

Dominant-rezessiver Erbgang bei Katzen

Die Körperzellen von Katzen sind diploid, sie haben von jedem Chromosom zwei, eines vom Vater und eines von der Mutter. Die beiden Chromosomen gleichen Typs enthalten je ein Gen für dasselbe Merkmal. Diese Gene heißen Allele. Bei Katzen gibt es mehrere Merkmale, die über einen dominant-rezessiven Erbgang vererbt werden. So auch die Haarlänge. Dabei ist das Allel für kurze Haare (K) dominant über das Allel für lange Haare (k). Das bedeutet, dass eine Katze mit dem Genotyp KK oder Kk, also mindestens einem Allel für kurze Haare für das

Gen „Haarlänge“, im Phänotyp (Erscheinungsbild) kurze Haare aufweist. Nur eine Katze mit zwei rezessiven Allelen (kk) hat lange Haare. Ein Individuum mit zwei gleichen Allelen für ein Gen, wie z. B. KK und kk, wird als homozygot bezeichnet, liegen zwei verschiedene Allele, also Kk, vor, bezeichnet man dies als heterozygot. Kennst du den Genotyp der Eltern, kannst du die in den Keimzellen möglichen Allele angeben. Mithilfe eines Kreuzungsschemas kannst du dann alle möglichen Allelkombinationen der Nachkommen übersichtlich darstellen.

Kreuzungsschema: P = Parentalgeneration

Phänotyp		
Genotyp	KK	kk
Mögliche Allele in den Keimzellen		

- 1 Notiere links die möglichen Keimzellen in der Parentalgeneration und vervollständige anschließend das Kreuzungsschema für die F₁-Generation.
- 2 Beschreibe das Ergebnis der Kreuzung sowohl auf der Ebene des Phänotyps, als auch auf der Ebene des Genotyps für die F₁-Generation.

Kreuzungsschema: F₁ = 1. Tochtergeneration

♀ \ ♂		

Phänotyp		
Genotyp		
Mögliche Allele in den Keimzellen		

- 3 Vervollständige dann das Kreuzungsschema für die F₂-Generation und gib an, in welchem Verhältnis die Phänotypen und Genotypen vorkommen.

Phänotyp: _____

Genotyp: _____

Kreuzungsschema: F₂ = 2. Tochtergeneration

♀ \ ♂		

ARBEITSBLATT

Dominant-rezessiver Erbgang bei Katzen

Lösungen

1 P = Parentalgeneration

Phänotyp	Kurzhaarkatze	Langhaarkatze
Genotyp	KK	kk
Mögliche Alle in den Keimzellen	K	k

Kreuzungsschema: F₁ = Tochtergeneration

♀ \ ♂	k	k
K	Kk	Kk
K	Kk	Kk

Phänotyp	Kurzhaar	Kurzhaar
Genotyp	Kk	Kk
Mögliche Alle in den Keimzellen	K, k	K, k

2 Kreuzt man eine für „kurze Haare“ homozygote Katze mit einer für „lange Haare“ homozygoten Katze, so zeigt sich bei den Nachkommen nur der dominante Phänotyp für „kurze Haare“. Der Genotyp aller Nachkommen ist jedoch heterozygot.

3 Kreuzungsschema: F₂ = Tochtergeneration

♀ \ ♂	K	k
K	KK	Kk
k	Kk	kk

Phänotyp: 3 : 1
Genotyp: 1 : 2 : 1

Praktische Tipps

Interpretation der Kreuzungsquadrate

Weisen Sie Ihre Schülerinnen und Schüler darauf hin, dass die Kreuzungsquadrate nur die statistische Verteilung der Merkmale angeben. So müssen bei der Kreuzung zweier heterozygoter Kurzhaarkatzen, die vielleicht zufälligerweise tatsächlich vier Katzenjunge hervorbringt, nicht drei Kätzchen kurzhaarig und eines langhaarig sein.

Zusatzaufgabe

Erstelle nun zwei weitere Kreuzungsschemata und kreuze jeweils eine heterozygote Kurzhaarkatze mit einer homozygoten Kurzhaar- bzw. Langhaarkatze. Beschreibe das Ergebnis der Kreuzung sowohl auf der Ebene des Phänotyps als auch auf der Ebene des Genotyps.

