

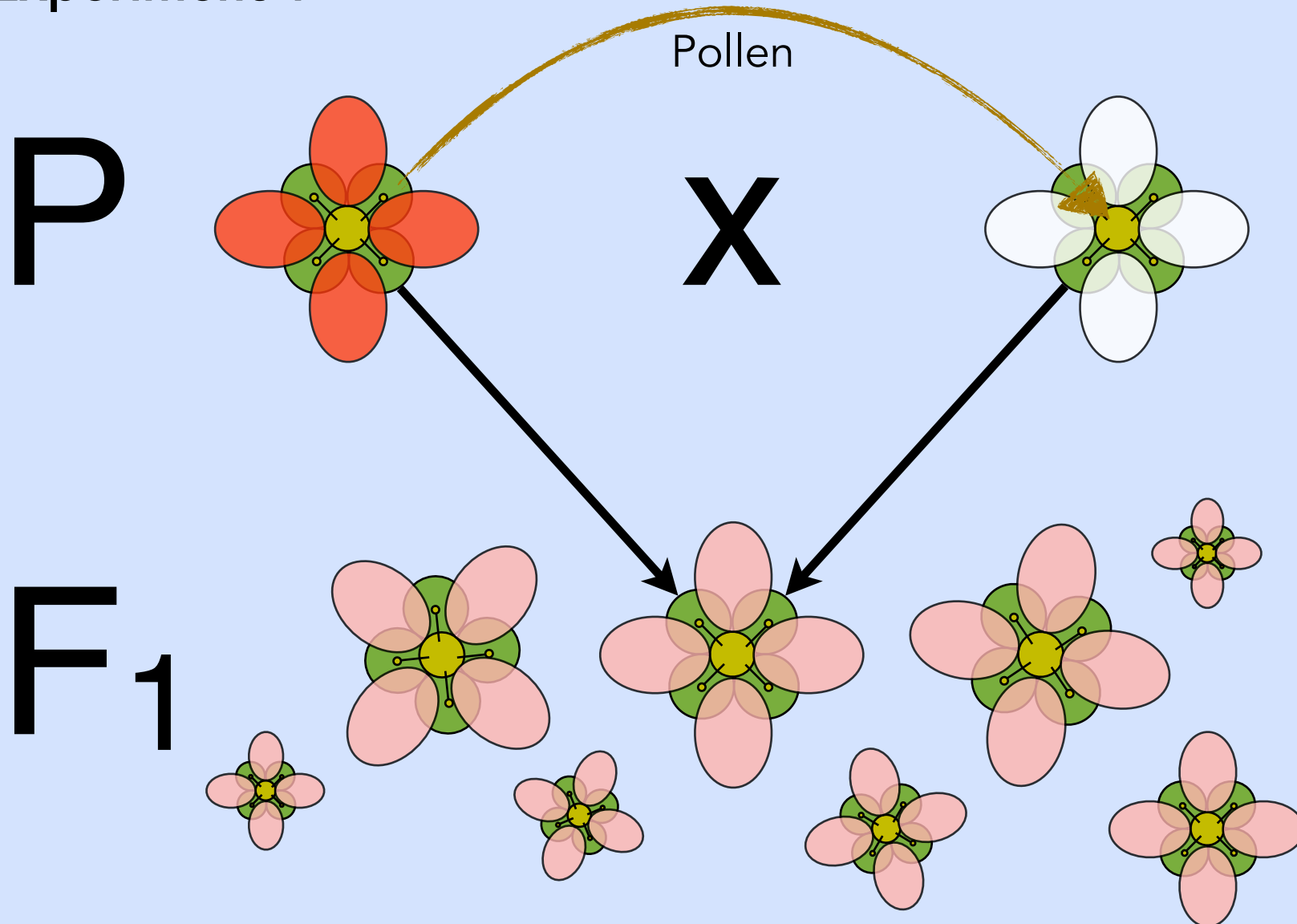




Klassische Genetik 1: Mendelsche Regeln

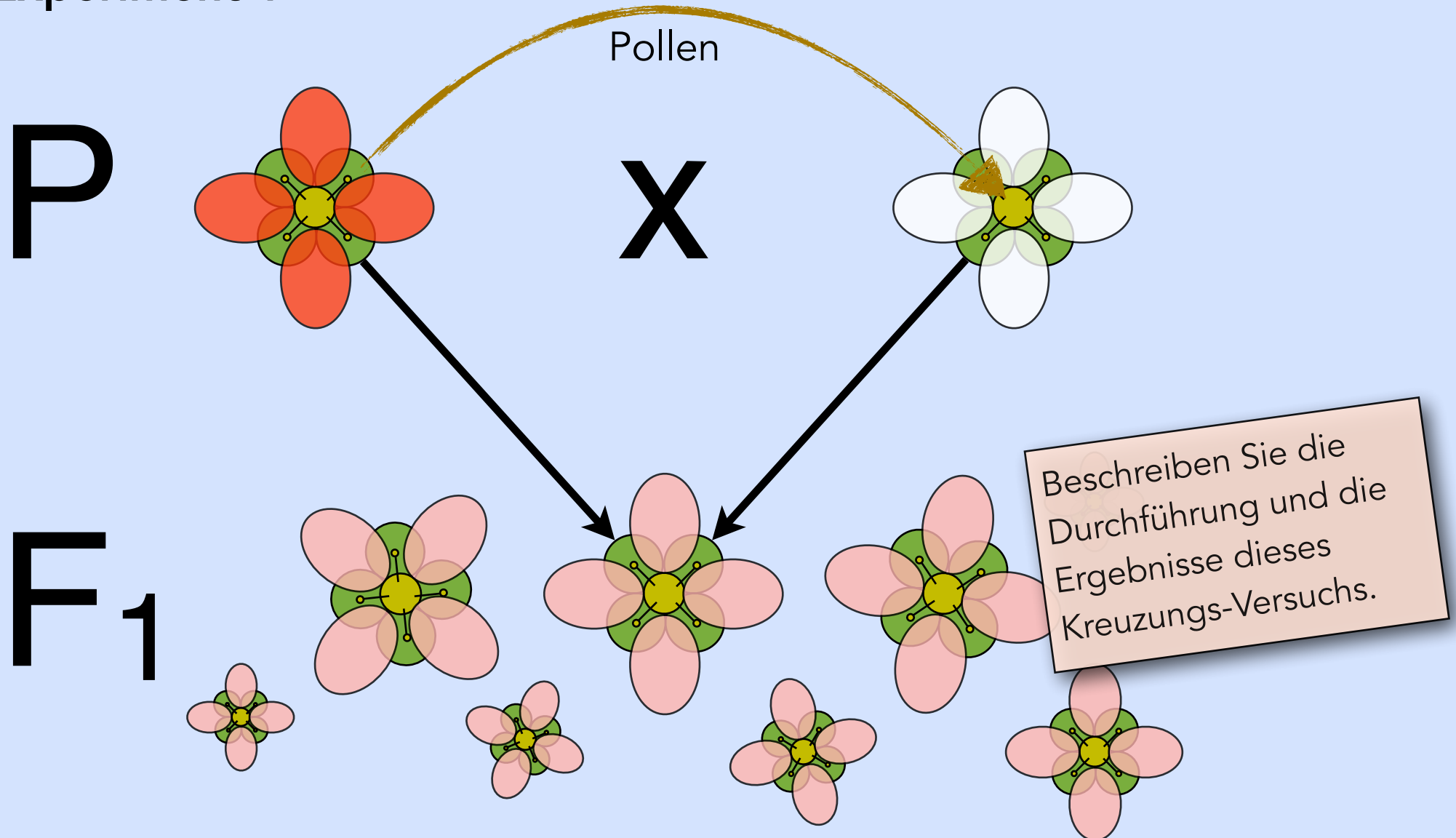
Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 1



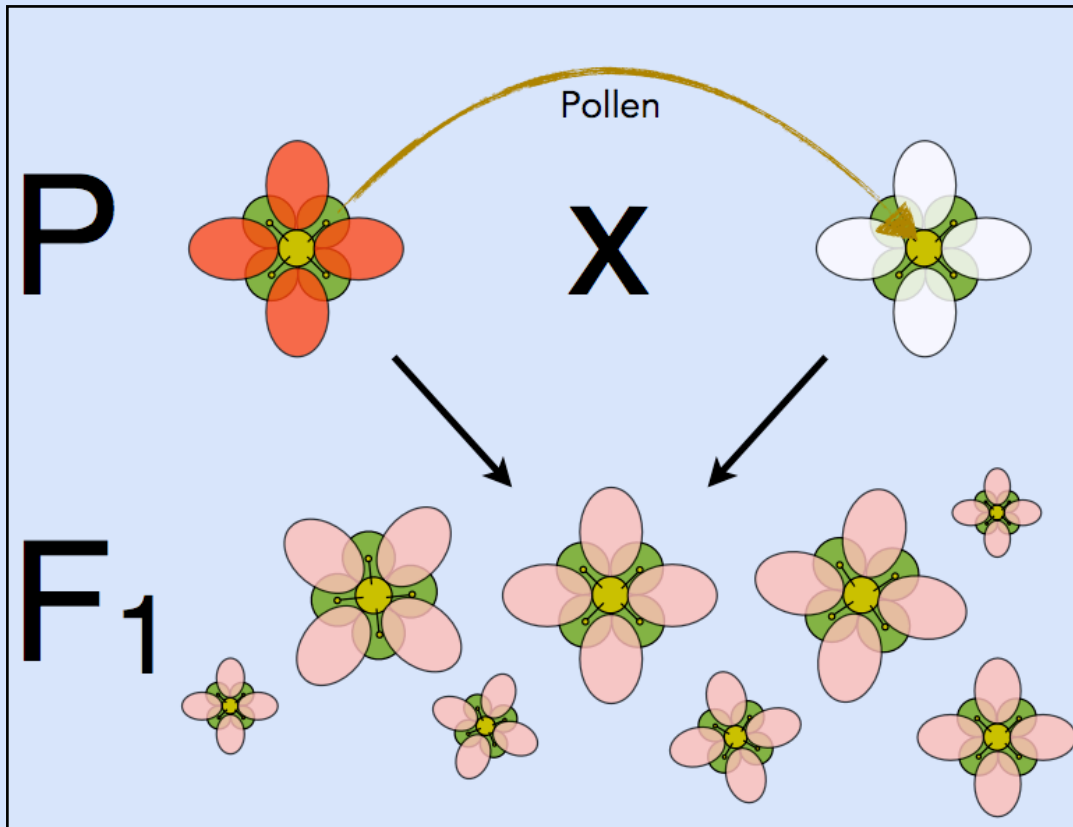
Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 1



Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 1



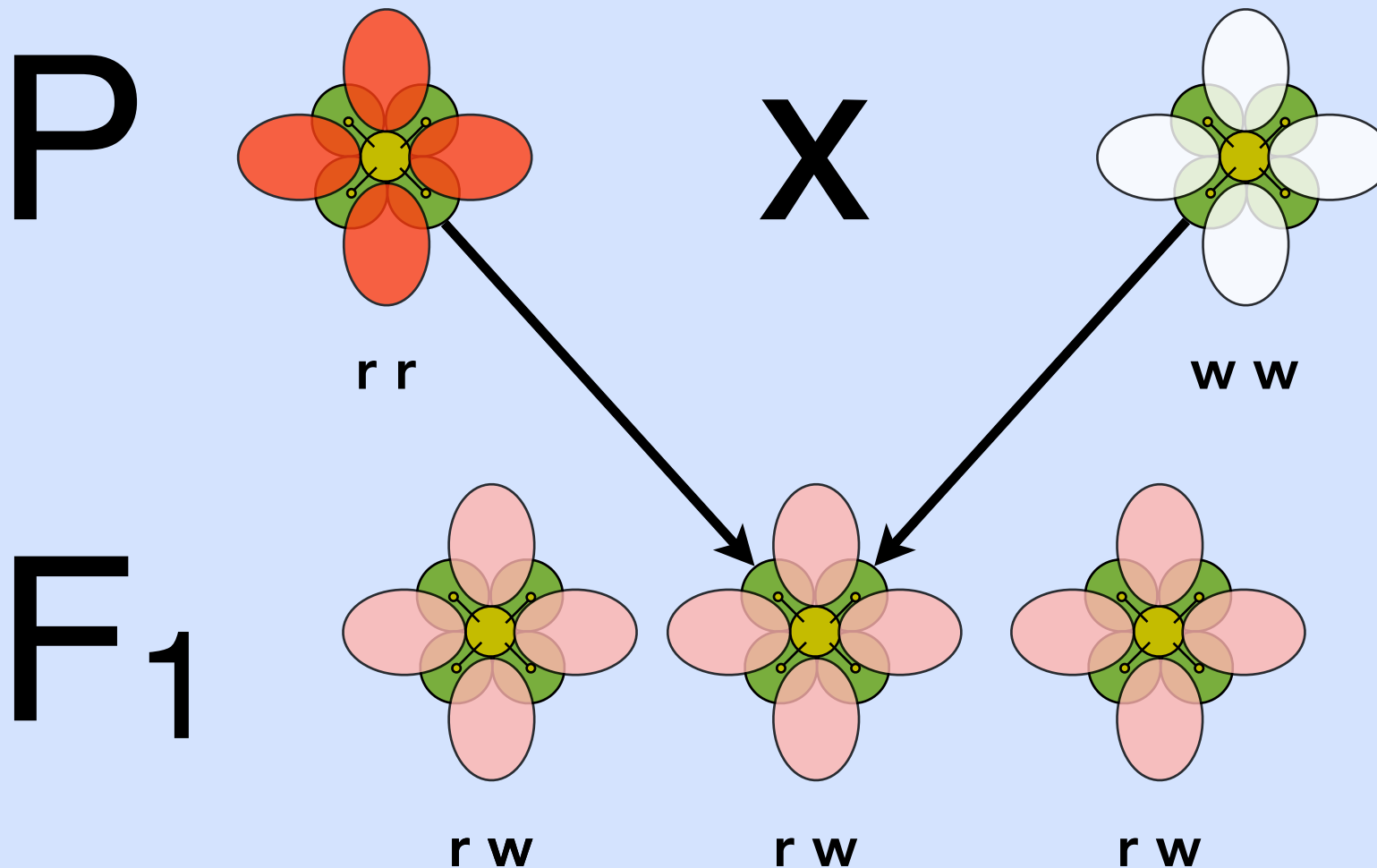
Lösungsvorschlag:

Pollen wird künstlich von der roten Blüte auf den Stempel der weißen Blüte übertragen.

In der Tochtergeneration F₁ entstehen nur Pflanzen mit rosafarbenen Blüten.

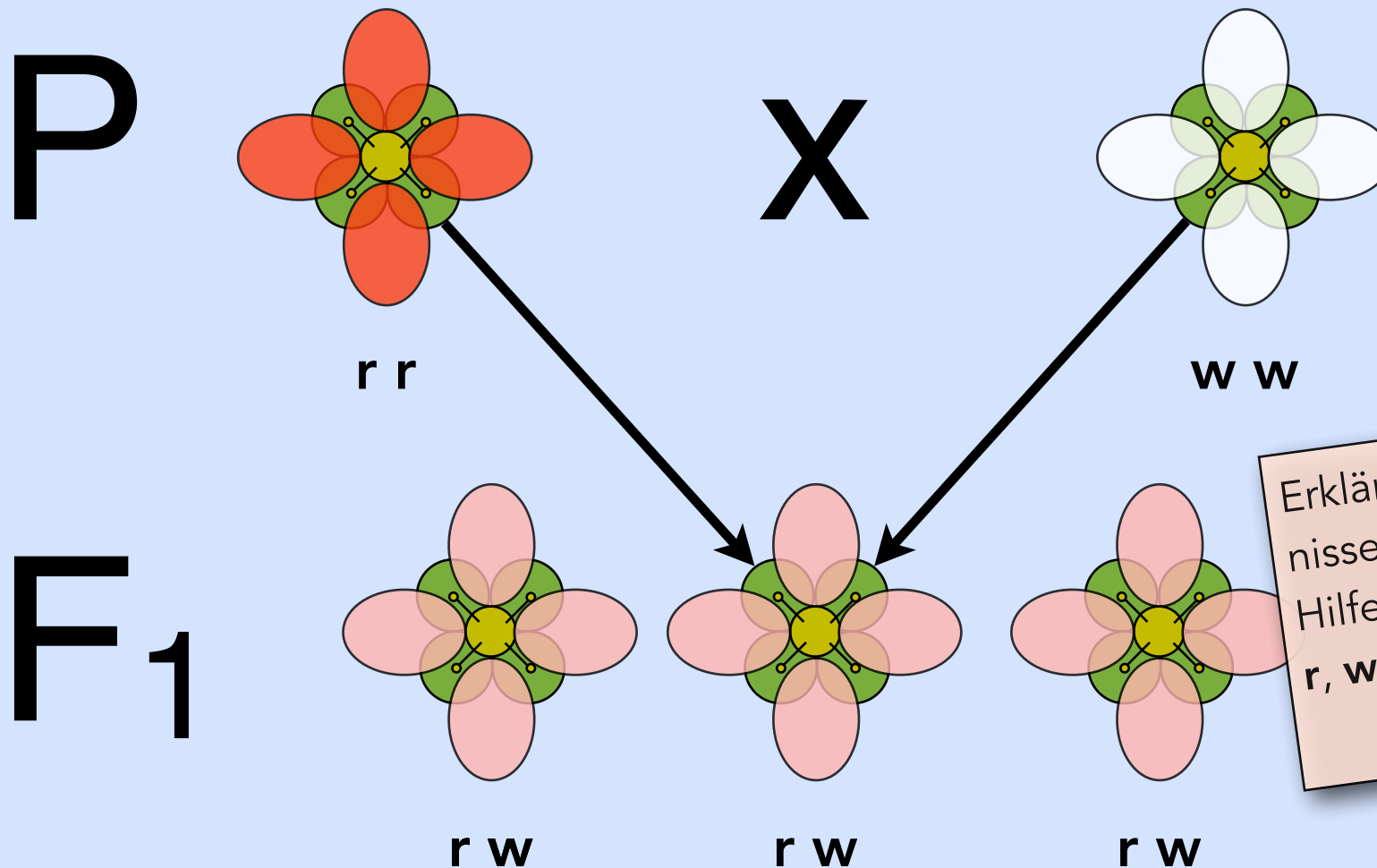
Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 1



Kreuzungsexperimente mit Blumen

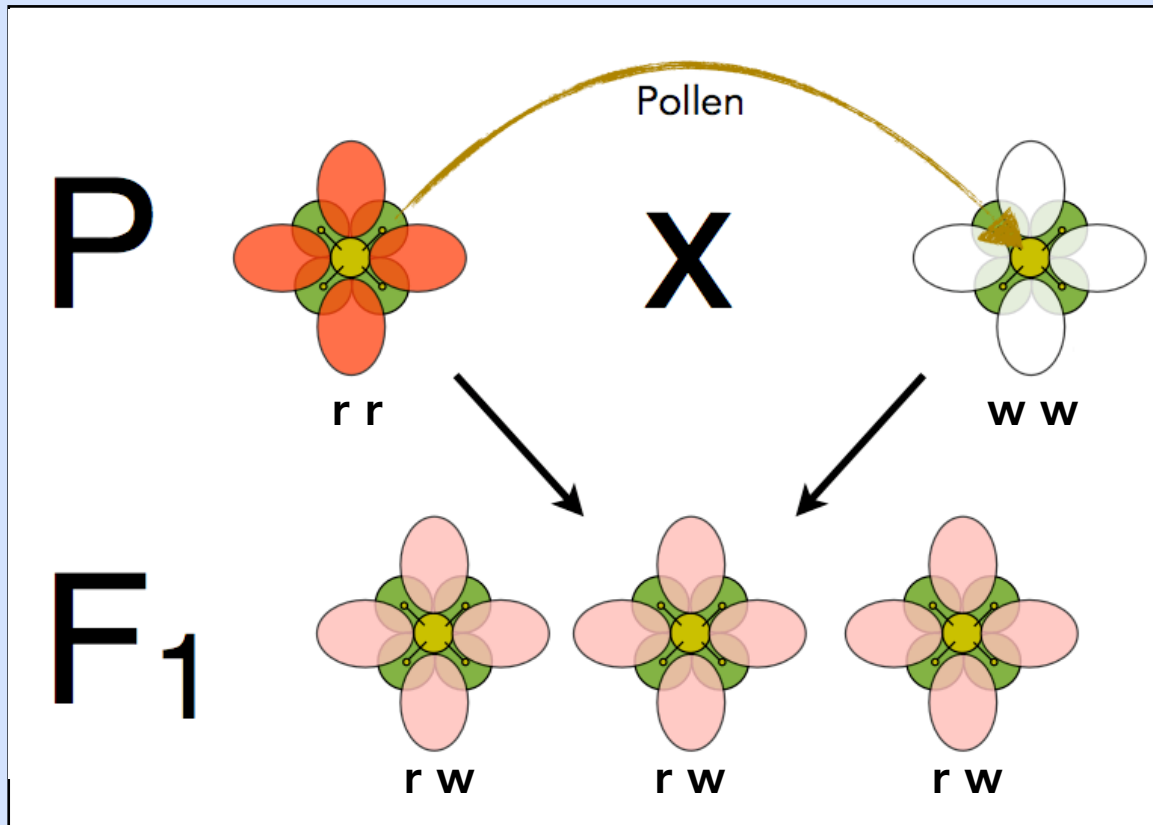
Experiment 1



Erklären Sie die Ergebnisse des Versuchs mit Hilfe der **Genotypen** **r**, **ww** und **rw**.

Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 1



Lösungsvorschlag:

Jede Pflanze der P-Generation besitzt zwei gleiche Exemplare des Gens für die Blütenfarbe: **r r** (rot) oder **w w** (weiß).

Bei der Fortpflanzung wird von jeder Elternpflanze genau ein Exemplar dieses Gens auf die F₁-Generation übertragen. Diese besitzt daher den Genotyp **r w** (rosa).

Ein paar Fachausdrücke

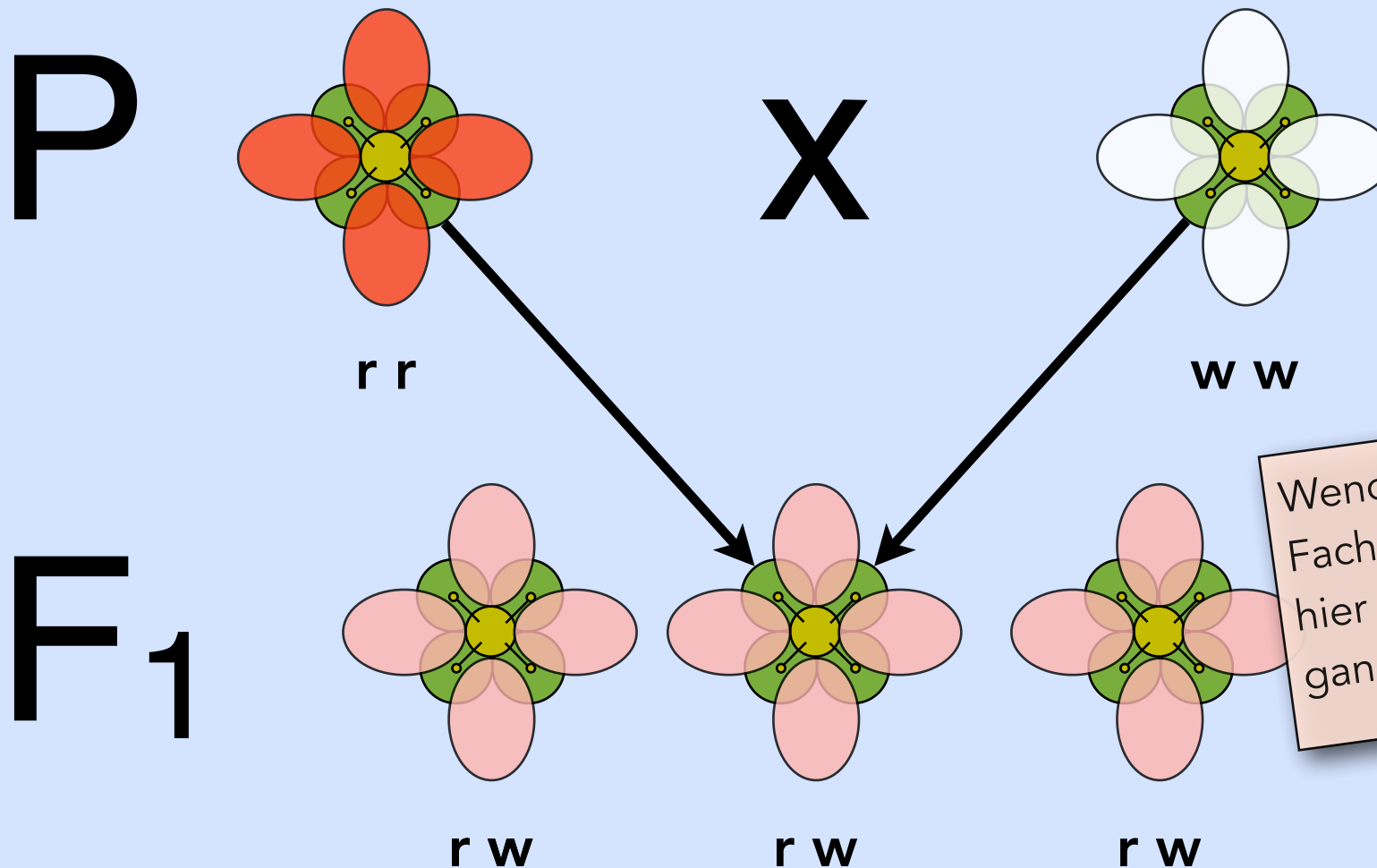
Grundbegriffe der Klassischen Genetik

Phänotyp	Äußeres Erscheinungsbild, zum Beispiel Blütenfarbe rot.
Genotyp	Kombination der Allele eines Gens, zum Beispiel r r .
Gen	Abschnitt der DNA, der für ein Merkmal zuständig ist, zum Beispiel das Gen für die Blütenfarbe*.
Allel	Genaue Ausprägung des Gens bzw. Merkmals, zum Beispiel Blütenfarbe = rot. Tiere und Pflanzen haben normalerweise zwei Allele für jedes Gen, eines vom Vater, eines von der Mutter.
homozygot	Beide Allele eines Gens sind identisch, zum Beispiel r r .
heterozygot	Beide Allele des Gens sind unterschiedlich, z. B. r w .

*sehr stark vereinfacht, sachlich nicht ganz korrekt!

Kreuzungsexperimente mit Blumen

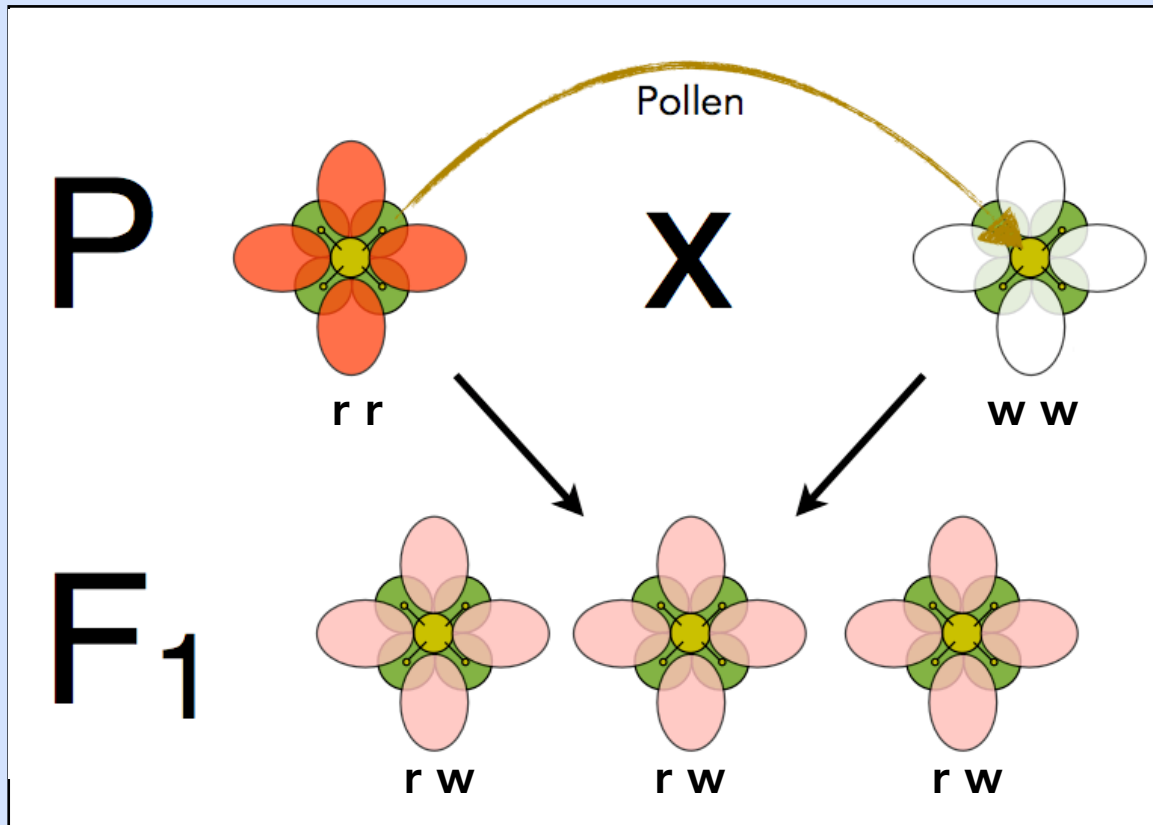
Experiment 1



Wenden Sie die neuen Fachbegriffe auf den hier vorgestellten Erbgang an.

Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 1



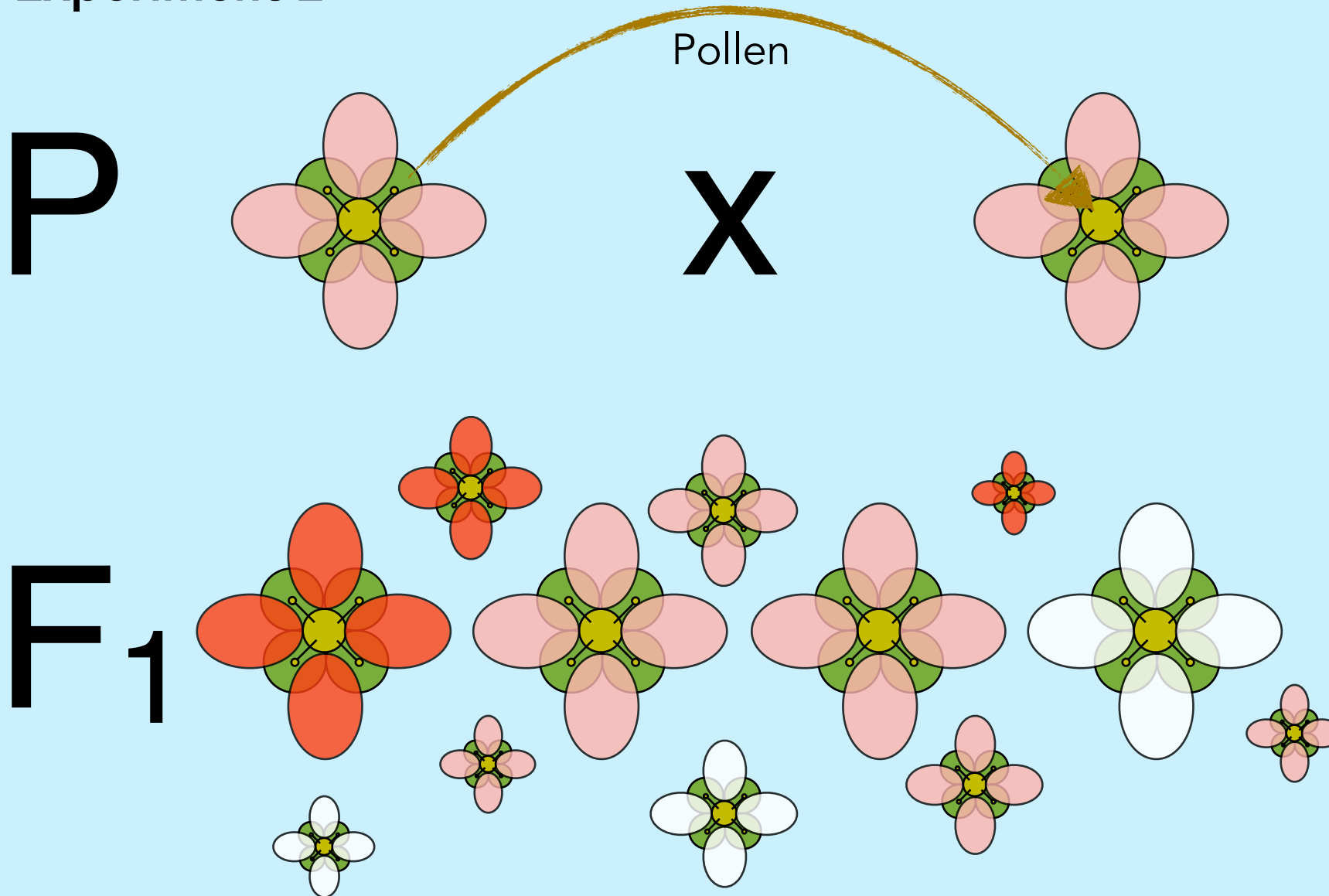
Lösungsvorschlag:

Die beiden Pflanzen der P-Generation sind **homozygot**. Das **Gen** für die Blütenfarbe liegt in zwei identischen **Allelen** vor.

Bei der Fortpflanzung gelangt je ein **r**- und **w**-Allel in die **F₁**-Generation. Diese ist daher **heterozygot** mit dem **Genotyp** **r w** und hat einen rosafarbenen **Phänotyp**.

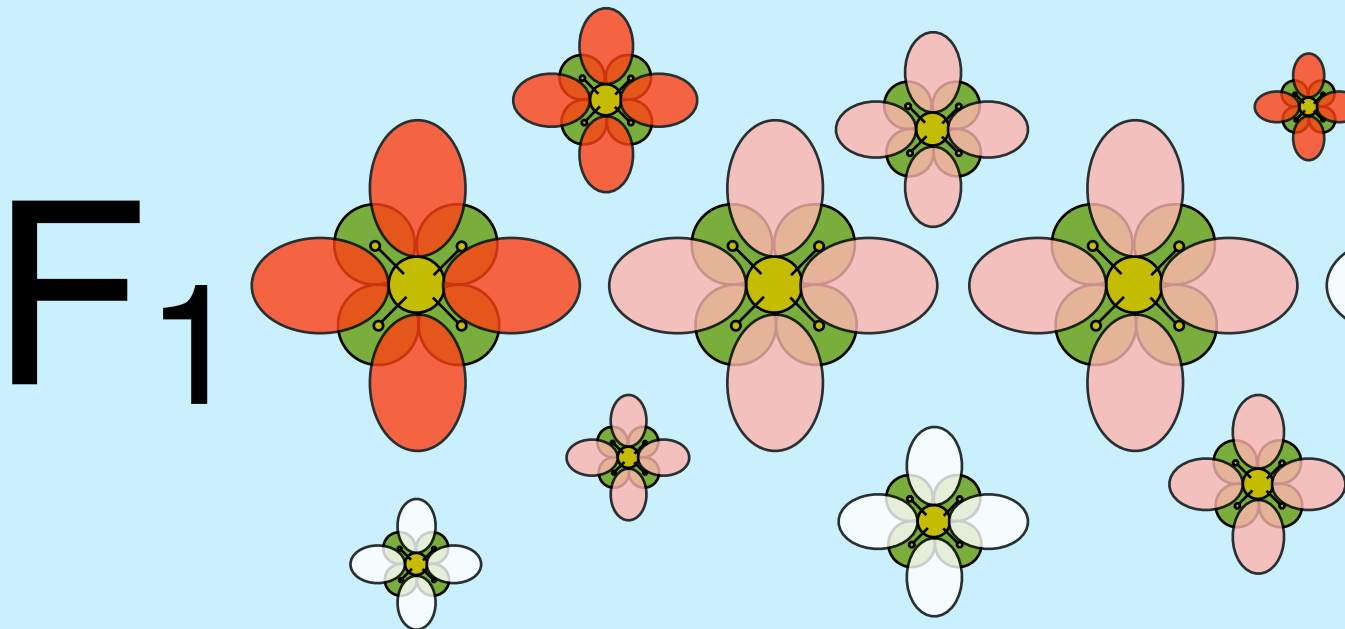
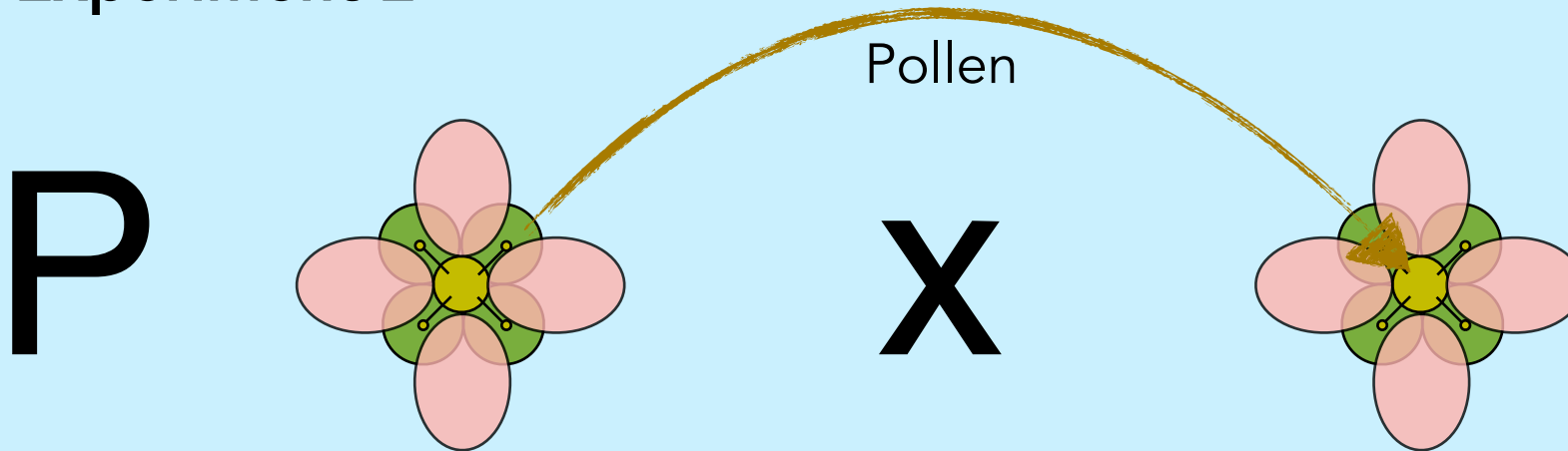
Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 2



Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 2

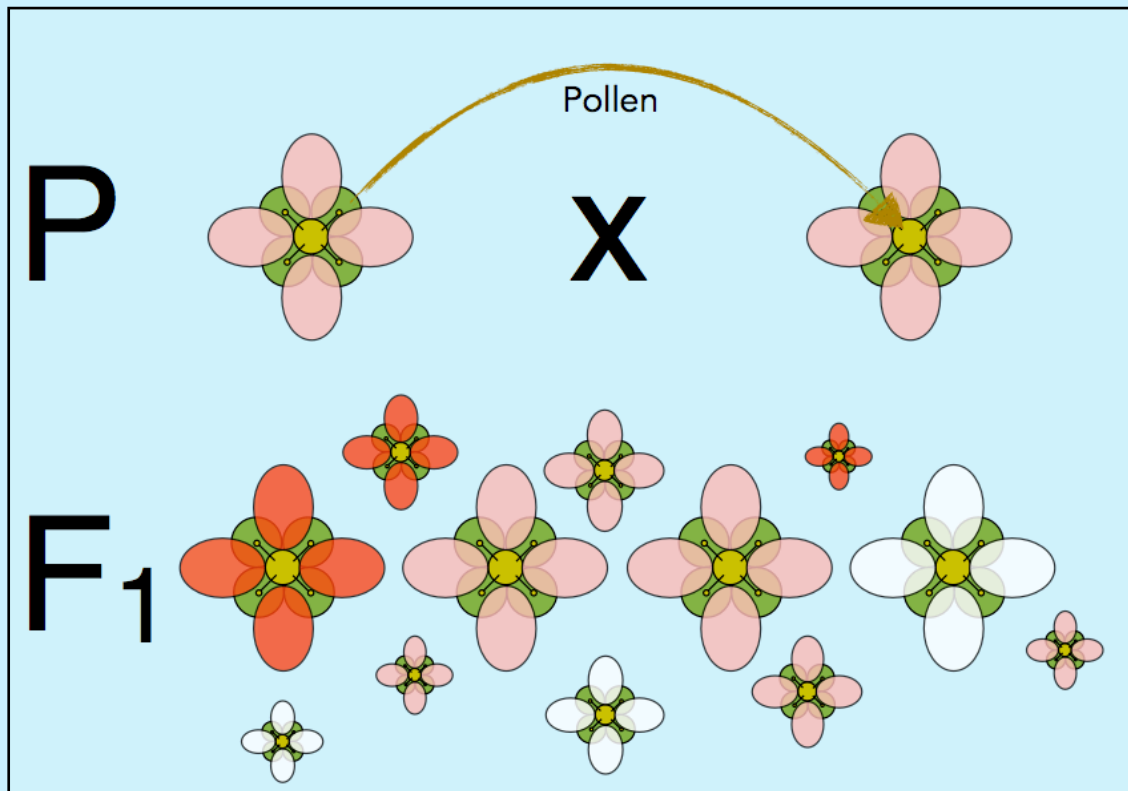


Beschreiben und erklären Sie die Versuchsergebnisse!

