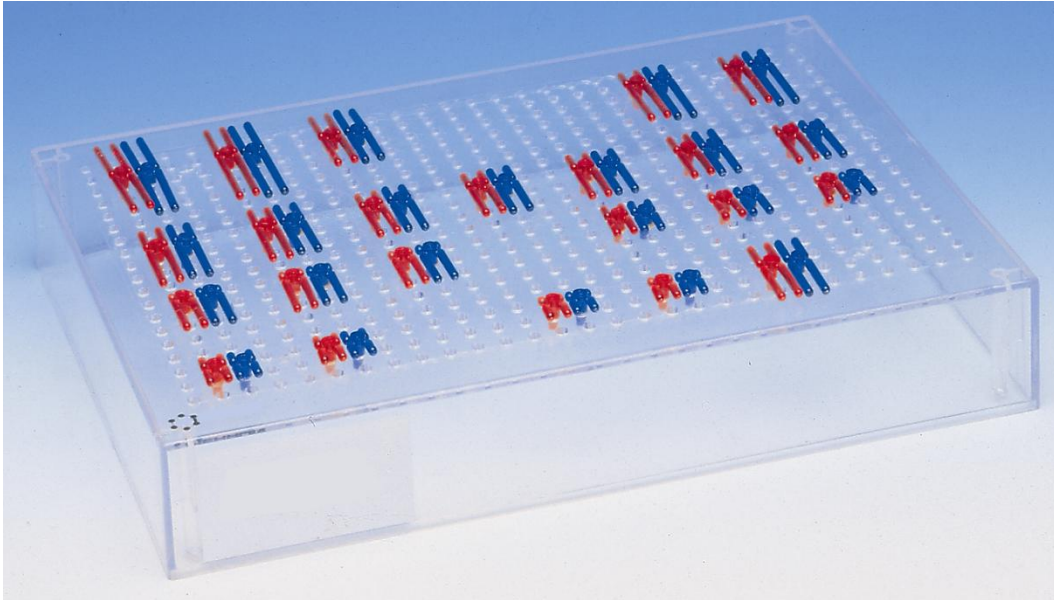


## Chromosom-DIDAC

Best.-Nr. 201.3126 ein Satz

Best.-Nr. 201.3131 Klassensatz mit 8 Einzelsätzen



### Einführung

Zum ersten Mal wurden Chromosomen aus Plastik modelliert, um sie im Unterricht zu verwenden. Die 23 menschlichen Chromosomenpaare mit 1 oder 2 Chromatiden und mit einigen anormalen Chromosomen sind so einsetzbar. Im Unterricht können nun die menschlichen Cariotypen ( der Eltern und der Zygoten ) untersucht werden, so daß der Lehrer bestimmte genetische Grundbegriffe besser illustrieren kann. Mit Hilfe der menschlichen Chromosomen aus Plastik können die teilweise sehr abstrakten genetischen Begriffe und Definitionen auf anschauliche Weise verdeutlicht werden.

Gerade in letzter Zeit steht die Genetik und deren Möglichkeiten und Risiken im Mittelpunkt des Interesses der Medien. Spätestens seit dem geklonten Schaf „Dolly“ interessieren sich viele Menschen für die Möglichkeiten der Genmanipulation. Die „Horrorvision“ von geklonten Menschen wird wahrscheinlich eines Tages Realität werden. Hier ergeben sich natürlich eine Menge ethischer Fragen. Doch die Möglichkeiten der Genmanipulation können auch ins Positive gewendet werden. Es gab und gibt immer noch viele genetische Krankheiten wie z.B. Muskelerkrankungen, Trisomie 21 usw. Durch pränatale, genetische Untersuchungen kann man einige dieser Krankheiten feststellen und vielleicht eines nicht mehr allzu fernen Tages heilen...

### 1. Beschreibung

#### Der gesamte Lieferumfang von Chromosom-DIDAC umfaßt

Eine rote Plastikplatte mit:

- einem Satz von 23 Chromosomen mit 2 roten Chromatiden, dann ein X und ein Y Chromosom, ein 21 Chromosom und einer Translokation ( eine Mutationsform mit

Übertragung von Chromosomenstücken ); diese Chromosomen sind mit Zahlen und in der Ordnung der Cariotypen gekennzeichnet.

