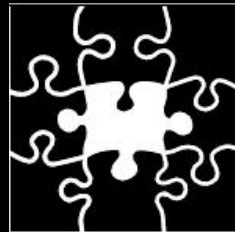
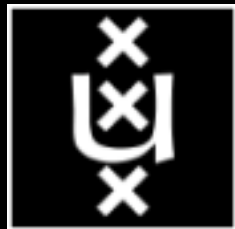


# Daag kinderen uit met deductief redeneren!

Maartje Raijmakers<sup>1</sup> (bijz. Hoogleraar NEMO),  
Nina Gierasimczuk<sup>2</sup>, Han van der Maas<sup>1</sup>  
Psychology<sup>1</sup>/ILLC<sup>2</sup> - University of Amsterdam



# Educatie, Logica, Cognitie

## Educatie

- Introductie van logisch redeneren in het basisonderwijs
- [Rekentuin.nl](http://Rekentuin.nl) / [MathsGarden.com](http://MathsGarden.com)

## Logica

- Logische structuur van het domein als basis van een process model voor het redeneren
- **Tableau methode: regelgebaseerde constructie van oplossing**
- **Voorspelling van item moeilijkheid op basis van complexiteit**

## Cognitieve Psychologie

- Begrip van redeneerproces en individuele verschillen
- **Voorspellen van individueel redeneervermogen uit onderliggende vaardigheden**
- **Data: bijvoorbeeld zeer frequente, longitudinale leerdata**

# Talentenkracht

## TalentenKracht (<http://www.talentenkracht.nl>)

- Welke talenten hebben jonge kinderen op het bètavlak?
- Op welke manier kunnen deze talenten optimaal gestimuleerd worden?

## Kleuters aan zet in NEMO (<http://www.e-nemo.nl/kleutersaanzet>)

- Onderzoekend spel jonge kind
- Ouderparticipatie in wetenschap- en techniekeducatie jonge kind
- Mentale modellen jonge kind over wetenschap- en techniekonderwerpen



# Kleuters aan Zet in NEMO



# Bèta-vaardigheden

- Individuele verschillen heel groot
- Zelf-ontdekkend leren niet effectief
- Optimale stimulatie vereist individuele begeleiding
- Veel kennis in impliciet en dus slecht te verwoorden
- Begeleiding is moeilijk voor basisschoolleerkracht

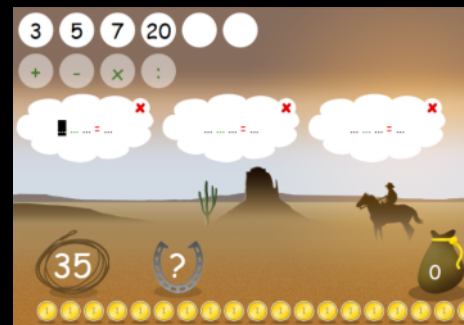


# Rekentuin.nl



Games: tellen, reeksen, optellen, aftrekken, keer, delen, snelheidsmix, breuken, cijfers, mastermind, klokkijken, procenten

Grote itembanken voor elk spel van zeer makkelijk tot zeer moeilijk



- Han van der Maas: Psychological Methods, Oefenweb.nl
- University of Amsterdam
- Marthe Straatemeier, Sharon Klinkenberg, Marlijn Bouwman, Maurits van der Schee, Joost van der Schee, Daan Kroese, Mischa ter Smitten

# Nieuw computer adaptief systeem

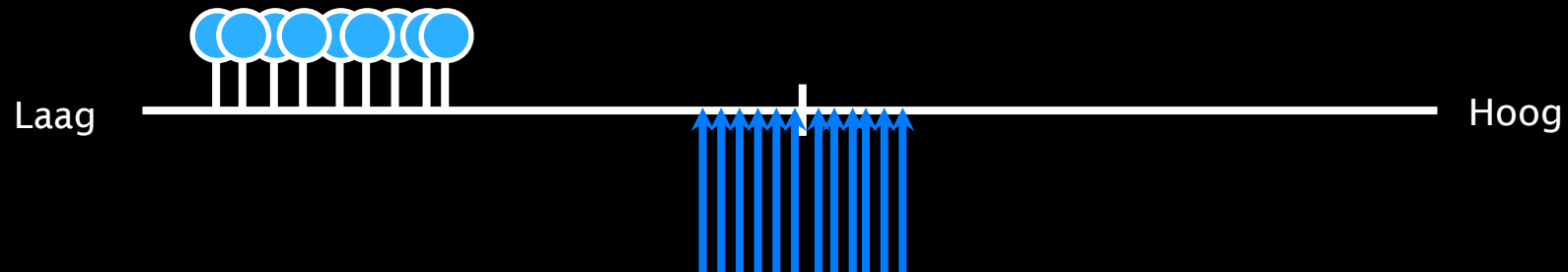
- Vergelijkbaar probleem: vind een gelijkwaardige tegenstander in sport
- Oplossing gebaseerd op ratingsysteem uit schaakwereld, bedacht door Prof. Elo  
Rating van een speler verandert afhankelijk van de uitkomst van de partij en de rating van de tegenstander.
- Kinderen spelen tegen items.  
Als een kind een fout antwoord geeft, wint de opgave, afhankelijk van de rating van het kind.



# Elo in werking



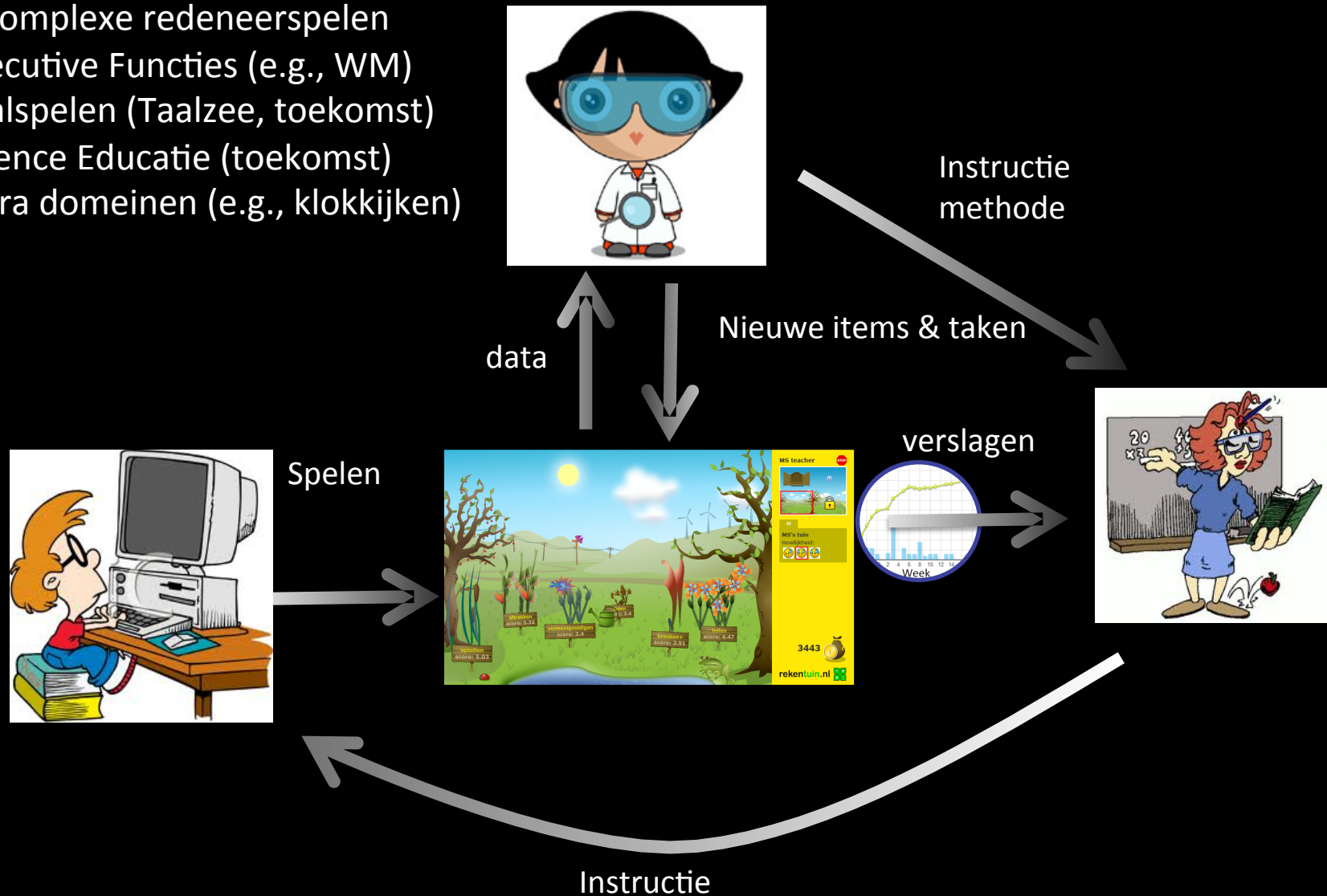
Kinderen (Vaardigheid)