Erklären Sie auch die Häufigkeiten der einzelnen F₁-Phänotypen.

Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 2



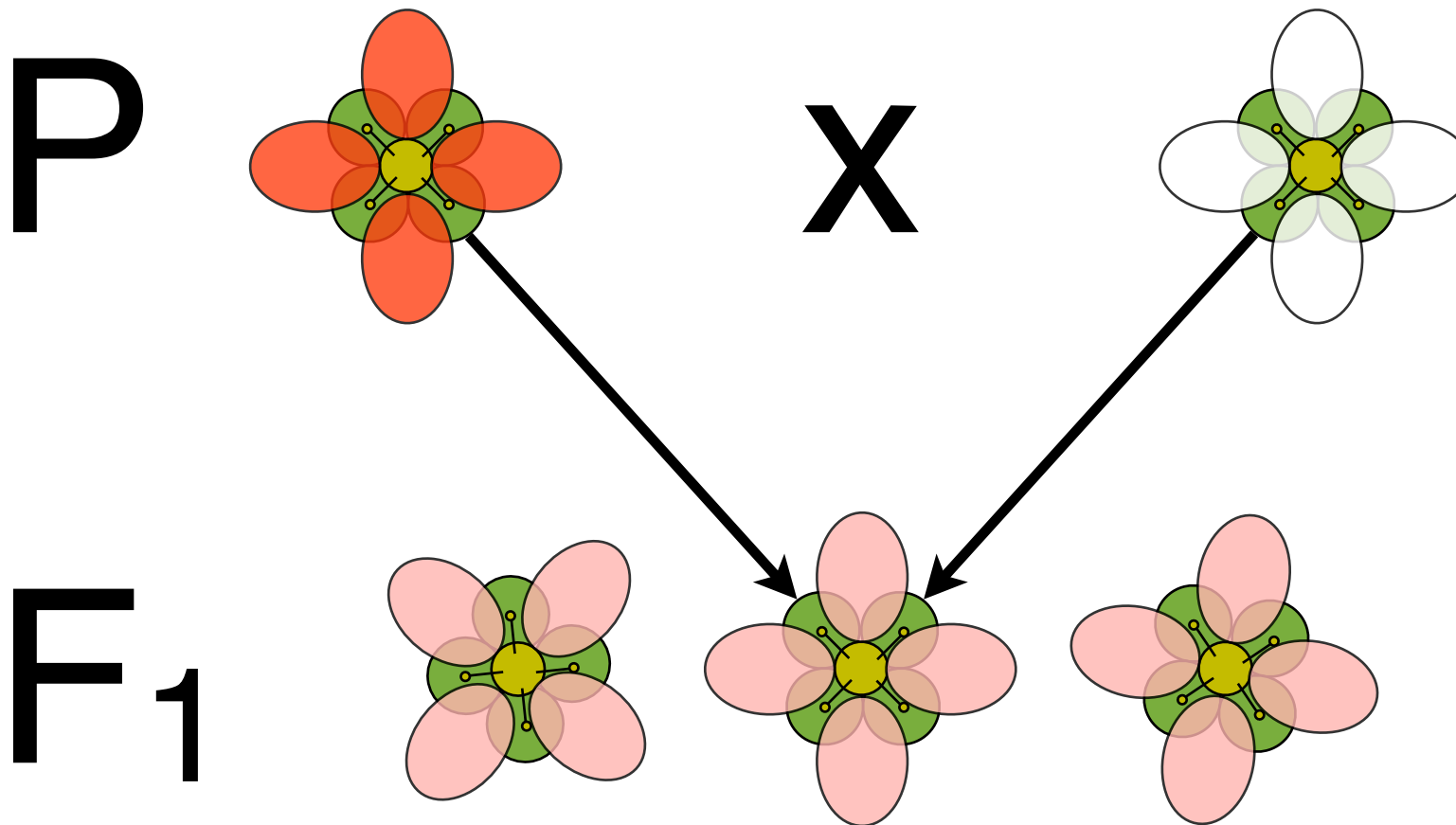
Lösungsvorschlag:

Jede Pflanze der P-Generation besitzt zwei verschiedene Allele **r** und **w**, also den Genotyp **r w**.

Die Wahrscheinlichkeit, dass das **r**-Allel an die F₁ weitergegeben wird, beträgt 50%, ebenso die Wahrscheinlichkeit, dass das **w**-Allel weitergegeben wird. Daher treten in der F₁ die Genotypen **w w** und **r r** jeweils mit $W = 25\%$, der Genotyp **r w** mit $W = 50\%$ auf.

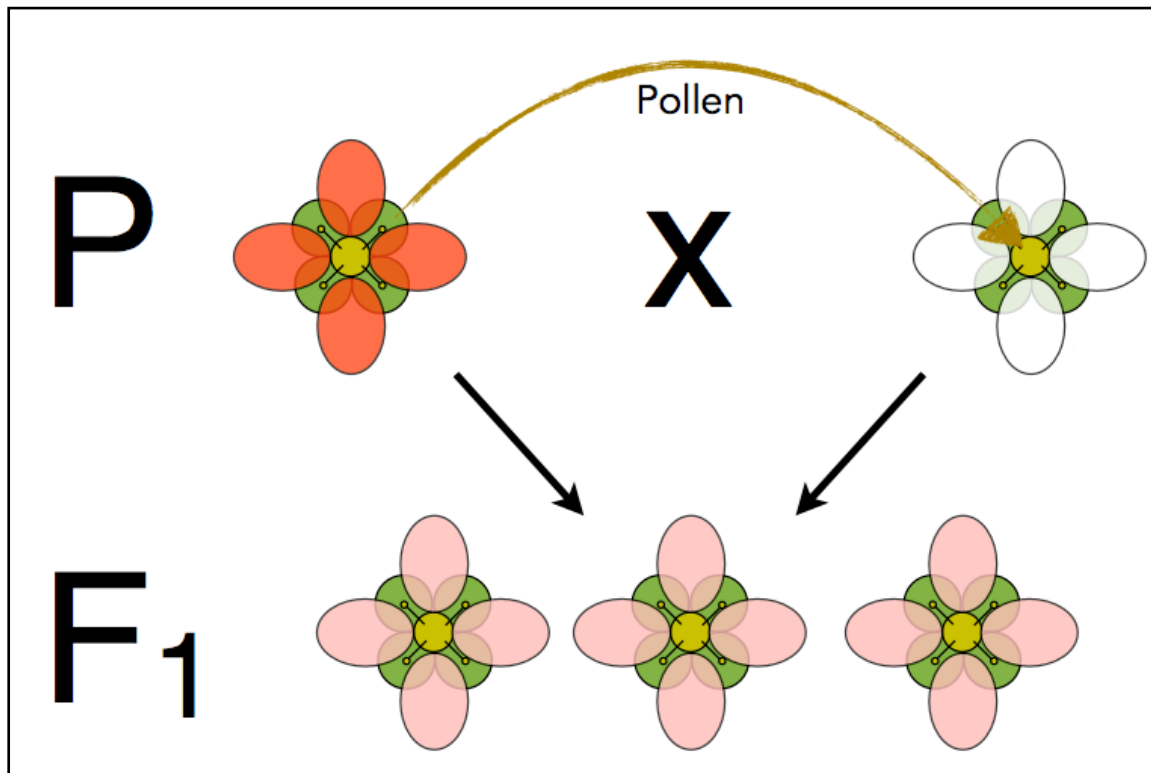
Kreuzungsexperimente mit Blumen

Deutung der Experimente 1 und 2 nach MENDEL



Kreuzungsexperimente mit Blumen

Deutung der Experimente 1 und 2 nach MENDEL



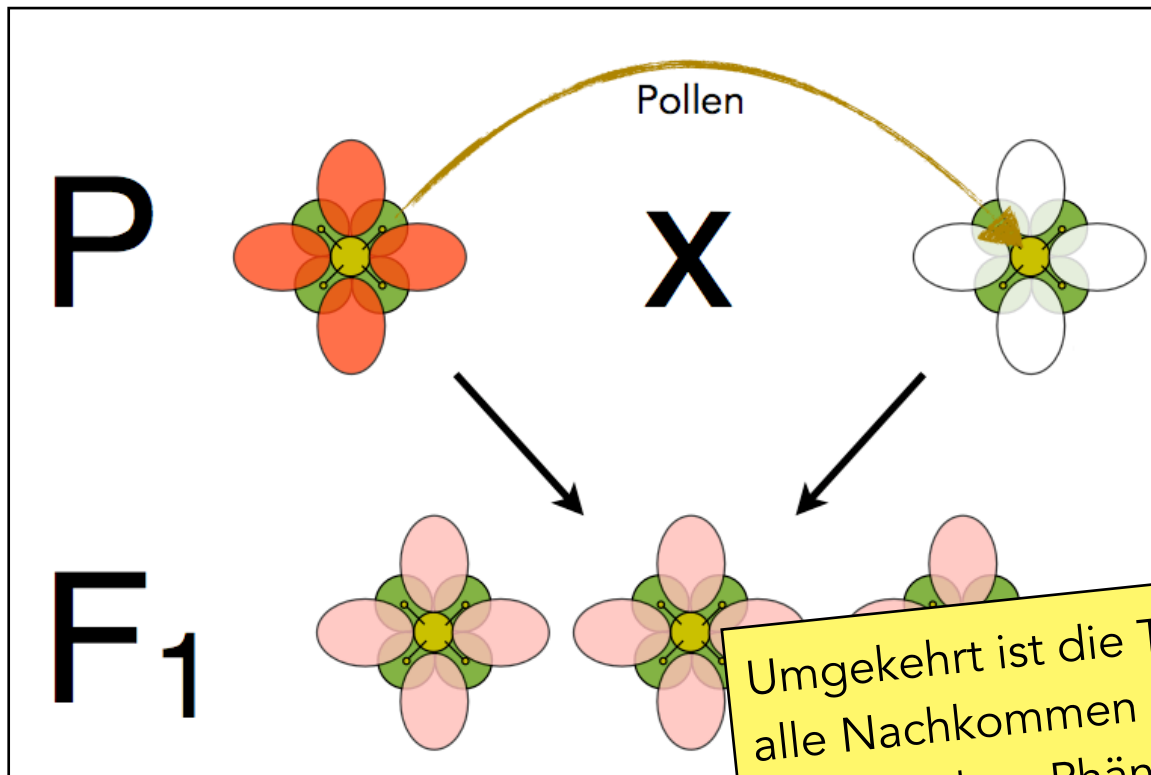
Uniformitätsregel

Kreuzt man zwei homozygote¹ Eltern miteinander, die sich in einem Genort und somit Merkmal unterscheiden, so erhält man eine Tochtergeneration, die genotypisch² und phänotypisch³ uniform (einheitlich) ist.

¹ homozygot = reinerbig, ² Genotyp = "Erbfaktoren", Gene; ³ Phänotyp = äußeres Erscheinungsbild

Kreuzungsexperimente mit Blumen

Deutung der Experimente 1 und 2 nach MENDEL



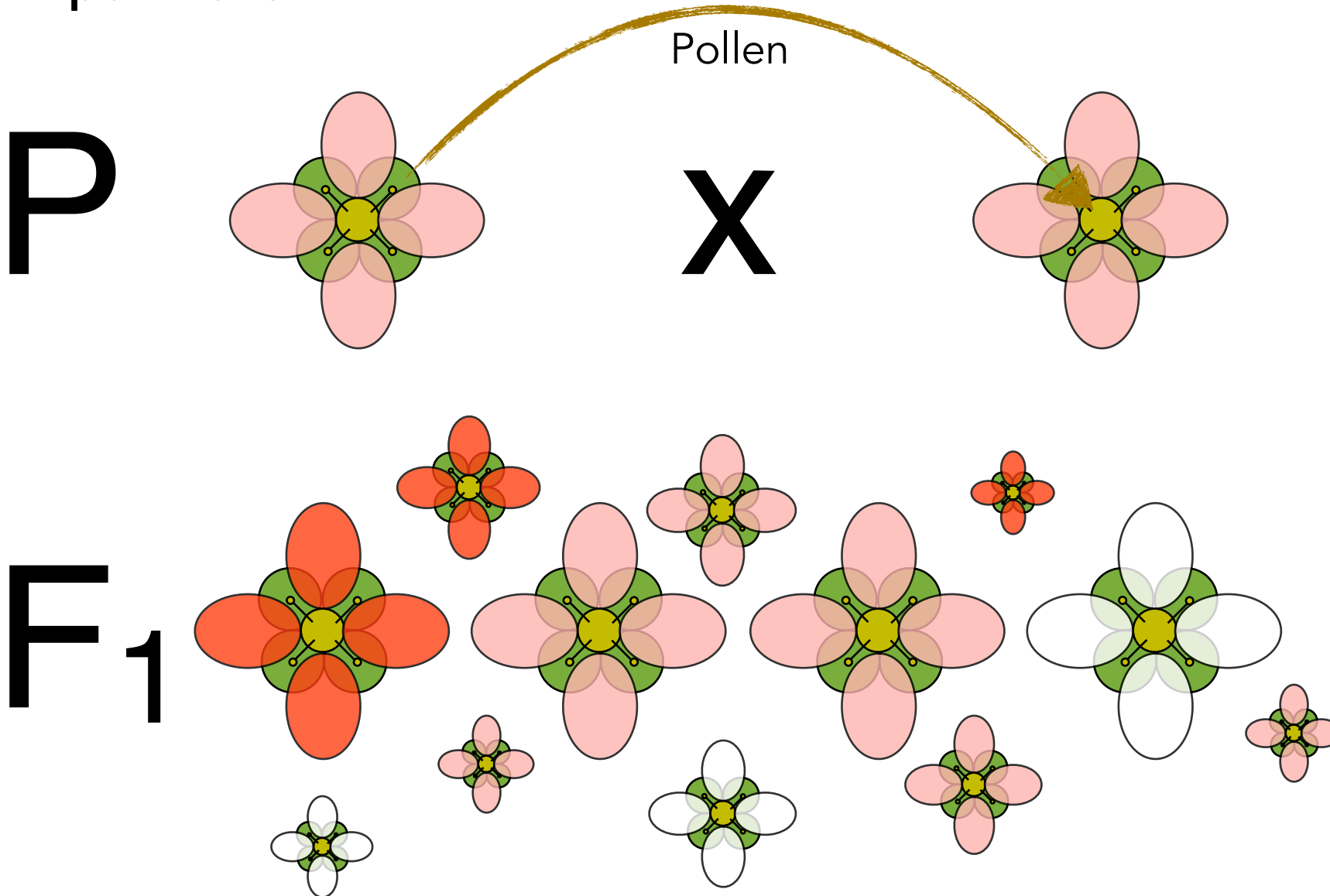
Uniformitätsregel

Kreuzt man zwei homozygote Eltern miteinander, die sich in einem Genort und somit Merkmal unterscheiden, so erhält man eine Tochtergeneration, die genotypisch und phänotypisch uniform (ein-

Umgekehrt ist die Tatsache, dass alle Nachkommen einer Kreuzung den gleichen Phänotyp haben, ein Indiz dafür, dass beide Eltern **homozygot** in dem betrachteten Merkmal sind.

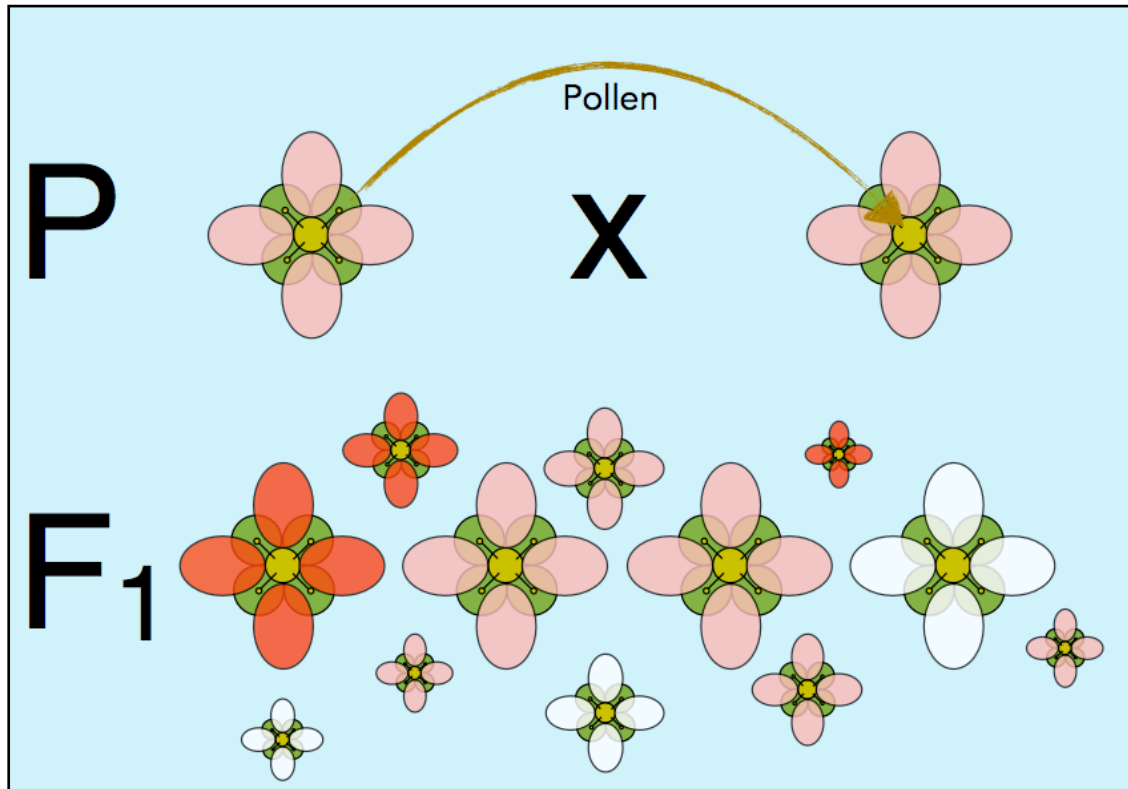
Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 2



Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 2



Spaltungsregel

Kreuzt man zwei heterozygote¹ Eltern miteinander, so ist die nächste Generation nicht mehr uniform².

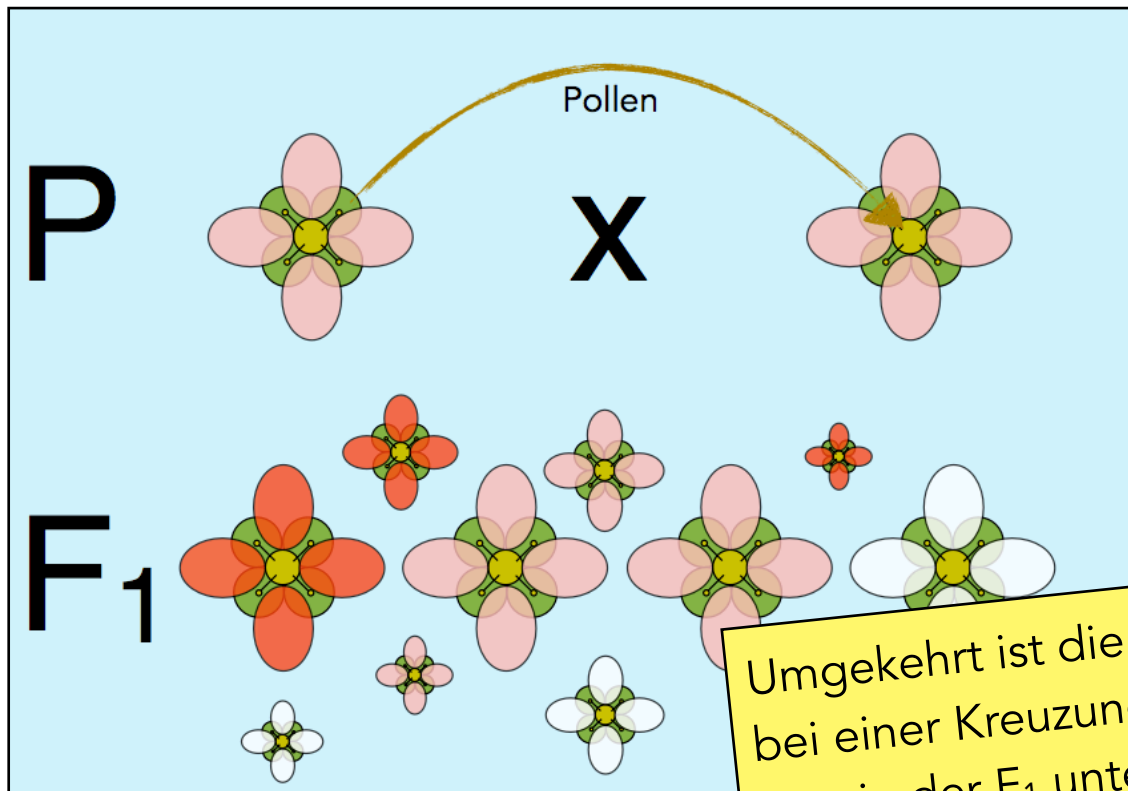
Die Allele³ der Eltern werden nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit neu kombiniert.

