



# Knikkerbord HOE

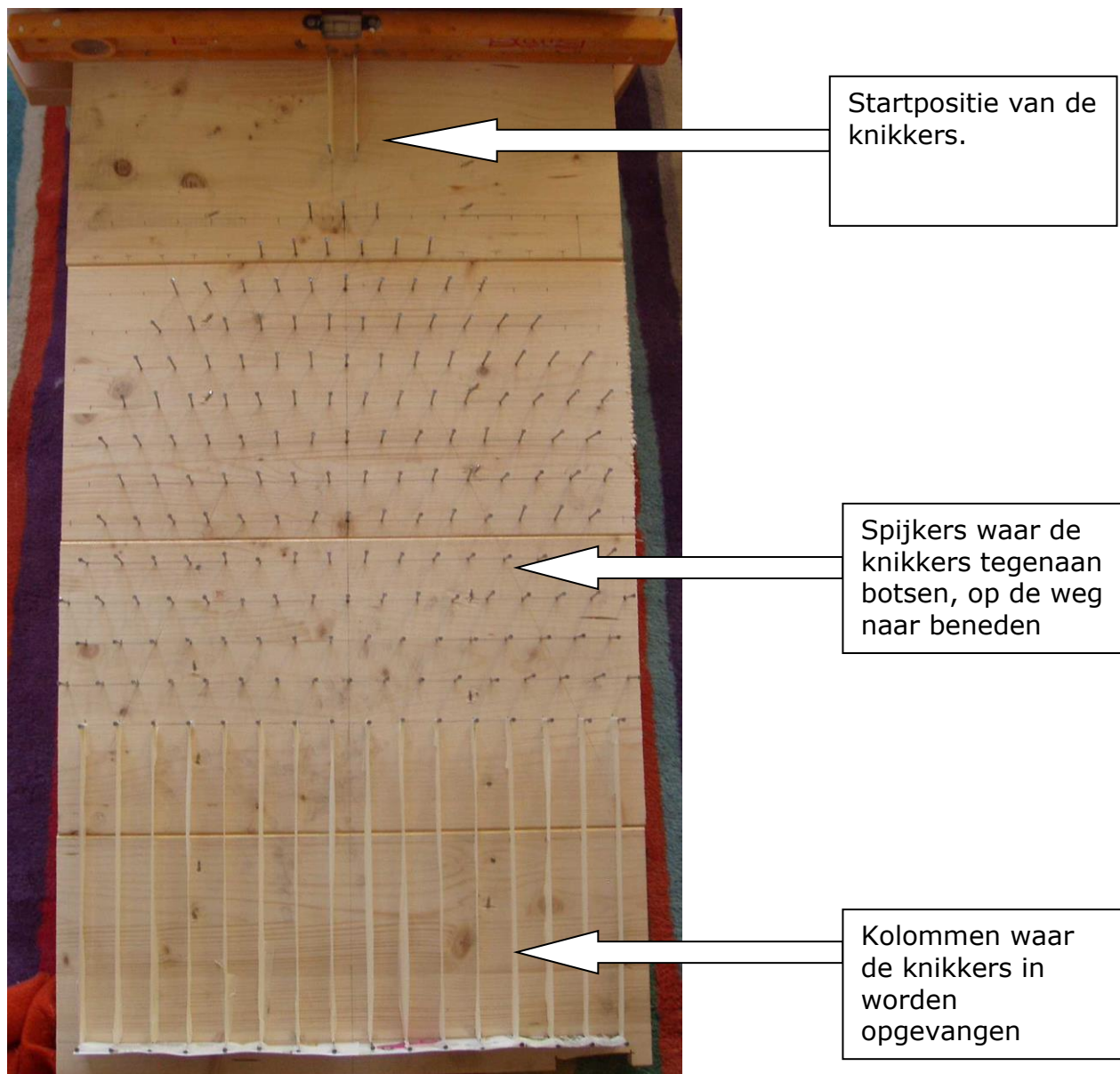


Het ontwerpen van experimenten.

Knikkerbord experiment om aan te tonen dat een "normaal" verdeling ontstaat



## Het ontwerp van het bord.



Het bord hierboven staat onder een schuine hoek op de grond. Over de breedte gezien horizontaal. Knijpers worden 1 voor 1 van de hoge kant losgelaten. Beneden worden de knijpers opgevangen in kolommen.

### Hypothese:

De verdeling van de knijpers, in de kolommen aan de onderkant, benadert een normaal kromme, of normale verdeling ( klokvorm)



