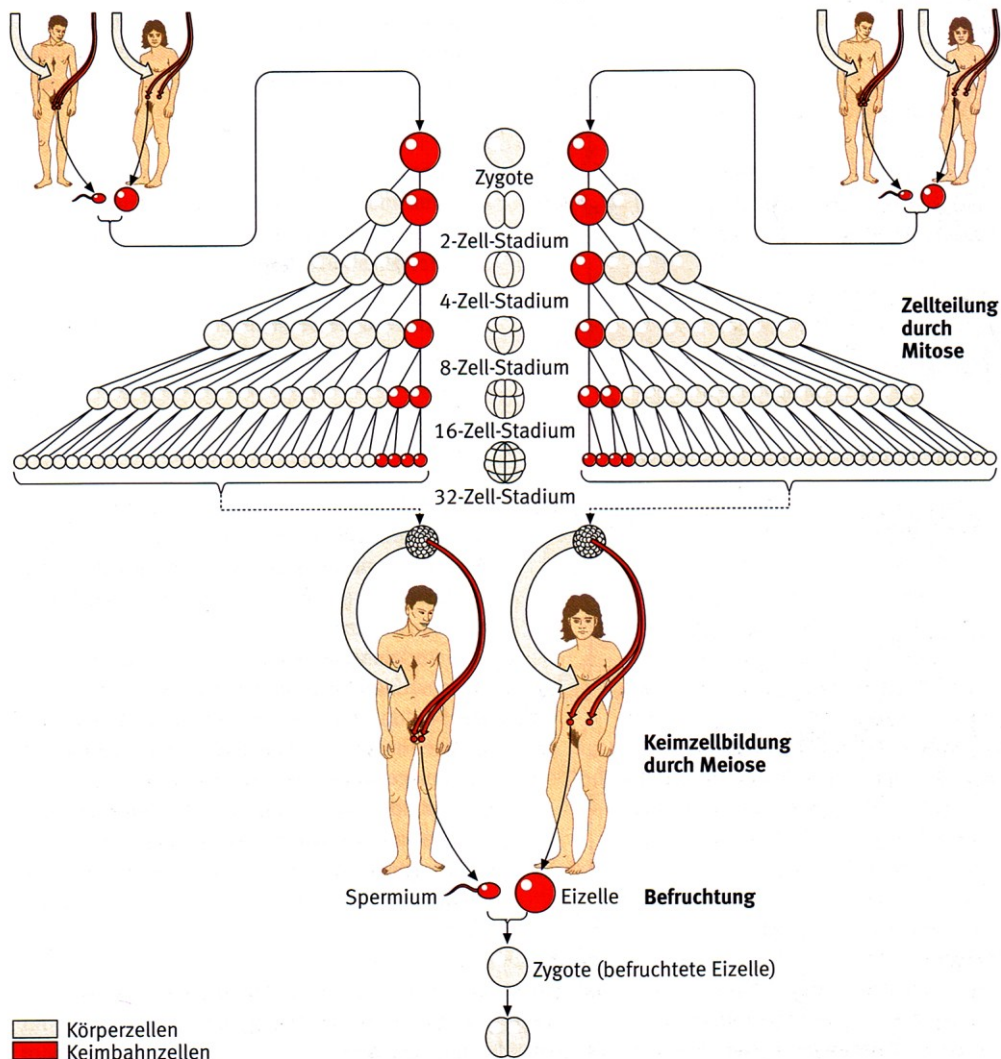
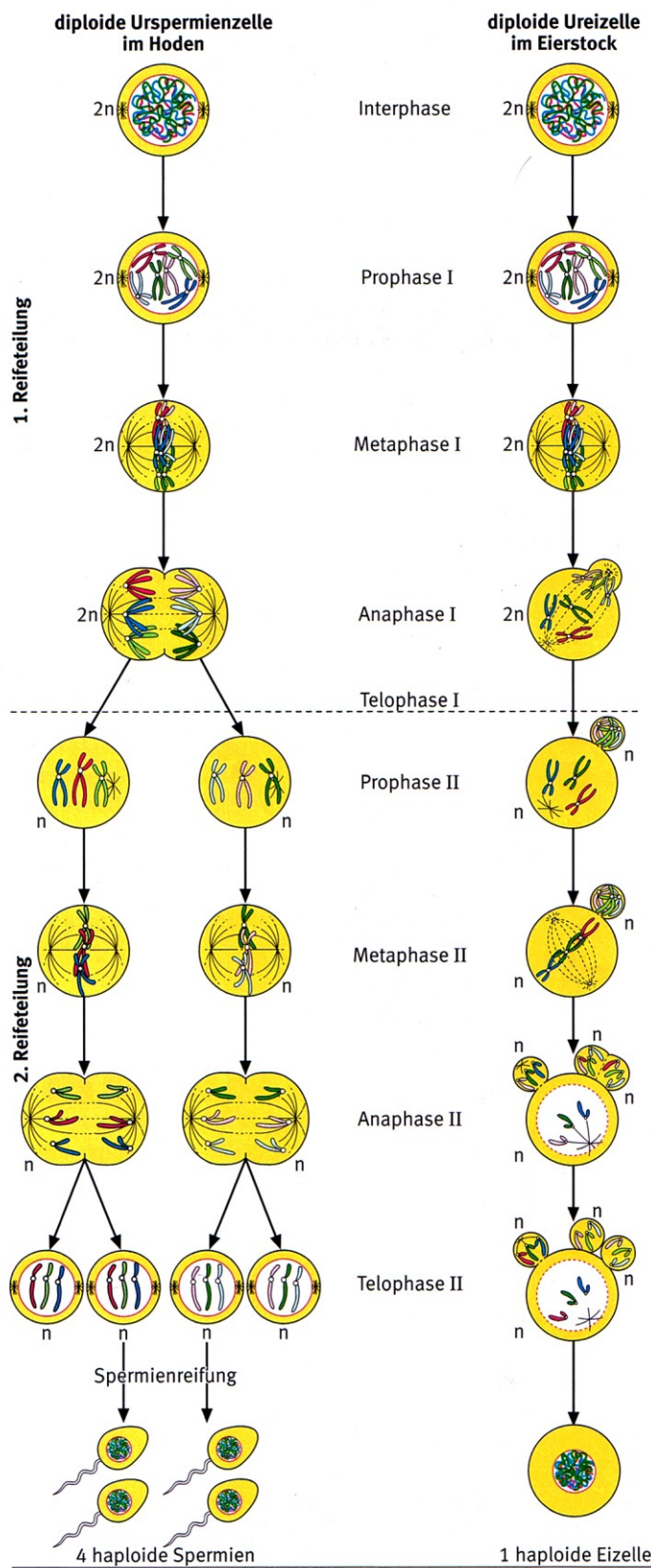