- einem Satz von 23 Chromosomen mit einem roten Chromatiden, dann einem X und Y Chromosom und einer Translokation; sie sind mit den gleichen Ziffern wie der Posten roter Chromosomen mit 2 Chromatiden gekennzeichnet.
- einer Größenskala

Eine blaue Plastikplatte mit:

- einem Satz von 23 Chromosomen mit 2 blauen Chromatiden, einem X- und Y-Chromosomen und einem 21 Chromosom und einer Translokation; diese Chromosomen sind mit Buchstaben gekennzeichnet, die keiner alphabetischen Reihenfolge entsprechen.
- einem Satz von 23 Chromosomen mit 1 blauen Chromatiden, einem X- und Y-Chromosom und einer Translokation; sie sind ebenfalls mit Buchstaben gekennzeichnet, die keiner alphabetischen Reihenfolgen entsprechen.
- einer Größenskala

Eine transparente aus Plastik bestehende Grundplatte mit Bohrungen, die es ermöglicht, die Chromosomen, die ein Zähnchen besitzen, auf ihr zu befestigen.

Pädagogisches Zusatzmaterial mit einer Gebrauchsanweisung und einigen Beispielen.

Außerdem werden einige der zu realisierenden Phänomene einfach wissenschaftlich erläutert.

( Der Bezug von Zahlen und Buchstaben wird in einem Sonderteil erläutert )

### **Bemerkung**

Vor der Verwendung von Chromosom-DIDAC muß man vorsichtig mit einer Schere die Chromosomen voneinander trennen. Man sollte die Chromosomen mit 2 Chromatiden gesondert mit Vorsicht behandeln, damit man keinen „Arm“ zerbricht.

## **2. Pädagogisches Ziel**

Diese Chromosomen sind vorgesehen, um sie auf 3 unterschiedlichen Niveaus zu verwenden:

- Bei der Benutzung durch den Lehrer ermöglichen die Farben und das transparente Gestell eine Verwendung auf dem Overheadprojektor.
- In Schülerversuchen können die Schüler je Gruppe eine Grundplatte und einen Satz Chromosomen verwenden.
- jeder kann sich dieses Modells bedienen mit dem Interesse, das Erbe der Menschheit und genetische Zusammenhänge besser zu verstehen.

### **2.1 Methodische Ziele**

Es handelt sich vor allem um zwei verschiedene Arten von Zielen:

- Experimentierfähigkeit: man sollte wissen, wie man die Chromosomen ordnet und wie man sie dann auf die Platte legt.
- Wissenschaftliches Denken: man sollte wissen bzw. lernen, wie man eine gestellte Fragestellung theoretisch und praktisch lösen kann. Wichtig dabei ist die Übertragung auf das Modell. Da in den Naturwissenschaften oft ( siehe Chemie / Atommodelle ) Modelle

hinzugezogen werden, um bestimmte Phänomene besser verstehen zu lernen, ist dieses Modell eine weitere Vertiefung zum Arbeiten mit Modellen.

## 2.2 Kognitive Ziele

Viele Basisphänomene aus dem Bereich der Biologie treffen wir in diesem Themenkomplex an. Wir begnügen uns damit, diese Begriffe und Bereiche kurz zu definieren und sie im folgenden Teil theoretisch zu erläutern ( wobei die theoretische Erläuterung auf das Wesentliche beschränkt bleibt ).

Mitose: Kernteilungsvorgang, bei dem aus 1 Zellkern 2 Tochterkerne gebildet werden.

Meiose: Bildung der Keim-, Geschlechts- und Fortpflanzungszellen

Normaler, menschlicher Cariotyp: Frau und Mann

Die zwei Chromosomenzustände: Doppelt mit 2 Chromatiden oder einfach mit einem Chromatid.

Die Homologen Chromosomen

Die chromatischen Anomalien ( genetische Abnormitäten ): Turner und Klienfeldersyndrom, Trisomie 21, Translokation Die Chromosomenmischung

## 3. Anwendungsbeispiele

Wir werden nun im Folgenden die verschiedenen Figuren vorstellen. Dabei haben wir darauf geachtet, daß die Beispiele vom Einfachen zum Komplizierten gehen.

Bei jeder Erläuterung eines Beispiels werden kurz die theoretischen Grundkenntnisse, die für das Verstehen und Lösen der Phänomene entscheidend sind, illustriert ( Die theoretischen Teile sind gut sichtbar kursiv gedruckt ).

