

Kapitel 9

Systeme der Zellreproduktion

- Die Zellteilung bei einem Lebewesen ist notwendig für Fortpflanzung, Wachstum und Regeneration.
Siehe Abbildung 9.1
- Die Zellteilung muss durch ein Reproduktionssignal eingeleitet werden. Sie umfasst drei Schritte: Replikation des genetischen Materials (der DNA), Segregation der beiden DNA-Moleküle in zwei getrennte Zellbereiche und die Cytokinese, das heißt die Teilung des Cytoplasmas.
- Bei Prokaryoten ist die zelluläre DNA ein einziges Molekül oder Chromosom. Prokaryoten pflanzen sich durch Zellspaltung fort.
[Siehe Abbildung 9.2](#)
- Bei Eukaryoten teilen sich die Zellen entweder durch Mitose oder Meiose.

Interphase und die Regulation der Zellteilung

- Der mitotische Zellzyklus umfasst zwei Hauptphasen: die Interphase (während der sich die Zellen nicht teilen) und die Mitose (in der die Zellteilung erfolgt).
- Während des größten Teils des Zellzyklus befindet sich die Zelle in der Interphase, die in drei Unterphasen gegliedert wird: G1, G2 und S. Die DNA wird in der S-Phase repliziert.
[Siehe Abbildung 9.3](#)
- Cyclin-Cdk-Komplexe regulieren den Durchgang der Zellen durch die Kontrollpunkte des Zellzyklus. Am wichtigsten ist der R-Punkt in der G1-Phase, an dem entschieden wird, ob der Rest des Zyklus durchlaufen wird.
[Siehe Abbildung 9.4](#)
- Zusätzlich zu den zellinternen Cyclin-Cdk-Komplexen gibt es auch eine äußere Regulation; beispielsweise können Wachstumsfaktoren und Hormone die Zelle anregen, in den Teilungszyklus einzutreten.

Eukaryotische Chromosomen

- Ein eukaryotisches Chromosom enthält ein DNA-Molekül, das an Proteine (Histone) gebunden ist; diesen Komplex bezeichnet man als Chromatin. Bei der Mitose werden die replizierten Schwesterchromatiden am Centromer zusammengehalten. Jedes Chromatid besteht aus einem doppelsträngigen DNA-Molekül.
Siehe Abbildung 9.5
- Während der Interphase ist die DNA im Chromatin um Histonkerne gewunden und bildet auf diese Weise Nucleosomen. Die DNA ist vielfach gefaltet und so in den Zellkern gepackt. Während der Mitose oder der Meiose ist die DNA noch stärker gefaltet.
[Siehe Abbildung 9.6](#)

Mitose: Die Verteilung von genauen Kopien der genetischen Information

- Nach der Replikation der DNA während der S-Phase ist das erste Anzeichen der Mitose die Trennung der replizierten Centrosomen, was die Bildung der Mikrotubuli für die Mitosespindel in Gang setzt.

- Die Mitose lässt sich in verschiedene Phasen einteilen, die man als Prophase, Prometaphase, Metaphase, Anaphase und Telophase bezeichnet.
- In der Prophase kondensieren die Chromosomen und erscheinen als Schwesterchromatidenpaar, außerdem bildet sich die Mitosespindel.
[Siehe Abbildung 9.7](#) und [Aktivität 9.1](#)
- In der Prometaphase bewegen sich die Chromosomen zur Mitte der Spindel. In der Metaphase sammeln sie sich in der Mitte der Zelle, wobei die Centromere in der Äquatorialplatte liegen. Am Ende der Metaphase trennen sich die Centromere, welche die Schwesterchromatiden zusammenhalten, und in der Anaphase wandert jedes Chromatid, das man nun als Tochterchromosom bezeichnet, unter Verkürzung seiner Spindelfaser zu seinem Pol.
[Siehe Abbildung 9.8](#) und [Aktivität 9.2](#)
- Cohäsin hält die Schwesterchromatiden zusammen, vom Zeitpunkt ihrer Entstehung bei der DNA-Replikation bis zum Beginn der Anaphase. Separin hydrolysiert Cohäsin, wenn die inhibitorische Untereinheit Securin hydrolysiert wird.
[Siehe Abbildung 9.9](#)
- In der Telophase nimmt die Dichte der Chromosomen ab. Die Kernhüllen und die Nucleoli bilden sich neu; so entstehen zwei Zellkerne, deren Chromosomen untereinander und mit den Chromosomen der Ausgangszelle identisch sind.
[Siehe Tutorium 9.1](#)

Cytokinese: Die Teilung des Cytoplasmas

- Auf die Teilung des Zellkerns folgt normalerweise die Cytokinese. Bei Tieren teilt sich das zelluläre Cytoplasma im Allgemeinen durch eine Einschnürung der Plasmamembran, die dadurch entsteht, dass sich ein Ring aus cytoplasmatischen Mikrofilamenten zusammenzieht. Bei Pflanzenzellen erfolgt die Cytokinese über eine Fusion von Vesikeln und die Synthese einer Zellplatte.
Siehe Abbildung 9.10