Vragen (Moeilijkheid)

# Educatie: Leerling/Leerkracht/Onderzoeker

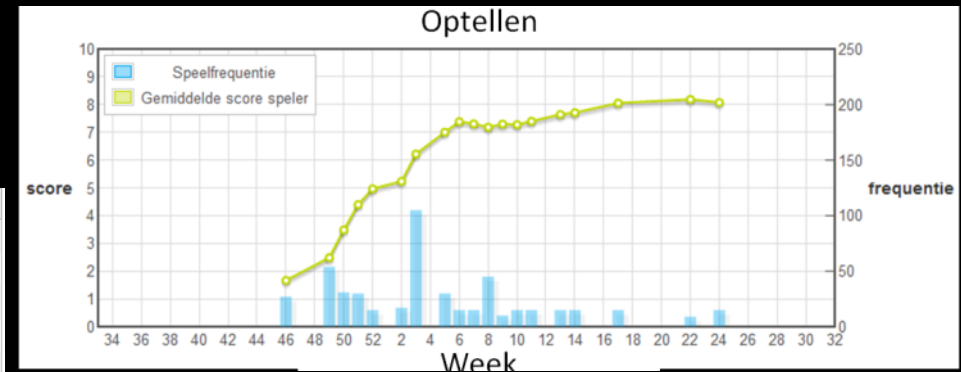
- 15 reken spelen
- 2 Complexe redeneerspelen
- Executive Functies (e.g., WM)
- Taalspelen (Taalzee, toekomst)
- Science Educatie (toekomst)
- Extra domeinen (e.g., klokkijken)



# TUINCENTRUM (VOOR DE LEERKRACHT)

## Automatische analyse & rapportage

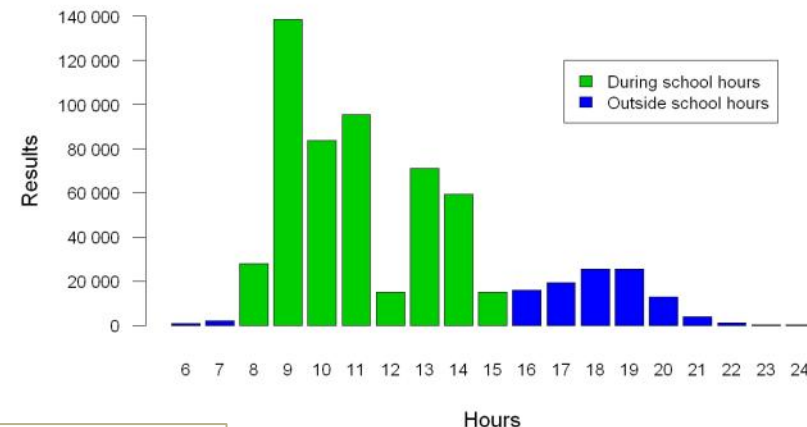
Groep	+	-	x	:	mix	½	Acties
5	3.6	6.6	3.4	3.1	4.0	1.4	<a href="#">Bekijken</a>
5	3.6	4.2	2.6	4.9	5.0	4.4	<a href="#">Bekijken</a>
5	5.6	4.2	2.8	-	2.5	-	<a href="#">Bekijken</a>
5	4.5	4.7	2.2	0.8	3.7	-	<a href="#">Bekijken</a>
5	6.7	6.0	4.2	3.1	4.9	-	<a href="#">Bekijken</a>
5	6.3	6.2	3.6	3.1	3.8	-	<a href="#">Bekijken</a>
5	4.4	4.2	2.8	2.1	3.1	-	<a href="#">Bekijken</a>
5	3.7	4.0	2.5	-	-	-	<a href="#">Bekijken</a>
5	4.9	4.0	2.4	-	-	-	<a href="#">Bekijken</a>
5	2.7	2.7	2.9	-	-	-	<a href="#">Bekijken</a>
5	5.5	5.4	2.9	3.7	3.8	-	<a href="#">Bekijken</a>
5	5.5	5.3	3.0	2.7	2.8	1.7	<a href="#">Bekijken</a>
6	7.3	6.4	4.6	3.9	4.1	2.0	<a href="#">Bekijken</a>
6	6.7	7.0	4.5	3.9	4.6	2.1	<a href="#">Bekijken</a>



optellen				
Beste	Vraag	Goed Antwoord	Gegeven Antwoord	Reactietijd
1	3 + 37	40	40	4 sec.
2	3 + 16	19	19	6 sec.
3	8 + 4	12	12	7 sec.
4	44 + 4	48	48	7 sec.
5	2 + 50	52	52	4 sec.
Slechtste	Vraag	Goed Antwoord	Gegeven Antwoord	Reactietijd
1	3 + 21	24	42	4 sec.
2	48 + 2	50	68	8 sec.
3	16 + 4	20	56	8 sec.
4	3 + 21	24	51	8 sec.
5	3 + 26	29	92	7 sec.
6	10 + 72	82	73	6 sec.
7	75 + 5	80	70	11 sec.
8	33 + 2	35	53	13 sec.
9	4 + 9	13	31	13 sec.
10	75 + 5	80	70	11 sec.

# Deelnemers

- ± 600 scholen NL & BE
- Ook VO en PABO
- Remedial teachers & families
- > 55.000 actieve gebruikers
- = 350.000 rekensommen per dag
- Bijna 100 miljoen sommen sinds augustus 2009
- Hoge betrouwbaarheid, hoge correlatie met Cito
- Groot nationaal rekenonderzoek
- Wetenschap24.nl



Live counter

# Deductief redeneren met MasterMind



# Deductief Mastermind

- Correcte bloem op correcte plek
- Correcte bloem op verkeerde plek
- Incorrecte bloem

Score

● een bloem op de juiste plaats  
● een bloem met de juiste kleur, op de verkeerde plaats  
● een bloem met de verkeerde kleur

