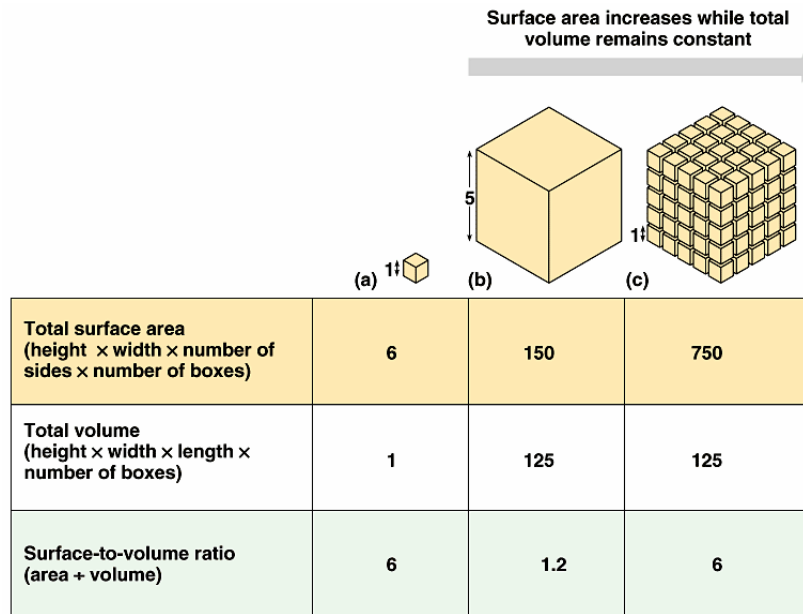


4.2 Struktur und Aufbau von Zellen

1. Zellen sind mikroskopisch klein. Weshalb?

Die Oberfläche einer Zelle muss im Verhältnis zu ihrem Volumen möglichst gross sein, damit der lebenswichtige Stoffaustausch über die Plasmamembran, welche die Zelle nach aussen abgrenzt, effizient ablaufen kann. Dieser Stoffaustausch ist durch die Oberfläche der Zelle begrenzt. Da bei einer Grössenzunahme der Zelle ihr Volumen proportional mehr als ihre Oberfläche wächst, wird das **Verhältnis von Oberfläche/Volumen für den Stoffaustausch** ungünstig (Abbildung 1). Deshalb besitzen auch grössere Organismen in der Regel keine grösseren, sondern mehr Zellen als kleinere Lebewesen.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Abbildung 1: Ein höheres Oberfläche/Volumen-Verhältnis begünstigt den Stoffaustausch

2. Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen.

Tierische und pflanzliche Zellen sind eukaryotische Zellen. Organellen, die sowohl in pflanzlichen als auch in tierischen Zellen vorkommen sind der Nukleus, der Golgi-Apparat, das endoplasmatische Retikulum, Ribosomen, Mitochondrien und die Plasmamembran.

Im Gegensatz zur tierischen Zelle findet man in der pflanzlichen Zelle Chloroplasten (Photosynthese-Ort), Vakuolen (Speicherung und Abbau von Abfallprodukten), eine Zellwand (bestehend aus Zellulose und anderen Polysacchariden zum Schutz vor mechanischen Schäden) und Plasmodesmata (Kanäle durch die Zellwand). Umgekehrt enthält die tierische

Zelle Lysosomen (Ort der Hydrolyse von Makromolekülen), Centrosom (Startstelle des Mikrotubuli-Aufbaus) und Flagellen (Fortbewegung), die in der pflanzlichen Zelle nicht vorhanden sind.