Lösung:

F₃ Kreuzungsschema

♀ \ ♂	K	k
K	KK	Kk
K	KK	Kk

F₃ Kreuzungsschema

♀ \ ♂	K	k
k	Kk	kk
k	Kk	kk

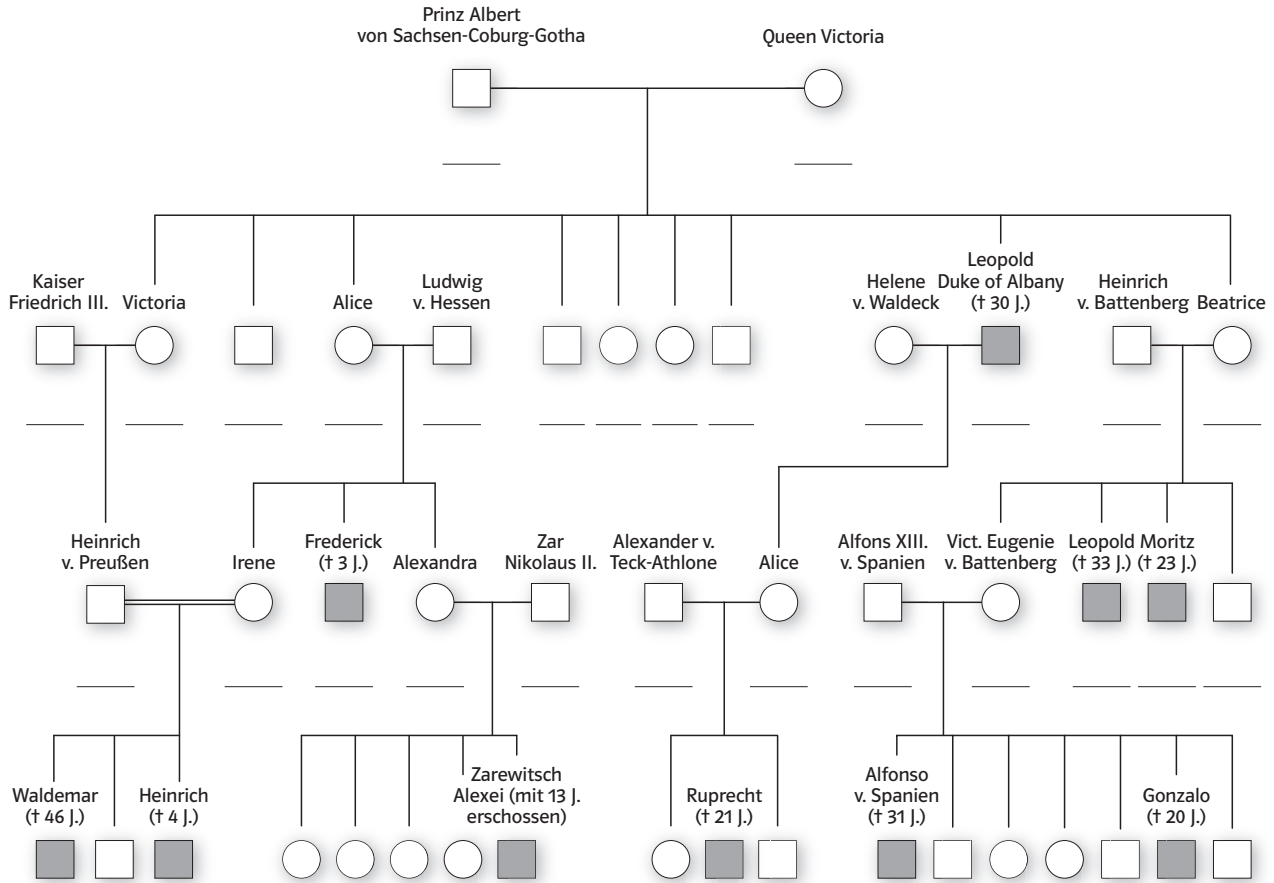
Kreuzt man eine für das Merkmal „kurze Haare“ homozygote Katze mit einer für das Merkmal heterozygoten Katze, so zeigt sich bei den Nachkommen nur der dominante Phänotyp für „kurze Haare“. Statistisch gesehen sind 50% der Nachkommen homozygot für das Merkmal kurze Haare und 50% heterozygot.