OK

reken**tuin**.nl

# Eenvoudige opgave



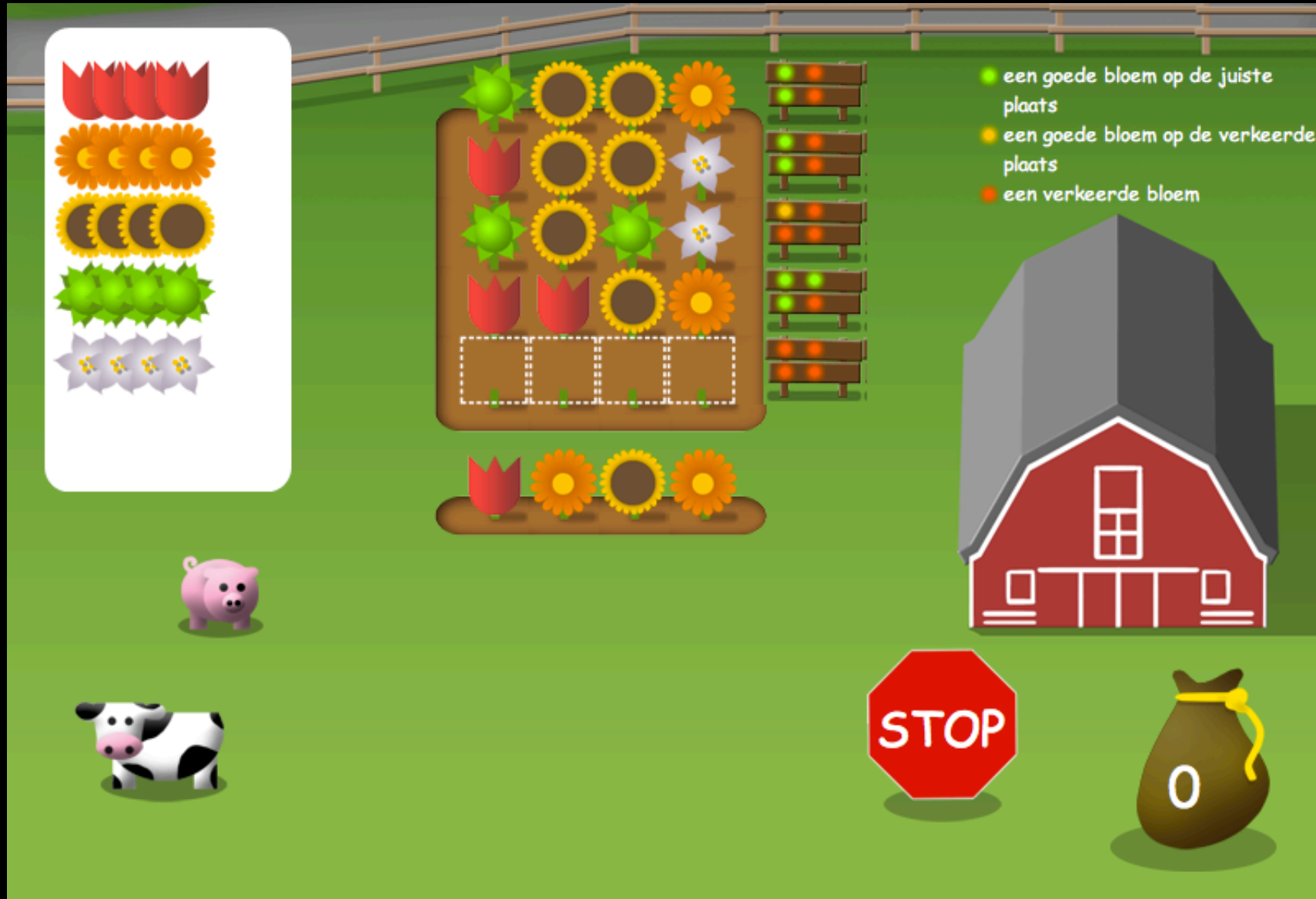
# Moeilijke opgave

een goede bloem op de juiste plaats  
een goede bloem op de verkeerde plaats  
een verkeerde bloem

OK

2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

# Moeilijke opgave



# Tau, 5 jaar

een goede bloem op de juiste plaats  
een goede bloem op de verkeerde plaats  
een verkeerde bloem

OK

reken **tuin**.nl

# Sadie, 8 jaar

een goede bloem op de juiste plaats  
een goede bloem op de verkeerde plaats  
een verkeerde bloem

OK

reken [tuin.nl](http://reken tuin.nl)

# Statistieken

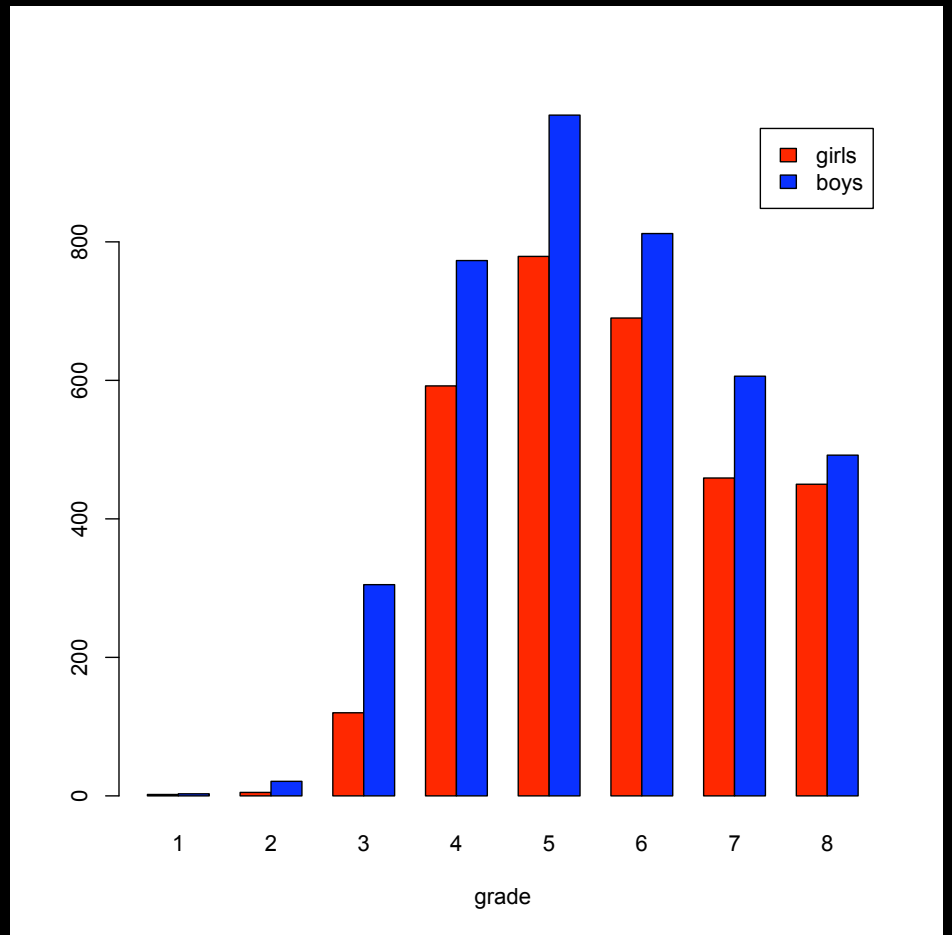
Bloemencode (start november 2010)

