

AB I: Informationstext zur Meiose

Allgemeines zur Meiose

Grundsätzlich findet die Meiose bei allen Tieren und Pflanzen mit geschlechtlicher Fortpflanzung statt. Der Vorgang, bei dem die Geschlechtszellen (Keimzellen oder Gameten) gebildet werden, heißt Meiose.

Vor der Befruchtung muss der diploide Chromosomensatz der meisten höher entwickelten Lebewesen durch eine besondere Zellteilung, die Meiose (meiosis, griech. = Minderung), auf einen einfachen Chromosomensatz reduziert werden. Ähnlich wie bei der Mitose geht auch der Meiose eine Verdopplung der DNA voraus.

Zu Beginn der Meiose liegen in jeder Zelle zwei Chromosomensätze vor, wobei die Chromosomen aus jeweils zwei Chromatiden bestehen (4C). Die Meiose umfasst zwei Teilungsschritte (Meiose I und Meiose II), bei denen die Chromatiden zufällig auf vier Keimzellen ($1n$, 1C) verteilt werden. In der Meiose I werden die homologen Chromosomen auf zwei haploide Tochterzellen verteilt ($1n$, 2C). Die genetische Information wird dabei neu kombiniert. In der Meiose II werden die Schwesterchromatiden an den Centromeren getrennt und auf bis zu vier haploide Keimzellen verteilt.

Männliche und weibliche Keimzellen differenzieren sich anschließend unterschiedlich. Beim Mann entwickeln sich aus den in der Meiose gebildeten Zellen jeweils vier begeißelte Spermien. Bei der Frau wird während der beiden meiotischen Teilungen das Zellplasma ungleich verteilt. Als Ergebnis entstehen aus der Ursprungszelle eine große Zelle, die zukünftige Eizelle und drei sehr kleine Zellen, die nahezu kein Zellplasma enthalten und Polkörperchen genannt werden.

Ziel der Meiose ist zum einen die Reduktion des diploiden Chromosomensatzes und zum anderen die Neukombination (Rekombination) der Gene.

Die Rekombination geschieht einerseits bei der zufälligen Verteilung der homologen Chromosomen auf die Keimzellen in der Anaphase I und II (interchromosomale Rekombination). Andererseits erfolgt ein Austausch von DNA-Abschnitten zwischen Chromosomen während der Prophase I. Dieser Stückaustausch wird Crossing-over genannt und dient der intrachromosomalen Rekombination. Beide Rekombinationsvorgänge erklären die genetische Variabilität der Nachkommen und sind somit entscheidend für evolutive Prozesse.

Ablauf der Meiose- Unterteilung der Vorgänge in Einzelphasen

Die Abläufe der Meiose I und II werden in verschiedene Phasen unterteilt:

Interphase I: In der Interphase vor der Meiose wird das genetische Material jedes Chromosoms verdoppelt ($2n$, 2 Chromatiden = 4 Chromatiden). Jedes Chromosom besteht aus zwei genetisch identischen Schwesterchromatiden, die durch Centromere verbunden sind.

Prophase I: Die Chromosomen verdichten sich (kondensieren) in der lang andauernden Prophase I. Diese Phase kann mehr als 90% der Gesamtzeit der Meiose einnehmen. Danach erfolgt der Vorgang der Synapsis in dem sich homologe Zweichromatid-Chromosomen väterlicher und mütterlicher Herkunft zu Paaren zusammenlegen. Dadurch bilden sich sogenannte Tetraden (tetra = vier). An zahlreichen Stellen kreuzen sich nun Chromatiden homologer Chromosomen, die Überkreuzungsstellen heißen Chiasmata (singular: Chiasma). Hier findet ein Austausch von Chromatiden-Bruchstücken zwischen den Chromosomen, das sogenannte Crossing-over, statt. Durch Kombination von Genen mütterlichen und väterlichen Ursprungs wird die Variabilität erhöht. Im weiteren Verlauf bilden sich die Spindelfasern. Kernmembran und Kernkörperchen (Nucleoli) lösen sich auf.

Metaphase I: Die gepaarten und durch Crossing-over rekombinierten Chromosomen ordnen sich beiderseits der Äquatorialebene an. Die Spindelfasern des jeweiligen Pols verbinden sich mit dem Centromer des Chromosomenpaars.

Anaphase I: Die Chromosomenpaare trennen sich und werden mithilfe des Spindelfaserapparates zu den Zellpolen transportiert. Dabei werden die Partner zufällig auf die Pole verteilt.

Telophase I und Cytokinese: An den Zellpolen können Kernhüllen um die Zweichromatid-Chromosomen entstehen und sich Nucleoli bilden. An jedem Pol befindet sich nun ein haploider Chromosomensatz, aber jedes Chromosom besteht immer noch aus zwei Chromatiden ($1n$, $2C$). Die Chromosomen entspiralisieren (dekondensieren) nur geringfügig und sind somit mikroskopisch noch zu erkennen. Sie verdoppeln (replizieren) nicht.

Prophase II: Die Zweichromatid-Chromosomen werden deutlich sichtbar und kondensieren erneut (s. Prophase I), die gegebenenfalls neu gebildete Kernhülle zerfällt wieder. Es bilden sich neue Spindelfasern und ziehen die Zwei-Chromatid-Chromosomen zur Mitte der Zelle.

Metaphase II: Die Zweichromatid-Chromosomen ordnen sich in der Äquatorialebene an und sind über den Spindelapparat mit den Polen verbunden.

Anaphase II: Die Schwesterchromatiden trennen sich am Centromer und werden zu den entgegengesetzten Zellpolen transportiert, sie sind nun zu neu rekombinierten Chromosomen geworden ($1n$, $1C$).

Telophase II und Cytokinese: An den Zellpolen wird jeweils eine neue Kernmembran gebildet. Die Chromosomen verlieren nun ihre kondensierte Form. Das Cytoplasma wird auf die entstehenden Tochterzellen aufgeteilt und die Zellen durch neue Membranen vollständig getrennt. Es sind vier Tochterzellen entstanden, wovon jede einen haploiden Chromosomensatz besitzt ($1n$, $1C$).