3. Benennen Sie die Strukturen A-D. Beschreiben Sie ihre Funktionen.

- A) Nucleus:** Der Zellkern ist das grösste Zellorganell in der eukaryotischen Zelle. Es wird durch eine Doppelmembran vom Cytosol abgegrenzt und enthält den grössten Teil des **genetischen Materials**, das für alle Vorgänge des Stoffwechsels, des Wachstums und der Entwicklung verantwortlich ist. Bei einer Zellteilung kondensiert das Chromatin (Struktur aus DNA und Proteinen) und die einzelnen Chromosomen werden sichtbar. Ihre Anzahl ist für jeden Organismus typisch (zB. Mensch: 46 Chromosomen). Zusätzlich zur Erbinformation enthält der Nukleus eine Struktur, die **Nukleolus** genannt wird. Sie ist für die **Synthese ribosomaler RNA** zuständig.
- B) Golgi-Apparat:** Den Golgi-Apparat kann man sich als grosse **Fertigungs-, Lager-, Sortier- und Versandzentrale** vorstellen. Hier werden die Produkte des ER abgewandelt, gespeichert und zu ihren Bestimmungsorten weiterbefördert. Der Golgi-Apparat ist auf Sekretion spezialisiert und besteht aus einem geschlossenen System von abgeflachten Membransäckchen, die in Stapeln übereinander geschichtet sind.
- C) Ribosom:** Die Ribosomen sind Organellen, welche aus ribosomaler RNA und Proteinen bestehen. Sie bestehen aus einer grossen und einer kleinen Untereinheit, welche erst in Gegenwart der mRNA zum vollständigen Ribosom zusammenlagern. Es gibt „freie“ und gebundene „Ribosomen“, die entweder im Cytosol verstreut vorliegen oder an das endoplasmatische Retikulum angeheftet sind. Sie sind für die **Proteinsynthese** verantwortlich.
- D) Mitochondrium:** Sie sind die „**Kraftwerke**“ der Zelle und produzieren in der Zellatmung aus Glucose und Sauerstoff durch oxidative Phosphorylierung den grössten Teil des zellulären ATP.

4. Erklären Sie die Funktion des Endomembransystems und zählen Sie auf, welche Organellen dazugezählt werden und welche nicht.

Das Endomembransystem ist ein geschlossenes System aus röhrenförmigen Strukturen und membranumhüllten Vesikeln und Lysosomen, das dem **Transport von synthetisierten Proteinen, Phospholipiden und Cholesterol** dient. Dazu gehören das endoplasmatische Retikulum (ER), der Golgi-Apparat, Lysosomen, Vakuolen und die Plasmamembran (Abbildung 2). Nicht dazugezählt werden die ebenfalls von Membranen umhüllten Mitochondrien, Chloroplasten und Peroxisomen, da ihre Proteine nicht im ER synthetisiert werden, sondern

durch eigene Ribosomen innerhalb der Organellen. Man spricht auch von semiautonomen Organellen.