- 321 items 1 - 5 pinnen, 2 - 5 kleuren

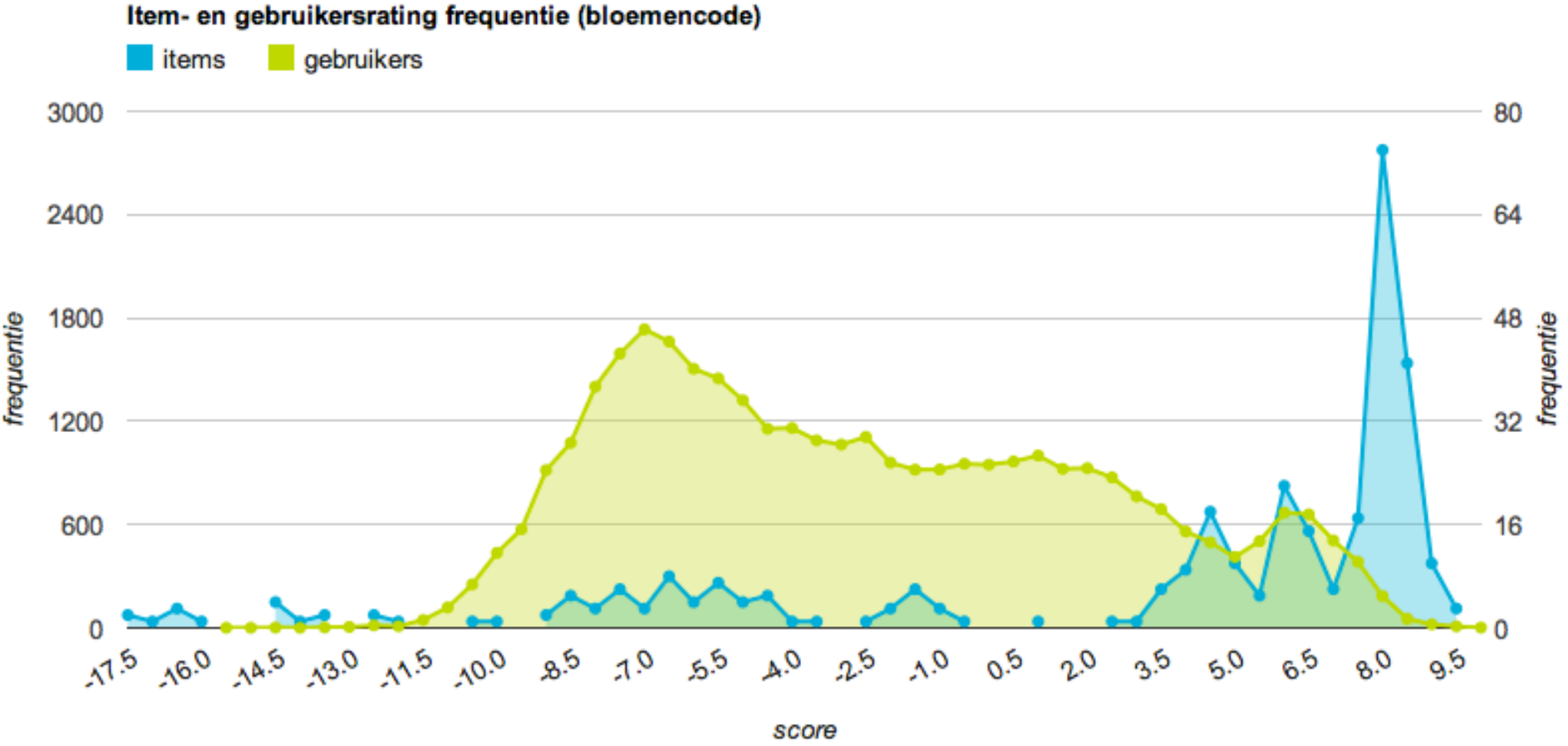
Januari 2012

- 2,187,354 items gespeeld
- 28,247 leerlingen (groepen 1 – 8)
- 400+ scholen, families

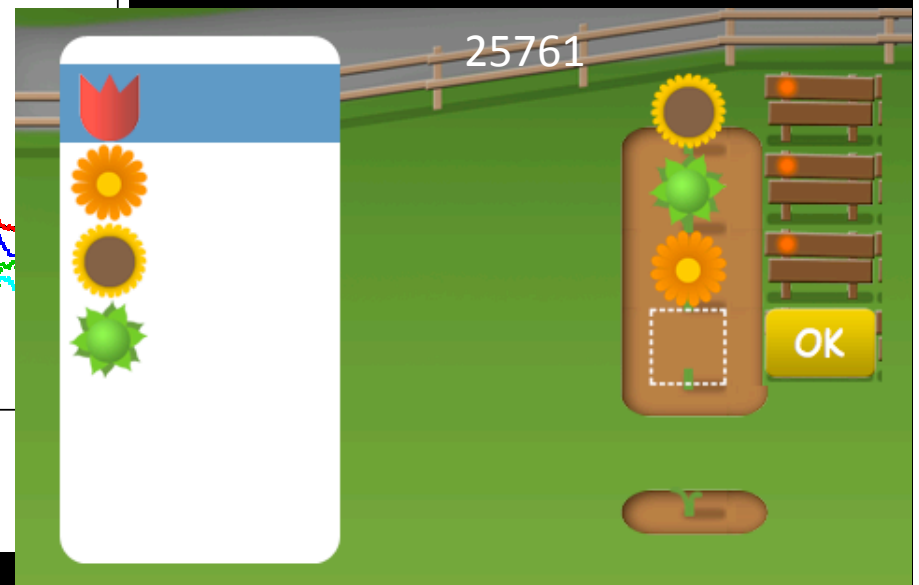
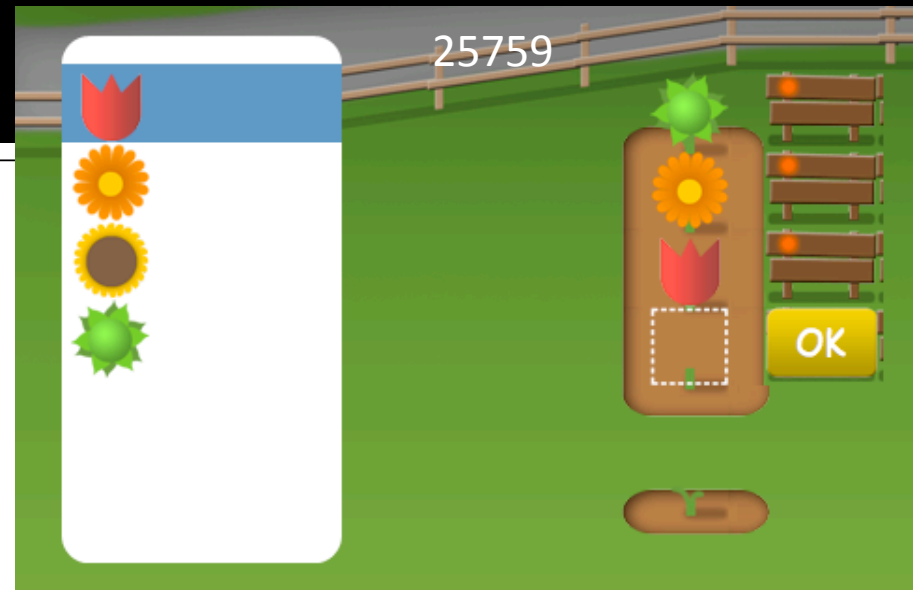
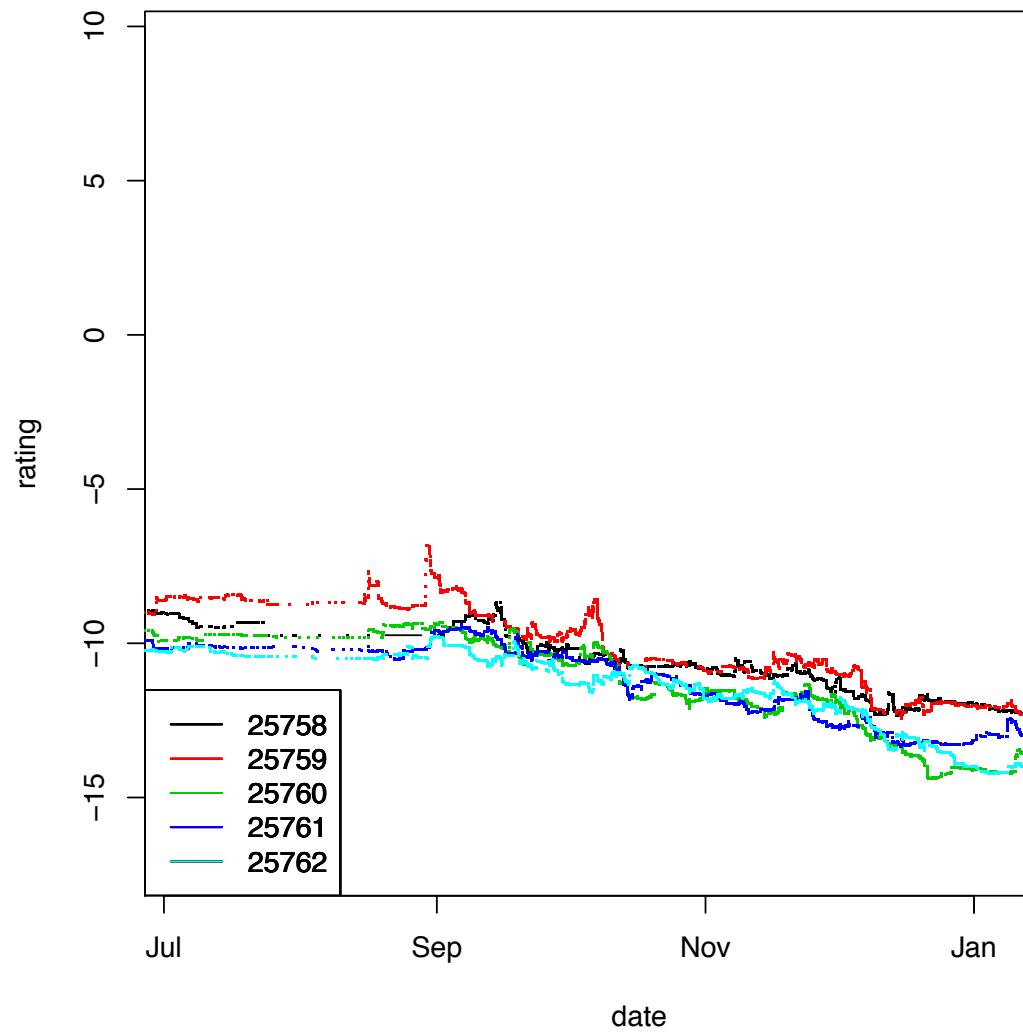
<b>N =</b>	<b>32874</b>
Played > 1 item	32182
Played > 10 items	26880
Played > 100 items	7421
Played > 1000 items	26



