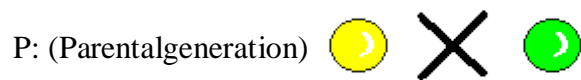


# Die Medelschen Regeln

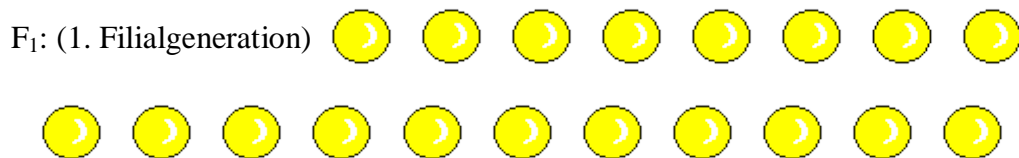
Der erste Wissenschaftler, der Gesetzmäßigkeiten bei der Vererbung fand und formulierte, war Johann Gregor Mendel. Mendel machte zur Erforschung der Vererbung Versuche und beschränkte sich dabei auf leicht und eindeutig zu entscheidende Merkmale wie Blütenfarbe, Samenform oder Samenfarbe. Als Versuchsobjekt benützte er z.B. die selbstbestäubenden Erbsen, bei denen er leicht und über wenige Generationen reine Linien nachweisen konnte.

Im Folgenden werden seine Experimente und seine Erkenntnisse nachvollzogen.

**Er kreuzte z.B.: Erbsen mit gelben und grünen Samen aus reinen Linien. Er betrachtete also das Merkmal Samenfarbe:**

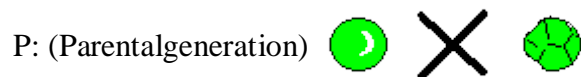


und erhielt als Nachkommen in der 1. Tochtergeneration (=F<sub>1</sub>):

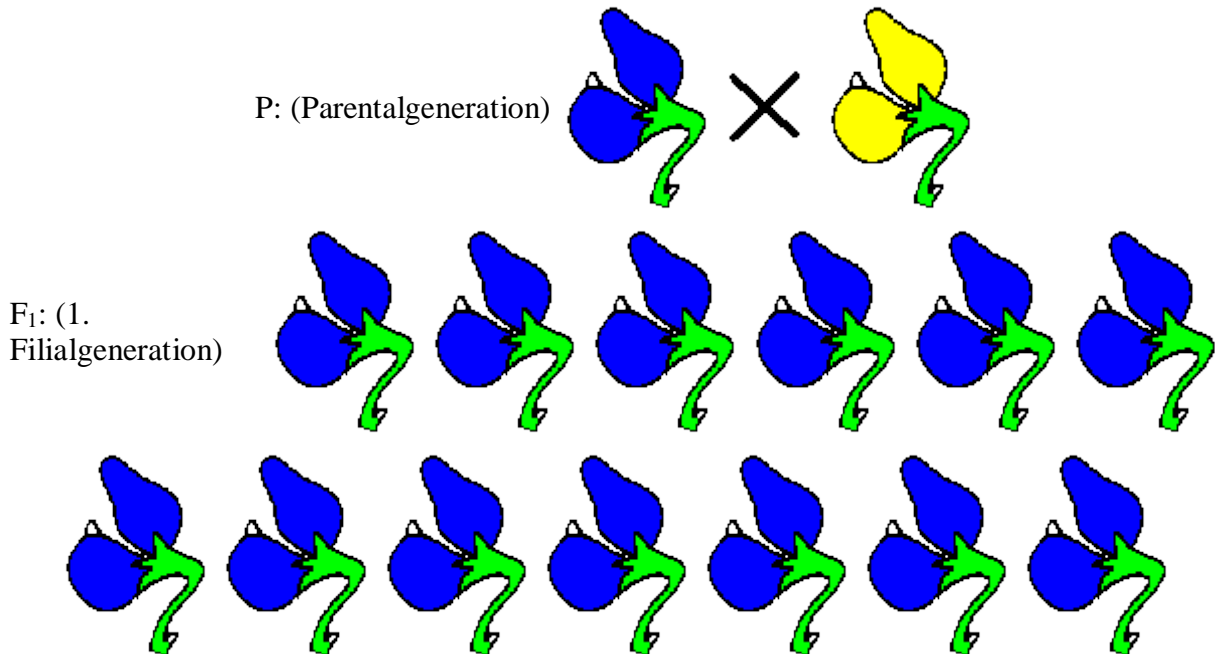


Bei allen seinen Versuchen kam Mendel zu einem ähnlichen Ergebnis.