¹ heterozygot = mischerbig; ² uniform = gleichartig;

³ Allel = spezielle Ausprägung eines Gens. Von jedem Gen haben wir zwei Exemplare, die gleich (homozygot) oder unterschiedlich ausgeprägt sein können (heterozygot).

Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 2



Spaltungsregel

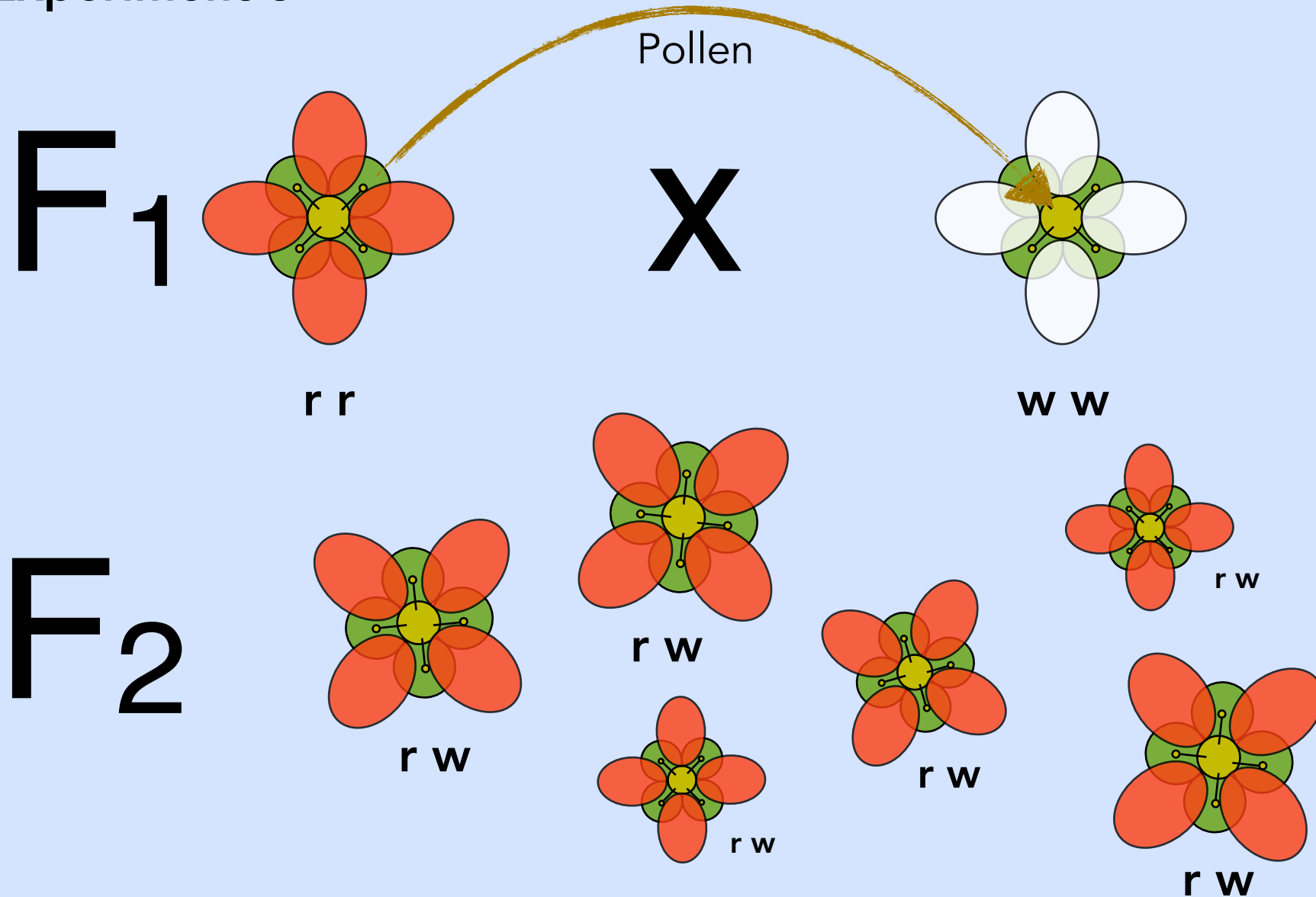
Kreuzt man zwei heterozygote Eltern miteinander, so ist die nächste Generation nicht mehr uniform.

Die Allele der Eltern werden nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit neu kombiniert.

Umgekehrt ist die Tatsache, dass bei einer Kreuzung uniformer Eltern in der F₁ unterschiedliche Phänotypen auftreten, ein Indiz dafür, dass die Eltern heterozygot sind.

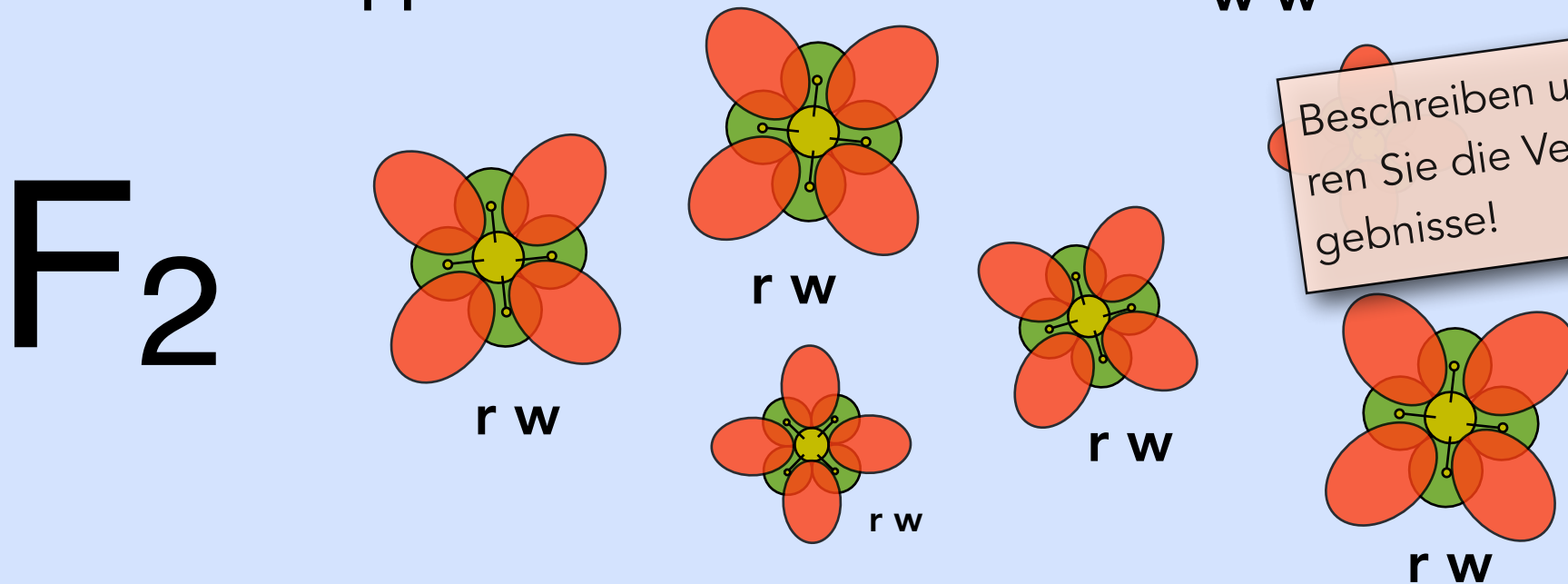
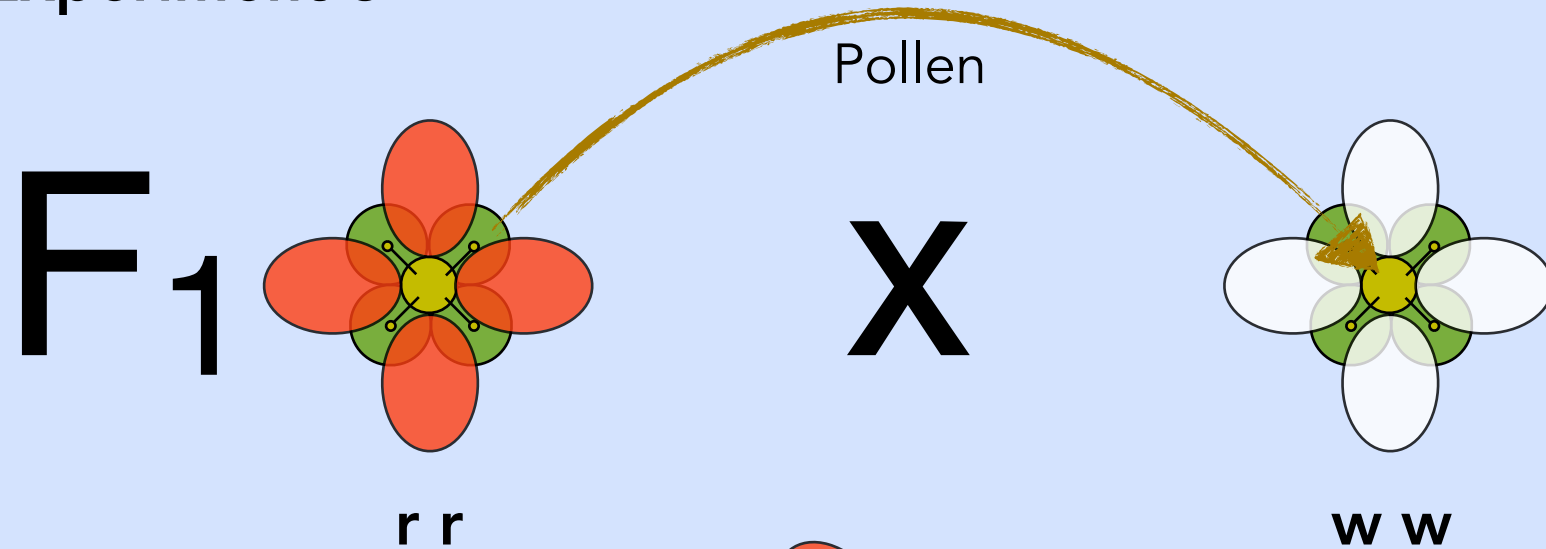
Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 3



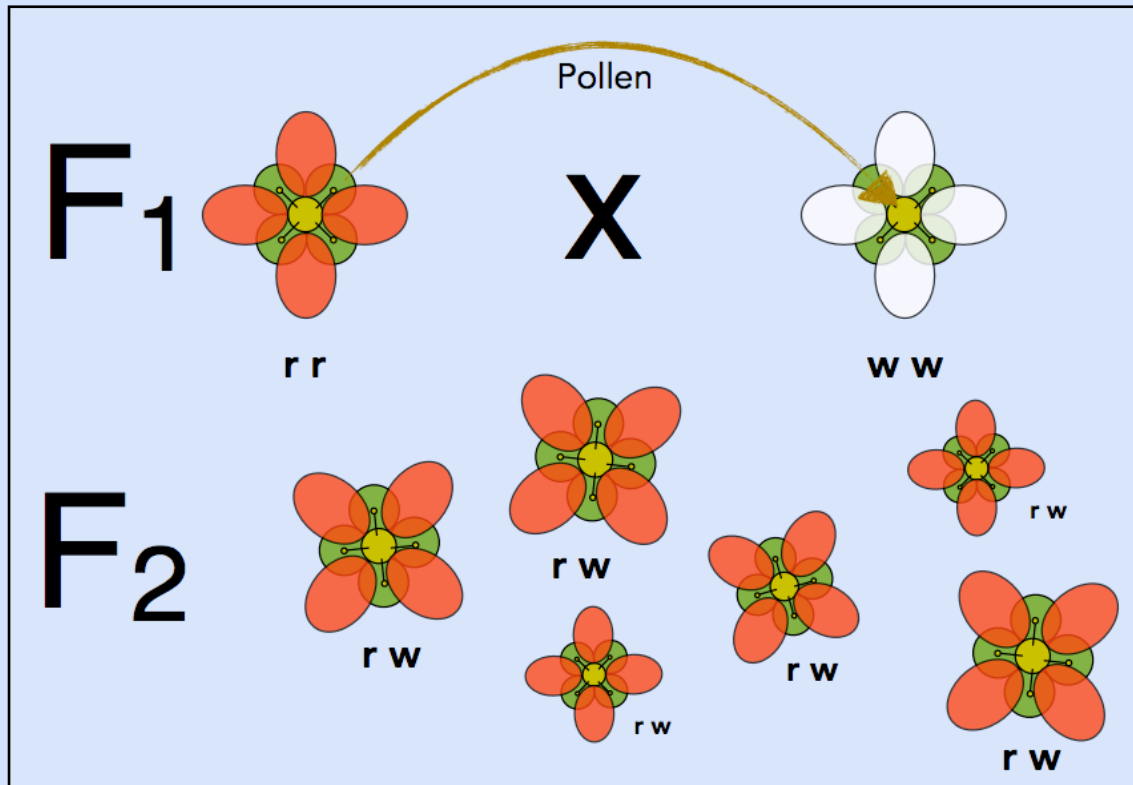
Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 3



Kreuzungsexperimente mit Blumen

Experiment 3



Lösungsvorschlag:

Da beide Eltern der F₁ homozygot in Bezug auf die Blütenfarbe sind, gilt die Uniformitätsregel, alle Nachkommen haben den gleichen Genotyp **r w** und den gleichen Phänotyp "rote Blütenfarbe". Allerdings scheint das Allel **r** für die rote Farbe zu **dominieren**, es setzt sich gegenüber dem Allel **w** durch.

Ein paar neue Fachausdrücke

Grundbegriffe der Klassischen Genetik

<i>dominantes Allel</i>	Ein Allel, das sich gegenüber anderen Allelen im Phänotyp durchsetzt.
<i>rezessives Allel</i>	Ein Allel, das - obwohl vorhanden - sich phänotypisch nicht durchsetzen kann.
<i>dominant-rezessiver Erbgang</i>	Ein Erbgang, an dem dominante und rezessive Allele beteiligt sind.
<i>intermediärer Erbgang</i>	Ein Erbgang, bei dem die beteiligten Allele die gleiche Dominanz besitzen. Daher können Misch-Phänotypen auftreten.

*sehr stark vereinfacht, sachlich nicht ganz korrekt!

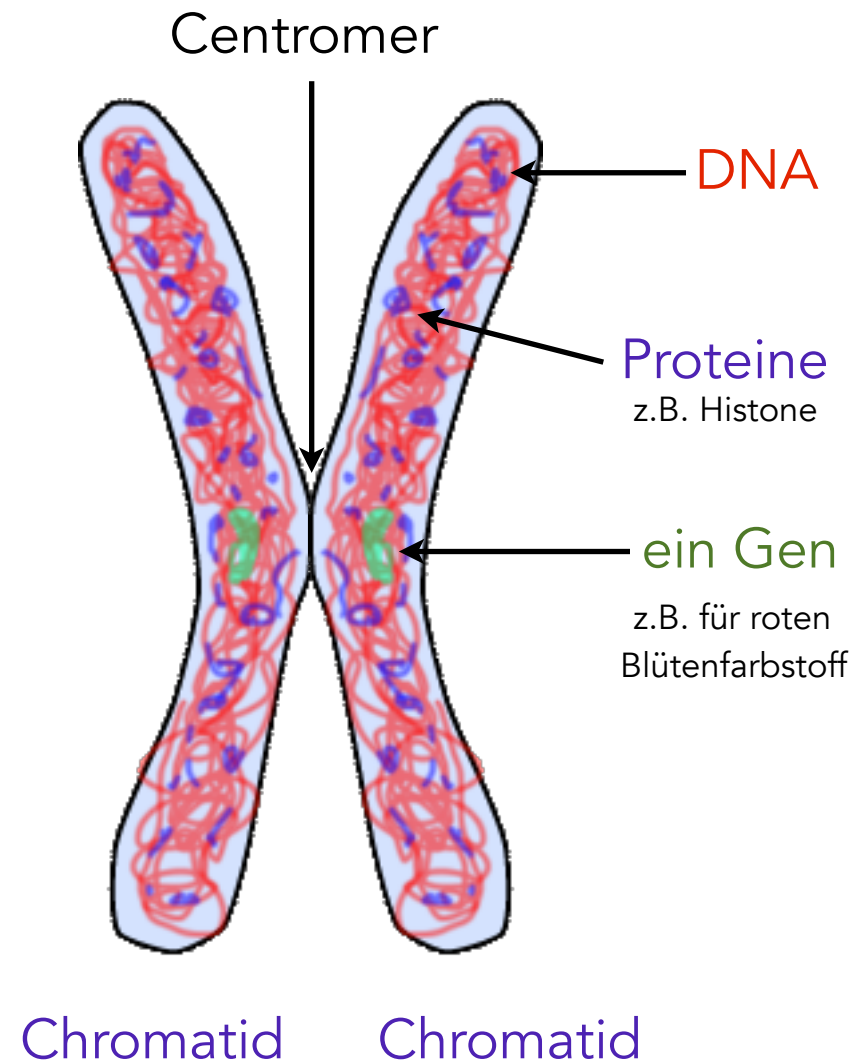
Chromosomentheorie der Vererbung

Erklärung der MENDELSchen Regeln

Chromosomen

Die DNA, die Erbsubstanz der Lebewesen, ist bei eukaryotischen Zellen* in Chromosomen verpackt, die sich im Zellkern befinden.

Chromosomen sind Komplexe aus einem bzw. zwei DNA-Strängen und vielen Proteinen.



*eukaryotische Zellen = Zellen der Tiere, Pilze und Pflanzen, sie besitzen einen Zellkern.

Chromosomentheorie der Vererbung

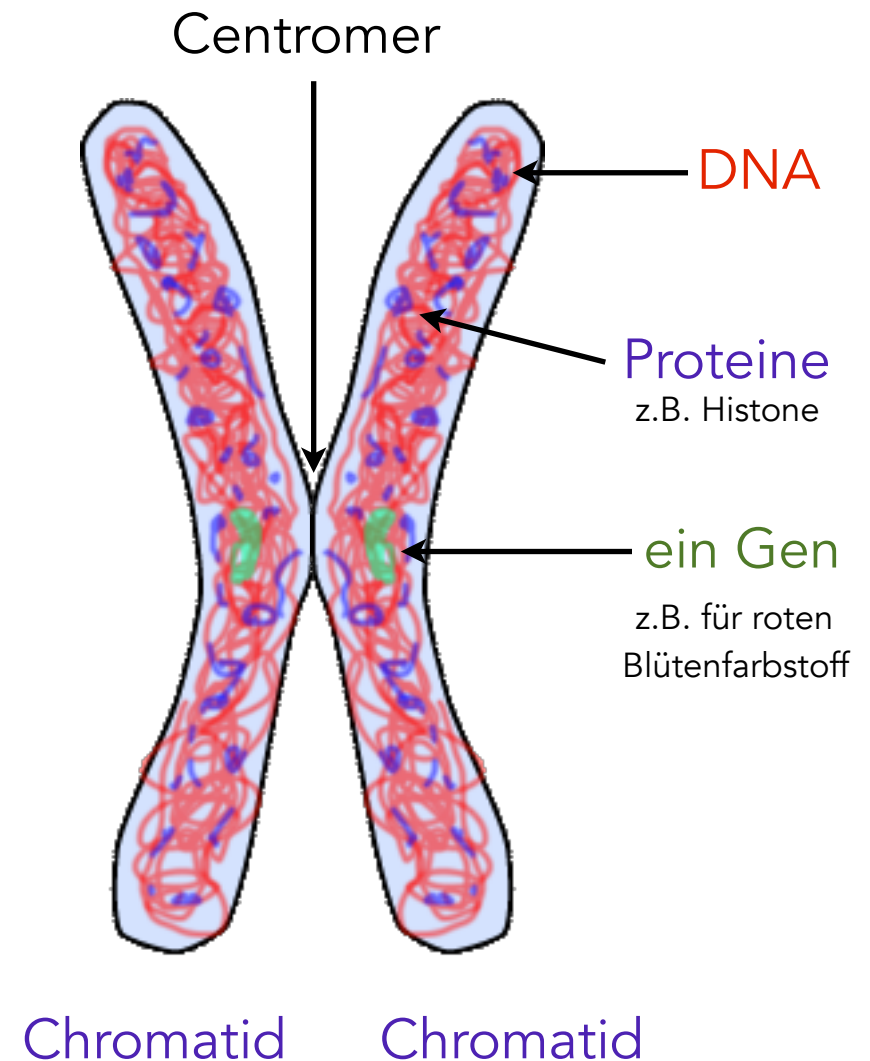
Erklärung der MENDELSchen Regeln

Chromosomen

Jedes Chromosom besteht aus zwei genetisch identischen Hälften, den **Chromatiden**.

Jedes Chromatid enthält ein DNA-Molekül mit über 1000 Genen.