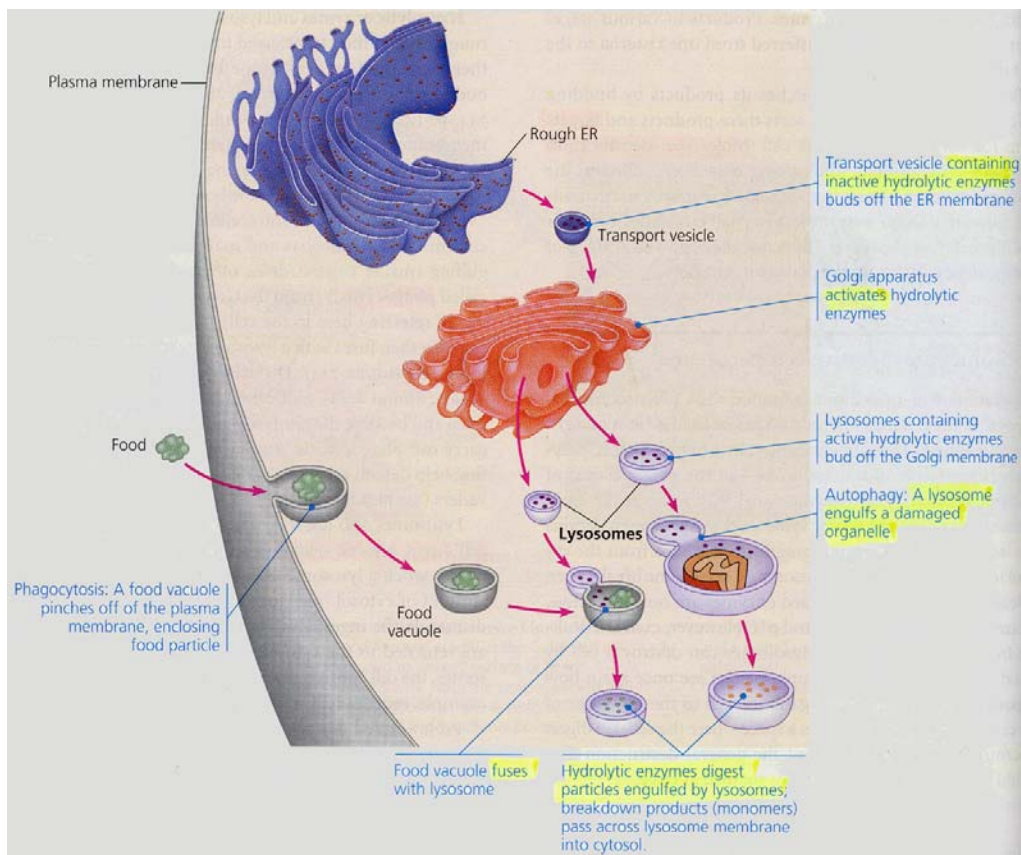
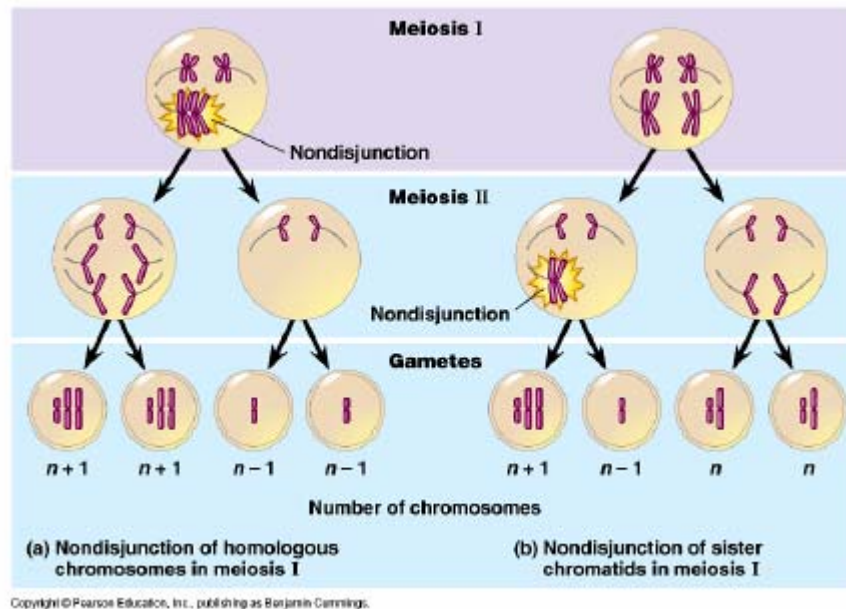


Abbildung 2: Das Endomembransystem und seine Komponenten

4.3 Wachstum und Vermehrung von Zellen

Ein Fehler in der Meiose kann zu einem Zustand führen, welcher Triploidie genannt wird. Dabei besitzt jede somatische Zelle 3 statt 2 Chromosomensets. Starten Sie mit einer diploiden Zelle mit $2n=4$ und zeigen Sie anhand einer schematischen Zeichnung, wie ein Fehler in der Meiose zur Triploidie ($3n=6$) führen kann.