**Chromosomen** ( kro...: griech. eigentlich „Farbkörper“ ( so benannt weil Chromosomen durch Färbung sichtbar gemacht werden können) ) ( Kernschleifen), fadenförmige Gebilde im Zellkern jeder Zelle ( mit Ausnahme der Prokaryonten-Bakterien und Blaualgen ), die die aus **DNS** bestehenden Gene tragen und die für die Übertragung der verschiedenen, im Erbmateriale festgelegten Eigenschaften von der sich teilenden Zelle auf die beiden Tochterzellen verantwortlich sind. Chemisch gesehen bestehen sie hauptsächlich aus kettenartig hintereinandergeschalteten, die DNS-Stränge bildenden Nukleotiden, basischen Proteinen ( Histone ) und nicht basischen Proteinen mit Enzymcharakter. Vor jeder Zellteilung werden die Chromosomen in Form identischer Längseinheiten ( Chromatiden ) verdoppelt. Während der Kernteilungsphase verdichten sie sich durch mehrfache Spiralisierung zu scharf begrenzten, durch basische Farbstoffe anfärbbaren, unter dem Mikroskop deutlich sichtbaren Gebilden. Die Längseinheiten werden dann bei der Kernteilung voneinander getrennt und exakt auf die beiden Tochterkerne verteilt. Die Gesamtheit der Chromosomen eines Kerns bzw. einer Zelle heißt Chromosomensatz. Man unterscheidet normale Chromosomen ( Autosomen ) und Geschlechtschromosomen ( Heterosomen ) . Meist sind von jedem Chromosomen zwei identische Exemplare im Zellkern jeder Zelle vorhanden. Die beiden Chromosomen eines Paares werden homologe Chromosomen genannt.

### 3.1. Realisierung eines Cariotypen einer Zelle

Jede menschliche Zelle enthält die Gesamtheit der Gene. In den meisten Zellen gibt es die Chromosomen in zwei identischen Exemplaren. Man spricht hierbei von homologen Chromosomen ( siehe oben ), also von einer Zelle mit  $2n$  ( 46 beim Menschen ). Die Zelle nennt man diploide Zelle. Die diploiden Körperzellen des Menschen enthalten 46 Chromosome, die sich nach Form und Genbestand in 22 Autosomenpaare ( Chromosom 1-22, aufgeteilt in die Gruppen A-G und ein Paar Geschlechtschromosomen ( XX bei der Frau, XY beim Mann ) unterteilen lassen. Ein Chromosomenpaar: Ein Chromosom kommt vom Vater, das andere von der Mutter. Um den Cariotypen einer Zelle herzustellen, wartet man, daß sie sich teilt, d.h. sie sollte in der Metaphase der Mitose sein. Dann kann man die Chromosomen, die nun zwei Chromatide besitzen, visualisieren

#### Problem 1

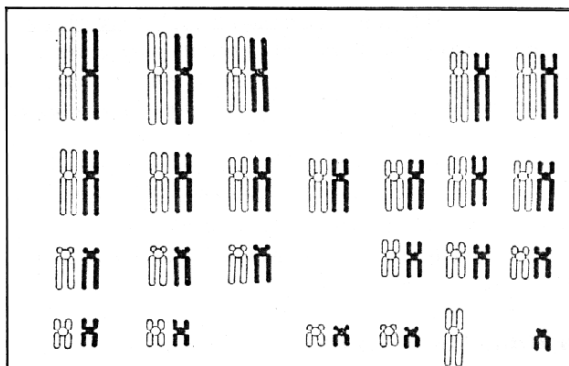
##### Die Chromosomen eines Cariotypen ordnen

Es handelt sich darum, die Schüler die Chromosomen mit zwei Chromatiden paarweise in klassischer Ordnung sortieren zu lassen. Die roten Chromosomen ( mütterlich ) werden in numerischer Ordnung plaziert. Die Vereinigung mit den blauen Chromosomen ( väterlich ) zeigt die Schwierigkeit, die daher kommt, daß es anscheinend kein sichtbares Klassifikationskriterium gibt. Man kann nur die Größe und die Position des Zentromeres verwenden. Die Korrektur kann nur mit Hilfe der Zahlen-Buchstaben-Tabelle erfolgen. So braucht man nicht die zahlreichen Chromosomen zu zerschneiden. Dies erspart einem viel Zeit.