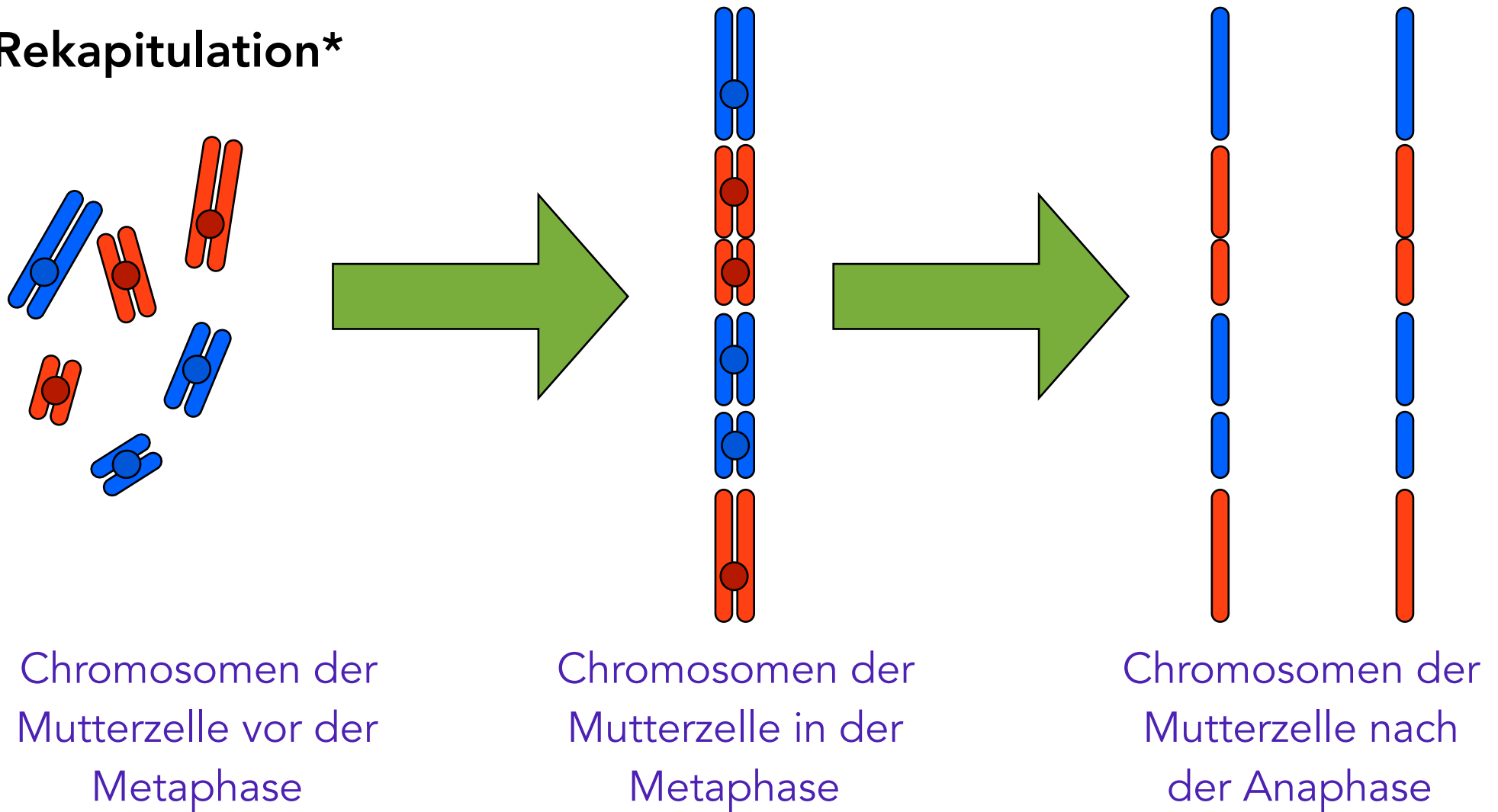
Das DNA-Molekül ist mit Hilfe von Proteinen* eng "aufgewickelt", daher im Lichtmikroskop sichtbar, allerdings nur während der Mitose oder Meiose.



*bei den Proteinen handelt es sich hauptsächlich um Histone.

Mitose

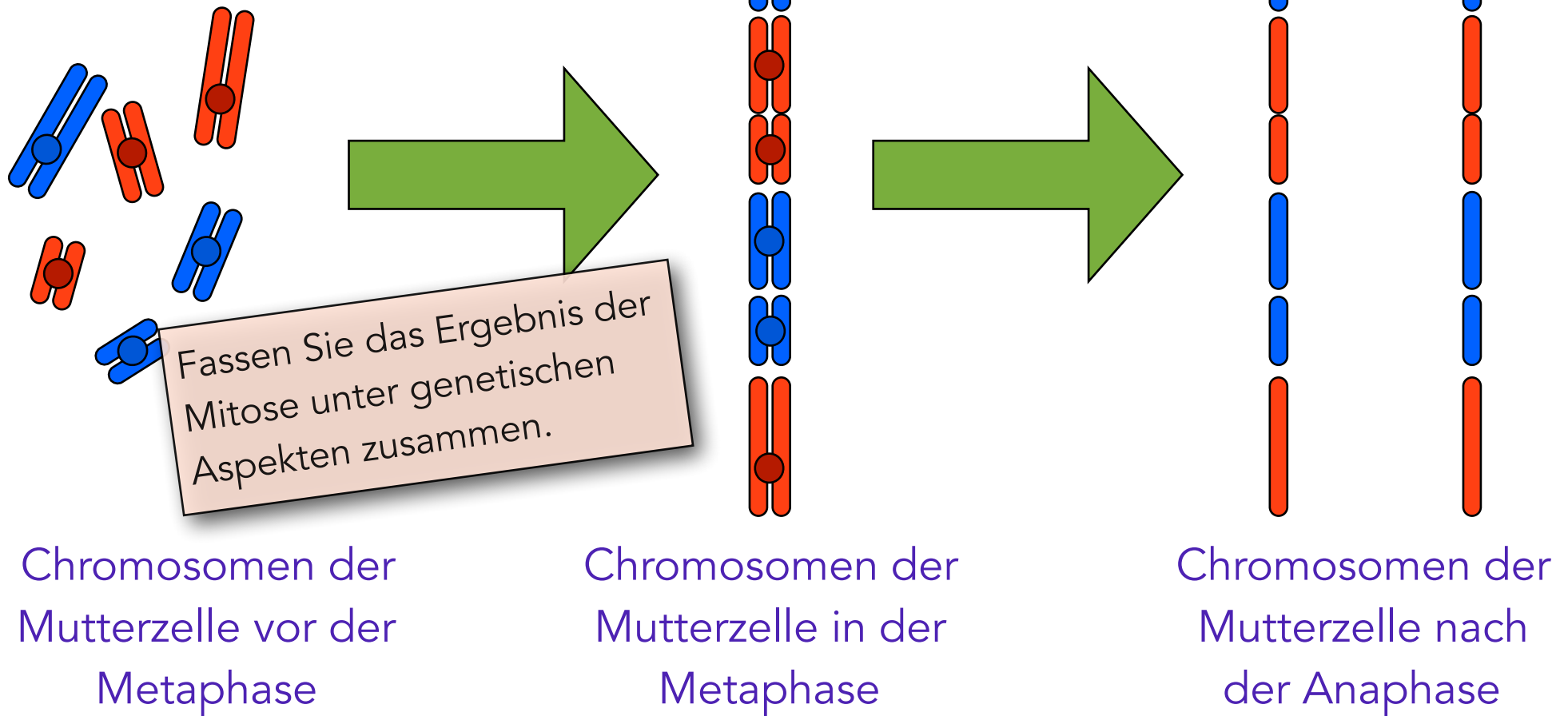
Rekapitulation*



*Kenntnisse der Mitose werden vorausgesetzt.

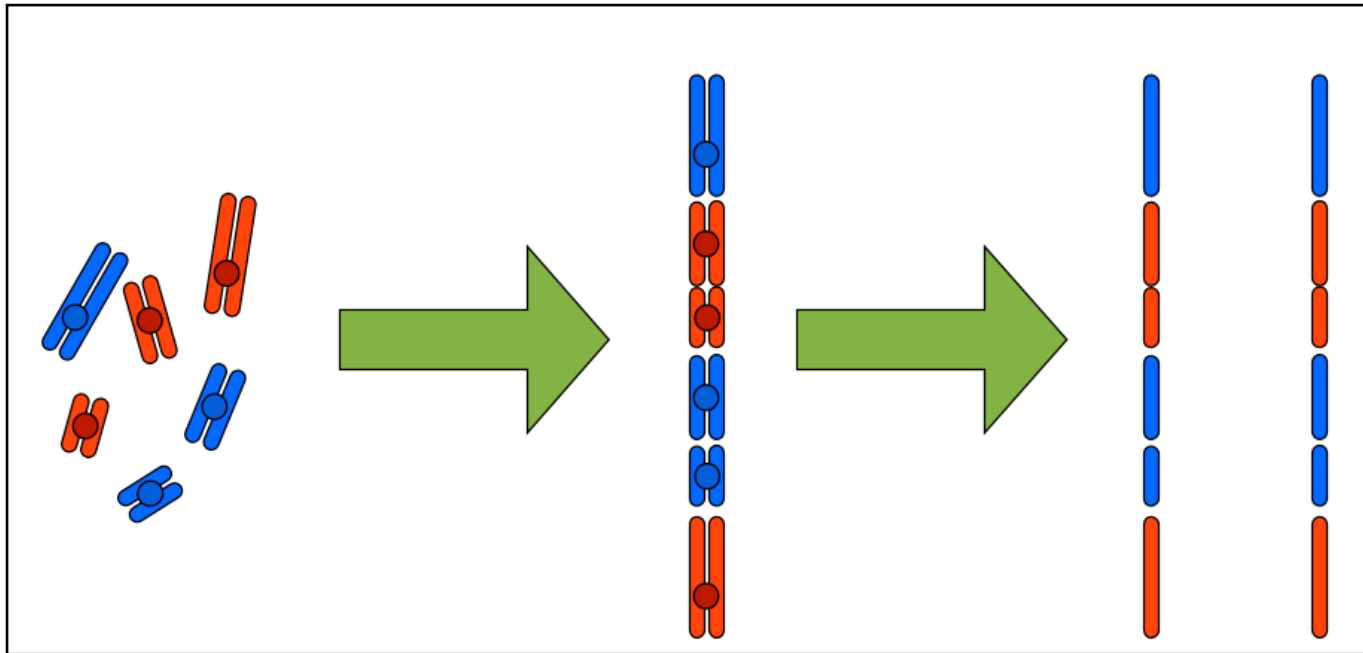
Mitose

Rekapitulation



Mitose

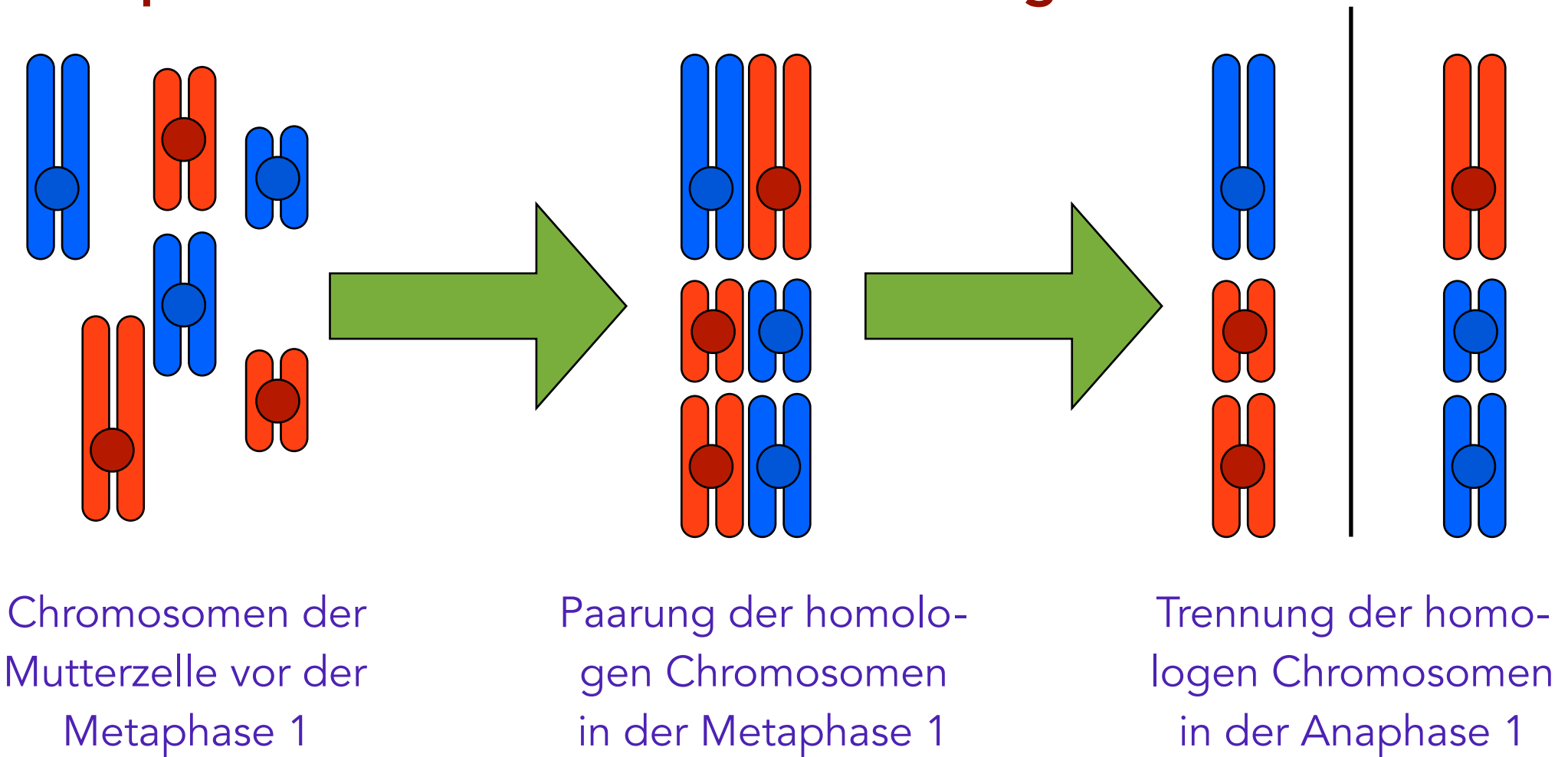
Genetische Aspekte



Lösungsvorschlag:

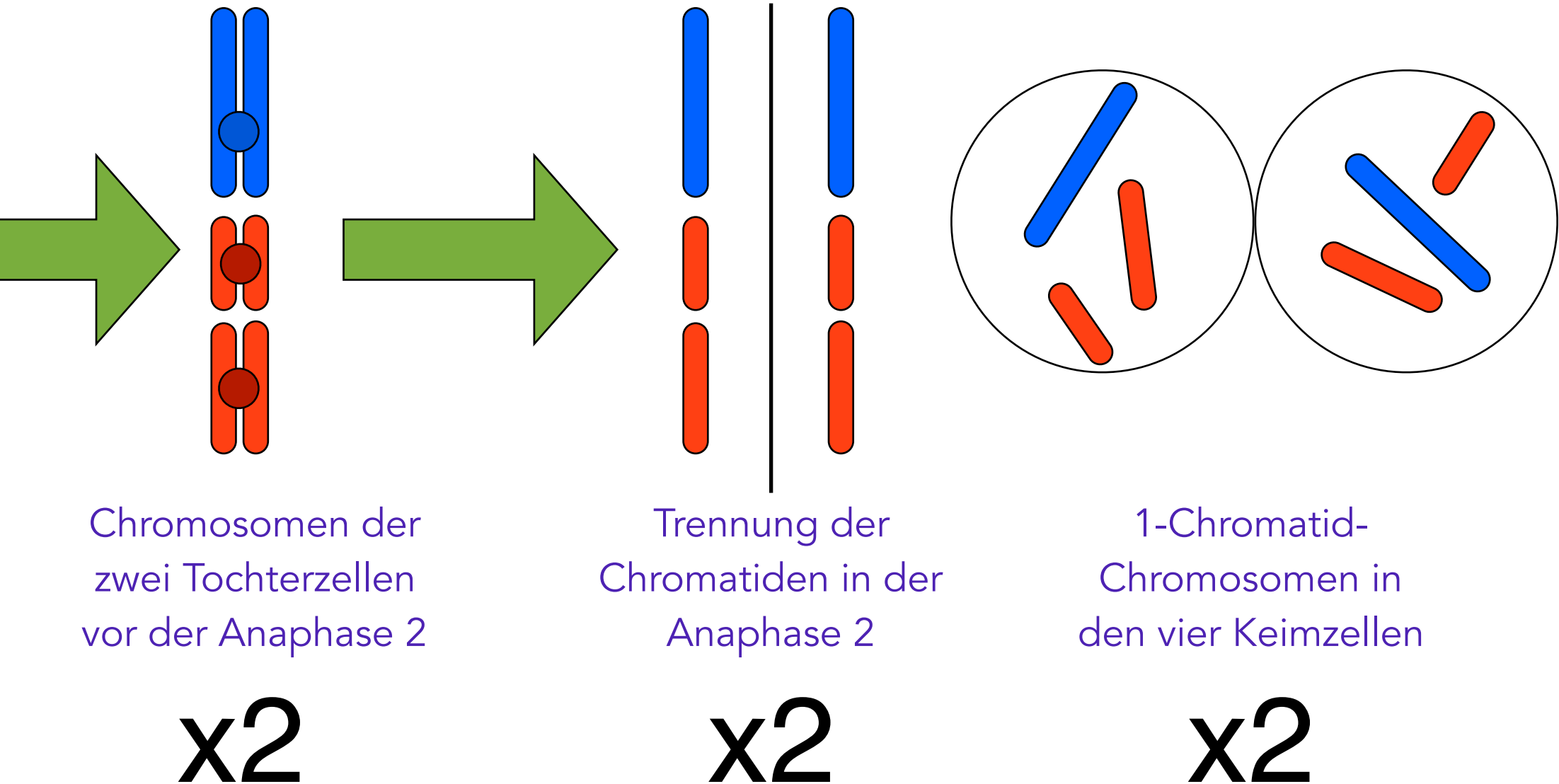
Bei der Mitose wird das Erbgut der Mutterzelle gleichmäßig auf die beiden Tochterzellen verteilt. Die beiden Tochterzellen sind **genetisch identisch**. Sie besitzen die gleichen **1-Chromatid-Chromosomen**.

Rekapitulation* Meiose: 1. Reifeteilung

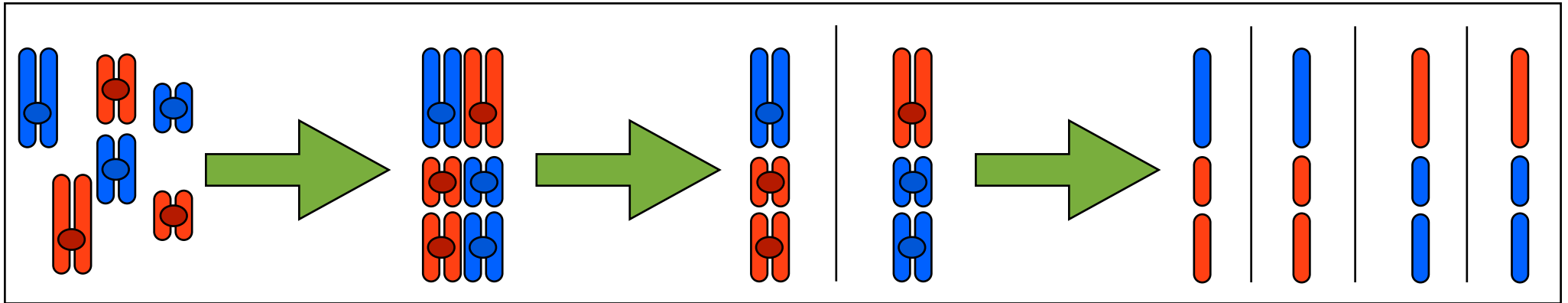


*Kenntnisse der Meiose werden vorausgesetzt.