Kreuzt man eine für das Merkmal „lange Haare“ homozygote Katze mit einer für das Merkmal heterozygoten Katze, so zeigt sich bei 50% der Nachkommen der dominante Phänotyp für „kurze Haare“ und bei den anderen 50% der rezessive für „lange Haare“. Diese haben einen homozygoten Genotyp, während die kurzhaarigen Katzen heterozygot sind.

Stammbaum der Bluterkrankheit

Bei einem Bluter ist durch ein verändertes Gen eines Gerinnungsfaktors die Gerinnung des Blutes gestört. Daher können Bluter bei an sich harmlosen Verletzungen verbluten. Außerdem treten häufig innere Blutungen auf.

In der Vergangenheit litten überdurchschnittlich viele Mitglieder der europäischen Fürstenhäuser an Hämophilie (Bluterkrankheit), weshalb sie auch den Namen „Krankheit der Könige“ erhielt.



Legende

Mann	Frau	Merkmalsträger	Elternpaar	Verwandtenehe	Geschwister
					ältestes jüngstes

Konduktor (Überträger):
Person, die Genträger, aber nicht Merkmalsträger ist.

Genotyp:
B: dominantes Allel für das Merkmal „nicht bluterkrank“
b: rezessives Allel für das Merkmal „bluterkrank“

1 Stammbaum der Bluterkrankheit (Hämophilie A) in europäischen Fürstenhäusern

- 1 Beschreibe die Auffälligkeiten im Stammbaum bezüglich der Merkmalsträger.
- 2 Stelle eine Hypothese auf, wie die Bluterkrankheit vererbt wird, und prüfe deine Hypothese, indem du die Genotypen für die P-, F₁- und F₂-Generation auf den Linien in den Stammbaum einträgst. Kennzeichne dabei auch die Überträger mit dem entsprechenden Symbol.

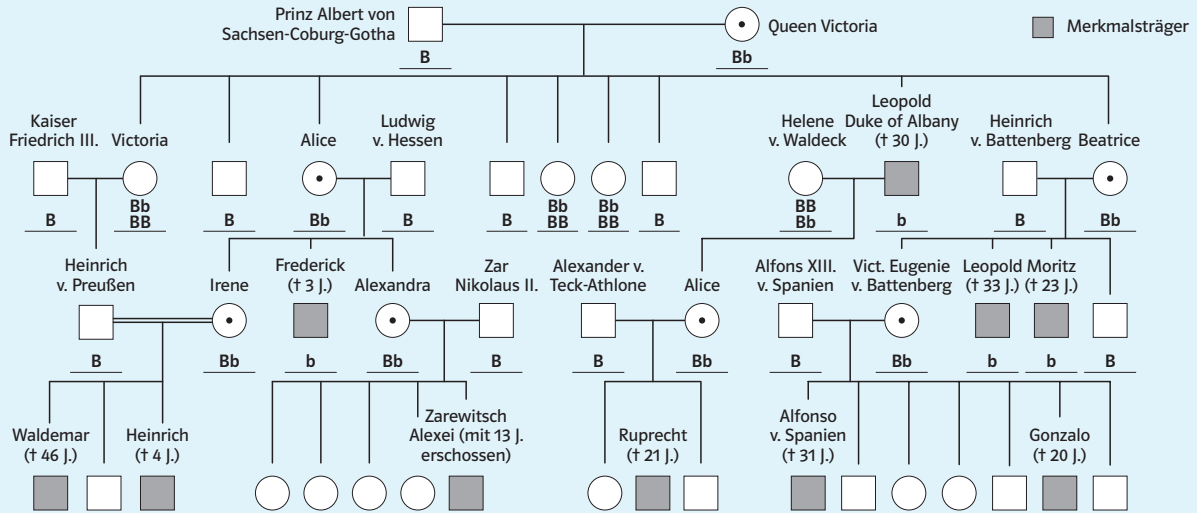
Hypothese:
Die Bluterkrankheit wird _____ vererbt.

