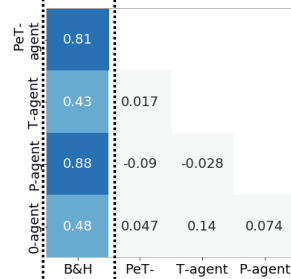
Weergegeven voor verschillende actie-types en transactiekosten

Alle agents verslaan de buy-and-hold benchmark onder beperkte transactiekosten. Onder hogere transactiekosten is dit niet meer het geval, te wijten aan te hoge transactiekosten.

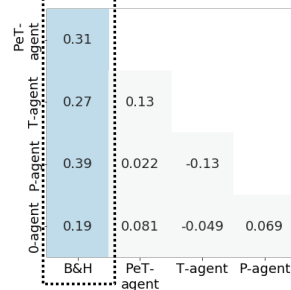
Vec



Delta

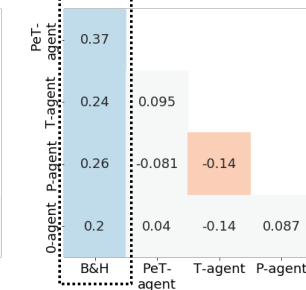
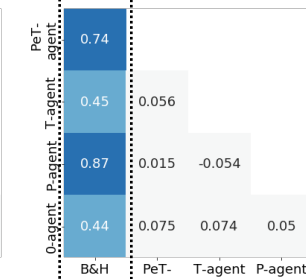
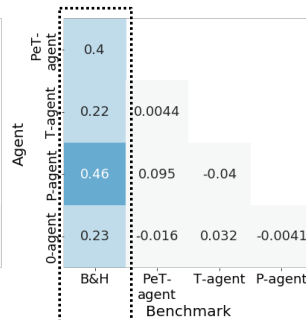


BinVec



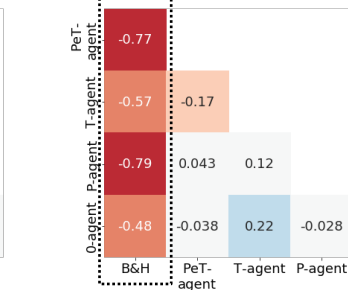
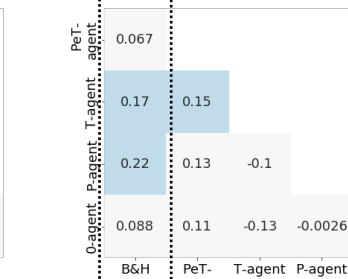
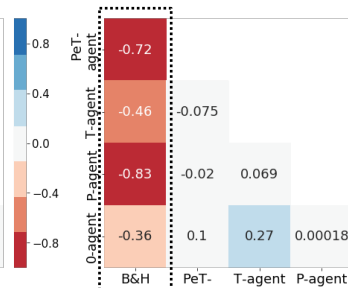
0%

Agent



0.02%

Agent



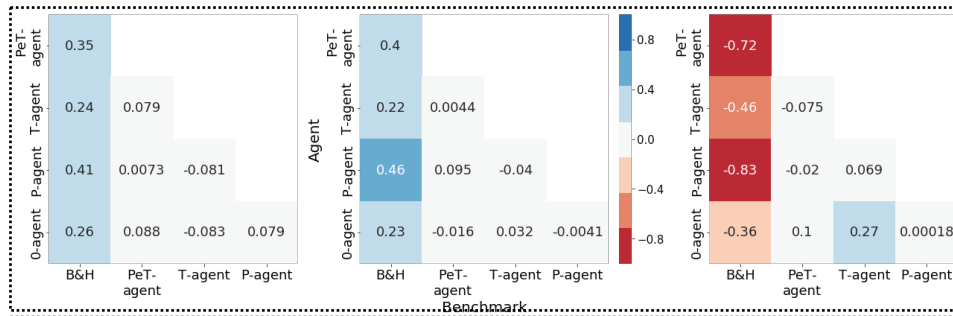
0.5%

Gemiddelde Sharpe ratio's over 200 runs voor agents t.o.v. een benchmark (een andere agent of B&H)

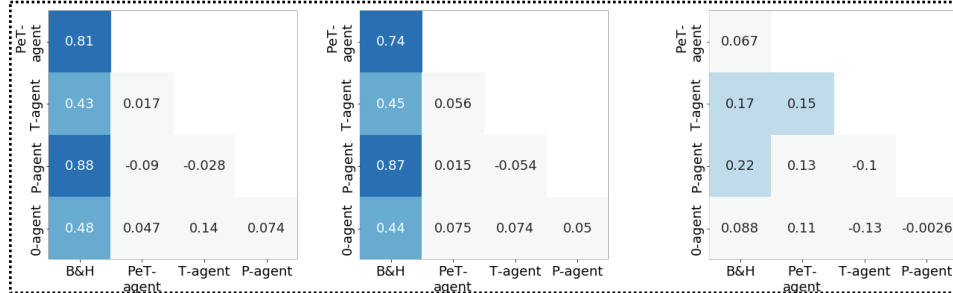
Weergegeven voor verschillende actie-types en transactiekosten

Delta-acties leiden tot hogere Sharpe-ratio's t.o.v. B&H dan Vec- en BinVec-acties