Rekapitulation Meiose: 2. Reifeteilung

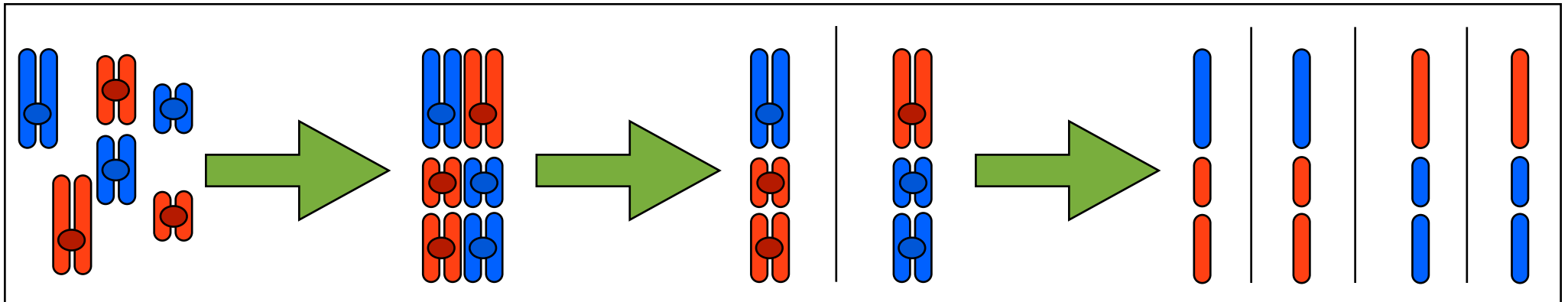


Rekapitulation Meiose: Gesamtablauf



Fassen Sie das Ergebnis der Meiose unter genetischen Aspekten zusammen.

Rekapitulation Meiose: Gesamtablauf



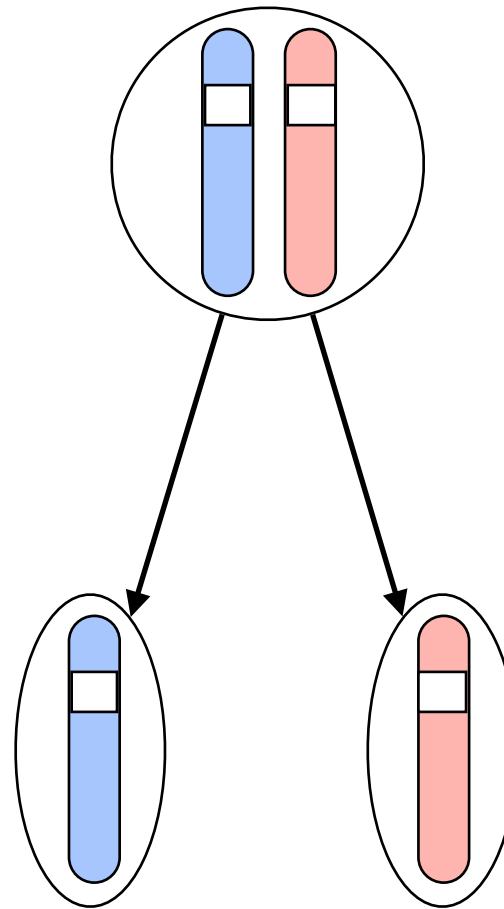
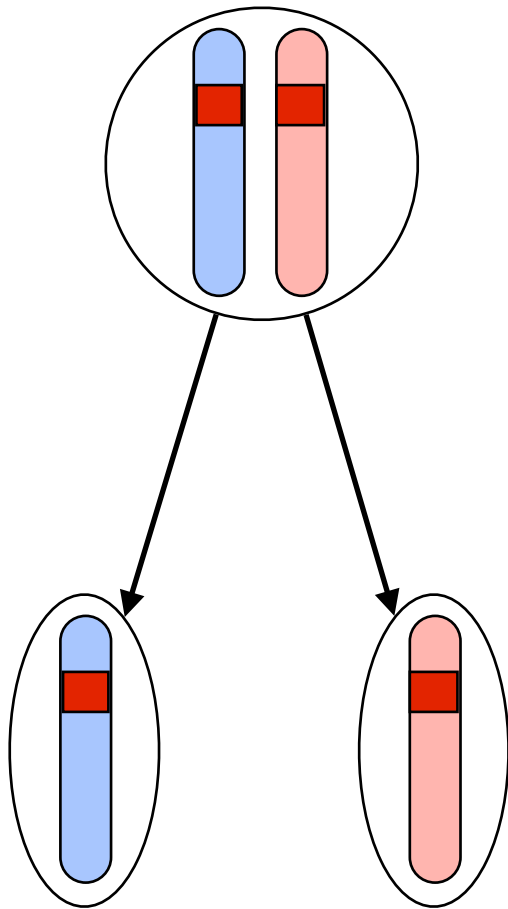
Lösungsvorschlag:

In der 1. Reifeteilung werden die **2-Chromatid-Chromosomen** väterlicher und mütterlicher Herkunft nach dem **Zufallsprinzip** auf die beiden Tochterzellen verteilt.

In der 2. Reifeteilung findet eine **Mitose** statt, die vier Tochterzellen besitzen **1-Chromatid-Chromosomen**. Je zwei Tochterzellen sind genetisch identisch.

Chromosomentheorie der Vererbung

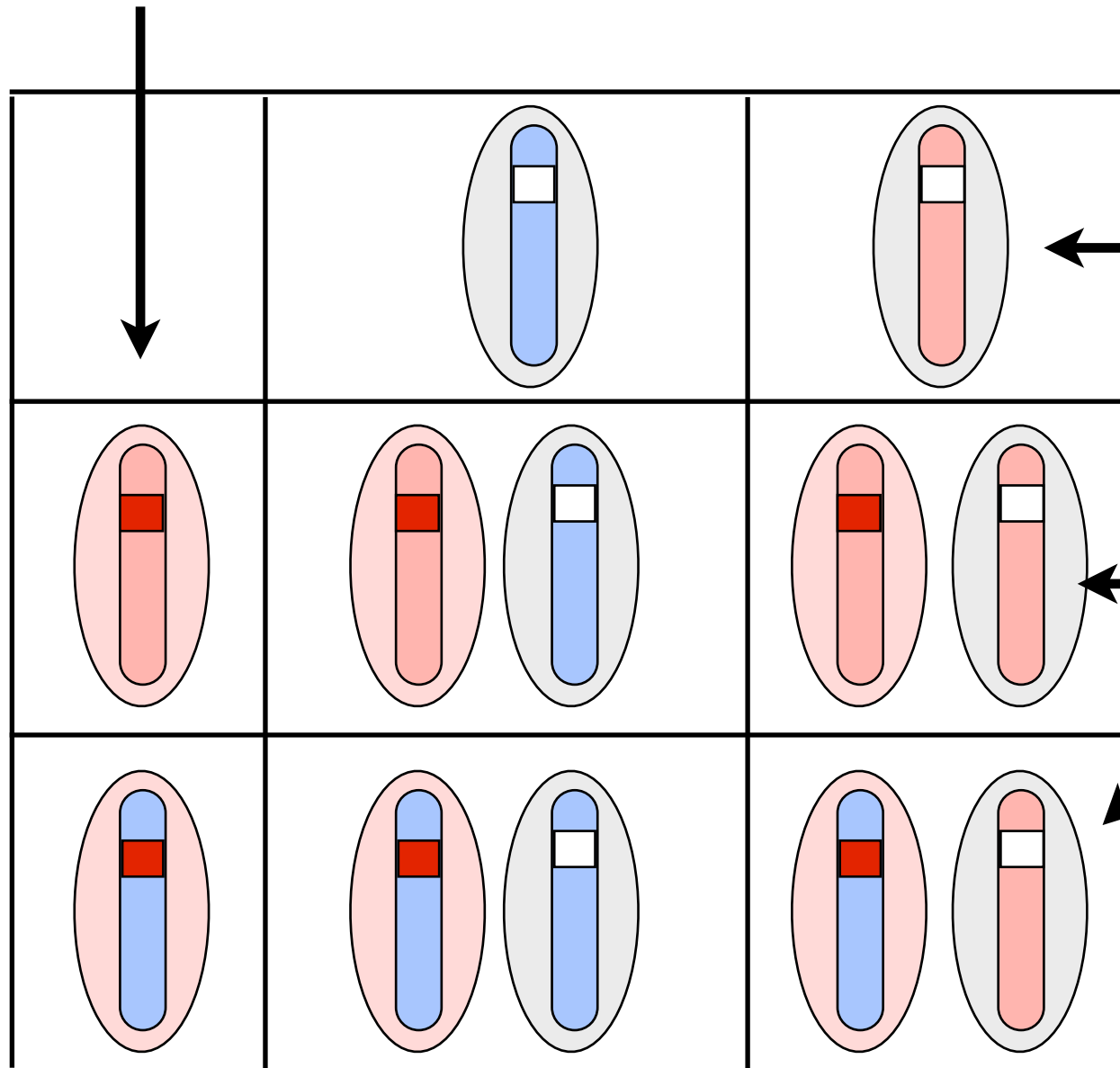
Erklärung der 1. MENDELSchen Regel



Chromosomen der
P-Generation

Chromosomen der
Keimzellen

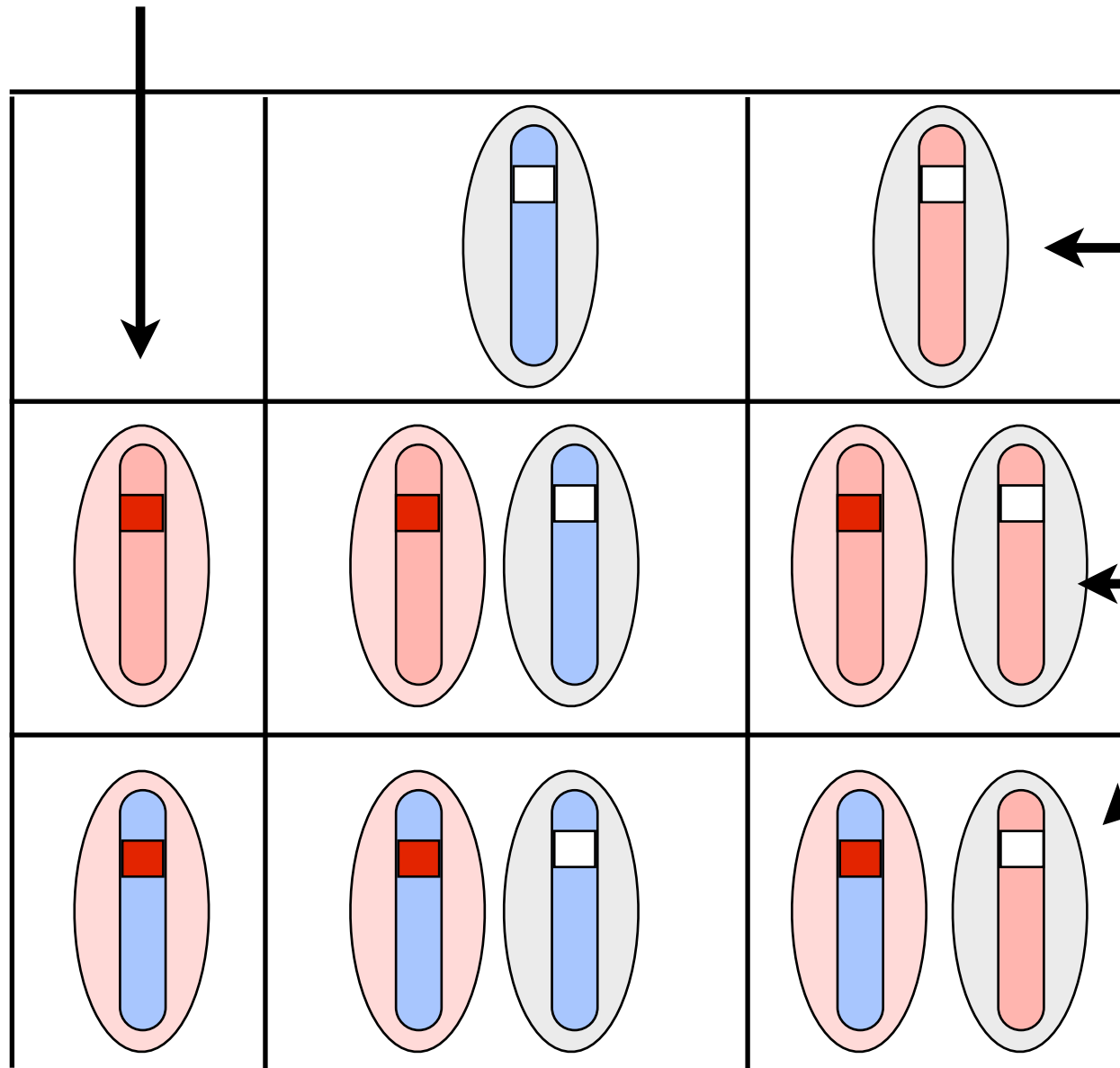
Keimzellen der roten
P-Pflanze



Keimzellen der
weißen P-Pflanze

Zygoten der
F₁-Generation

Keimzellen der roten
P-Pflanze



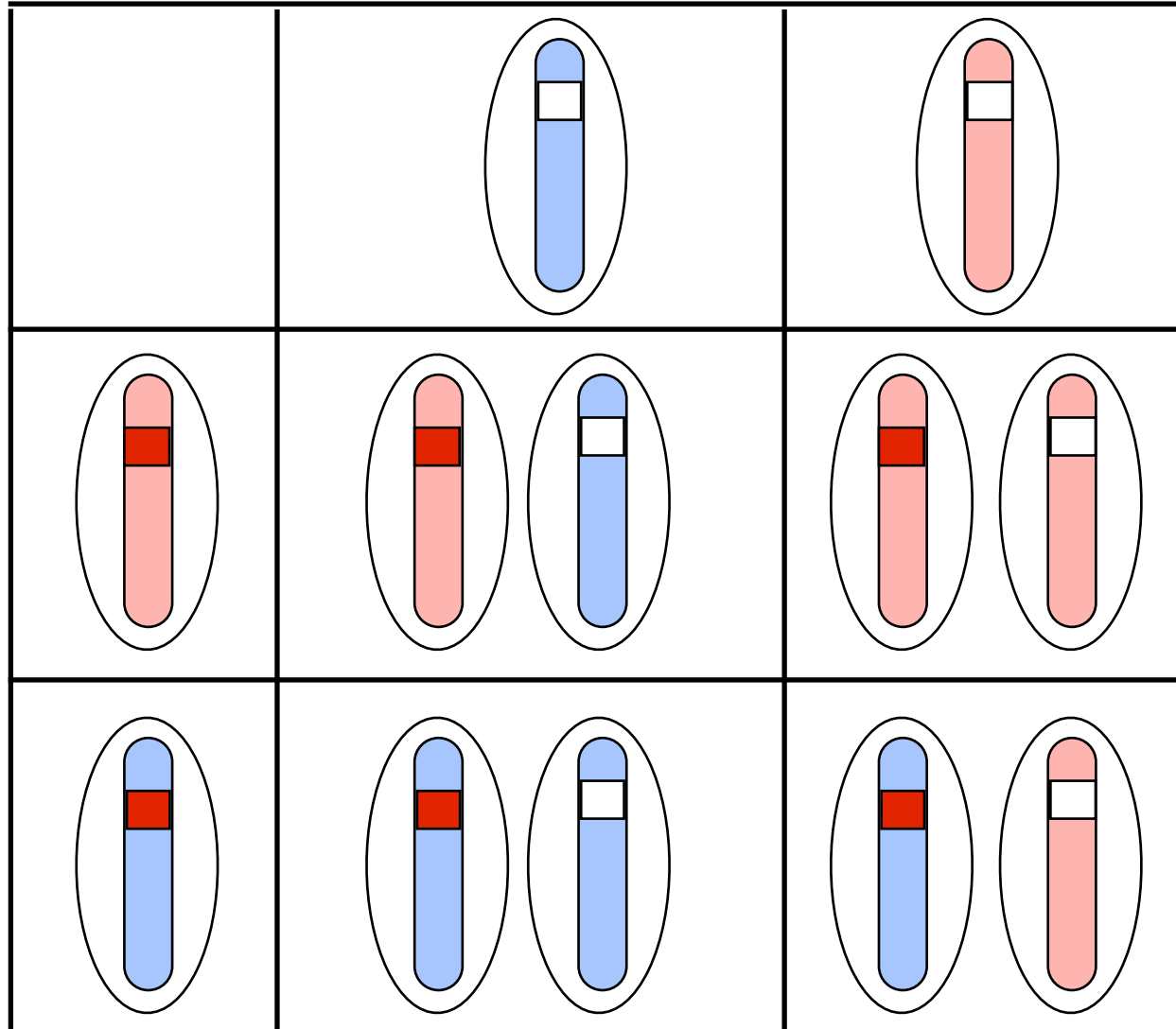
Keimzellen der
weißen P-Pflanze

Zygoten der
F₁-Generation

Begründen Sie mit Hilfe
dieses Schemas die erste
MENDELSche Regel.

Chromosomentheorie der Vererbung

Erklärung der 1. MENDELSchen Regel



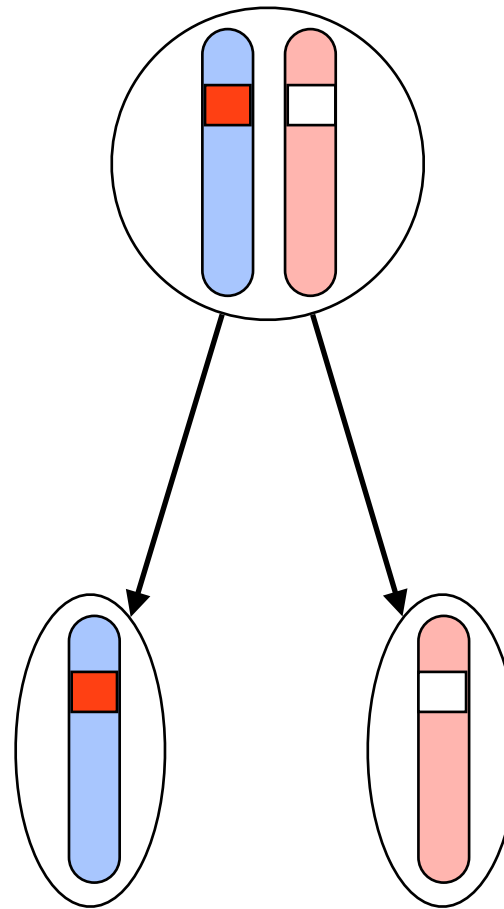
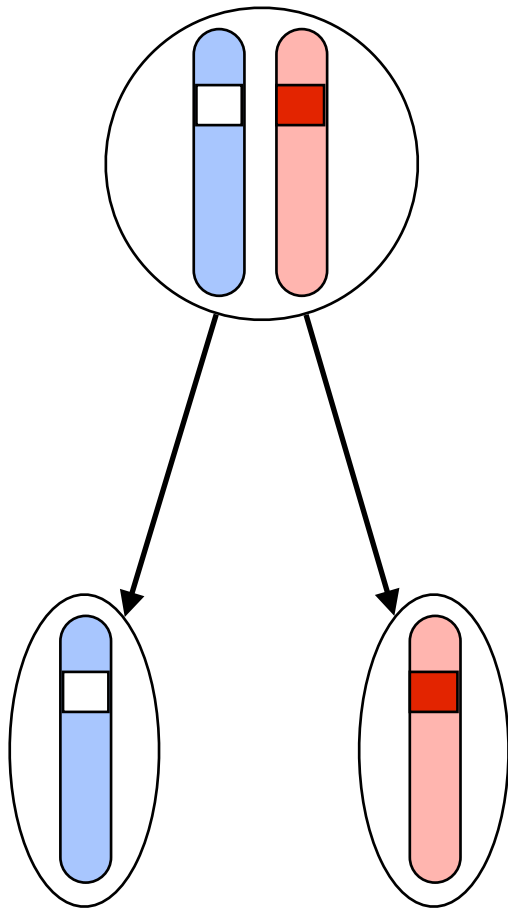
Lösungsvorschlag:

Die Pflanzen der P-Generation können nur einen Typ von Keimzellen bilden, da sie homozygot sind.

