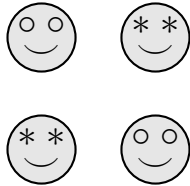


n -Fakultät

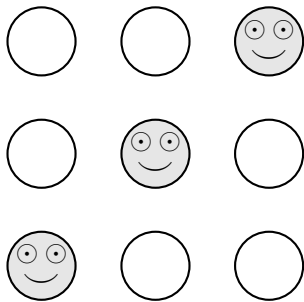
Wie viele Möglichkeiten gibt es, n Kinder in einer Reihe zu platzieren, z.B. für $n = 5$?



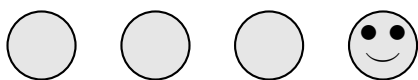
Für $n = 2$ gibt es 2 Möglichkeiten.



Für $n = 3$ hat das 3. Kind 3 Möglichkeiten, die beiden restlichen Plätze können jeweils auf 2 Weisen besetzt werden. Insgesamt gibt es $2 \cdot 3 = 6$ Möglichkeiten.



Für $n = 4$ hat das 4. Kind 4 Möglichkeiten, die restlichen 3 Plätze können jeweils auf $2 \cdot 3 = 6$ Weisen besetzt werden. Insgesamt gibt es $2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$ Möglichkeiten.



Für $n = 5$ ergeben sich $2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 = 120$ Möglichkeiten.

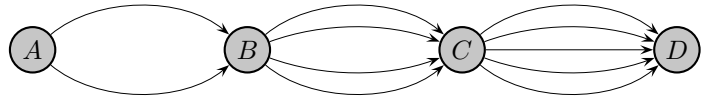
Für das Produkt $2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5$ schreiben wir kürzer $5!$ und allgemein:

$$1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n-1) \cdot n = n!$$

Es gilt die rekursive Beziehung: $n! = n \cdot (n-1)!$,
d.h. die Berechnung einer Fakultät kann auf die Berechnung der Fakultät einer kleineren Zahl zurückgeführt werden.

Binomialkoeffizient

1. Wie viele Wege führen von A nach D ?



2. Herr M. will seine 4 Kinder für ein Gruppenfoto in einer Reihe anordnen. Wie viele Möglichkeiten bestehen für das 1. Kind, wie viele Möglichkeiten verbleiben für das 2. Kind?
Wie viele Möglichkeiten der Platzierung gibt es insgesamt?

3. Eine Münze wird n -mal geworfen.

Wie viele Möglichkeiten gibt es, dass genau k -mal eine Zahl auftritt?

- a) $n = 5, k = 1$
- b) $n = 4, k = 2$
- c) $n = 4, k = 3$
- d) $n = 5, k = 2$
- e) $n = 5, k = 3$
- f) $n = 10, k = 4$

Die Anzahl der Möglichkeiten wird mit $\binom{n}{k}$ (lies: n über k) bezeichnet.

a) Für $n = 5, k = 1$ können alle Möglichkeiten ohne Schwierigkeit aufgeschrieben werden (Zahl 1, Wappen 0):

(1, 0, 0, 0, 0)
(0, 1, 0, 0, 0)
...

b) (1, 1, 0, 0)
(0, 1, 0, 1)
...

Für $n = 4, k = 2$ erhalten wir einen tieferen Einblick in die Zusammenhänge, wenn wir uns zunächst die beiden Einsen als verschieden vorstellen, z. B. als \uparrow und \uparrow .

Gesucht ist also die Anzahl aller Muster:

($\uparrow, \uparrow, 0, 0$)
($0, \uparrow, 0, \uparrow$)
...

Die Anzahl der Muster ist sofort zu erkennen, wenn man bedenkt, dass anfänglich für \uparrow 4 Plätze möglich sind und für \uparrow anschließend nur noch 3.

In welcher Beziehung steht nun die in b) gesuchte Anzahl $\binom{4}{2}$ zur Anzahl dieser Muster?