# Statistieken



# Spiegel Items



# Logische analyse & item moeilijkheid

Score

- een bloem op de juiste plaats
- een bloem met de juiste kleur, op de verkeerde plaats
- een bloem met de verkeerde kleur

OK

reken **tuin**.nl

# Analytische Tableaux

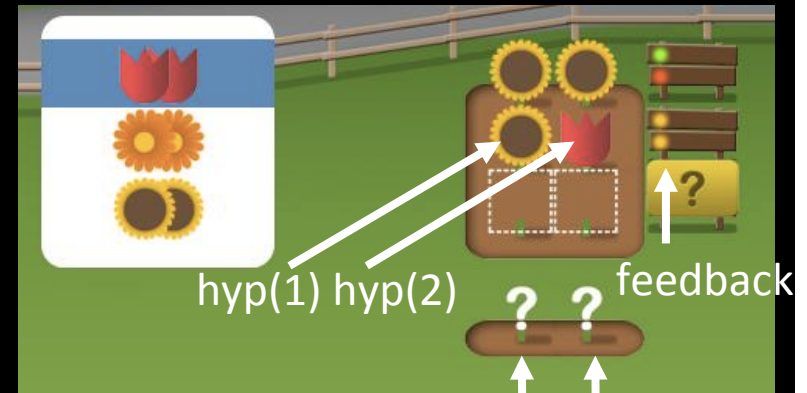
- De tableau methode kan bepalen of aan een eindige set van formules in propositionele logica voldaan kan worden door een adequate toekenning van waarheidswaarden.

$$(a \vee \neg b) \wedge (a \wedge b)$$

- Beth, Evert W., 1955. "Semantic entailment and formal derivability", Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afdeling Letterkunde, N.R. Vol 18, no 13, 1955, pp 309–42. Reprinted in Jaakko Hintikka (ed.) The Philosophy of Mathematics, Oxford University Press, 1969.
- R.M. Smullyan. First-order logic. Berlin: Springer-Verlag, 1968.

# Tableaux regels voor 2-pin Hypotheses

Mogelijk feedback: **gg**, **go**, oo, gr, or, rr.  
 Stel hyp(1) = G (gele bloem), hyp(2) = R (rode bloem),  
 en feedback is oo, gr, or, rr



GeRo, oo



doel(1)≠Ge, doel(2)≠Ro, doel(1)=Ge, doel(2)=Ro

GeRo, rr



doel(1)≠Ge, doel(2)≠Ro, doel(1)≠Ro, doel(2)≠Ge

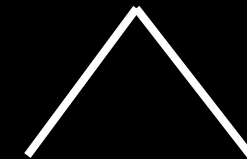
GeRo, gr



doel(1)=Ge, doel(2)≠Ro  
doel(1)≠Ge

doel(2)=B,

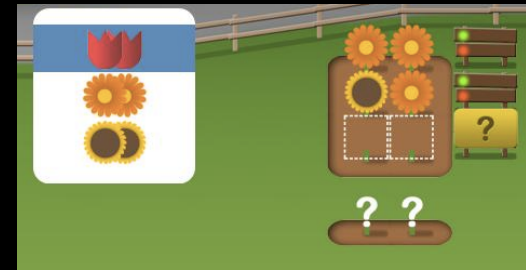
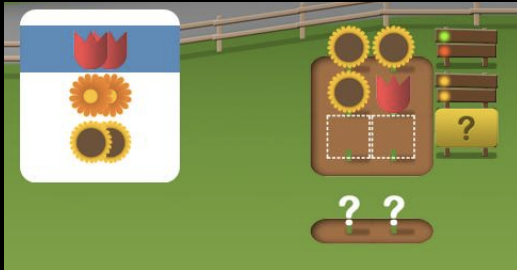
GeRo, or



doel(1) ≠Ge, doel(2) =Ge,  
doel(1) ≠Ro, doel(2) ≠Ro

doel(2) ≠Ro, doel(1) =Ro,  
doel(2) ≠Ge, doel(2) ≠Ge

# 2-pin Voorbeeld



GeGe, gr

doel(1)=Ge, doel(2)≠Ge

doel(2)=Ge, doel(1)≠Ge

GeRo, oo

GeRo, oo

doel(1)≠Ge, doel(2)≠Ro  
doel(2)=Ge, doel(1)=Ro

doel(1)≠Ge, doel(2)≠Ro  
doel(2)=Ro, doel(1)=Ro

OrOr, gr

doel(1)=Or, doel(2)≠Or

doel(2)=Or, doel(1)≠Or

GeOr, gr

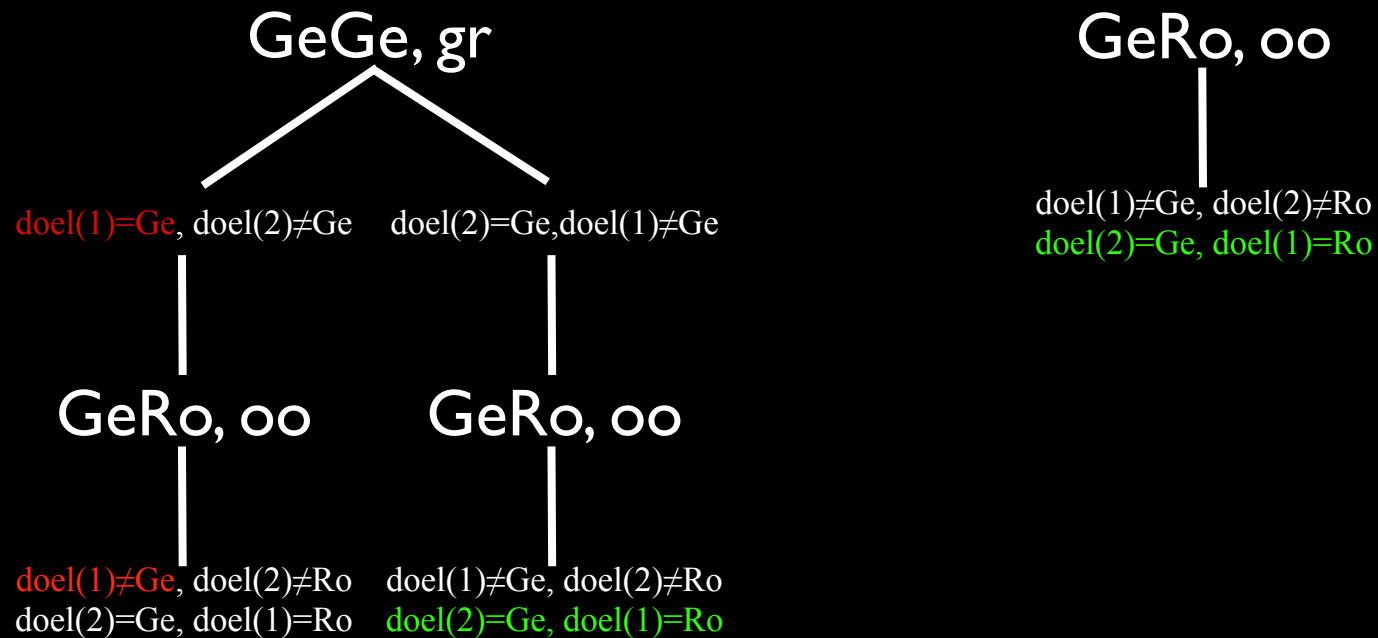
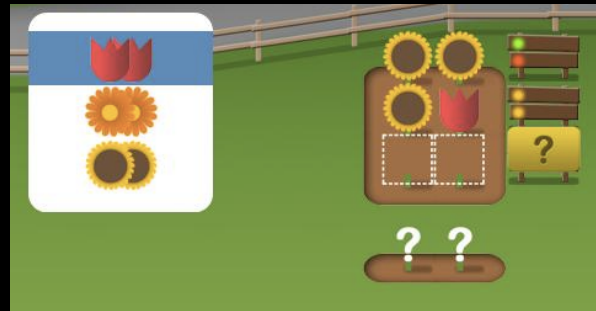
GeOr, gr