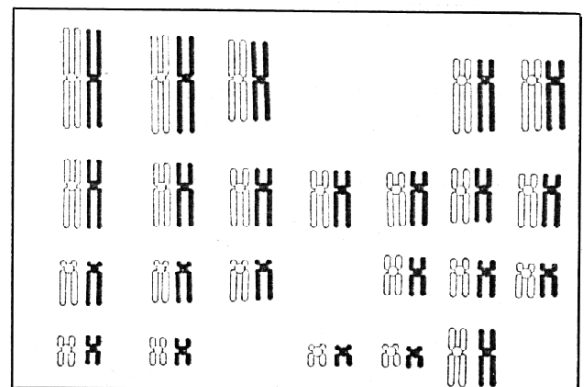
#### Problem 2

##### Beobachtung des genetischen Geschlechts

Kommen wir nun zum Problem des Geschlechts. Unser Cariotyp zeigt 22 Chromosompaare und ein Paar Geschlechtschromosomen: XX für die Frau, XY für den Mann. Falls - durch Übereinkunft - man sich darauf einigt, daß die mütterlichen Chromosomen rot sind, dann können sie auf keinen Fall das Chromosom Y liefern. Man kann nun entweder den Cariotypen der Frau oder den des Mannes modellieren.



1 Cariotyp eines normalen Mannes



2 Cariotyp einer normalen Frau

### 3.2 Bestimmung einer Chromosomenanomalie

Die Bewegungen und verschiedene Begebenheiten wirken auf die Chromosomen ein, so daß es auch möglich ist, daß Anomalien entstehen können.

Bei der Zellteilung gibt es manchmal Fehler, das heißt, es gibt eine Fehlverteilung. Daraus resultiert eine Monosomie ( Fehlen eines von zwei homologen Chromosomen ) oder Trisomie ( ein Chromosom liegt statt als Paar in dreifacher Form vor ). Individuen mit Monosomie sind i.d.R. nicht lebensfähig. Oft gibt es aber auch einen Fehler, die geschlechtlichen Chromosomen betreffend. Der Körper reguliert diese genetischen Fehlfunktionen oft durch eine Fehlgeburt ( meistens in den ersten 3 Monaten ). Da mindestens 0,5% aller Neugeborenen Chromosomenanomalien aufweisen, kommt einer Chromosomendiagnostik große Bedeutung zu. Die Häufigkeit von Chromosomenanomalitäten ( besonders von Trisomie 21 ) steigt statistisch gesehen ab dem 35. Lebensjahr der Frau an. Aus diesem Grund wird Frauen über 35 geraten, eine Fruchtwasseranalyse machen zu lassen, um eventuelle genetische Defekte noch rechtzeitig zu erkennen. Allerdings ist es bei dieser Untersuchung ( diese Untersuchung ist nicht risikolos, d.h. sie führt in einigen Fällen zu Fehlgeburten ) nicht möglich, alle Chromosomenanomalitäten zu erfassen.

#### Problem 3

##### **Ein Cariotyp einer klassischen Trisomie 21 realisieren und untersuchen.**

Man präpariert einen anormalen Cariotypen mit 3 Chromosomen 21, dann fragt man einen Schüler, diese Anomalie am Modell zu lokalisieren. Zusätzlich könnte man ihn bitten, den Normalzustand wiederherzustellen.

#### Problem 4

##### **Ein Cariotypen mit einer Trisomie 21 und einer Translokation realisieren.**

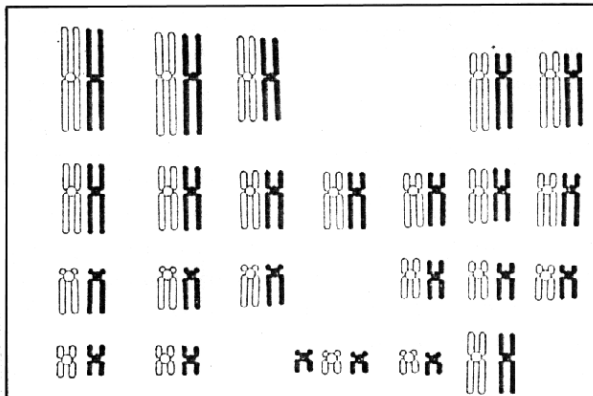
Man bereitet ein Cariotypen mit einem Chromosom 14 vor, welches eine Translokation des Chromosoms 21 hat. Ein Schüler soll nun die Anomalität am Modell herausfinden.