Bedeutung und Ablauf der Meiose

Bei der sexuellen Fortpflanzung von Pflanzen und Tieren verschmelzen eine Eizelle und eine Spermienzelle. Der entscheidende Vorgang ist dabei die Kombination von väterlichem und mütterlichem Erbgut. Beim Menschen entsteht bei der Verschmelzung von einem Eizell- und Spermienzellkern mit je 23 Chromosomen ein Kern mit 46 Chromosomen. Der neue Organismus ist diploid, wie die Eltern. Bei der Bildung der Geschlechtszellen, die auch **Keimzellen** genannt werden, muss der diploide Chromosomensatz auf den haploiden halbiert werden. Sonst würde sich die Chromosomenzahl von Generation zu Generation verdoppeln. Diese Halbierung erfolgt durch zwei aufeinanderfolgende Kernteilungen, die

Reifeteilung I und **Reifeteilung II**. Zusammen ergeben sie die **Meiose**, durch die haploide Ei- bzw. Spermienzellen gebildet werden. Schon sehr früh in der Embryonalentwicklung eines neuen Organismus entsteht die **Urkeimzelle**, die die Vorläuferzelle aller Ei- bzw. Spermienzellen des erwachsenen Organismus ist. Die Zellenfolge, die von der befruchteten Eizelle über die Urkeimzelle zu neuen Keimzellen führt, nennt man **Keimbahn**. Den Zellen der Keimbahn stellt man die somatischen Zellen (gr. *soma*, Körper) gegenüber. Körperzellen sterben beim Tod ab, während die Zellen der Keimbahn potenziell unsterblich sind. Die Keimbahn stellt die Grundlage von Vererbung und Verwandtschaft dar.