Bei der Bildung der F₁-Zygoten gibt es daher auch nur **eine Kombinationsmöglichkeit** der elterlichen Keimzellen. **Alle Zygoten sind genetisch gleich.**

Chromosomentheorie der Vererbung

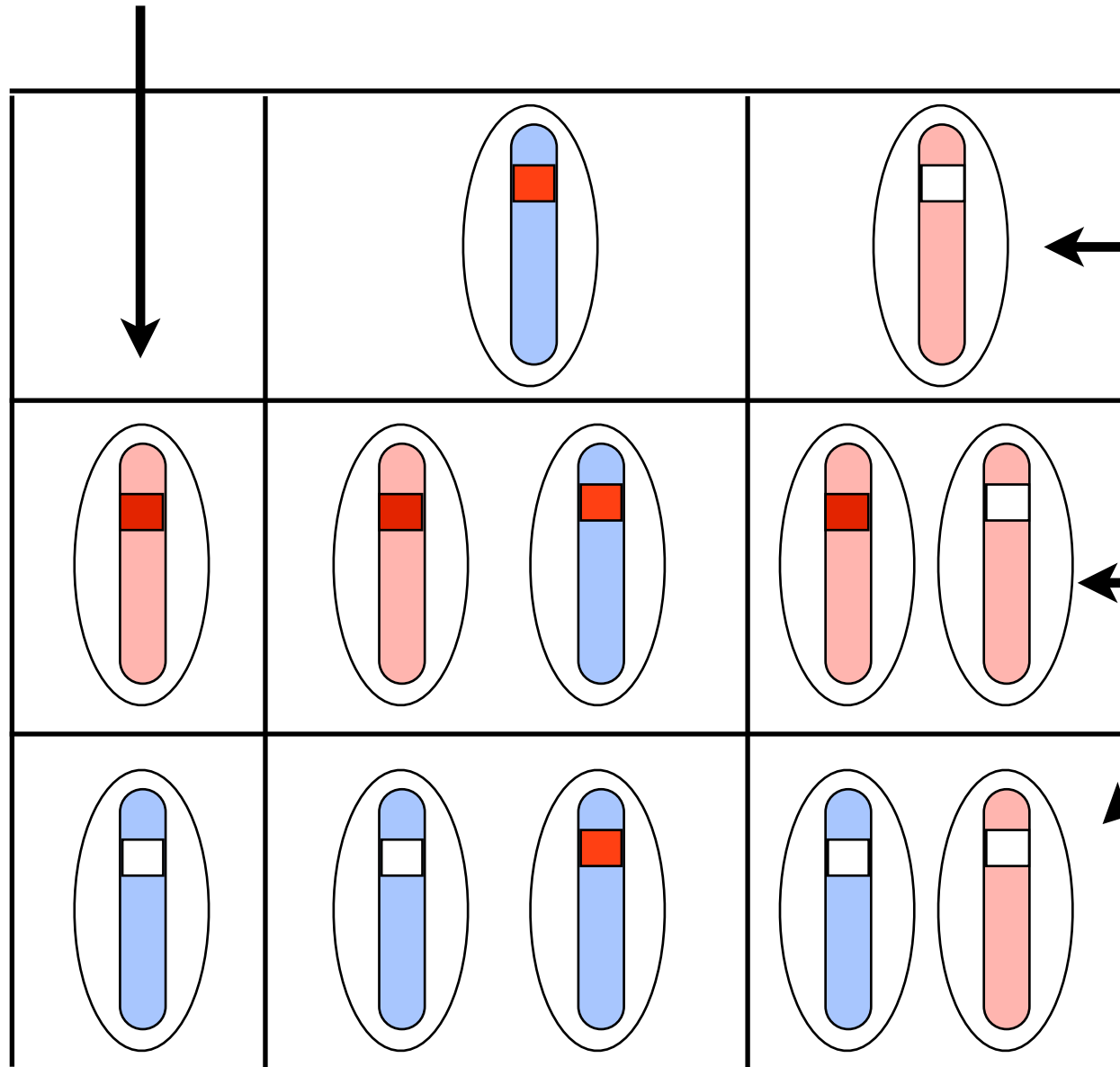
Erklärung der 2. MENDELSchen Regel



Chromosomen der
 F_1 -Generation

Chromosomen der
Keimzellen

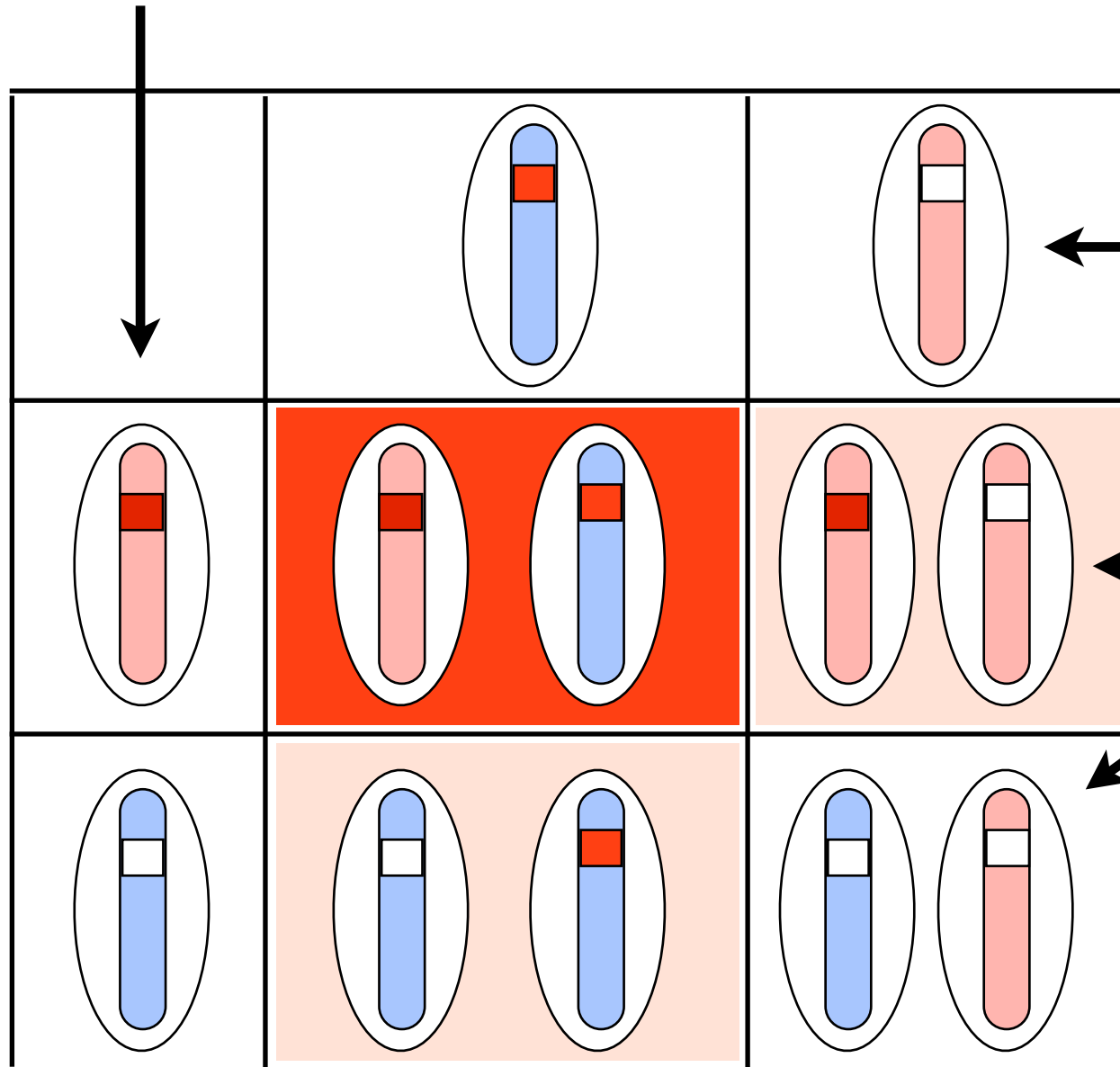
Keimzellen der einen
F₁-Pflanze



Keimzellen der
anderen F₁-Pflanze

Zygoten der
F₂-Generation

Keimzellen der einen
F₁-Pflanze



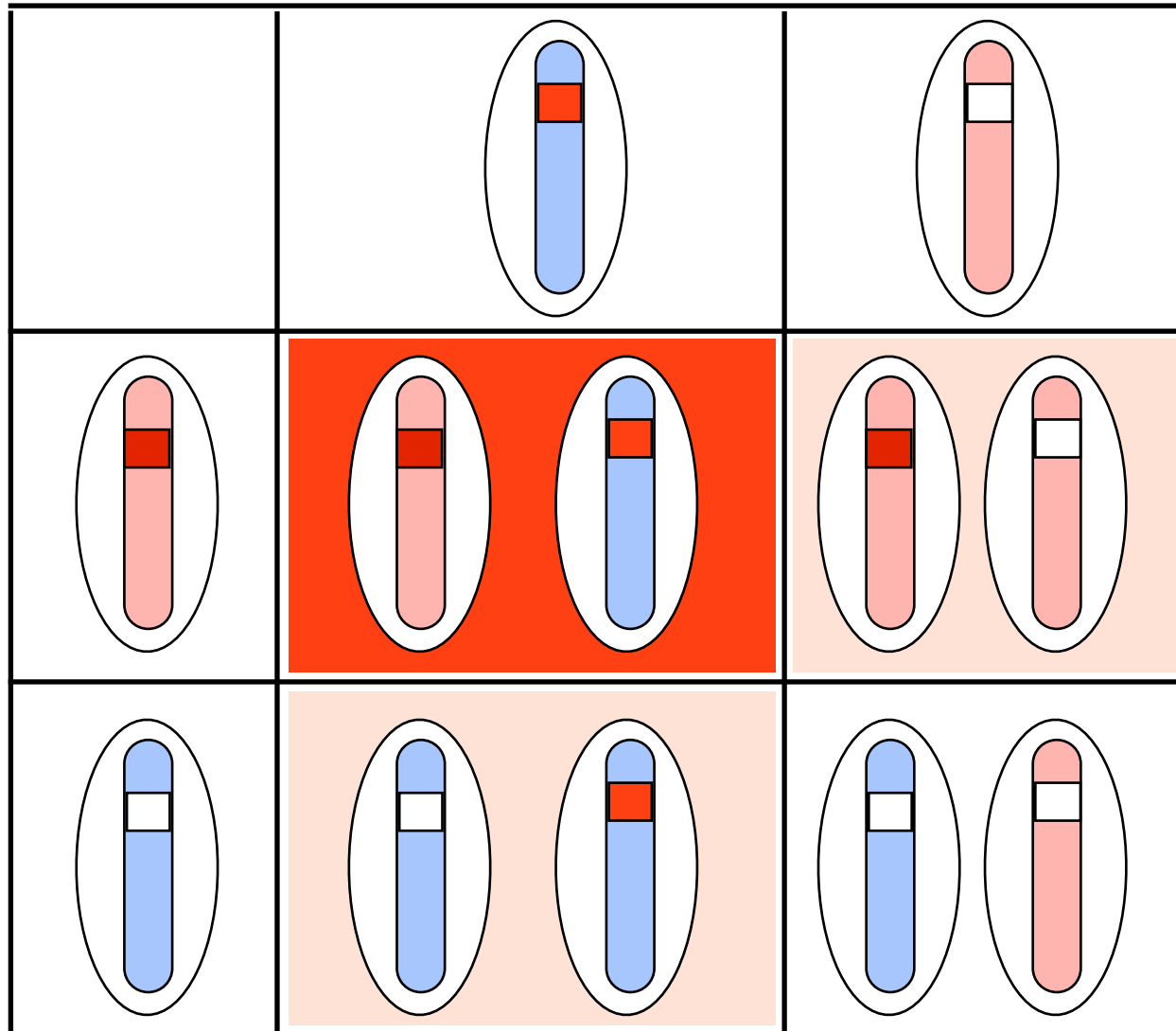
Keimzellen der
anderen F₁-Pflanze

Phänotypen der
F₂-Generation

Begründen Sie mit Hilfe
dieses Schemas die zweite
MENDELSCHES Regel.

Chromosomentheorie der Vererbung

Erklärung der 2. MENDELSchen Regel



Lösungsvorschlag:

Die Pflanzen der F₁-Generation können zwei Typen von Keimzellen bilden, da sie heterozygot sind.

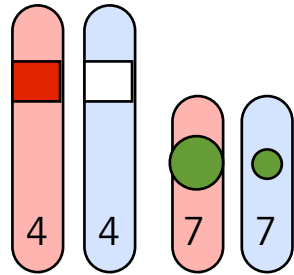
Bei der Bildung der F₂-Zygoten gibt es daher **vier Kombinationsmöglichkeiten** der F₁-Keimzellen.

Bei einem intermediären Erbgang sind dann drei Phänotypen möglich, die statistisch im Verhältnis 1 : 2 : 1 auftreten.

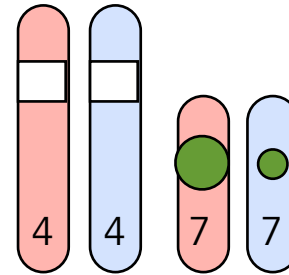
Dihybride Erbgänge



Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel



Pflanze mit rosa Blüten
und mittelgroßen Blättern



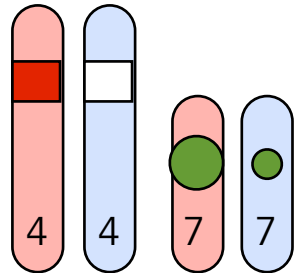
Pflanze mit weißen Blüten
und mittelgroßen Blättern

Annahme:

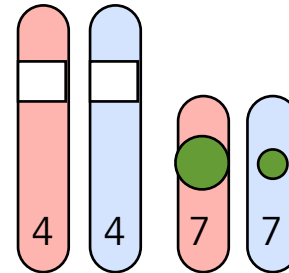
Das Merkmal "Blütenfarbe" soll sich auf Chromosom Nr. 4 befinden,
das Merkmal "Blattgröße" auf Chromosom Nr. 7.

Alle anderen Chromosomen und Merkmale werden hier nicht berücksichtigt.

Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel



Pflanze mit rosa Blüten
und mittelgroßen Blättern



Pflanze mit weißen Blüten
und mittelgroßen Blättern

Annahme:

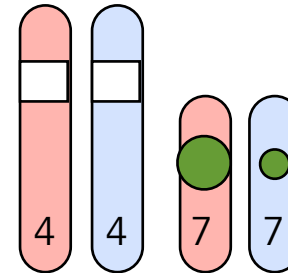
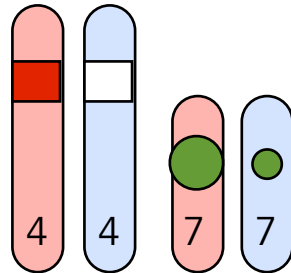
Das Merkmal "Blütenfarbe" befindet sich auf Chromosom Nr. 4, das Merkmal "Blattgröße" auf Chromosom Nr. 7.

Alle anderen Chromosomen und Merkmale werden hier nicht berücksichtigt.

Geben Sie an, welche Keimzellen die P-Generation erzeugen kann.

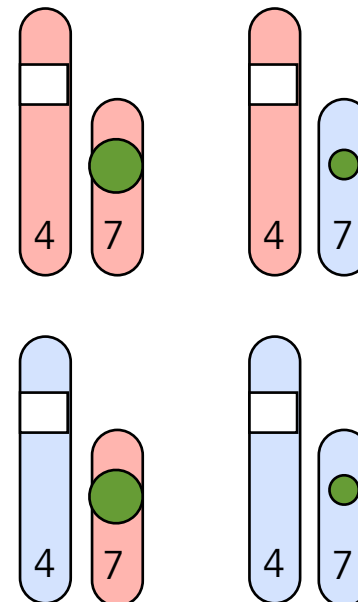
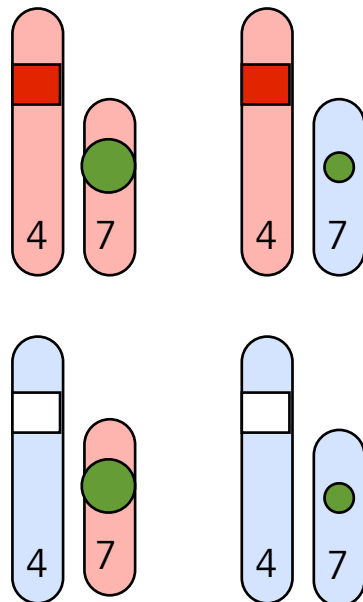
Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

Genotypen der
P-Generation:
Körperzellen



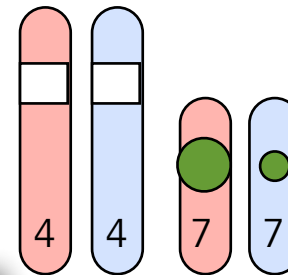
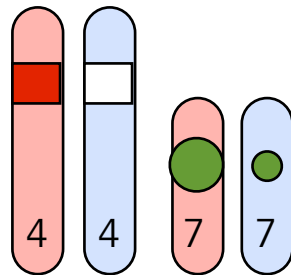
Lösungsvorschlag

Genotypen der
P-Generation:
Keimzellen

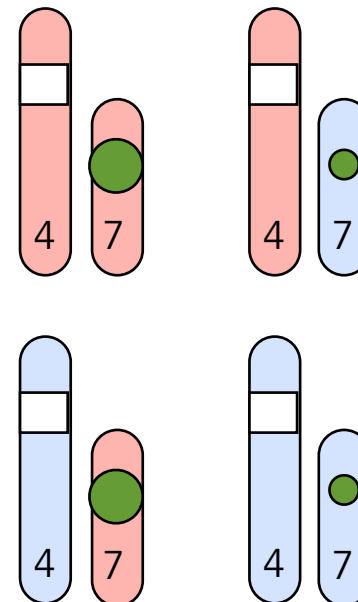
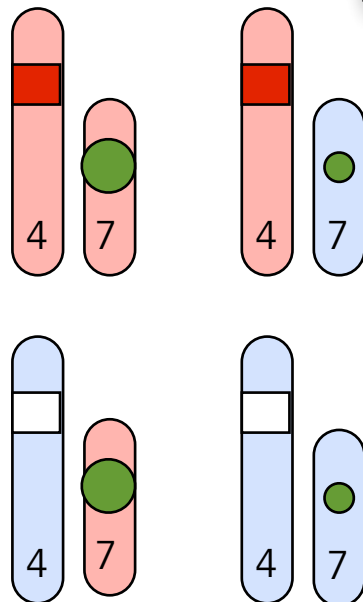


Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

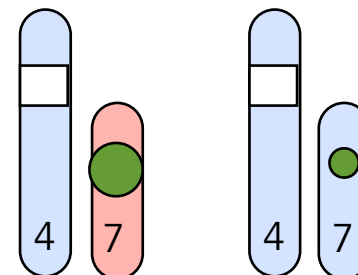
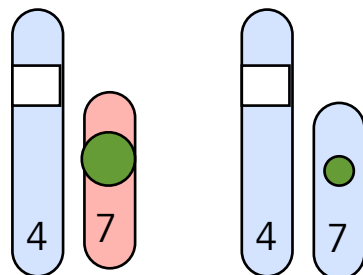
Genotypen der
P-Generation:
Körperzellen



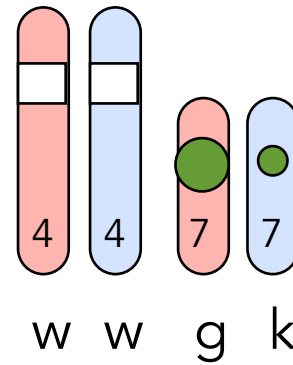
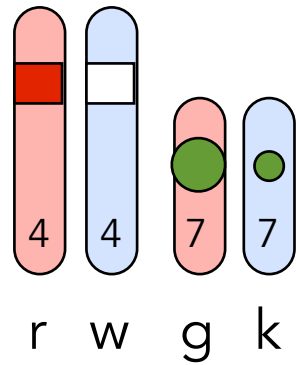
Wie könnte man diese Übersicht vereinfachen?