#### Problem 5

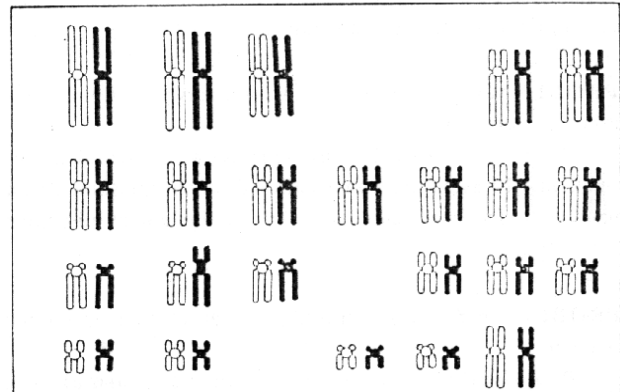
##### **Ein Cariotypen mit einem Klinefelter-Syndrom realisieren und untersuchen.**

Man bereitet wiederum ein Cariotypen vor. Diesmal jedoch stellt man die Sätze mit 2 X und einem Y Chromosom zusammen. Ein Schüler soll nun die Anomalität herausfinden, sie eliminieren und sie gegebenenfalls benennen.

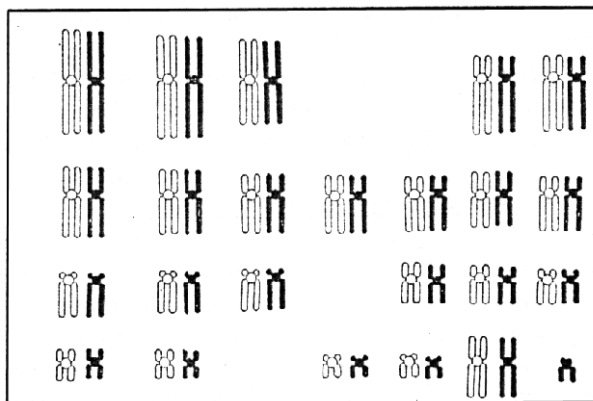




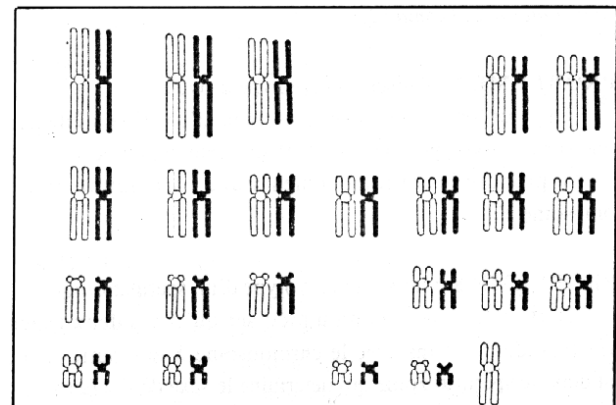
3 normaler menschlicher Cariotyp - Trisomie 21



4 Anormaler menschlicher Cariotyp – Trisomie durch Translokation 14/21



5 Anormaler menschlicher Cariotyp – Klinefelter-Syndrom (XXY)



6 Anormaler menschlicher Cariotyp - Turnersyndrom

## Problem 6

### Ein Cariotypen mit Turnersyndrom realisieren und untersuchen.

Man präsentiert einem Schüler ein Cariotypen mit einem X Chromosom und ohne Y Chromosom. Dieser soll dann die Anomalität lokalisieren und gegebenenfalls benennen.

### 3.3 Realisierung eines Cariotypen mit Geschlechts-Fortpflanzungszelle

Für unsere Fortpflanzung sind die Fortpflanzungs- oder Keimzellen verantwortlich. Samenzellen für die Männer und Eizellen für die Frauen. Diese Zellen stammen aus einer speziellen Teilung, der Meiose. Diese Teilung hat dazu geführt, daß diese Zellen keine Chromosomenpaare besitzen. Um dieses zu erreichen, ist die Zelle der Meiose unterworfen, die die entsprechenden Chromosomen in entsprechenden Tochterzellen zufällig teilt. Am Ende der Meiose besitzen die produzierten Zellen n Chromosomen zu einem Chromatid. Es produziert sich dann eine doppelte Teilung ausgehend von einer Zelle mit 2n Chromosomen zu 2 Chromatiden.

