

11

Neukombination von Genen bei der Fortpflanzung

11.1 Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung entstehen genetische Kopien

Bei der **ungeschlechtlichen Fortpflanzung** entstehen mitotisch Folgegenerationen, die genetisch identisch sind, es sei denn, es treten spontan Mutationen auf. Genetisch identische Lebewesen bilden einen **Klon**. In der Tierzucht kann man durch Embryosplitting Klone erzeugen, indem man nach den ersten Zellteilungen der **Zygote** diese Zellen voneinander trennt und in verschiedenen Leihmüttern zur Entwicklung bringt. Viel aufwendiger ist das Klonen eines bestimmten Individuums. Dessen Zellkern wird auf eine entkernte Eizelle übertragen und diese nach Stimulation der Embryonalentwicklung in einer Leihmutter ausgegogen.

In der Pflanzenzüchtung findet das **Klonen** verbreitete Anwendung. Dort wachsen einzelne einer Pflanze entnommene Meristemzellen in Gewebekulturen zu neuen Pflanzen heran.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 66 „Klonen lässt sich auch über Artgrenzen hinweg praktizieren“

11.2 Meiose und Befruchtung kennzeichnen die geschlechtliche Fortpflanzung

Bei der **geschlechtlichen Fortpflanzung** werden die väterlichen und die mütterlichen Gene neu kombiniert. Die **haploiden** (n) männlichen und weiblichen Keimzellen entstehen aus **diploiden** ($2n$) **Urkeimzellen** durch **Meiose**. Die Meiose umfasst zwei Zellteilungen: Zunächst werden die **homologen** Chromosomen getrennt und zufällig auf zwei Tochterzellkerne verteilt. Vor der Trennung kann es in der Chromosomentetrade zum Stückaustausch zwischen väterlichen und mütterlichen Chromatiden, dem **Crossingover**, kommen. Die Zellkerne der entstehenden Tochterzellen machen dann eine mitotische Teilung durch, sodass letztlich vier haploide Chromosomensätze mit 1-Chromatid-Chromosomen vorliegen. Das führt bei der Spermienbildung zu vier haploiden Spermienzellen, bei der Eizellbildung zu einer cytoplasmareichen Eizelle und zu Polkörperchen verkümmerten Tochterzellen. Bei der **Befruchtung** entsteht dann eine diploide **Zygote** mit neu kombinierten Genen. Im Entwicklungszyklus wechseln so haploide und diploide Phasen ab. Bei vielen Organismen ist die haploide Phase lang und trägt durch ungeschlechtliche Fortpflanzung zur Vermehrung bei. Das ist z. B. bei vielen haploiden Algen und Pilzen der Fall, die sich durch haploide mitotisch erzeugte Sporen vermehren. Im haploiden Organismus wirkt sich jedes Gen im **Phänotyp** aus.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 67 „Der zeitliche Ablauf der Meiose bei Mann und Frau unterscheidet sich“

11.3 Die Rekombination von Genen führt zur Variabilität innerhalb der Art

Bei der Bildung haploider Keimzellen aus diploiden Urkeimzellen gibt es 2^n mögliche Keimzelltypen. Dabei steht n für die Anzahl homologer Chromosomenpaare, auf denen die homologen Gene in unterschiedlichen **Allelen** vorliegen. Bei der Befruchtung gibt es bei n Chromosomen pro Keimzelle dann $2^n \cdot 2^n$ Kombinationsmöglichkeiten. Das ist die Grundlage der großen genetischen Variabilität innerhalb der Arten.