**Kreuzungen reiner Linien mit runden Samen und kantigen Samen, mit der er das Merkmal Samenform untersuchte:**

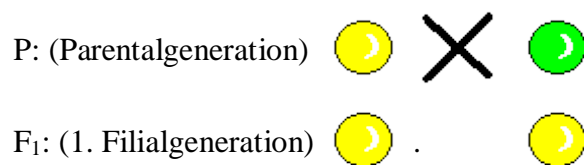


Weiterhin untersuchte er das Merkmal Blütenfarbe bei einer Kreuzung reiner Linien mit blauen und mit gelben Blüten:



**Erste Vereinfachung des Schemas am Beispiel der Kreuzung mit gelben und grünen Samen:**

Statt der vielen gleichen Nachkommen in der F<sub>1</sub>, werden wir im Schema zukünftig nur noch zwei als Stellvertreter eintragen:

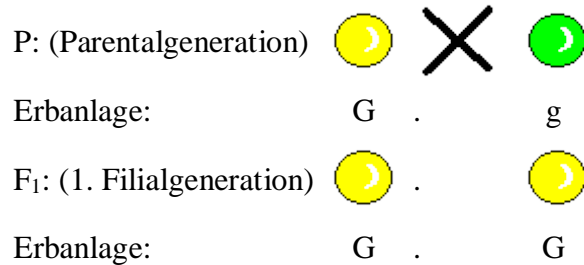


Wie aber funktioniert diese Vererbung? Gibt es beim Beispiel für gelbe und grüne Erbsen jeweils eine Erbanlage für gelb und eine für grün und nur die gelbe wird weitergegeben? Kann man das mit Hilfe von Formeln erklären?

Erbanlagen für das gleiche Merkmal, hier z.B. Samenfarbe, bezeichnet man als Allele. Die Erbanlage für Samenfarbe kommt also in den Allelen gelb und grün vor. Es sind zwei Variationen der gleichen Erbanlage.

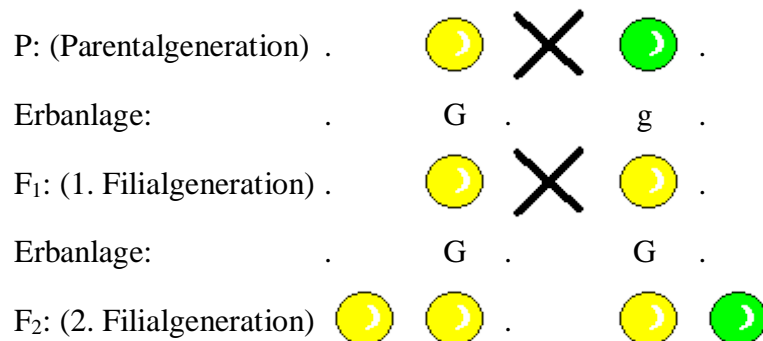
Das Allel für Gelb sei: G  
Das Allel für Grün sei: g

Demnach müsste das Kreuzungsschema folgendermaßen aussehen:



### Kreuzung der F<sub>1</sub>

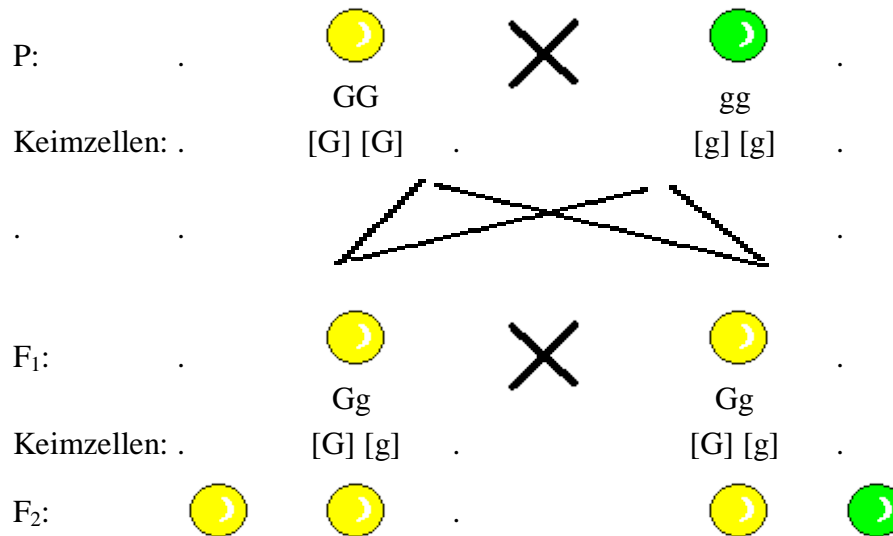
Mendel kreuzte die Pflanzen aus den Samen der F<sub>1</sub> -Generation untereinander und erhielt folgendes Ergebnis:



Im diesem Schema findet man in der F<sub>2</sub> -Generation 3 gelbe und 1 grünen Samen. Sie stehen stellvertretend für die 297 gelben und 102 grünen Samen, die man zum Beispiel im Kreuzungsversuch erhalten kann. Es wird somit nur das Verhältnis 3 : 1 der gelben zu den grünen Samen angegeben.