# Het experiment

Op volgorde de verschillende situaties tijdens de uitvoering van het experiment



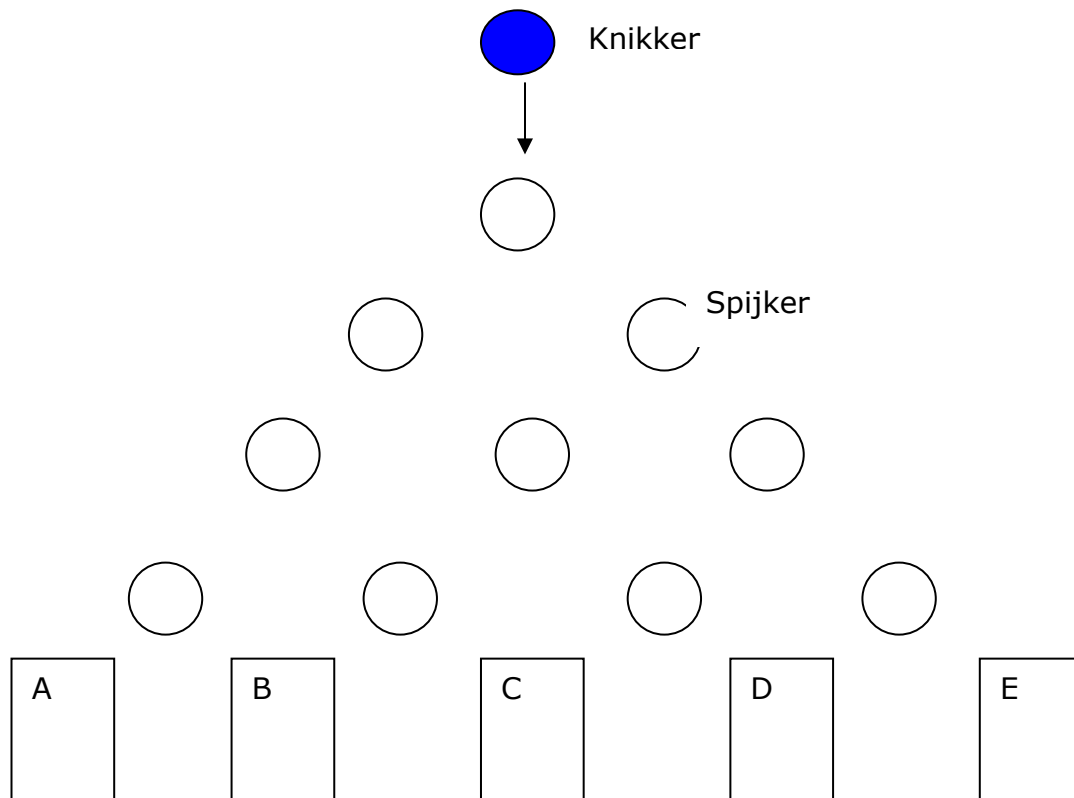


## Conclusie.

Dit experiment toont aan dat de verdeling de normaal-kromme benadert.  
Het bewijs is hiermee echter niet geleverd !!

## Conclusie onderbouwen

De conclusie kan onderbouwd worden door uit te gaan van kansberekening.



Neem het vereenvoudigde bord zoals hierboven getekend.

Op hoeveel manieren kan een knikker in bak A terecht komen?

Slechts op 1 manier; bij elke botsing links afslaan (gezien vanuit de lezer!).

Hoeveel manieren om in B te komen?

Er zijn 4 verschillende manieren om in B te komen. De kans dat de knikker in B belandt is dus 4 keer groter dan de kans dat de knikker in A komt.

Hoeveel manieren om in C te komen

Er zijn 6 verschillende routes voor de knikker om C te komen.

Hoe zit het met D en E.

Dit zijn de symmetrische tegenpolen van A en B. A en E zijn wat betreft kans gelijk, en dat geldt ook voor B en D.

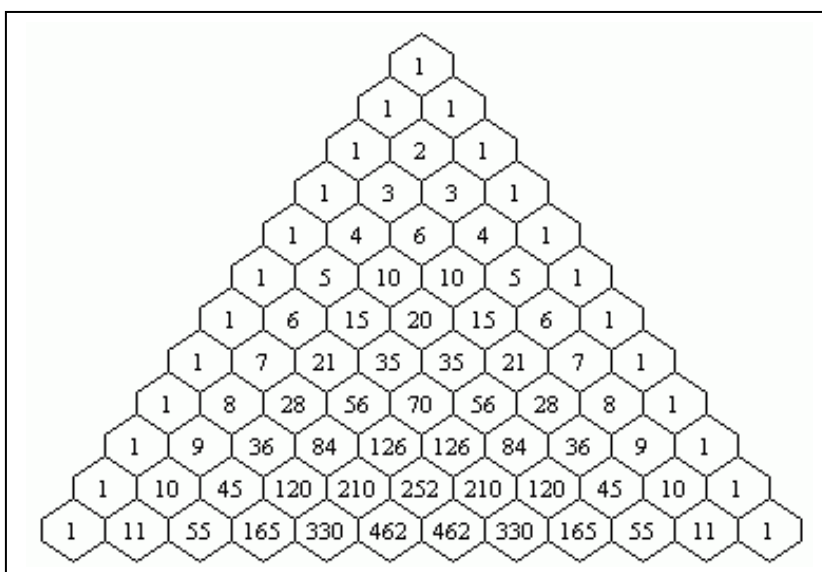


# Kans matrix

De kansverdeling kan in een matrix worden weergegeven, waarbij de rijen van de matrix overeenkomen met het aantal rijen spijkers op het bord.