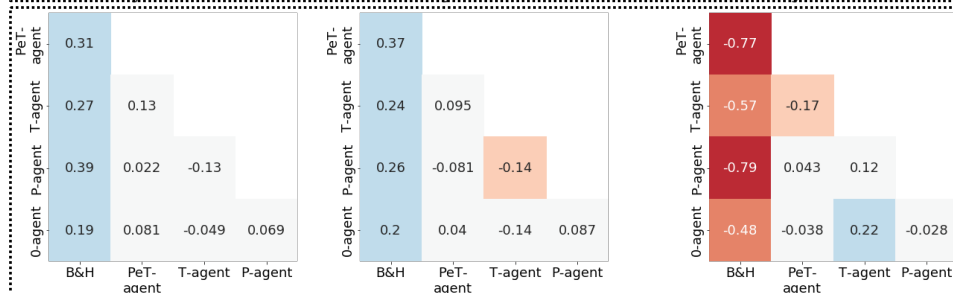
Vec



Delta



BinVec



0%

0.02%

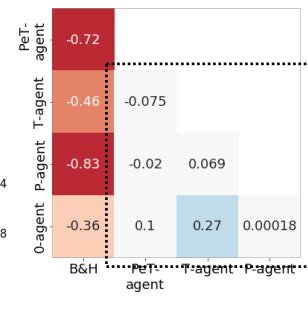
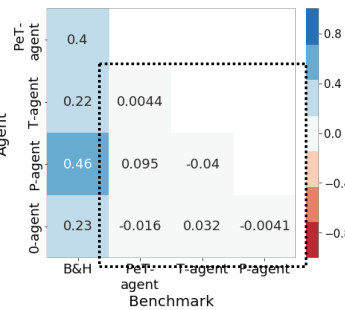
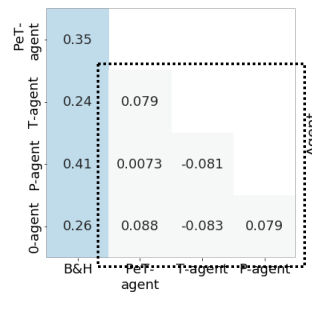
0.5%

Gemiddelde Sharpe ratio's over 200 runs voor agents t.o.v. een benchmark (een andere agent of B&H)

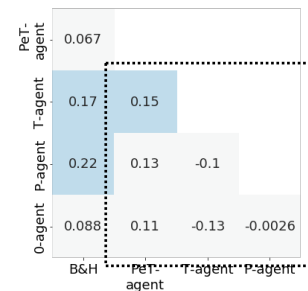
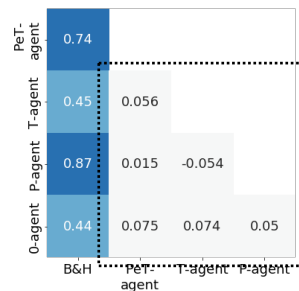
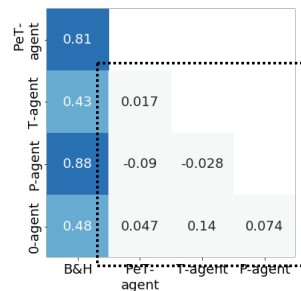
Weergegeven voor verschillende actie-types en transactiekosten

De vier agents hebben geen significant voordeel ten opzichte van elkaar. De integratie van domeinkennis heeft dus geen significante impact op de performantie van de agent.

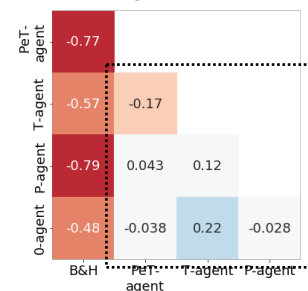
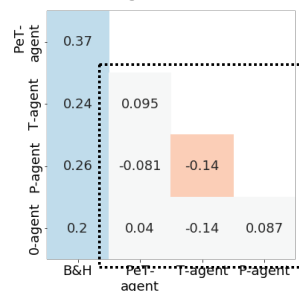
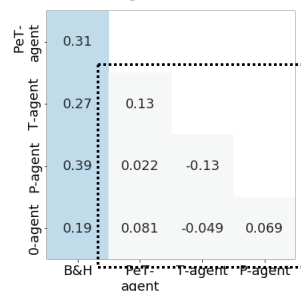
Vec



Delta



BinVec



0%

0.02%

0.5%

# INHOUD

01

INLEIDING

02

BESCHRIJVING VAN DE RL  
AGENTS

03

EXPERIMENTEN EN  
RESULTATEN

04

BESLUIT

- Antwoord op de onderzoeksvragen

Onderzoeksvraag 1: Kan een RL agent een waardebeleggingsstrategie benaderen door gebruik te maken van hoofdzakelijk fundamentele data?

- Alle agents verslaan de buy-and-hold benchmark onder beperkte transactiekosten
- Fundamentele data in combinatie met RL kan met succes worden toegepast op het portfolio-optimalisatieprobleem
- Hoge transactievolumes leiden tot overgevoeligheid aan transactiekosten
- Integratie van domeinkennis draagt niet bij tot de performantie
- We zijn er niet in geslaagd specifiek het waardebeleggen te benaderen

Onderzoeksvraag 2: Draagt het integreren van waardebeleggen-specifieke domeinkennis bij tot de performantie van een RL agent?

De integratie van domeinkennis draagt niet bij tot de performantie van een RL agent, dit vermoedelijk omdat de agents er onvoldoende in slagen het waardebeleggen te benaderen, waardoor waardebeleggen-specifieke domeinkennis niet van toepassing is.