1. Reifeteilung:

Prophase I: Im Lichtmikroskop erkennt man lange Chromosomenfäden. Am Ende der Prophase I ist eine Längsspaltung in Zwei-Chromatiden-Chromosomen zu erkennen, sodass jetzt vier parallele Stränge vorliegen, die sich paarweise umeinander winden. Die Zwei-Chromatiden-Chromosomen werden entspiralisiert und dadurch verkürzt.

Metaphase I: Die Kernhülle ist zerfallen. Homologe Zwei-Chromatiden-Chromosomen, die in ihrer Länge und dem Ort der Centromere übereinstimmen, ordnen sich in der Äquatorialebene parallel zueinander an. Die beiden Chromatiden jedes Zwei-Chromatiden-Chromosoms werden noch am Centromer zusammengehalten. Die vier Chromatiden von zwei gepaarten Chromosomen heißen *Tetrade* (gr. *tetra*, vier). Bisweilen sieht man Überkreuzungen zwischen Chromatiden von unterschiedlichen, gepaarten Zwei-Chromatiden-Chromosomen. Diese Überkreuzung wird *Chiasma* (gr. *chiasma*, Kreuz) genannt. Von den Zellpolen ausgehende Spindelfasern binden an die Centromeren.

Anaphase I: Die gepaarten Zwei-Chromatiden-Chromosomen werden durch Verkürzung der Spindelfasern aufgeteilt und zu je einem Zellpol hingezogen.

Telophase I: Die Zellen teilen sich. Beim Mann entstehen dabei zwei gleich große, haploide Zellen, bei der Frau eine große und eine kleine Zelle, die *Polkörperchen* heißt. Beide Zellen sind ebenfalls haploid.

2. Reifeteilung:

Sie folgt unmittelbar auf die 1. Reifeteilung und entspricht einer Mitose. Die Zwei-Chromatiden-Chromosomen ordnen sich erneut in der Äquatorialebene an. Jetzt werden die Zwei-Chromatiden-Chromosomen durch die Verkürzung der Spindelfasern in zwei Chromatiden aufgetrennt. Neue Kernhüllen und Zellmembranen werden gebildet. Das Ergebnis der Meiose sind vier haploide Spermienzellen bzw. eine haploide Eizelle und drei haploide Polkörperchen, die absterben.

Daneben gibt es noch die Möglichkeit, dass am Ende der 2. Reifeteilung nur eine Eizelle und ein Polkörperchen vorliegen.

16.1 Meiose bei Tierzellen am Beispiel von drei homologen Zwei-Chromatiden-Chromosomen

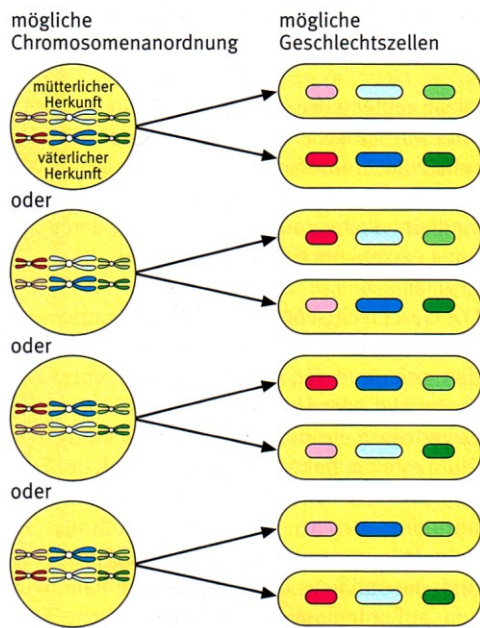
Der diploide Chromosomensatz eines Menschen besteht aus 23 mütterlichen und 23 väterlichen Chromosomen, die homolog sind, mit Ausnahme des männlichen Y-Chromosoms. Während der Metaphase I erfolgt eine zufällige Anordnung der homologen Chromosomen: Mal liegt ein Chromosom mütterlicher Herkunft oberhalb der Äquatorialebene, mal eines väterlicher Herkunft. Bei der Anaphase I und Telophase I ergeben sich dementsprechend mehrere Möglichkeiten der Chromosomenaufteilung auf die beiden Tochterzellen. So kommt es zur zufälligen Durchmischung von väterlichen und mütterlichen Chromosomen. Daraus ergeben sich sehr viele Möglichkeiten der Neukombination von Chromosomen.