11.4 Vererbungsregeln beschreiben Merkmalsverteilungen in den Generationen

MENDELS Vererbungsregeln beschreiben die Merkmalsverteilung in den Folgegenerationen nach Kreuzung reinerbigiger Erbsensorten. Die **Uniformitätsregel** besagt, dass die 1. Filialgeneration bei reinerbigen Eltern, die sich in einem Merkmal unterscheiden, in diesem Merkmal uniform ist. Entweder zeigt die F_1 die Merkmalsausprägung eines Elters. Diese Merkmalsausprägung ist dann die **dominante**, die nicht mehr auftretende die **rezessive**. Oder es tritt eine mittlere Ausprägung auf, dann spricht man von einem **intermediären** Erbgang. Die **Spaltungsregel** besagt, dass bei Kreuzung der F_1 -Generation untereinander die Nachkommen in einem bestimmten Zahlenverhältnis die Merkmale der Eltern zeigen. Beim **monohybriden**, dominant-rezessiven Erbgang beträgt das Zahlenverhältnis 3:1, beim intermediären 1:2:1. Beim **dihybriden** Erbgang mit zwei betrachteten Merkmalen spalten nach der **Unabhängigkeitsregel** in der F_2 -Generation die Merkmale unabhängig voneinander auf, es entstehen neue Kombinationen.

MENDEL schloss aus der Vielzahl seiner Daten auf Erbanlagen, die von Generation zu Generation weitergegeben werden und von denen die Körperzellen zwei, die Keimzellen jeweils nur eine haben. Er nahm an, dass eine dominante Erbanlage eine rezessive überdecken kann und dass die Erbanlagen neu kombiniert werden können. MENDEL formulierte seine Regeln zu einer Zeit, zu der die Erkenntnisse der Zellbiologie zum Verhalten der

11

Neukombination von Genen bei der Fortpflanzung

Chromosomen während Meiose und Befruchtung sowie die Existenz der Gene noch nicht bekannt waren. Die Erbanlagen entsprechen den **Allelen** eines Gens. Im homozygoten **Genotyp** tritt das entsprechende Merkmal immer auf, ob dominant oder rezessiv. Im heterozygoten Genotyp wird der **Phänotyp** von dem Allel bestimmt, das das dominante Merkmal hervorruft, oder beide Allele bewirken gemeinsam (**codominant**) eine intermediäre Merkmalsausprägung. Bei der Keimzellbildung gelangt von jedem Gen jeweils nur ein Allel in die haploide Keimzelle, und bei der Befruchtung entstehen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit verschiedene Allelkombinationen. Die Häufigkeit der unterschiedlichen Allelkombinationen lässt sich mithilfe von Kreuzungsquadraten vorhersagen, wenn der Erbgang bekannt ist.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 68 „Verschiedene Gene können bei der Ausprägung einer Eigenschaft interagieren“

11.5 Nicht alle Gene werden unabhängig voneinander vererbt

Liegen mehrere Gene auf einem Chromosom, so können sie nicht unabhängig voneinander vererbt werden. **MORGAN** machte Kreuzungsexperimente mit verschiedenen **Mutanten** des Modelltiers der Genetik, der Taufliege *Drosophila*. Er züchtete zunächst homozygote Ausgangslinien mit vom **Wildtyp** abweichenden Merkmalen. Er konnte durch **Rückkreuzung** mit einem Träger des rezessiven Merkmals feststellen, ob Individuen dieser Ausgangslinien homozygot waren. Die Merkmalsverteilung in den Folgegenerationen stimmte bei dihybriden Kreuzungen mit **MENDELS** Ergebnissen nicht überein, wenn die betrachteten Gene auf einem Chromosom lagen, also gekoppelt waren. Da Kopplungsbrüche durch Crossingover auftreten und deren Häufigkeit vom Abstand der Gene auf dem Chromosom abhängt, ermöglichen die Daten eine Genkartierung.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 69 „Variabilität wird durch Platztausch der Gene in der Meiose erreicht“

11.6 Prokaryoten kennen keine Meiose, aber andere Wege der Rekombination

Bakterien vermehren sich ungeschlechtlich durch Teilung. Unabhängig von der Vermehrung treten auch bei Bakterien Rekombinationsvorgänge auf, die das genetische Material neu mischen. Bei der **Transformation** gelangt DNA aus der Umgebung in die Zelle und wird in die Bakterien-DNA integriert. Bei der **Transduktion** wird durch einen Phagen DNA übertragen oder auch mitgenommen. Bei der **Konjugation** bildet ein Bakterium, das ein **F-Plasmid** besitzt, eine Plasmabrücke, durch die das Plasmid übertragen werden kann.