## Problem 7

### Den Cariotypen einer Eizelle realisieren

Man kann nun einem Schüler die Gesamtheit eines Satzes vorlegen und ihn auffordern, einen Cariotypen einer Eizelle zu realisieren. An dieser Stelle ist es interessant, ob der Schüler daran denkt, die Chromosomen mit einem Chromatiden zu nehmen und gleichzeitig das Y Chromosom zu ignorieren.

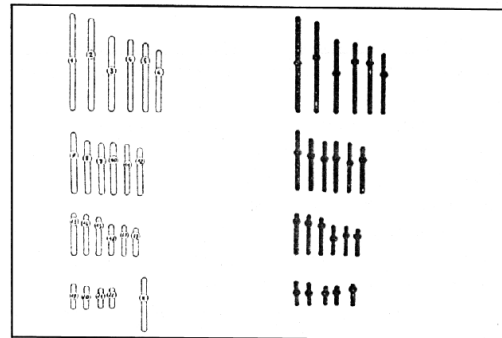
## Problem 8

### Den Cariotypen einer Spermazelle realisieren

Interessant ist es, daß es zwei unterschiedliche Typen von Spermazellen gibt: einige mit dem X Chromosom und andere mit dem Y Chromosom. Es ist also die Spermazelle, die das Geschlecht der Kinder bestimmt.

## 3.4 Die Realisierung einer Befruchtung

Während dem Aufeinandertreffen zweier Keim- bzw. Fortpflanzungszellen, einer männlichen und einer weiblichen, verläuft eines der wichtigsten biologischen Phänomene: die Befruchtung. Es ist die Vereinigung der Gesamtheit von n Chromosomen der Mutter (aus der Eizelle stammend) und von n Chromosomen des Vaters (aus der Spermazelle stammend).



Cariotype einer Spermazelle

Diese bilden den Ausgangssatz in der Eizelle. Kurz nach der Vereinigung der Chromosomensätze beginnt die Teilung... Am Ende steht ein neues Individuum.

## Problem 9

### Die Simulation einer Befruchtung

Ausgehend von einem Cariotypen einer weiblichen und männlichen Geschlechtszelle soll der Schüler nun die Vereinigung simulieren. Diese Vereinigung führt zu einer befruchteten Eizelle, die den Anfang eines neuen Lebens darstellt.

Hier kann man die Problematik der Anzahl der Chromosomen anstellen und auch der Vermischung zur Zeit der Verschmelzung. Man erhält eine Zelle zu  $2n=46$  Chromosomen. Jede Zelle hat ein Chromatid.

Die Vermischung, Verschmelzung bei der Meiose<sup>1</sup>

Bei der Meiose unterscheidet man zwei Typen der Chromosomenvermischung

- Eine Verschmelzung zwischen den Chromosomen (interchromatisch), die während der Anaphase (erste Teilung, Reduktionsteilung) der Meiose stattfindet. Es findet eine Teilung der Chromosomenpaare in zwei identische Stränge statt.
- Während der Prophase paaren sich die homologen Chromosomen abschnittsweise. Die Chromatide überkreuzen sich. In einer weiteren Phase (Diplotän) sind dann die vier Parallelen zu erkennen. Die Chromosomen weichen bis auf die Überkreuzungsstellen

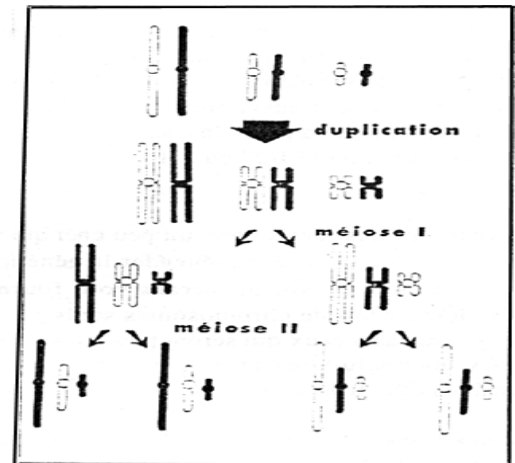
auseinander. In einer weiteren Phase (Diakinese ) trennen sich dann die vier Stränge paarweise.

### Problem 10

#### Illustration der Chromosomenvermischung bei der Meiose

Ausgehend von einem Cariotypen sollen die Schüler eine Meiose illustrieren, d.h. sie sollen durch Kombination herausfinden und darstellen, daß die mögliche Kombinationsmöglichkeit zwischen in der Verteilung der Chromosomen sehr groß ist. Man kann z.B. die Anzahl von Chromosomenpaaren (1,10 und 20) begrenzen.