**Abbildung 3:** Entstehung von Triploidie durch Nondisjunction.

Im Normalfall verteilt der meiotische Spindelapparat die Chromosomen korrekt auf die beiden Tochterzellen. Es gibt aber auch gelegentlich Fehler, die man als **Nondisjunction** bezeichnet. Ein solcher Fehler kann auf zwei verschiedene Arten entstehen: während der Meiose I, wenns sich ein homologes Chromosomenpaar nicht auftrennt oder während der Meiose II, wenn sich ein Schwesterchromatidenpaar nicht auftrennt. (Abbildung 3). Falls nun solche fehlerhaften Gameten bei der Befruchtung zusammenkommen, weist die Nachkommenschaft einen anormalen Chromosomensatz auf. Wenn ein Chromosom dreifach im befruchteten Ei vorliegt, spricht man von Trisomie. Ein bekanntes Beispiel dafür ist das Down Syndrom (Trisomie 21).

5. Erklären Sie kurz, wie die Mitose die Chromosomenzahl beibehält, während die Meiose sie halbiert.

Die Mitose unterscheidet sich in der Zahl der Zellteilungen von der Meiose. In der Mitose gibt es eine Zellteilung und in der Meiose zwei Zellteilungen.

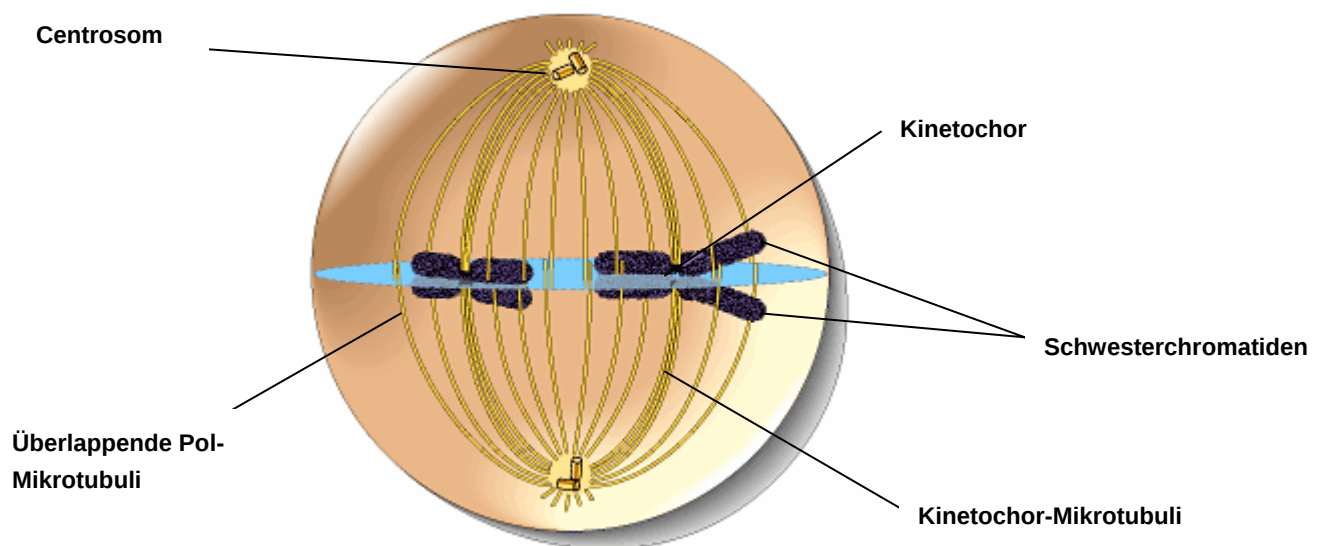
In der Vorbereitungsphase (Prophase I) der Meiose I beginnen sich die Chromosomen zu verdichten und die homologen Chromosomen finden sich zu Paaren zusammen (Synapsis). Jedes Chromosomenpaar ist als Tetrade angeordnet, die aus vier parallel angeordneten Chromatiden besteht. Diese homologen Chromosomen trennen sich und die Schwesterchromatiden bleiben zusammen. Diesen Vorgang findet man nur in der Meiose. Während der Meiose II trennen sich die Schwesterchromatiden voneinander. Diesen Vorgang findet man nur in der Meiose.