Mit diesem Kreuzungsergebnis hatte Mendel mehrere Probleme!

Man muss das Kreuzungsschema anders schreiben:



Wir finden in diesem Schema gelbe Erbsen in der Parentalgeneration, der F<sub>1</sub>- und der F<sub>2</sub>-Generation. Sie sehen äußerlich gleich aus, sie haben denselben Phänotyp. Allerdings können ihre Erbanlagen, ihr Genotyp, verschieden sein. Die Genotypen der gelben Samen können wir in der P-Generation mit GG und in der F<sub>1</sub>-Generation mit Gg aus dem Schema herauslesen.

Ebenso den Genotyp der grünen Erbse in der Parentalgeneration. Genotypen, die zweimal den gleichen Erbfaktor haben, z.B. GG oder gg, bezeichnet man als reinerbig oder homozygot. Der Genotyp der Samen aus F<sub>1</sub> mit Gg heißt mischerbig oder heterozygot oder hybrid. Zellen, wie die Körperzellen, die für jedes Merkmal zwei Erbanlagen enthalten, heißen diploid. Die Geschlechtszellen, die nur ein Gen enthalten, nennt man haploid.

Im Kreuzungsschema fehlen noch die Genotypen der F<sub>2</sub>-Generation. Die grüne Erbse muss homozygot rezessiv, also gg sein.

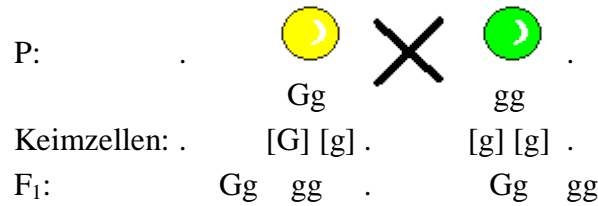
Nach dem Schema müssten zwei Drittel der gelben Erbsen heterozygot und ein Drittel homozygot dominant sein. Dem Phänotyp sieht man jedoch im dominant-rezessiven Fall den Genotyp nicht an. Wie kann man dennoch das im Kreuzungsschema kalkulierte Ergebnis verifizieren? Mendel benützte hierzu sogenannte

## Rückkreuzungen

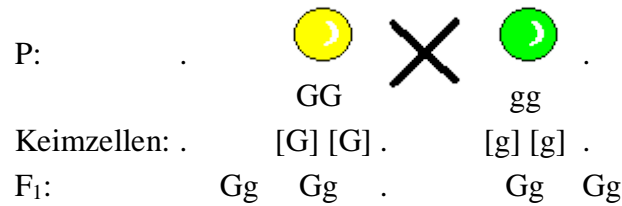
Dazu kreuzte er die zweifelhaften Genotypen mit einem homozygot rezessiven Elterntyp.

Im Beispiel der gelben und grünen Erbsen sehen die Kreuzungsansätze folgendermaßen aus:

1. Die gelbe Erbse ist heterozygot:



2. Die gelbe Erbse ist homozygot:

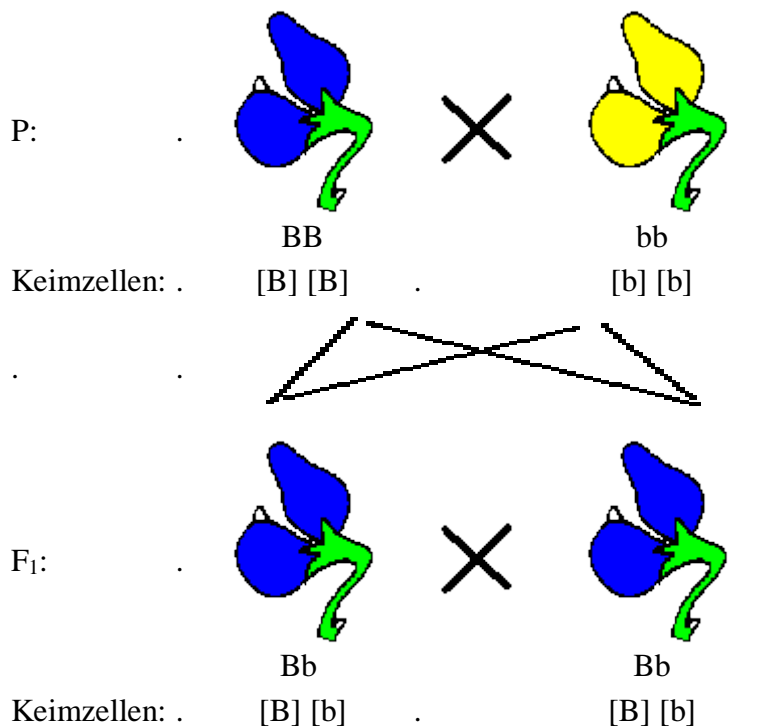


Die F<sub>2</sub> -Generation im Kreuzungsschema kann man auch mit Hilfe eines Kombinationsquadrats darstellen:





## Kreuzung mit Kombinationsquadrat

Als Merkmal betrachten wir die Blütenfarbe. Dabei bleibt der erste Teil bis zur F<sub>1</sub> gleich und erst der zweite Teil wird anders dargestellt.

- Für das Gen der dominanten blauen Blütenfarbe wählen wir das große **B**.
- Für das rezessive Gen nehmen wir entsprechend das kleine **b**



Beim Kombinationsquadrat stehen in der ersten Zeile und der ersten Spalte die Keimzellen aus F<sub>1</sub> und werden im Quadrat miteinander kombiniert.

F <sub>2</sub>	[B]	[b]
[B]	 BB	 Bb
[b]	 Bb	 bb

Nun kann man die bisherigen Erkenntnisse zusammentragen und die Mendelschen Regeln formulieren:

### 1. Mendelsche Regel oder Uniformitätsregel:

**Kreuzt man zwei Individuen einer Art, die sich in einem Merkmal unterscheiden, das beide reinerbig aufweisen, so sind die Nachkommen in der F<sub>1</sub>-Generation im betrachteten Merkmal uniform.** (Man nennt diese Regel auch Reziprozitätsregel, weil das gleiche Ergebnis auftritt, wenn man bei der Kreuzung das Geschlecht der Eltern vertauscht, man also eine reziproke Kreuzung durchführt.)

### 2. Mendelsche Regel oder Spaltungsregel:

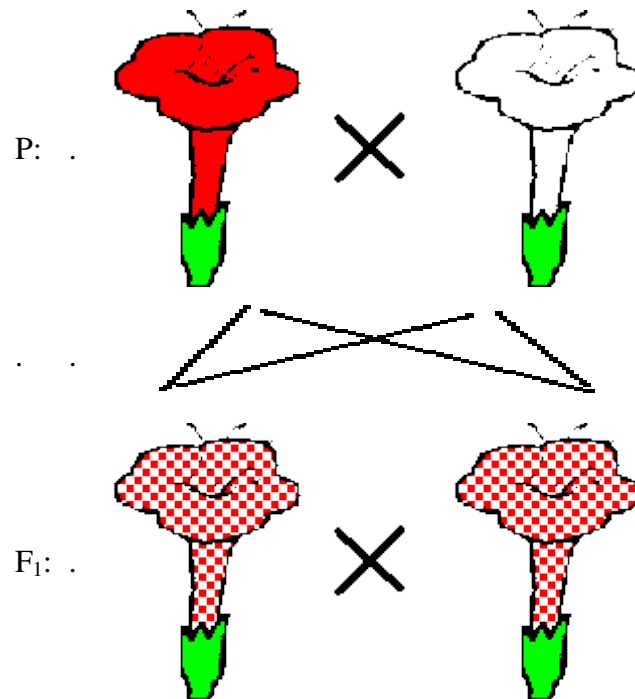
**Kreuzt man die vorgenannten Mischlinge der F<sub>1</sub> - Generation untereinander, so spalten im dominant rezessiven Fall in der F<sub>2</sub>-Generation die Merkmale im Zahlenverhältnis**





**3 : 1**

**wieder auf.** (Da die Vererbung von Merkmalen statistischen Gesetzen gehorcht, wird dieses Zahlenverhältnis um so genauer erreicht, je größer die Zahl der Nachkommen ist.)