So können dann die Fachbegriffe der Duplikation oder Verdoppelung visualisiert werden. Die Resultate nach der ersten und zweiten Teilung der Meiose können so gut dargestellt werden. dargestellt werden.



8 Die Meiose für  $2n=6$  (Gebrauch von 3 Sätzen von Chromosom-Didac)

<sup>1</sup> ( griech. meiosis „das Verringern, Verkleinern ) Reduktionsteilung, die Reduktion des Chromosomenbestandes um die Hälfte. Da bei der Befruchtung die Kerne zweier Geschlechtszellen miteinander verschmelzen, wird der Chromosomenbestand verdoppelt. Dieser muß im Lauf der Entwicklung eines Lebewesens, spätestens bei der erneuten Bildung der Geschlechtszellen wieder halbiert werden. Diese Reduktion wird durch zwei kurz aufeinanderfolgende Teilungen erreicht.

### Bemerkung

Unser Modell verfügt über einfache, rechte Chromosomen mit einem Chromatid und über doppelte Chromosomen X mit zwei Chromatiden.

### 3.6 Erscheinen von Trisomie 21

#### Problem 11

#### Man soll die Trisomie 21 erklären und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens berechnen können.

Man kann den Schülern recht gut verständlich machen, daß das Auftreten dieser Anomalie häufig ist, wenn eine Translokation von 21 auf 14 vorliegt. Es handelt sich darum, nur Chromosomenpaare von 14 und 21 einzusetzen, um zu zeigen, welches die möglichen Verteilungen der Chromosomen in den Geschlechts- oder Fortpflanzungszellen sind, dann aber auch die möglichen Verteilungen bei den Nachkommen, wenn eine Translokation 14/21 bei der Mutter vorliegt.

### Weitere Probleme

- Alle weiteren Bemerkungen über die Größenprobleme der unterschiedlichen Chromosomen sind möglich.



- Die zusätzlichen Chromosomen können dazu dienen, andere Fragen aufzuwerfen: das 21 zusätzlich kann auch ein 22 sein ( vor allem wenn man das nimmt, welches einen Buchstaben besitzt ), die Translokation kann auch für andere Beispiele ( 14/22 oder andere ) benutzt werden.

### Fazit

Das Modell mit seinen Chromosomensätzen ist ein Produkt, welches relativ kostengünstig ist. Es kann jedoch hervorragend in Sekundarstufe 1 aber vor allem in Sekundarstufe 2 im Unterricht eingesetzt werden. Schüler verstehen durch die Anwendung des Modells im Unterricht die oft komplizierten Begrifflichkeiten der Humangenetik wesentlich besser und schneller. Falls Ihre Schüler einzelne Chromosomen verlieren oder zerbrechen können diese selbstverständlich nachgeliefert werden.

Wir wollten Ihnen mit diesem Produkt etwas anbieten, was sich sehr nahe an der Realität bewegt ... für einen wirklich vernünftigen Preis.

Wenn Sie Kritik zu diesem Modell anzubringen haben, dann schreiben Sie uns.  
Wir freuen uns auch über Punkte, die Sie vielleicht anders sehen, denn nur durch Ihre konstruktive Kritik gelingt es uns immer wieder, unsere Produkte auf dem neusten pädagogischen Stand zu bringen.  
Vielen Dank!

### Ersatzteile:

MT13129 Platte (blau) mit Satz Chromosomen

MT13130 Platte (rot) mit Satz Chromosomen

### Bezug Zahlen - Buchstaben

<b>1 = Z</b>	<b>2 = J</b>
<b>3 = A</b>	<b>4 = H</b>
<b>5 = B</b>	<b>6 = M</b>
<b>7 = D</b>	<b>8 = K</b>
<b>9 = N</b>	<b>10 = C</b>
<b>11 = E</b>	<b>12 = W</b>
<b>13 = R</b>	<b>14 = F</b>
<b>15 = S</b>	<b>16 = L</b>
<b>17 = G</b>	<b>18 = P</b>
<b>19 = T</b>	<b>20 = U</b>
<b>21 = Q</b>	<b>22 = V</b>
<b>X = I</b>	<b>Y = O</b>

Wenn Sie Änderungs- und/oder Verbesserungsvorschläge haben, teilen Sie es uns bitte mit.