Das Produkt der Mitose sind zwei Tochterzellen, die beide diploid ($2n$) und genetisch identisch zur Mutterzelle sind. In der Meiose entstehen vier Tochterzellen, die jeweils halb so viele Chromosomen ($2n$) wie die Mutterzelle besitzen. Die Tochterzellen sind genetisch weder zur Mutterzelle noch untereinander identisch.

6. Was ist ein Kontrollpunkt? Erklären Sie den Begriff mit Hilfe eines Beispiels.

Ein Kontrollpunkt (Checkpoint) ist ein Punkt, an dem der Ablauf der Zellteilung im Zellteilungszyklus angehalten werden kann, bis die Bedingungen für die Zelle günstig sind, um zur nächsten Phase weiter zu gehen. So wird z.B. der Eintritt in die Mitose verhindert, solange die DNA-Replikation noch nicht abgeschlossen ist oder die Chromosomentrennung in der Mitose wird verzögert, wenn einige der Chromosomen noch nicht ordnungsgemäss an der Mitosespindel angeheftet sind.

7. Zeichnen und beschriften Sie einen Spindelapparat während der Metaphase. Welche Funktionen führt er bei der Zellteilung aus?



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Abbildung 4: Mitosespindel in der Metaphase

Die Mitosespindel besteht aus langen Fasern, die sich aus Mikrotubuli und mit ihnen assoziierten Proteinen zusammensetzen. Der Aufbau der Spindel-Mikrotubuli erfolgt während der Prophase in einem Organell, das Centrosom genannt wird. In der Interphase wird das Centrosom verdoppelt. Die dabei entstehenden Tochtercentrosomen liegen zu Beginn der Mitose nahe beim Nukleus, während der Mitose entfernen sie sich aber voneinander und kommen an entgegengesetzten Enden der Zelle zu liegen und bilden die Spindelpole. Während der Prometaphase zerfällt die Membran um den Nukleus und die Mikrotubuli aus den Centrosomen erhalten dadurch Zugang zu den Chromosomen und heften sich an eine Kinetochor genannte Struktur an (Abbildung 4). Während der Anaphase verkürzen sich die Kinetochor-Mikrotubuli und die Chromatide wandern in Richtung der beiden Zellpole.

8. Erklären Sie diese Begriffe mit eigenen Worten.

- a) **MPF:** „maturation promoting factor“ (M-Phase-Förderfaktor). MPF ist ein Proteinkomplex, den die Zelle benötigt, um von der späten Interphase zur Mitose überzugehen. Die aktive Form besteht aus Cyclin und der Proteinkinase Cdc2.
- b) **Cyclin:** Cyclin ist ein Regulatorprotein, dessen Konzentration zyklisch schwankt. Cycline aktivieren wesentliche Proteinkinasen (Cyclin-abhängige Kinasen, Cdk) und helfen, den Zellzyklus von Phase zu Phase zu kontrollieren.
- c) **Mitogen:** Eine extrazelluläre Substanz, z.B. ein Wachstumsfaktor, der die Zellvermehrung anregt.
- d) **Chromatid:** Ein Chromatid ist eine Kopie eines Chromosoms, die durch DNA-Replikation gebildet und am Centromer mit der anderen Kopie verbunden ist. Die beiden identischen Chromatiden werden Schwesterchromatide genannt.
- e) **Chromosom:** Struktur, die aus einem sehr langen DNA-Molekül und assoziierten Proteinen besteht und einen Teil (oder die gesamte) Erbinformation eines Organismus trägt. Sie ist während der Mitose und Meiose unter dem Lichtmikroskop als Stäbchenstruktur sichtbar.