doel(1)=Ge, doel(2)≠Or  
doel(2)=Or, doel(1)≠Ge

doel(1)=Ge, doel(2)=Or,  
doel(2)≠Or, doel(1)≠Ge

+doel(1)=Ro

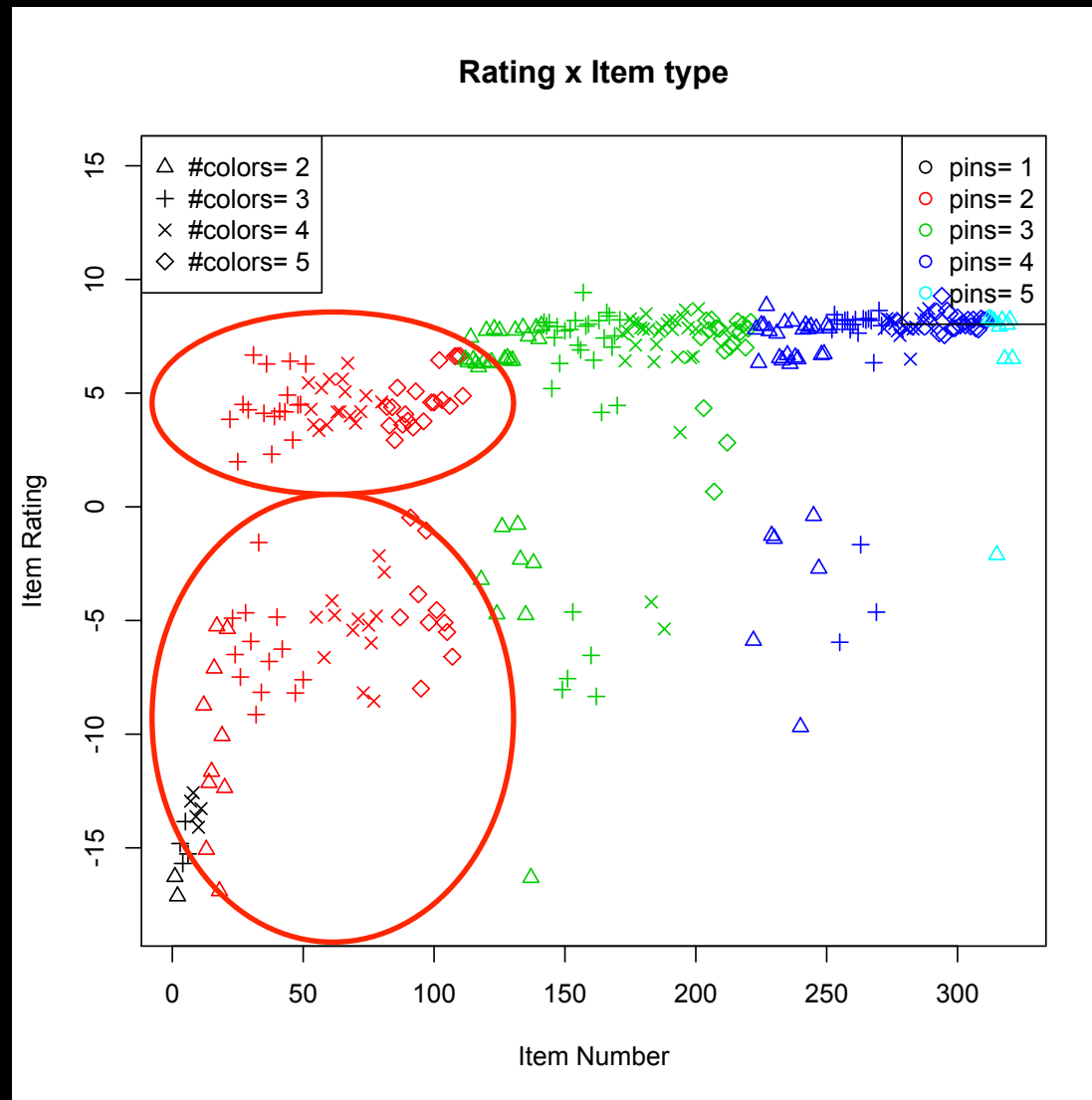
# 2-pin Strategie Voorbeeld



# Item moeilijkheid & Strategieën 2

- Item moeilijkheid
  - # stappen
  - # oo, rr, gr, or stappen
- Optimaliseren strategie
  - Volgorde van evaluatie van hypothesen
    - Eerste idee:  $oo < rr < gr < or$
- Inter-individual verschillen
  - # steps (werkgeheugen)
  - Strategie-verschillen (kwalitatieve verschillen)

# Verdeling van Item Moelijkheid



# Voorspellen van Item moeilijkheid – 2 pin items

- Variance Explained ( $R^2$ ) = 66%  
 $F(6,93) = 33, p < .0001$
- Predictors
  - # colours ( $\beta = 1.07, p = .02$ )
  - # hypotheses ( $\beta = 1.75, p < .01$ )
  - # oo eval. ( $\beta = -5.1, p < .001$ )
  - # rr eval. ( $\beta = -3.19, p < .0001$ )
  - # gr eval. (ns)
  - # or eval. ( $\beta = 1.6, p < .0001$ )

oo en rr feedback maken items eenvoudiger, or feedback maakt items moeilijker.

# Eenvoudige versus moeilijke

## 2-pin items

Eenvoudig

- geen “eval. = or”  $\wedge$  geen “eval.= gr”
- geen “eval.= or”  $\wedge$  “wel eval.= gr”  $\wedge$  alle kleuren in item

Anders moeilijk

een goede bloem op de juiste plaats  
een goede bloem op de verkeerde plaats  
een verkeerde bloem