ARBEITSBLATT

Stammbaum der Bluterkrankheit

Lösungen

- In dem Stammbaum sind lediglich Männer bluterkrank.
 - Die Merkmalsträger haben gesunde Eltern.
 - Die Krankheit überspringt teilweise eine Generation.
 - Es gibt eine Verwandtenehe.



- Die Bluterkrankheit wird X-chromosomal rezessiv vererbt.

Zusatzinformation

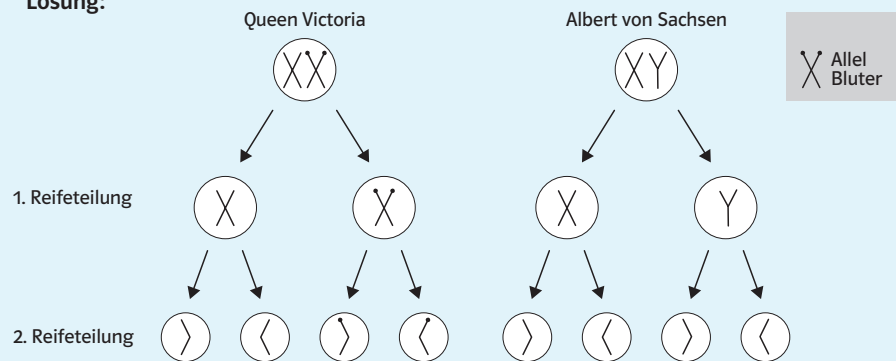
Vererbung der Blutgruppen

Die Blutgruppen A, B und 0 des Menschen werden durch drei Allele vererbt. Eine solche Form der Vererbung bezeichnet man als Multiple Allelie. Die Allele tragen die Bezeichnungen I^A , I^B oder i (o). Dabei ist I^A das Allel für die Merkmalsausprägung Antigen A auf den roten Blutkörperchen, I^B das Allel für die Merkmalsausprägung Antigen B und i (o) das Allel für die Merkmalsausprägung keine Antigene auf den roten Blutkörperchen. Die Allele I^A und I^B sind gegenüber dem Allel i (o) dominant, die Allele I^A und I^B sind kodominant, werden also beide ausgeprägt. So ergeben sich aus den drei Allelen die vier möglichen Blutgruppen A, B, AB und 0 (s. Zusätzliches Arbeitsblatt, Daten auf DVD, Lehrerband S. 206).

Zusatzaufgaben

- Erläutere, ob es auch bluterkrank Frauen geben kann.
Lösung: Aus der Verbindung einer Konduktorin mit einem Bluter kann mit 50%iger Wahrscheinlichkeit eine Tochter entstehen, die reinerbig bluterkrank ist.
(Anmerkung: Die Menstruationsblutung führt bei einer Bluterin nicht zum Tod, da diese Blutung nicht durch Gerinnungsfaktoren gestillt wird. Wesentlich ist dafür der Verschluss der Arterien durch Muskelkontraktion.)

- Stelle die Bildung der Keimzellen von Queen Viktoria und Albert von Sachsen dar.
Lösung:



Bluterkrankheit und Rot-Grün-Sehschwäche

Sowohl die Bluterkrankheit als auch die Rot-Grün-Sehschwäche wird X-chromosomal rezessiv vererbt. B ist das dominante Allel für die Merkmalsausprägung „nicht bluterkrank“, b ist das rezessive Allel für die Merkmalsausprägung „bluterkrank“, R das dominante Allel für keine Rot-Grün-Sehschwäche und r das rezessive Allel für Rot-Grün-Sehschwäche. Beide Allele liegen auf dem X-Chromosom. Man bezeichnet die Gene als gekoppelt, denn bei der Vererbung auf die Nachkommen werden sie zusammen („gekoppelt“) weitergegeben. Es gibt die folgenden Genotypen in Bezug auf das X-Chromosom: X^{BR} , X^{Br} , X^{Rb} und X^{rb} .