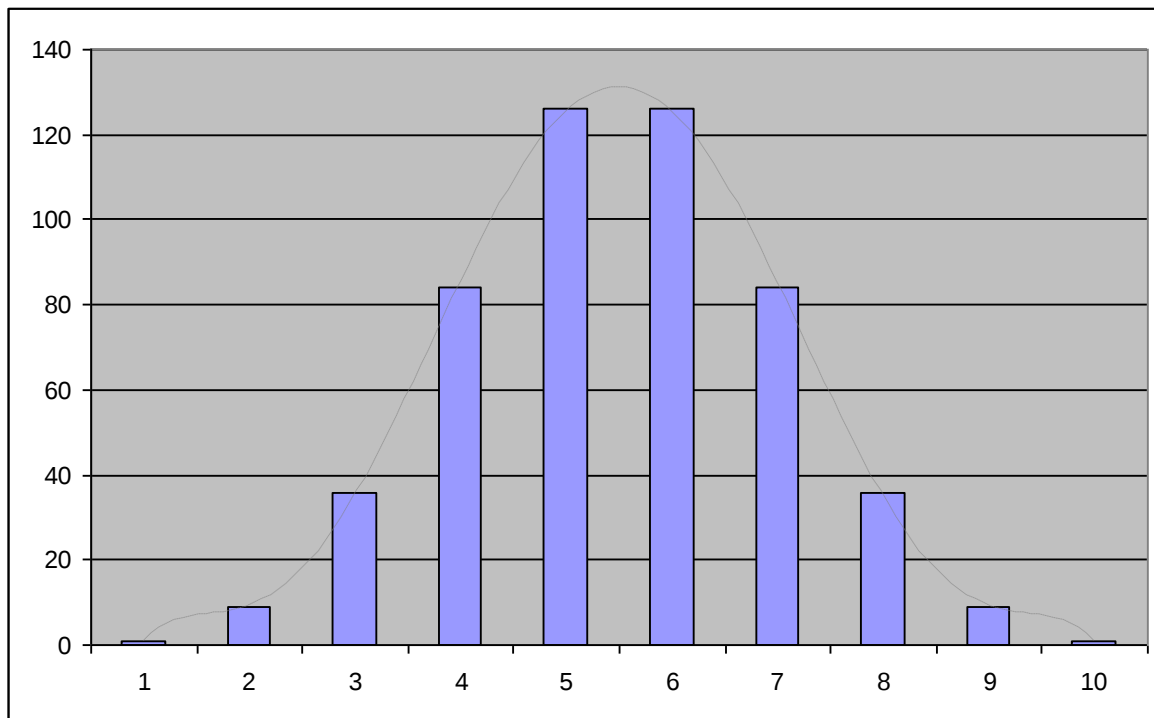
| Het aantal rijen spijkers |   |   |   |   |    |    |    |    |     | Het aantal verschillende wegen naar een bak op die plek |     |    |    |    |    |   |   |   |   |
|---------------------------|---|---|---|---|----|----|----|----|-----|---------------------------------------------------------|-----|----|----|----|----|---|---|---|---|
| 1                         |   |   |   |   |    |    |    |    |     | 0                                                       |     |    |    |    |    |   |   |   |   |
| 2                         |   |   |   |   |    |    |    |    | 1   |                                                         | 1   |    |    |    |    |   |   |   |   |
| 3                         |   |   |   |   |    |    |    | 1  |     | 2                                                       |     | 1  |    |    |    |   |   |   |   |
| 4                         |   |   |   |   |    |    | 1  |    | 3   |                                                         | 3   |    | 1  |    |    |   |   |   |   |
| 5                         |   |   |   |   |    | 1  |    | 4  |     | 6                                                       |     | 4  |    | 1  |    |   |   |   |   |
| 6                         |   |   |   |   | 1  |    | 5  |    | 10  |                                                         | 10  |    | 5  |    | 1  |   |   |   |   |
| 7                         |   |   |   | 1 |    | 6  |    | 15 |     | 20                                                      |     | 15 |    | 6  |    | 1 |   |   |   |
| 8                         |   |   | 1 |   | 7  |    | 21 |    | 35  |                                                         | 35  |    | 21 |    | 7  |   | 1 |   |   |
| 9                         |   | 1 |   | 8 |    | 28 |    | 56 |     | 70                                                      |     | 56 |    | 28 |    | 8 |   | 1 |   |
| 10                        | 1 |   | 9 |   | 36 |    | 84 |    | 126 |                                                         | 126 |    | 84 |    | 36 |   | 9 |   | 1 |

De bovenstaande matrix met verdeling wordt ook wel de "Driehoek van Pascal" genoemd. Zie ook het plaatje hieronder



Op de volgende bladzijde is de verdeling met 10 rijen spijkers in een grafiek gezet.





Verdeling met 10 rijen spijker. De stippellijn is de trendlijn volgens Excel.

## Extra vraag voor de groep

Het knikker patroon op de foto aan het einde 3 is niet mooi verdeeld.

Welke factoren spelen een rol bij het ontstaan van deze afwijkingen in de verdeling.

Met andere woorden waarom wordt het geen mooie gelijkmatige klok.