OK

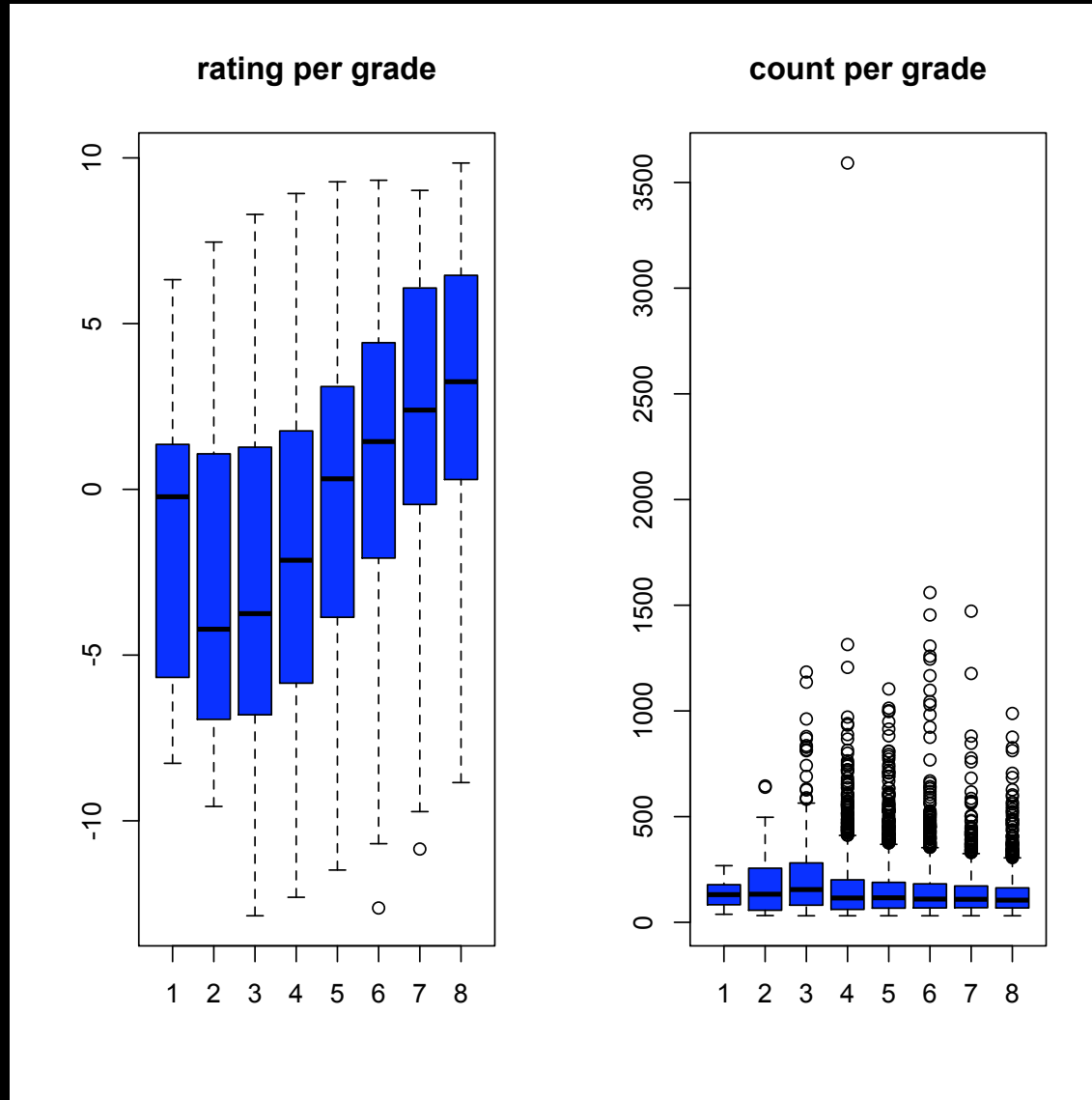
Eenvoudig

Moeilijk

0

2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

# Individuele verschillen: Leerling scores



# Inter-individuele verschillen

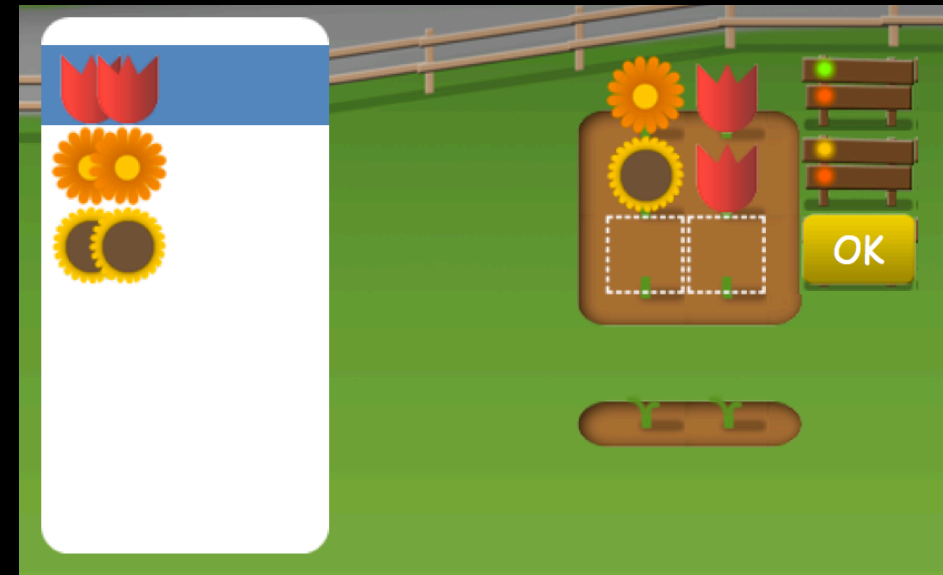
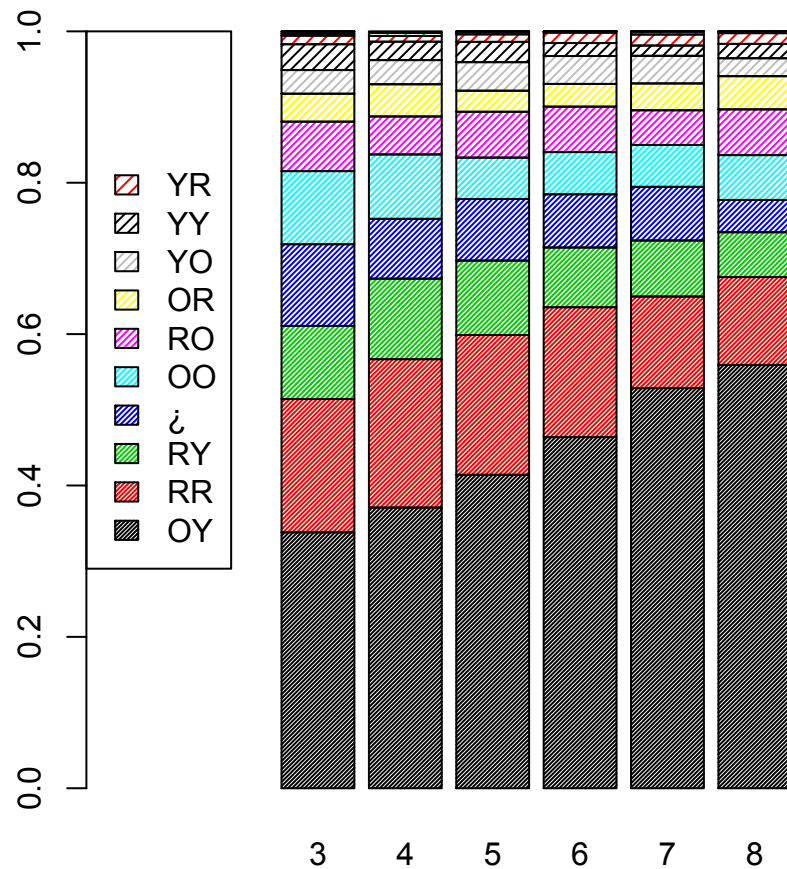
## Voorspellen van leerling-scores

- Variance Explained ( $R^2$ ) = 33%  
 $F(6,7085) = 572.3, p < .0001$
- Predictors
  - # age ( $\beta = .0004, p < .0001$ )
  - # gender ( $\beta = -.22, p = .02$ )
  - # working memory ( $\beta = .28, p < .0001$ )
  - # complex reasoning ( $\beta = .41, p < .0001$ )
  - # addition domain ( $\beta = .04, p = .05$ )
  - # multiplication domain ( $\beta = .12, p < .0001$ )

**Werkgeheugen heeft een unieke bijdrage aan verklaren  
individuele verschillen deductieve MasterMind**



# Inter-individuele verschillen: Fouten-analyse

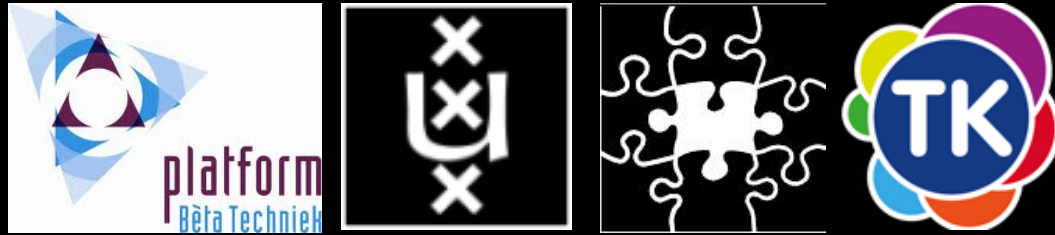


Toekomst: Strategieën afleiden uit patronen van fouten.