In der Familie Wunderman tritt die folgende Situation auf:
 Opa Hans ist bluterkrank und hat eine Rot-Grün-Sehschwäche. Seine Frau, Oma Hanna, leidet unter keinem der Symptome, ebenso wie ihre Tochter Maria und deren Mann Markus. Die vier Söhne von Maria und Markus zeigen jedoch ganz unterschiedliche Symptome: Sebastian ist völlig gesund, Robert hat eine Rot-Grün-Sehschwäche, Bernd ist Bluter und Jakob ist bluterkrank und hat eine Rot-Grün-Sehschwäche.

P		Hans	Hanna
Phänotyp			
Genotyp			
F₁			
Phänotyp			
Genotyp			
F₂			
Phänotyp			
Genotyp			

1 Erstelle in dem Kasten oben einen Stammbaum für die Familie Wunderman, in den du sowohl die Genotypen als auch die Phänotypen einträgst. Nutze dazu die folgenden Symbole für die Phänotypen:



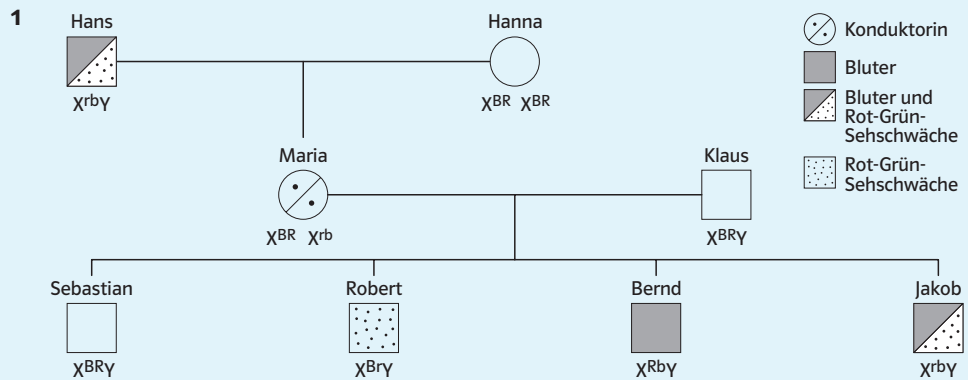
2 Notiere die Frage, die sich aus den Genotypen der vier Söhne ergibt.

3 Stelle anschließend eine Hypothese auf, die deine Frage beantworten könnte.

ARBEITSBLATT

Bluterkrankheit und Rot-Grün-Sehchwäche

Lösungen



- 2 Wie ist es möglich, dass die Bluterkrankheit und die Rot-Grün-Sehchwäche getrennt vererbt werden, obwohl sie auf einem X-Chromosom gekoppelt liegen?
- 3 Während der Bildung der Keimzellen müssen Teile der beiden X-Chromosomen von Maria ausgetauscht worden sein.
 (Anmerkung: Dies ist nur während der ersten Reifeteilung möglich, wenn die homologen Chromosomen nebeneinander in der Äquatorialebene angeordnet sind und sich die Nicht-Schwesterchromatiden überlappen. Dabei können von den beiden Nicht-Schwesterchromatiden Teilstücke abbrechen und sich mit dem jeweils anderen Nicht-Schwesterchromatid wieder verbinden: Crossingover.)