Reproduktion: Geschlechtlich oder ungeschlechtlich

- Der Zellzyklus kann sich viele Male wiederholen, sodass ein Klon von genetisch identischen Zellen entsteht.
- Die ungeschlechtliche Fortpflanzung bringt ein neues Lebewesen hervor, das mit dem „Elter“ genetisch identisch ist. Jegliche genetische Variabilität ist das Ergebnis von Mutationen.
- Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung vereinigen sich zwei haploide Gametenzellen – jede von einem Elternteil – bei der Befruchtung zu einer genetisch eigenständigen diploiden Zygote.
[Siehe Abbildung 9.12](#) und [Aktivität 9.3](#)
- Bei Lebewesen, die sich geschlechtlich fortpflanzen, durchlaufen beim ausgewachsenen Organismus bestimmte Zellen eine Meiose. Bei diesem Vorgang erzeugt eine diploide Zelle haploide Gameten. Jede Gametenzelle enthält eine zufällige Auswahl von jeweils einem der Chromosomen aus den Homologenpaaren der ursprünglichen Zelle.
- Anzahl, Form und Größe der Chromosomen bestimmen den Karyotyp eines Lebewesens.
Siehe Abbildung 9.13

Miose: Eine zweifache Teilung des Zellkerns

- Die Meiose verringert die Anzahl der Chromosomen von diploid zu haploid. Dabei ist sichergestellt, dass jede haploide Zelle von jedem Homologenpaar ein Chromosom enthält und dass die

resultierenden Zellen genetisch unterschiedlich sind. Die Meiose umfasst zwei Teilungen des Zellkerns.

[Siehe Abbildung 9.14](#) und [Aktivität 9.4](#)

- Während der Prophase 1 der ersten meiotischen Teilung lagern sich die Paare der homologen Chromosomen zusammen, und es kann zwischen ihnen durch Crossing-over zu einem Austausch von genetischem Material kommen. In der Metaphase ordnen sich die gepaarten homologen Chromosomen in der Äquatorialplatte an.
[Siehe Abbildung 9.14](#) und [Abbildung 9.16](#)
- In der Anaphase I wandern die vollständigen Chromosomen, die jeweils zwei Schwesterchromatiden enthalten, zu den Polen. Am Ende der Meiose I sind zwei Zellkerne vorhanden, die jeweils eine haploide Anzahl von Chromosomen enthalten.
[Siehe Abbildung 9.14](#) und [Abbildung 9.17](#)
- In der Meiose II trennen sich die Schwesterchromatiden. Vor dieser Teilung findet keine DNA-Replikation statt, wobei die Teilung ansonsten einer Mitose gleicht. Das Ergebnis einer Meiose sind vier Zellen, die jeweils einen haploiden Chromosomensatz aufweisen.
[Siehe Abbildung 9.14](#) und [Abbildung 9.17](#)
- Durch das Crossing-over während der Prophase I und durch die zufällige Entscheidung, welches Chromosom eines Homologenpaares in der Anaphase I zu welchem Pol wandert, unterscheiden sich die haploiden Gametenzellen genetisch voneinander und von der Ausgangszelle. Je mehr Chromosomenpaare in einer diploiden Zelle vorhanden sind, desto größer ist die Vielfalt der Chromosomenkombinationen, die bei der Meiose entstehen.
[Siehe Abbildung 9.16](#), [Tutorium 9.2](#) und [Tabelle 9.1](#)

Fehler bei der Meiose

- Bei der Nichttrennung (Nondisjunktion) eines homologen Chromosomenpaares wandern beide zu demselben Pol. Möglich ist auch, dass sich ein homologes Chromosomenpaar zum erforderlichen Zeitpunkt nicht stabil zusammenlagert. Solche Ereignisse können dazu führen, dass ein Gamet ein zusätzliches Chromosom enthält, das dann einem anderen Gameten fehlt (Aneuploidie).
- Die Vereinigung eines Gameten mit abnormer Chromosomenzahl mit einem normalen haploiden Gameten bei der Befruchtung führt zu einer Aneuploidie und zu genetischen Anomalien (Aberrationen), die fast immer für den Organismus schädlich oder letal sind.
[Siehe Abbildung 9.18](#)
- Bei polyploiden Lebewesen können bei der Zellteilung Probleme auftreten. Die natürliche und die künstlich erzeugte Polyploidie ist eine Grundlage der modernen Landwirtschaft.

Zelltod

- Zellen können durch Nekrose absterben, oder sie zerstören sich selbst durch Apoptose (programmierten Zelltod). Dabei handelt es sich um eine genetisch vorprogrammierte Abfolge von Ereignissen, wobei die Zelle von ihren Nachbarn getrennt und ihre DNA im Zellkern fragmentiert wird.

[Siehe Abbildung 9.19](#) und [Tabelle 9.2](#)