## Intermediäre Vererbung

Bei Kreuzungsversuchen mit der Japanischen Wunderblume kommt man zu folgendem Ergebnis:



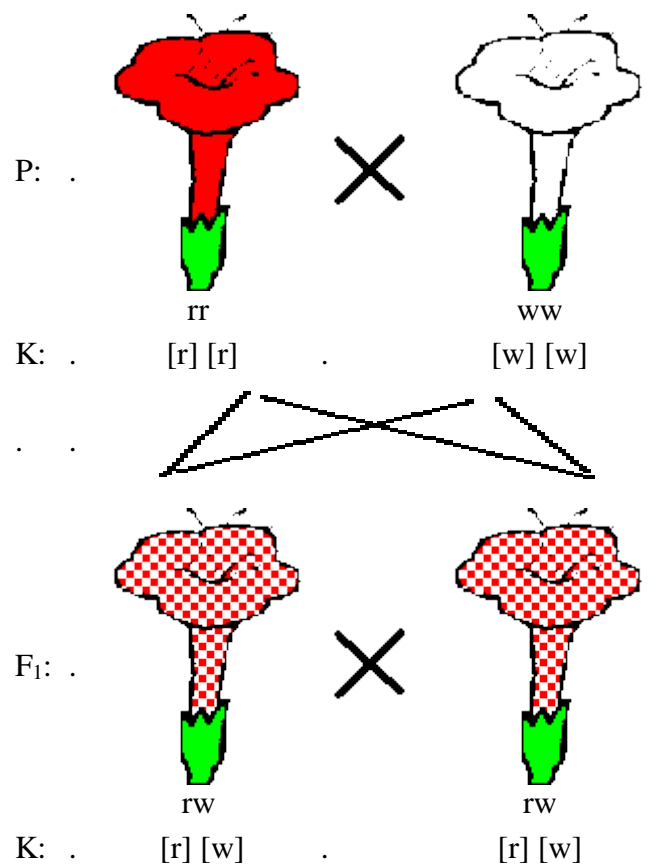
<b>F<sub>2</sub></b>	K1	K2
K1		
K2:		

The table shows the results of a dihybrid cross. The F<sub>2</sub> generation is divided into two groups, K1 and K2. K1 shows a 3:1 phenotypic ratio (red to checkered), and K2 shows a 3:1 phenotypic ratio (checkered to white).





Man sieht, dass in der F<sub>1</sub> eine Merkmalsmischung entsteht. Kein Merkmal dominiert über das andere, wie bei der dominant-rezessiven Vererbung. Wenn die Erbfaktoren von beiden Eltern zur Ausprägung kommen, spricht man von intermediärer Vererbung. Als Symbole wählt man kleine Buchstaben, wie bei rezessiven Genen.

Damit können wir uns das Kreuzungsschema komplett mit den Genen und Keimzellen anschauen:

- Die rote Blütenfarbe wird durch das Gen **r** hervorgerufen.
- Weiß wird durch das Gen **w** bewirkt.

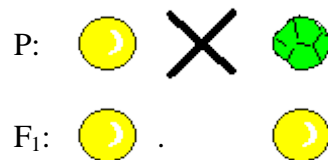




<b>F<sub>2</sub></b>	[r]	[w]
[r]	 rr	 rw
[w]	 rw	 ww

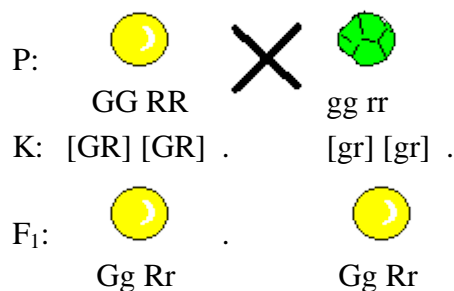
## Dihybride Kreuzungen

Vergleiche den folgenden Kreuzungsansatz mit den bisherigen Kreuzungen:



















Damit kann man den Anfang des Kreuzungsschemas besser so schreiben:

(Achtung!: Die Körperzellen haben für jedes Merkmal zwei Erbanlagen, die Geschlechtszellen nur eine Erbanlage für jedes Merkmal. Diese Aufteilung findet nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit statt. In den Keimzellen muss also von jedem Merkmal genau eine Erbanlage sein.)



Damit kann man das folgende Kombinationsquadrat erstellen:

<b>F<sub>2</sub></b>	[GR]	[Gr]	[gR]	[gr]
[GR]	 GG RR	 GG Rr	 Gg RR	 Gg Rr
[Gr]	 GG rR	 GG rr	 Gg rR	 Gg rr
[gR]	 gG RR	 gG Rr	 gg RR	 gg Rr
[gr]	 gG rR	 gG rr	 gg rR	 gg rr

Damit kann man die dritte Mendelsche Regel formulieren.

### 3. Mendelsche Regel oder Regel von der Unabhängigkeit der Erbanlagen:

Die einzelnen Erbanlagen sind frei kombinierbar, d.h. sie werden unabhängig voneinander vererbt und bei der Keimzellenbildung neu kombiniert. (Diese Regel wird auch Regel von der Neukombination der Gene genannt.)