Zusatzinformation

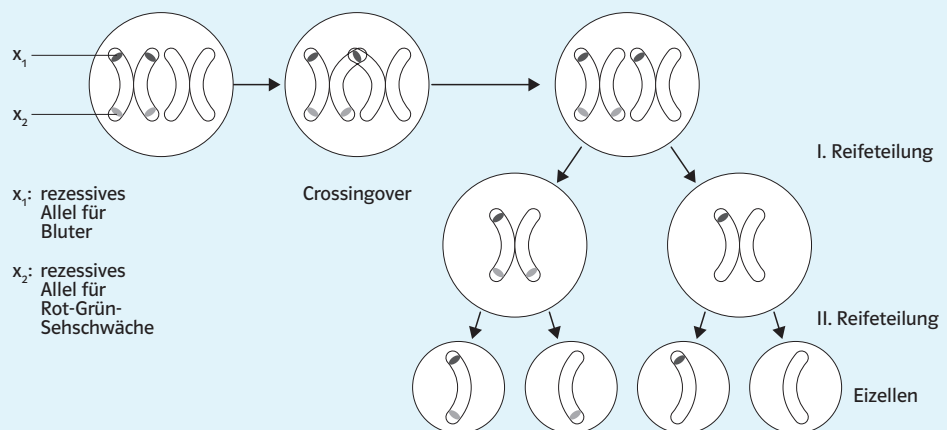
Genkopplung

Unter dem Begriff „Genkopplung“ versteht man, dass Gene, die auf einem Chromosom liegen, gemeinsam vererbt werden. Alle Gene auf einem Chromosom bilden eine Kopplungsgruppe, für die die freie Kombinierbarkeit nach MENDEL'S Unabhängigkeitsregel nicht gilt. Kopplungsgruppen können aber durch Crossingover aufgehoben werden. Dabei ist dies umso wahrscheinlicher, je weiter die Gene auf dem Chromosom auseinander liegen. Viele dieser Erkenntnisse sind durch die Versuche von MORGAN gewonnen worden.
 (Anmerkung: MENDEL hatte insofern Glück bei seinen Versuchen, da sich die von ihm untersuchten Merkmale jeweils auf einem anderen Chromosom befinden und keine Genkopplungen vorliegen.)

Zusatzaufgabe

Stelle das Crossingover bei den X-Chromosomen und somit die Entkopplung der Gene grafisch dar.

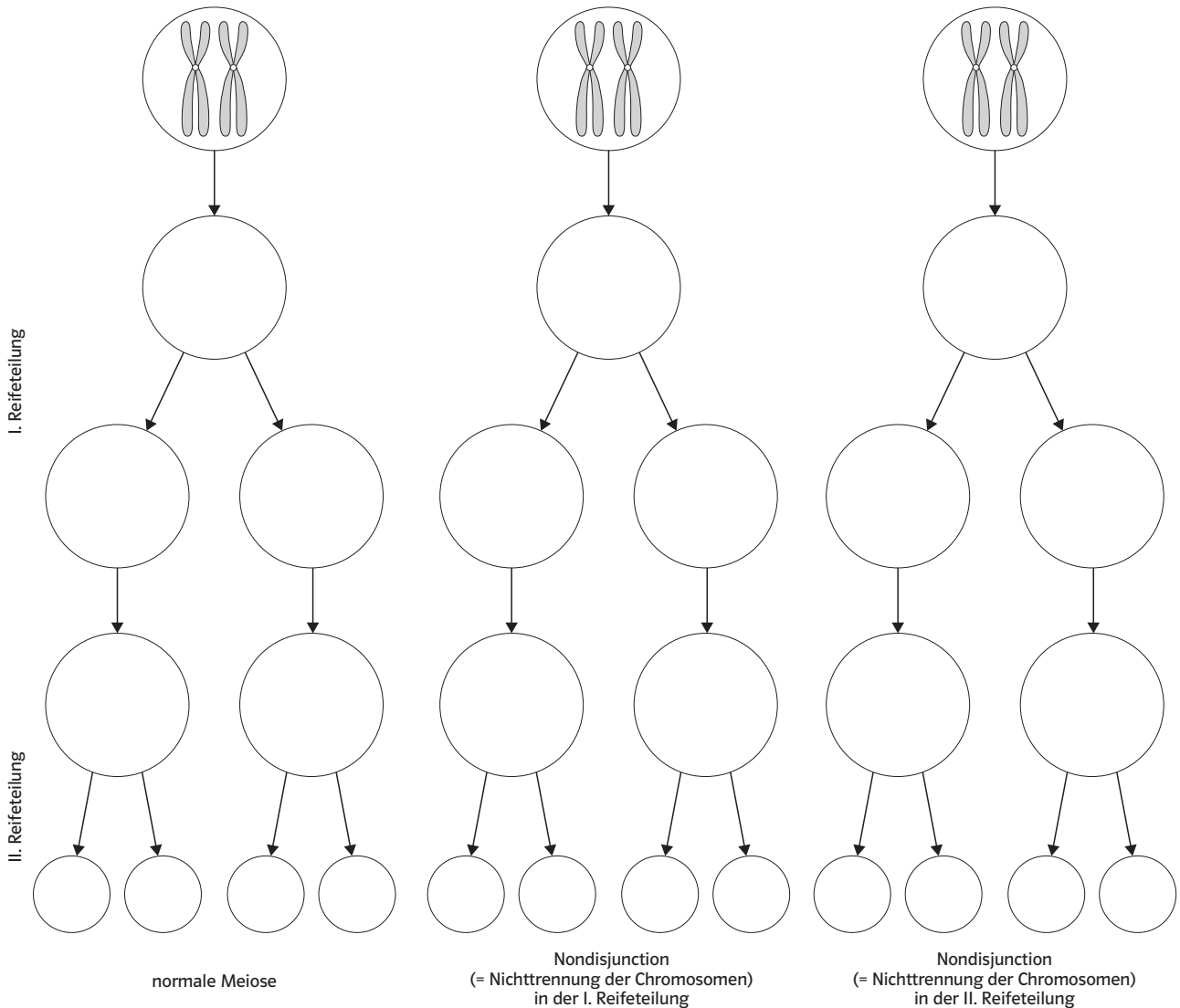
Lösung:



