

## Aufbau von Chromosomen

Im Zellkern jeder menschlichen Körperzelle befinden sich insgesamt 46 Chromosomen. Mit einem bestimmten Farbstoff lassen sie sich rot anfärben; daher kommt ihr Name (*chroma*, griechisch: Farbe; *soma*, griechisch: Körper; Chromosom = anfärbbarer Körper).

Chromosom 1 ist das größte menschliche Chromosom. Es umfasst 247 000 000 Basenpaare, das entspricht ungefähr 4000 Genen, von denen über 3000 tatsächlich verwendet werden<sup>1)</sup>. Dazu gehört unter anderem das Gen für das Enzym Lactase, das für den Abbau von Milchsucker im Darm verantwortlich ist<sup>2)</sup>.

Der DNA-Doppelstrang (Bild 1) von Chromosom 1 ist ausgestreckt 73 mm lang<sup>3)</sup>. Damit die Chromosomen in den Zellkern hineinpassen, der nur wenige Tausendstel Millimeter groß ist, ist der DNA-Doppelstrang auf Spulen aus Protein aufgewickelt (Bild 2). Die Struktur aus einem (einzigem) DNA-Molekül und Protein heißt: das Chromatid.

Ein Chromosom besteht entweder aus einem einzigen Chromatid (1-chromatidiges Chromosom; Bild 3) oder aus zwei Schwesterchromatiden, die durch eine Protein-Klammer miteinander verbunden sind (2-chromatidiges Chromosom; Bild 4). Diese Klammer heißt: das Centromer (*kentron*, griechisch: Mittelpunkt; *meros*, griechisch: Teil). Wesentlich ist, dass die beiden Schwester-Chromatiden Base für Base identisch sind, also exakt die gleiche genetische Information tragen.

Bei einer Zellteilung ordnen sich die Chromosomen zunächst in der Mitte der Zelle an und werden dann in entgegengesetzte Richtungen gezogen. Damit sie sich dabei nicht hoffnungslos verheddern und reißen, müssen sie zuvor eine kompakte Transportform annehmen. Zu diesem Zweck wickeln sich die Chromatiden weiter auf, bis sie ziemlich kurz und dick geworden sind. Beispielsweise ist das Chromosom 1 dann nur noch 0,01 mm lang (das entspricht einer Verkürzung um das mehr als 7000-fache gegenüber dem gestreckten DNA-Faden) und etwa 0,5 Tausendstel Millimeter dick (Bild 5). Wenn Chromosomen abgebildet werden, zeigt man in der Regel diese Transportform.

1) [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de): Chromosom 1 (Mensch); 2) [www.gene-abc.ch](http://www.gene-abc.ch); 3) Manger et al.: natura Bayern 9, Klett 2007, S. 61

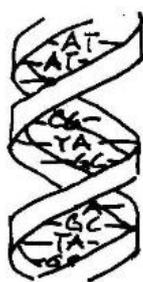


Bild 1

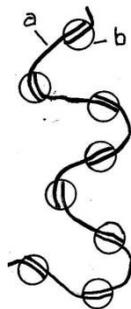


Bild 2

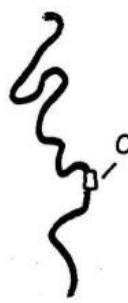


Bild 3



Bild 4



Bild 5

### Aufgaben:

- 1 Kleb dieses Informationsblatt in dein Heft ein. Lern die Definitionen der unterstrichenen Fachbegriffe.
- 2 Leg eine Legende an, in der die Strukturen a bis e benannt werden.
- 3 Vereinfache die Zeichnung von Bild 5 (dicke „Würste“ zeichnen) und beschrifte deine Skizze mit den Fachbegriffen: 2-chromatidiges Chromosom, das Schwesterchromatid 1 bzw. 2, das Centromer.

## **Lösung:**

- a der DNA-Doppelstrang
- b die Protein-Spule
- c das Centromer
- d das Schwester-Chromatid 1
- e das Schwester-Chromatid 2

## **Hinweise für die Lehrkraft:**

Ein sehr großes Verständnis-Problem für manche Schüler in der Cytogenetik rührt daher, dass an mehreren Stellen bei diesem sehr abstrakten Stoff Paare auftreten:

- die beiden Stränge der DNA
- die beiden Schwester-Chromatiden im 2-chromatidigen Chromosom
- die beiden Homologen im diploiden Chromosomen-Satz

Zwei Lösungsansätze für dieses Problem:

- Niemals zwei dieser Paare in der gleichen Stunde einführen (zeitlicher Kontrast).
- Ständig wiederholen bzw. anhand von Aufgaben (z. B. Zuordnungen, Fehlertexte usw.) festigen, wobei der Schüler sich selbst kontrolliert und eigenständig verbessert.

Die Abbildungen für die Schüler sollten nicht mehr Strukturen und Bezeichnungen enthalten, als den Schülern bekannt sind. => sehr kritisch mit fertigen Abbildungen aus Lehrbüchern oder dem Internet umgehen, ggf. selbst zeichnen

Die Definitionen für die Begriffe sollten einfach und eindeutig sein. Der Begriff „Chromatin“, der in vielen Lehrbüchern auftaucht, ist historisch (er beschreibt das anfangs noch unerklärliche watteartige, anfärbbare Geflecht in einem Interphase-Kern) und ist heutzutage aber absolut überflüssig, weil er eher zu Verwirrung als zu Klärung führt. Vor allem Formulierungen wie: „Am Anfang der Mitose entstehen aus dem Chromatin die Chromosomen“ halte ich für irreführend. Vielmehr liegen zu jedem Zeitpunkt Chromosomen vor – während der Interphase in der Arbeitsform, während der Zellteilungen in der Transportform (den Begriff „kondensiert“ spare ich mir für die Oberstufe auf).

Spracharbeit: Die Formulierung „1- bzw. 2-chromatidige Chromosomen“ (Adjektiv plus Nomen) ist förderlicher als die in den Lehrbüchern gerne gewählte Variante „1- bzw. 2-Chromatid-Chromosomen“ (Kompositum), weil bei der erstgenannten Variante die Schüler nie auf den Gedanken kommen, einen sinnlosen Begriff wie „das Chromatid-Chromosom“ zu kreieren, was sie bei der letztgenannten Variante erfahrungsgemäß gerne tun.

Wichtig ist zu betonen, dass auch ein 1-chromatidiges Chromosom ein vollständiges Chromosom ist, das die gesamte, ihm zustehende Information enthält. Das zweite Schwester-Chromatid ist wie ein Backup beim Computer. Dieses Analog-Modell verstehen die Schüler sofort.

Manche Schüler halten jedes X-förmige Chromosom für ein X-Chromosom. Dem ist massiv entgegen zu arbeiten. Frauen besitzen 22 weitere Chromosomentypen, Männer sogar 23.

## **Modellkritik:**

Die Darstellungen in den Bildern 3 und 4 entsprechen sich, weil die Längen der jeweiligen DNA-Abschnitte gleich ist. Bild 5 enthält aber einen extrem viel längeren DNA-Faden pro Chromatid als die voran gegangenen Bilder.