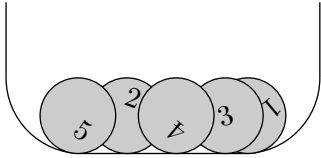
Die Anzahl der Muster muss doppelt so groß sein, da

(1, 1, 0, 0) den Mustern ($\uparrow, \uparrow, 0, 0$) und ($\uparrow, \uparrow, 0, 0$) entspricht, desgleichen
(1, 0, 1, 0) den Mustern ($\uparrow, 0, \uparrow, 0$) und ($\uparrow, 0, \uparrow, 0$) usw.

Damit ergibt sich: $\binom{4}{2} = \frac{4 \cdot 3}{2} = 6$

Urnenmodell

In einer Urne befinden sich 5 nummerierte Kugeln.
Wie viele Möglichkeiten gibt es, mit einem Griff (die Reihenfolge ist also unerheblich) der Urne drei Kugeln zu entnehmen?



Einige der Möglichkeiten sind:

$$\{2, 4, 5\}$$

$$\{1, 2, 4\}$$

$$\{1, 3, 5\}$$

Die geschweiften Mengen-Klammern deuten an, dass es uns nicht auf die Reihenfolge ankommt. Die drei Kugeln könnten wir auch einzeln ziehen.

Die gesuchte Anzahl beträgt: $\binom{5}{3} = 10$.

Dies ist die Anzahl aller 0-1-Folgen der Länge 5 mit genau 3 Einsen. Zwischen diesen 0-1-Folgen und den 3-elementigen Teilmengen gibt es eine direkte Entsprechung, z. B.:

$$(0, 1, 0, 1, 1) \longleftrightarrow \{2, 4, 5\}$$

$$(1, 1, 0, 1, 0) \longleftrightarrow \{1, 2, 4\}$$

$$(1, 0, 1, 0, 1) \longleftrightarrow \{1, 3, 5\}$$

$$(1, 2, 3, 4, 5) \quad 1 \text{ bedeutet: in der Teilmenge enthalten.}$$

Allgemein gilt:

Einer Urne mit n Kugeln werden mit einem Griff k Kugeln entnommen.

Hierzu gibt es $\binom{n}{k}$ Möglichkeiten.

Binomialkoeffizient Ergänzung

Binomialkoeffizienten sind die Lösung für viele Abzählprobleme.

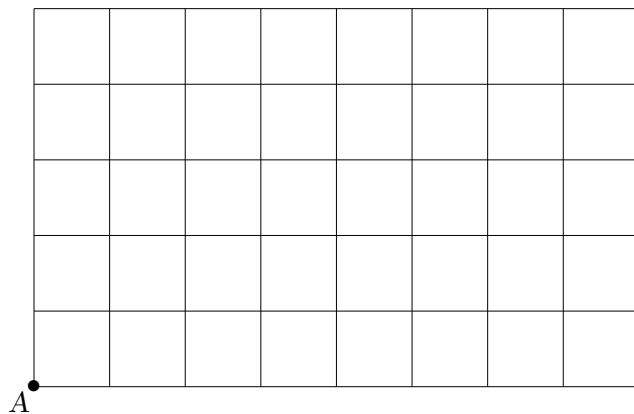
$\binom{8}{3}$ ist die Anzahl aller 0-1-Folgen der Länge 8 mit genau 3 Einsen,

z.B. $(1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0)$ oder
 $(0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0)$.

Interpretiere die 0-1-Folgen als Wege, die in A beginnen,
0 bedeutet eine waagerechte Strecke, 1 eine senkrechte.
Zeichne den Punkt B ein, in dem die Wege enden.

Schreibe an jeden Gitterpunkt die Anzahl der kürzesten Wege,
die in A beginnen und zu dem Gitterpunkt führen.

Welche Zusammenhänge sind zu erkennen?



Binomialkoeffizient Lösung

1	6	21	56	126	252	462	792	1287	
1	5	15	35	70	126	210	330	495	
1	4	10	20	35	56	84	120	165	
1	3	6	10	15	21	28	36	45	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

A •

• B

Die rekursive Beziehung:

$$\binom{n}{k} = \binom{n-1}{k-1} + \binom{n-1}{k}$$

bedeutet hier, dass sich die Anzahl der Wege zu einem Gitterpunkt als Summe der Wege zu zwei benachbarten Gitterpunkten ergibt.