Entstehung einer Trisomie

Bei einer Trisomie liegt ein Chromosom in den Zellen nicht nur zweifach, sondern gleich dreifach vor. Die bekannteste Form der Trisomie, ist die Trisomie 21, die zum Down-Syndrom führt und statistisch gesehen bei einem von 700 Kindern auftritt. Kinder mit dem Down-Syndrom weisen sowohl einige körperliche Besonderheiten als auch eine langsamere geistige Entwicklung auf. Ihre Lebenserwartung ist reduziert. Die meisten anderen autosomalen Trisomien verursachen jedoch so schwere Entwick-

lungsstörungen, dass es noch in den ersten Schwangerschaftswochen zu Fehlgeburten kommt. Nur Kinder mit einer Trisomie 13, die zum Patau-Syndrom führt, oder Kinder mit einer Trisomie 18, dem Edwards-Syndrom, sind teilweise lebensfähig, sterben aber meistens noch im Kindesalter. Liegt dagegen eine Trisomie bei den Geschlechtschromosomen vor, sind die körperlichen und geistigen Auffälligkeiten so gering, dass die Trisomie häufig erst mit Beginn der Pubertät entdeckt wird.



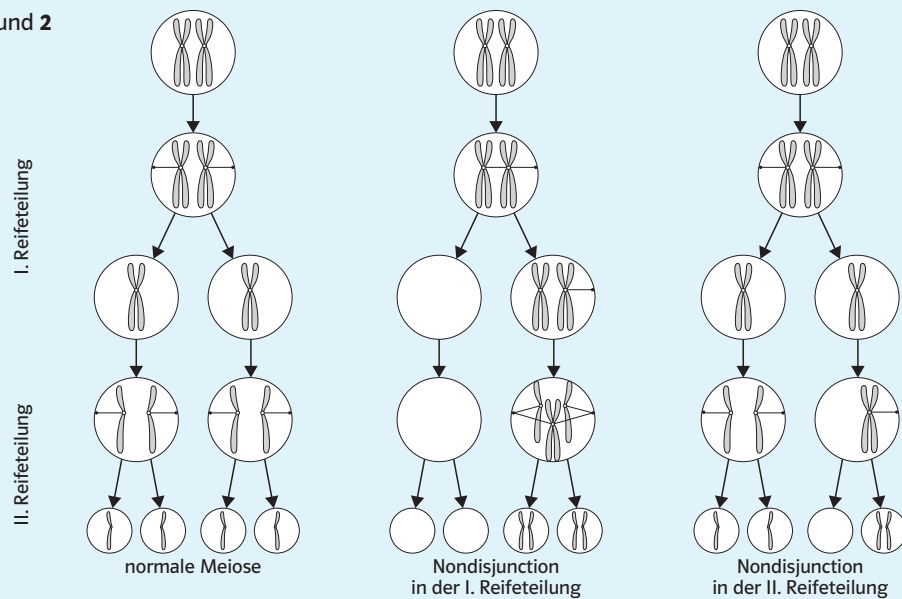
- 1 Zeichne zunächst in das linke Schema den normalen Verlauf einer Meiose ein (Zeige dabei in der 2. und 4. Reihe die Anaphase).
- 2 Zeichne dann in das mittlere und rechte Schema ein, wie es durch einen Fehler in der ersten bzw. zweiten Reifeteilung zu einer Trisomie kommen kann.
- 3 Beschreibe für die fehlerhaften Meiosen in deinem Heft jeweils die Geschehnisse in der Phase, in der der Fehler stattfindet, und vergleiche die Folgen für die Keimzellen.