Dieser Vorgang der Neukombination von Erbfaktoren wird **Rekombination** genannt. Da hier komplette Chromosomen umverteilt werden, nennt man diesen Prozess **interchromosomale Rekombination** (lat. *inter*, zwischen; lat. *recombinare*, wieder verknüpfen).

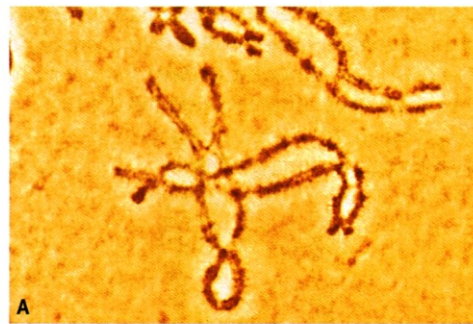
Während der Prophase I können bei einer Tetrade Chromatidenstücke zwischen homologen Zwei-Chromatiden-Chromosomen ausgetauscht werden, also zwischen Chromatiden väterlicher und mütterlicher Herkunft. Dieser Vorgang wird **Crossing-over** (engl. Überkreuzung) genannt. Er führt zur Neukombination von Chromatidenstücken zwischen homologen Chromosomen. Diese Umverteilung von Chromatidenstücken heißt **intrachromosomale Rekombination**.

Bei der intrachromosomalen Rekombination werden Chromatiden durchtrennt und „über Kreuz“ wieder verbunden. Im Laufe der weiteren Verdichtung der Chromosomen während der späten Prophase I und Metaphase I der Meiose können solche Überkreuzungen, Chiasmata, im Lichtmikroskop beobachtet werden. Chiasmata sind die sichtbaren Folgen eines molekularen Crossing-over Prozesses.

Die Folge der Meiose ist also nicht nur die Halbierung des Chromosomensatzes sondern auch eine Neuverteilung von mütterlichen und väterlichen Chromosomen- und Chromatidenstücken durch die inter- und intrachromosomale Rekombination. Dies ist ein entscheidender Vorgang für die Evolution und die Entstehung von Individuen mit neuen Merkmalskombinationen.

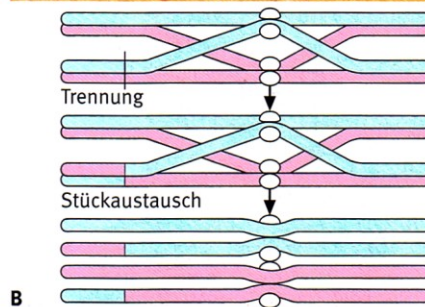


17.1 Interchromosomale Rekombination



17.2 Intrachromosomale Rekombination

A Mikroskopisch sichtbare Chiasmata;
B Stückaustausch durch Crossing-over



- 1 Den Wechsel vom diploiden zum haploiden Zustand des Zellkerns und umgekehrt nennt man Kernphasenwechsel. Beschreiben Sie den Kernphasenwechsel bei Tierzellen.
- 2 Berechnen Sie die Kombinationsmöglichkeiten homologer Chromosomen bei der menschlichen Keimzellbildung.
- 3 Stellen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Mitose und Meiose in einer Tabelle gegenüber. Berücksichtigen Sie folgende Punkte: Chromatidentrennung, Zahl der Zellteilungen, Phasen der Zellteilungen, Chromosomenzahl, Bedeutung für das Lebewesen.