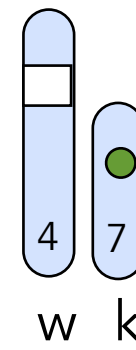
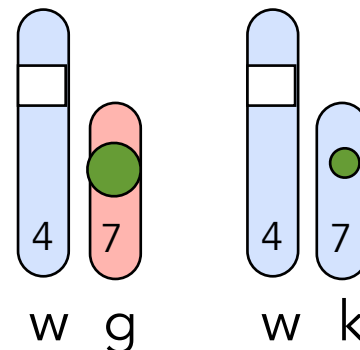
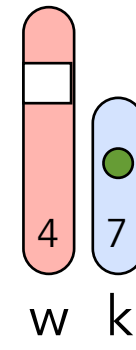
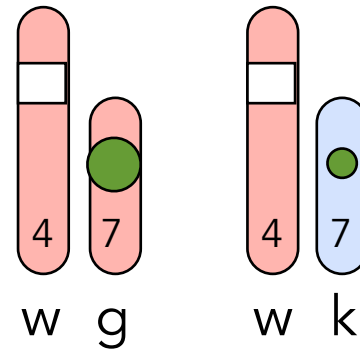
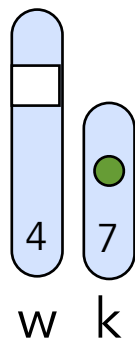
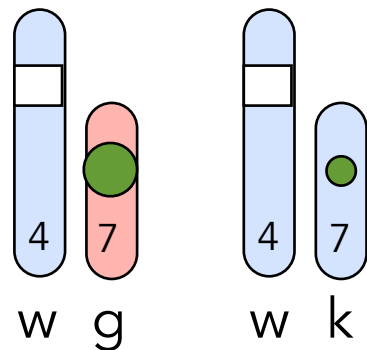
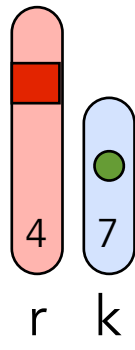
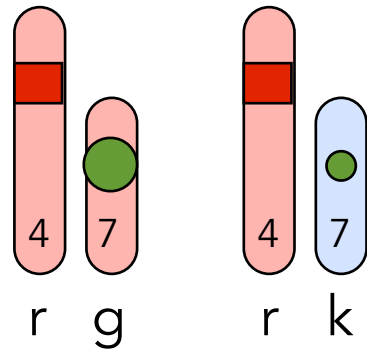
Genotypen der
P-Generation:
Keimzellen



Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel



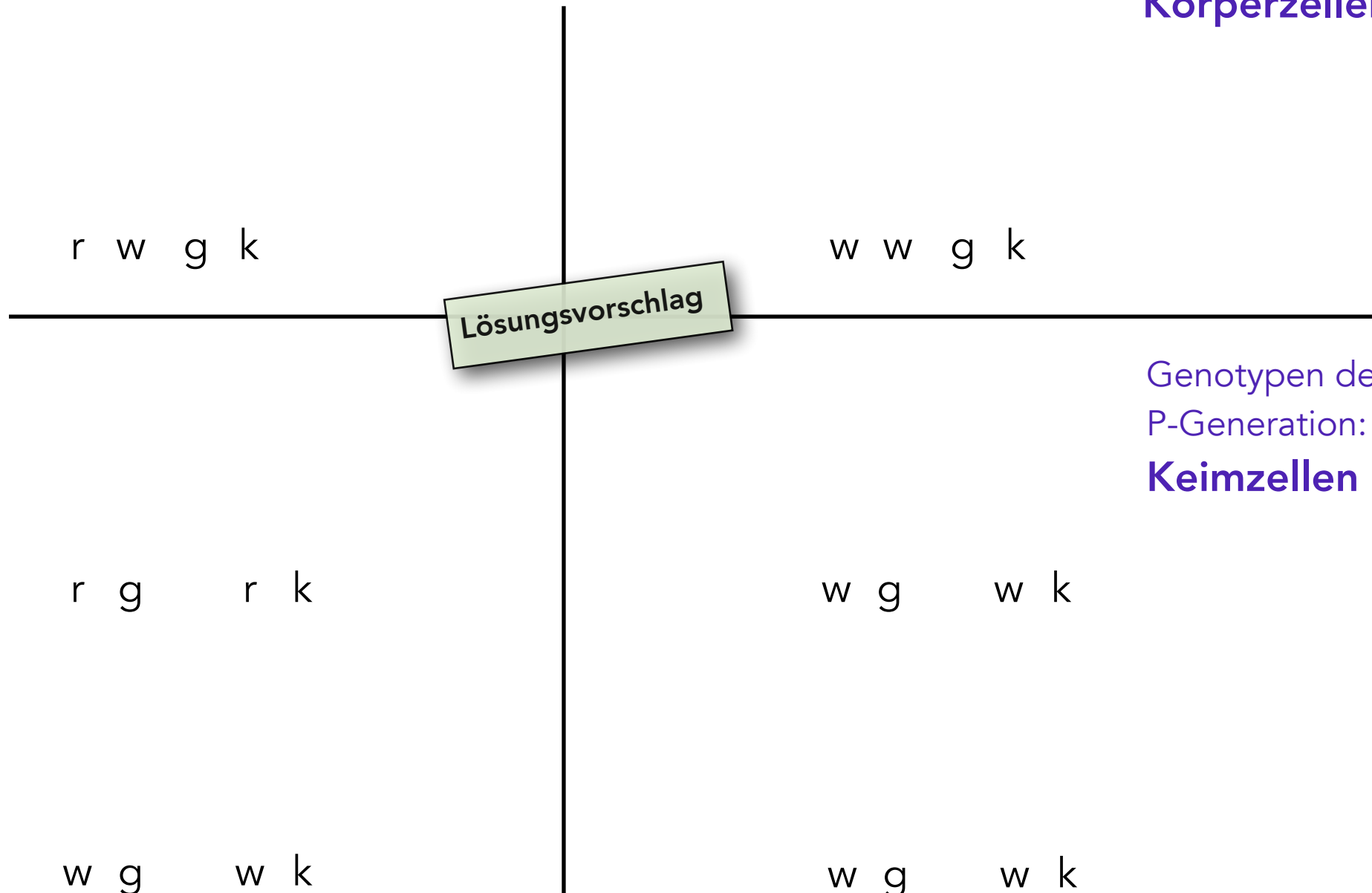
Lösungsvorschlag



Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

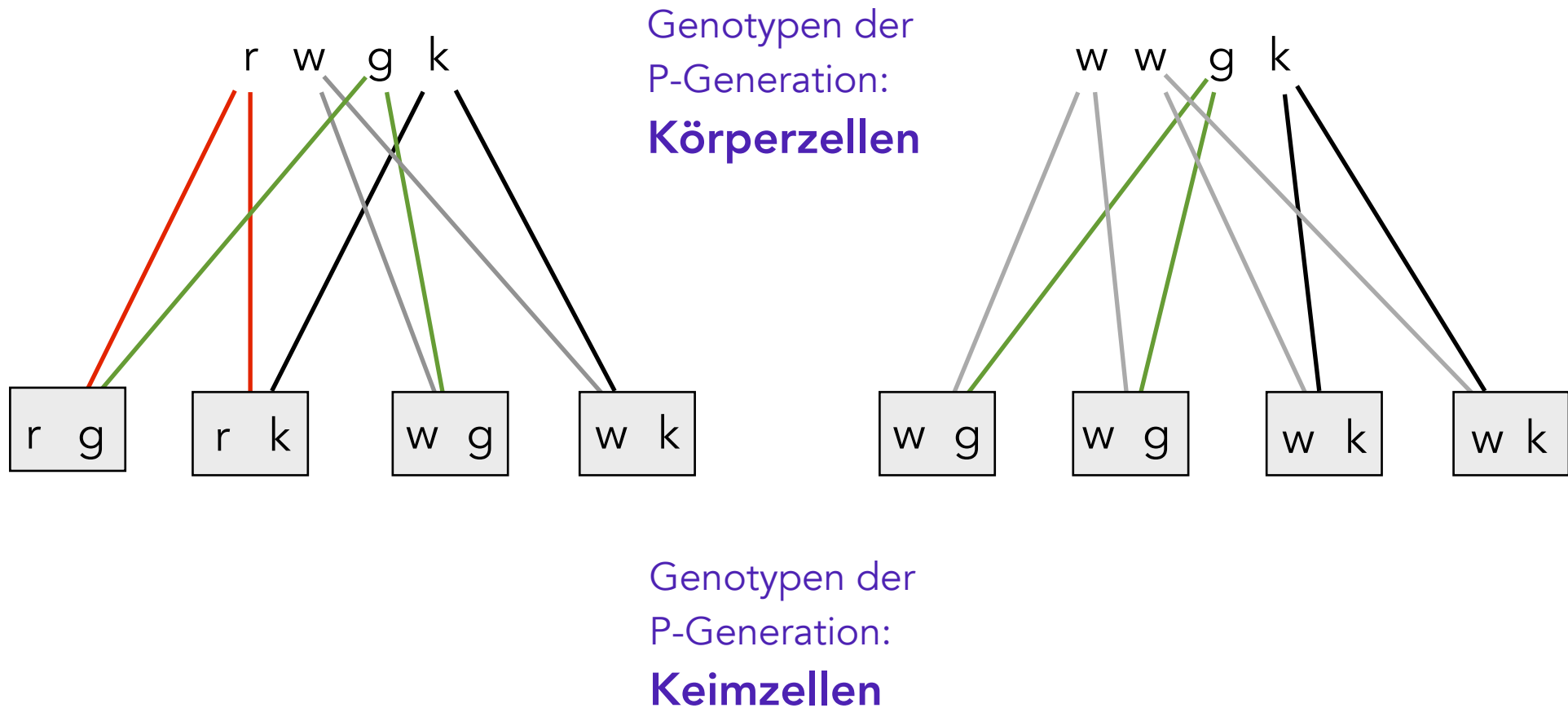
Genotypen der
P-Generation:
Körperzellen

Genotypen der
P-Generation:
Keimzellen



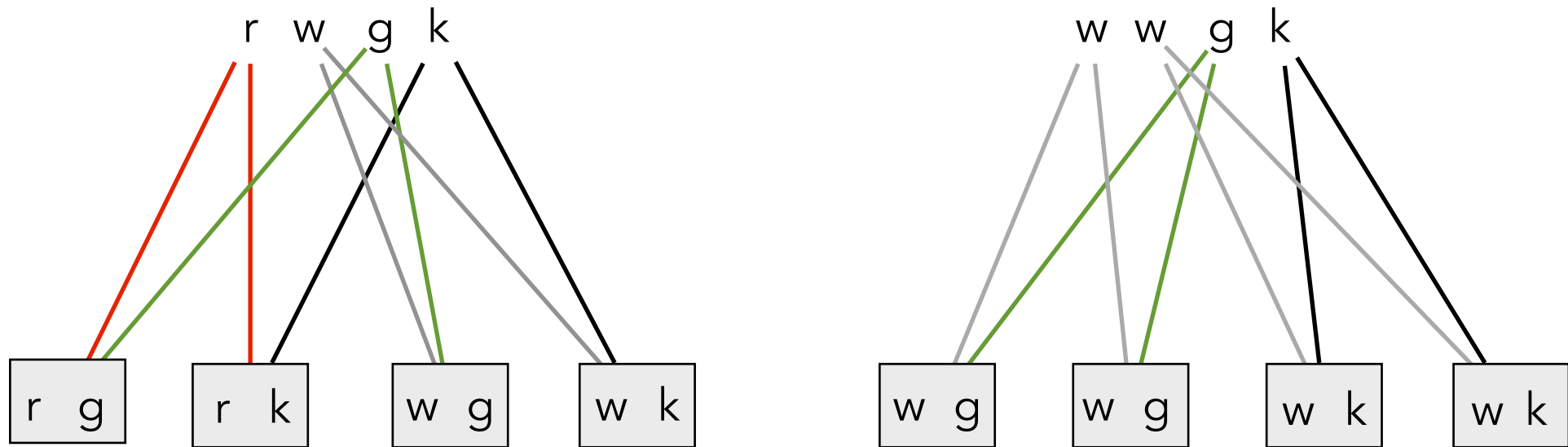
Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

Die in Schulbüchern übliche Darstellung



Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

Die in Schulbüchern übliche Darstellung



Listen Sie alle möglichen **Zygoten*** auf, die hier entstehen können.

Gehen Sie systematisch vor!

*Zygoten = befruchtete Eizellen.

Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

Bildung der Zygoten

w g w g w k w k

r g

r k

w g

w k

Die möglichen Keimzellen der P-Generation übersichtlich darstellen.

Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

Bildung der Zygoten

	w g	w g	w k	w k
r g				
r k				
w g				
w k				

Die möglichen Keimzellen der P-Generation übersichtlich darstellen.

Am besten als Tabelle.

Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

Bildung der Zygoten

	w g	w g	w k	w k
r g	r g	r g	r g	r g
r k	r k	r k	r k	r k
w g	w g	w g	w g	w g
w k	w k	w k	w k	w k

Die Genotypen des einen Elters in die Spalten eintragen.

Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

F₁ Genotypen

	w g	w g	w k	w k
r g	r g w g	r g w g	r g w k	r g w k
r k	r k w g	r k w g	r k w k	r k w k
w g	w g w g	w g w g	w g w k	w g w k
w k	w k w g	w k w g	w k w k	w k w k










Die Genotypen des anderen Elters in die Spalten eintragen.

Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

F₁ Genotypen

Bestimmen Sie nun die Phänotypen der F₁-Generation. **Intermediärer** Erbgang!

	w g	w g	w k	w k
r g	r g w g	r g w g	r g w k	r g w k
r k	r k w g	r k w g	r k w k	r k w k
w g	w g w g	w g w g	w g w k	w g w k
w k	w k w g	w k w g	w k w k	w k w k

-  rot, groß
-  rot, mittel
-  rot, klein
-  rosa, groß
-  rosa, mittel
-  rosa, klein
-  weiß, groß
-  weiß, mittel
-  weiß, klein

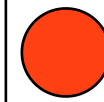
Dihybrider Erbgang - erstes Beispiel

F₁ Phänotypen



P-Phänotypen

	w g	w g	w k	w k
r g	r g w g 	r g w g 	r g w k 	r g w k
r k	r k w g 	r k w g 	r k w k 	r k w k
w g	w g w g 	w g w g 	w g w k 	w g w k
w k	w k w g 	w k w g 	w k w k 	w k w k



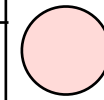
rot, groß



rot, mittel



rot, klein



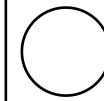
rosa, groß



rosa, mittel



rosa, klein



weiß, groß

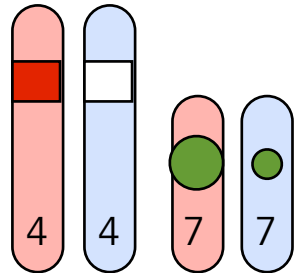


weiß, mittel

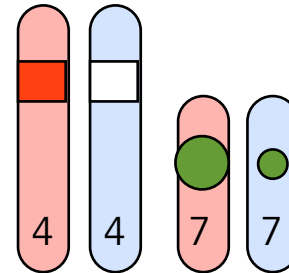


weiß, klein

Dihybrider Erbgang - zweites Beispiel



Pflanze mit rosa Blüten
und mittelgroßen Blättern



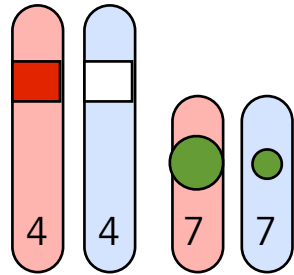
Pflanze mit rosa Blüten
und mittelgroßen Blättern

Annahme:

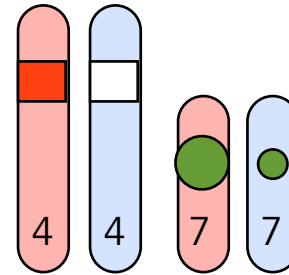
Das Merkmal "Blütenfarbe" soll sich auf Chromosom Nr. 4 befinden,
das Merkmal "Blattgröße" auf Chromosom Nr. 7.

Alle anderen Chromosomen und Merkmale werden hier nicht berücksichtigt.

Dihybrider Erbgang - zweites Beispiel



Pflanze mit rosa Blüten
und mittelgroßen Blät-
tern



Pflanze mit rosa Blüten
und mittelgroßen Blättern

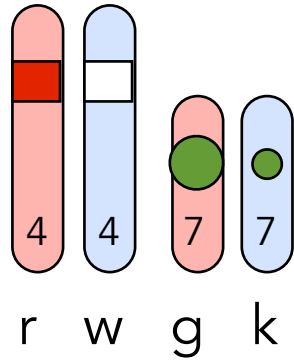
Annahme:

Das Merkmal "Blütenfarbe" soll sich auf Chromosom Nr. 4 befinden,
das Merkmal "Blattgröße" auf Chromosom Nr. 7 befinden.
Alle anderen Chromosomenpaare werden hier nicht berücksichtigt.

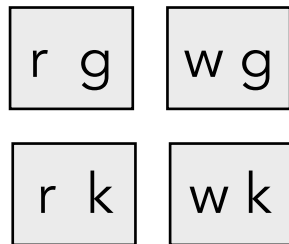
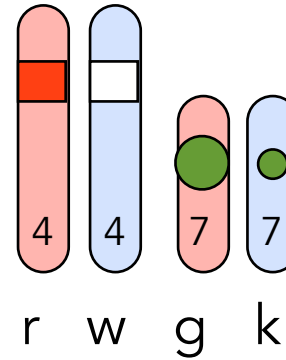
Listen Sie alle möglichen Zygoten auf, die
hier entstehen können.

Und bestimmen Sie die Phänotypen der F₁-
Generation.

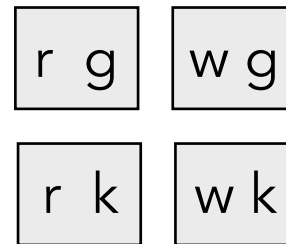
Dihybrider Erbgang - zweites Beispiel



Vereinfachung
durch Symbole



Die Keimzellen



Dihybrider Erbgang - zweites Beispiel

F₁ Genotypen


























Genotypen
aufstellen.

	r g	r k	w g	w k
r g	r g r g	r g r k	r g w g	r g w k
r k	r k r g	r k r k	r k w g	r k w k
w g	w g r g	w g r k	w g w g	w g w k
w k	w k r g	w k r k	w k w g	w k w k

Dihybrider Erbgang - zweites Beispiel

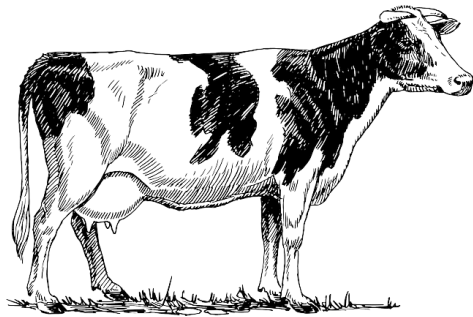
F₁ Phänotypen

Phänotypen
ermitteln.

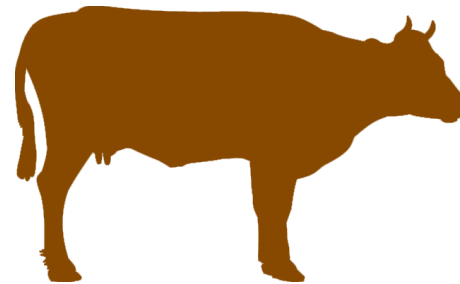
	r g	r k	w g	w k	
r g	r g r g 	r g r k 	r g w g 	r g w k 	 rot, groß  rot, mittel  rot, klein  rosa, groß  rosa, mittel  rosa, klein  weiß, groß  weiß, mittel  weiß, klein
r k	r k r g 	r k r k 	r k w g 	r k w k 	
w g	w g r g 	w g r k 	w g w g 	w g w k 	
w k	w k r g 	w k r k 	w k w g 	w k w k 	

Dihybrider Erbgang - drittes Beispiel

Bekanntes Rinder-Beispiel



S S g g



b b U U

S = schwarzes Fell, dominant

b = braunes Fell, rezessiv

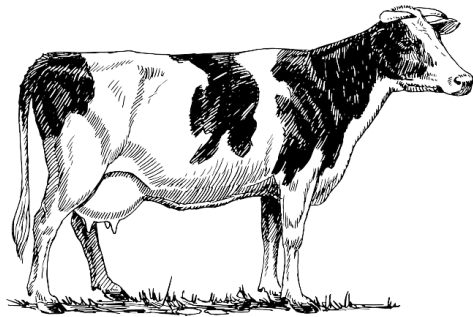
U = uniform, ungescheckt, dominant

g = gescheckt, rezessiv

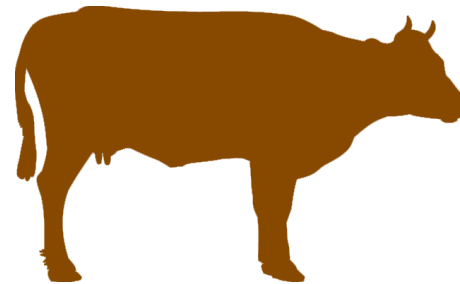
Ermitteln Sie die Genotypen und Phänotypen der F₁-Generation und der F₂-Generation.

Dihybrider Erbgang - drittes Beispiel

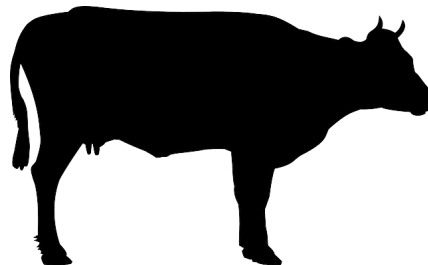
Bekanntes Rinder-Beispiel



$SSgg$



$bbUU$



$SbUg$

Genotypen und Phänotypen der F_1 -Generation
(1. MENDELSche Regel)

Dihybrider Erbgang - drittes Beispiel

Bekanntes Rinder-Beispiel


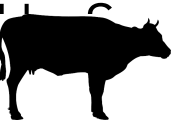
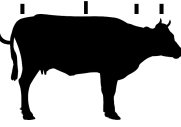
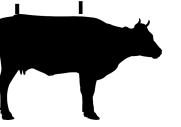


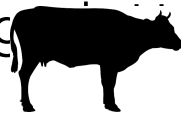



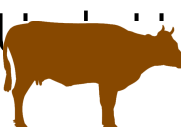
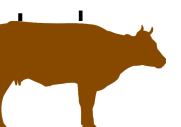



F₂-Genotypen aufstellen.

	S U	S g	b U	b g
S U	S U S U	S U S g	S U b U	S U b g
S g	S g S U	S g S g	S g b U	S g b g
b U	b U S U	b U S g	b U b U	b U b g
b g	b g S U	b g S g	b g b U	b g b g

Dihybrider Erbgang - drittes Beispiel

Bekanntes Rinder-Beispiel

F₂-Phänotypen ermitteln.

	S U	S g	b U	b g
S U	S U 	S g 	S U 	S g 
S g	S U 	S g 	S U 	S g 
b U	b U 	b g 	b U 	b g 
b g	b U 	b g 	b U 	b g 