

Verdrehte **VERPACKUNGSKUNST:** Wie zwei Meter DNA in einen Zellkern passen

» Sie sind die Träger der Erbinformationen: die Chromosomen. Jeweils 46 von ihnen drängen sich in jedem Kern einer menschlichen Zelle. Viel Platz haben sie dort nicht: Der Zellkern einer menschlichen Körperzelle ist nur rund sechs Mikrometer (μm) groß. Dass sich das zusammengenommen etwa zwei Meter lange, fadenförmige Desoxyribonukleinsäure-Molekül (DNA) aller Chromosomen darin nicht verknötet, ist nur möglich dank perfekter Verpackungskunst.

Die 46 Chromosomen des Menschen werden zu 23 Paaren zusammengefasst. Sie werden unterschieden in Autosomen und Gonosomen (Geschlechtschromosomen). Die Autosomen (Chromosomenpaare 1 bis 22) sind bei Frauen und Männern gleich. Lediglich das 23. Paar ist unterschiedlich. Frauen besitzen als Gonosomen zusätzlich zwei X-Chromosomen, Männer ein X- und ein Y-Chromosom.

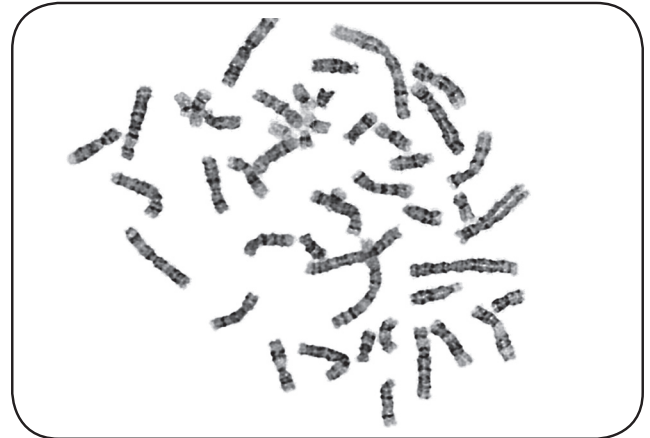


Abbildung 1: Angefärbte Metaphase-Chromosomen
Abb.: Prof. Dr. R. Weber, Inst. für Humangenetik, Universität Bonn



Heinrich Wilhelm Waldeyer
Foto: picture-alliance/maxppp

GENie: Im Jahr 1879 wurden die **Chromosomen erstmals beschrieben**. Fortschritte in der Mikroskopie und verbesserte Färbemethoden hatten ihre Entdeckung möglich gemacht. Daher rührt auch ihr Name: Chromosomen ist das griechische Wort für Farbkörper. Vergeben wurde der Name 1888 durch den deutschen Anatomen **Heinrich Wilhelm Waldeyer**. Nach der Entdeckung wurde schnell deutlich, dass die Chromosomen vor der Teilung der Zelle verdoppelt und dann gleichmäßig auf die Tochterzellen verteilt werden – und auch, dass Körperzellen einen doppelten (diploiden) und Keimzellen einen einfachen (haploiden) Satz an Chromosomen besitzen. Als Träger der Gene wurden die x-förmigen Farbkörper erst 31 Jahre nach ihrer Entdeckung identifiziert: Im Jahr 1910, als der amerikanische Genetiker **Thomas Hunt Morgan** die „Chromosomentheorie der Vererbung“ aufstellte.

Deutlich im Lichtmikroskop erkennbar sind angefärbte Chromosomen in der Metaphase der Mitose, der Teilung des Zellkerns. Zu diesem Zeitpunkt sind sie maximal verkürzt und erscheinen daher besonders dick. Metaphase-Chromosomen bestehen aus zwei Teilen, den sogenannten Chromatiden. Die Chromatiden werden an nur einer Stelle, dem Zentromer, zusammengehalten. Metaphase-Chromosomen sehen daher aus wie ein X. Die Enden der Chromatiden heißen Telomere. Sie sorgen für die Stabilität. Im weiteren Verlauf der Mitose werden sich die beiden Chromatiden trennen und auf die neu entstehenden Tochterzellen verteilen. Die Chromosomen der Tochterzellen bestehen dann aus lediglich einer Chromatide. Während des Zellzyklus verdoppeln sich auch diese Chromatiden und werden erneut auf zwei Tochterzellen aufgeteilt.

Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass ein Chromosom einer zusammengedrückten Sprungfeder gleicht. Der aufgedrehte Federdraht stellt sich bei weiterer Vergrößerung als eine in engen Schleifen gelegte Faser heraus, die wiederum wie eine Spirale verdreht ist. Diese circa 30 Nanometer (nm) dicke Faser setzt sich aus Proteinen und dem DNA-Strang zusammen. Beides gemeinsam wird als Chromatin bezeichnet. Die Chromatin-Faser gleicht einer Perlenkette. Die Perlen bestehen aus Proteinen, sogenannten Histonen, die zu je vier Paaren einen linsenförmigen Komplex bilden. Um diese Histonkomplexe ist der DNA-Strang – wie die Haare um einen Lockenwickler – zweimal gewunden. Diese Einheit aus Strang und Histonkomplex wird auch Nukleosom genannt. Die Perlenkette aus Nukleosomen – jedes Chromosom enthält durchschnittlich 675.000 davon – wird mithilfe eines weiteren Histons nochmals aufgewickelt. Der Durchmesser dieser Nukleosomenkette beträgt ein elftausendstel Millimeter (11 nm). Zusammengehalten wird sie schließlich durch einen DNA-Strang, der seinerseits nur ein zweitausendstel Millimeter (2 nm) dick ist.

GENial: Unser **Leben hängt an einem Faden**, keinem seidenem, sondern einem Faden aus DNA. Denn bei jeder Zellteilung werden die Enden der Chromosomen, die Telomere, ein Stück kürzer. Irgendwann – nach vielen Jahren und zahlreichen Zellteilungen – ist dieser „Lebensfaden“ so weit abgeschnitten, dass er ein kritisches Minimum unterschreitet. Enzyme, welche die DNA verdoppeln, können nicht mehr ansetzen. Die Zelle kann sich nicht mehr teilen, sie altert und stirbt.

AUFGABEN:

1. Wenn der Zellkern die Größe eines Tennisballs hätte, wie lang wäre dann der komplette DNA-Faden, aus dem die 46 Chromosomen bestehen? Ein Tennisball hat einen Durchmesser von 6,35 Zentimetern.
2. Beschriften Sie die folgende Abbildung!

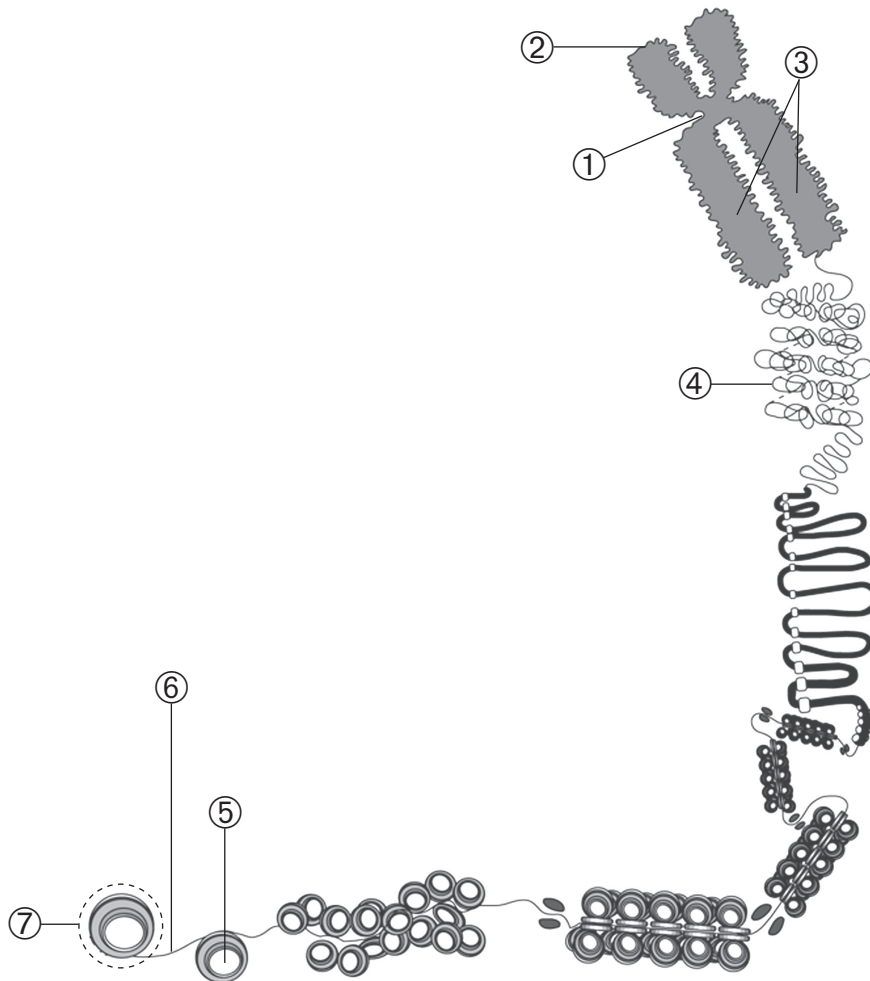


Abbildung 2: Feinstruktur einer perlschnurartigen Chromatide

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart

Grafiker: Prof. Jürgen Wirth, Visuelle Kommunikation, Dreieich