# Conclusie en toekomst

- Educatie
  - Als kinderen op juiste niveau uitgedaagd worden spelen ze graag
  - **Leren kinderen door self-support?**
- Logica (tableau analyse)
  - Item moeilijkheid is deels uit te drukken in termen van logische analyse
  - **Logische systemen en fouten-analyse is een nieuwe benadering**
- Cognitieve psychologie
  - Werkgeheugen is specifiek belangrijk voor deductief redeneren
  - Data uit rekentuin is geschikt voor wetenschappelijk onderzoek
  - **Kunnen we conceptueel begrip toetsen uit tijdseriedata?**
  - **Eye-tracking voor testen volgorde van verwerking**

# Samenwerking



**Nina Gierasimczuk**, *postdoc ILLC. , University of Amsterdam*

**Daan Kroese** *Oefenweb. , University of Amsterdam*

**Marthe Straatemeier** *phD., University of Amsterdam*

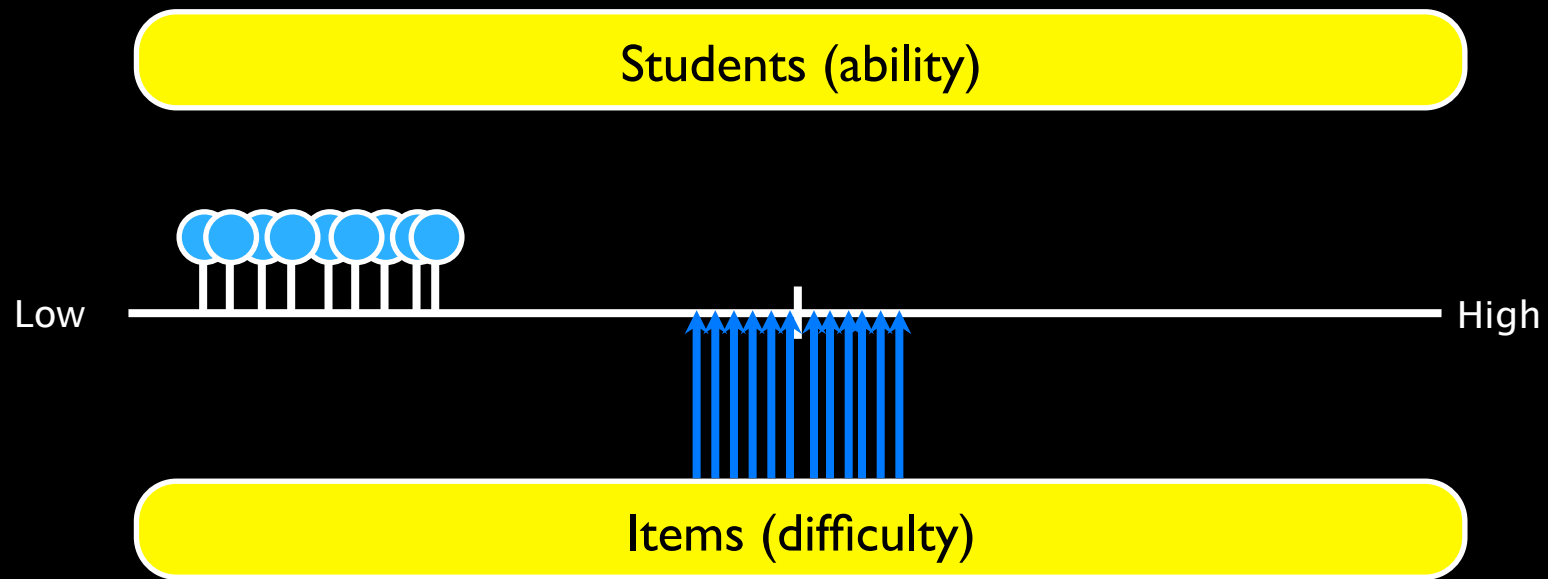
**Sanne Van der Ven**, *postdoc, University of Amsterdam*

**Han van der Maas** *Prof. Methodology, University of Amsterdam*

**Johan van Benthem** *Prof. Logics, University of Amsterdam*

Maartje Raijmakers: [m.e.j.Raijmakers@uva.nl](mailto:m.e.j.Raijmakers@uva.nl)

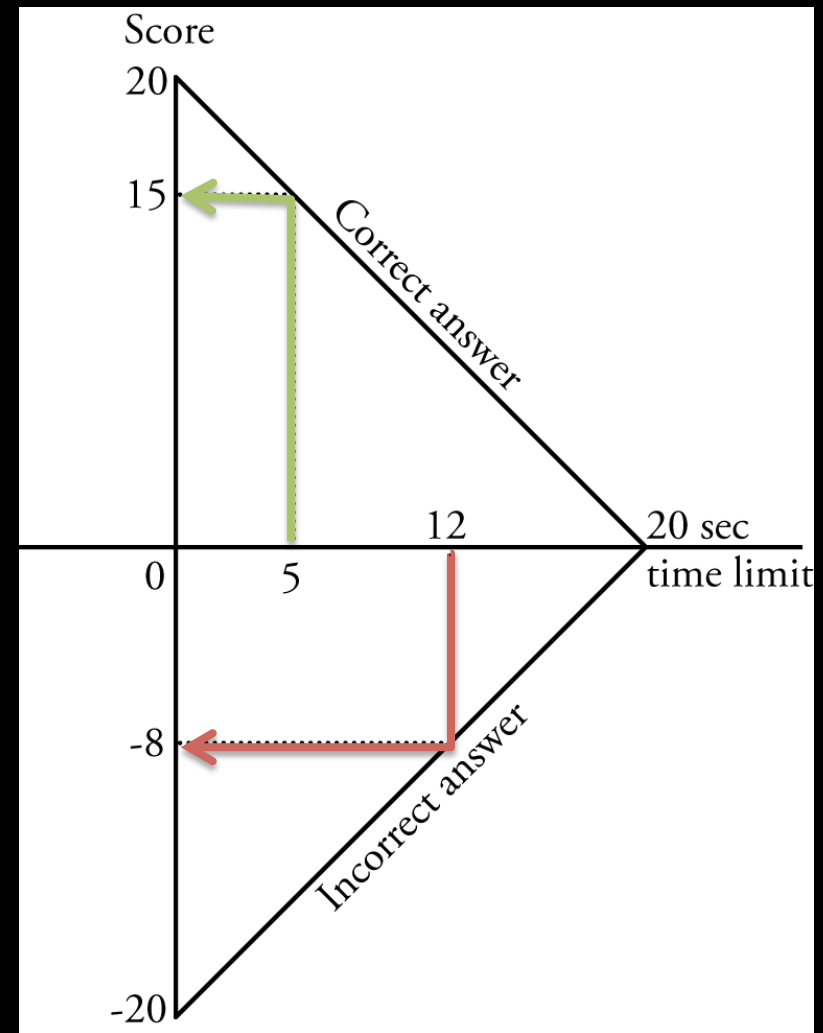
# Elo for Tests



self-organizing

# High Speed High Stakes rule

- HSHS punishes quick guesses
- Easy to visualize

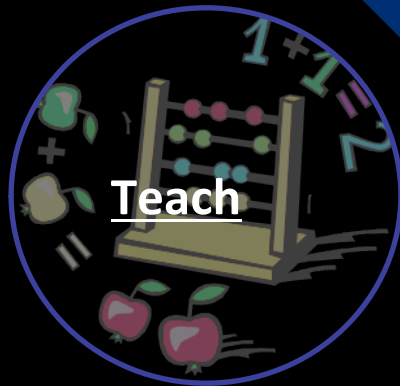


# self-organizing adaptive learning tools

Users (teachers) add

- Items
- Video's

Rule based item generation



Automatic scoring and reporting



On the fly item estimation



(Self) adaptive item choice