ARBEITSBLATT

Entstehung einer Trisomie

Lösungen

1 und 2



- 3** Bei der Nondisjunktion in der I. Reifeteilung werden die homologen Chromosomen in der Anaphase I nicht voneinander getrennt. Dies führt zu zwei Keimzellen mit einem überzähligen Chromosom und zwei Keimzellen, in denen das Chromosom fehlt. Bei der Nondisjunktion in der II. Reifeteilung werden bei einem Chromosom die beiden Schwesterchromatiden in der Anaphase II nicht getrennt. Dies führt zu zwei normalen Keimzellen, sowie einer Keimzelle mit einem überzähligen Chromosom und einer Keimzelle, in der das Chromosom fehlt.

Praktische Tipps

Sie können mit Ihren Schülerinnen und Schülern über die Folgen einer Nondisjunktion bei den Geschlechtschromosomen sprechen, die z. B. zum Turner- oder Klinefelter-Syndrom führen kann (s. auch Zusatzinformation, Lehrband S. 172).

Zusatzinformation

Das Patau-Syndrom

Das Patau-Syndrom, das durch eine Trisomie 13 hervorgerufen wird, tritt ungefähr bei einem von 5000 Kindern auf. Kinder mit diesem Syndrom haben häufig Fehlbildungen des Kopfes, zu kleine oder eng stehende Augen, eine Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte, ungewöhnlich gebogene Finger und Zehen, zu viele Finger und Zehen oder Herzfehler. Des Weiteren sind sie häufig blind oder gehörlos und leiden unter Muskelschwäche, Krampfanfällen oder Schlafstörungen. Ungefähr 90% der Kinder mit einer Trisomie 13 sterben noch vor der Geburt. 60% der lebend geborenen Kinder sterben während der ersten 12 Monate und nur ca. 10% der Betroffenen werden älter als 5 Jahre.

Das Edwards-Syndrom

Das Edwards-Syndrom, das durch eine Trisomie 18 hervorgerufen wird, tritt ungefähr bei einem von 5000 Kindern auf. Kinder mit diesem Syndrom haben häufig Fehlbildungen des Kopfes, eine hohe und breite Stirn, einen sehr kleinen Mund, gebeugte und gekrümmte Finger, einen fehlenden Daumen, zusätzliche Finger und Zehen oder Fehlbildungen im Bauchbereich, z. B. bei der Niere, dem Harnleiter oder dem Magen-Darm-Trakt. Des Weiteren haben sie häufig ein geringeres Hörvermögen, leiden unter Muskelschwäche oder zeigen kognitive und motorische Beeinträchtigungen. Sie können auch nur selten die Lautsprache erlernen und nutzen daher Gebärden. Viele Kinder mit einer Trisomie 18 sterben noch vor der Geburt. Die meisten der lebend geborenen Kinder sterben während der ersten paar Tage. Nur 40% überleben die ersten 12 Monate. Mädchen haben bessere Überlebenschancen: 15% der von Trisomie 18 betroffenen Mädchen erreichen das 5. Lebensjahr.