

## 3

# Erfelijkheid

## 1 Chromosomen

- 1
  - 1 Een celkern van een aardappel bevat 48 chromosomen.
  - 2 Een celkern van een aardappel bevat 24 paren chromosomen.
  - 3  $2n$  is bij een hond 78.  $n$  is bij een hond 39.
  - 4 Bij een cavia heeft de kern van een huidcel 64 chromosomen.
  - 5 Voor aardappel geldt  $n = 24$ .
  - 6 De kern van een spiercel van een mens bevat 46 chromosomen. De kern van een levercel van een mens bevat ook 46 chromosomen.
- 2
  - 1 Een karyogram is een afbeelding van de chromosomen van een cel, waarbij deze in paren zijn gerangschikt.
  - 2 We noemen een cel diploïd als de chromosomen in de kern in paren voorkomen. We noemen een cel haploïd als de chromosomen in de kern enkelvoudig voorkomen.
  - 3 De kern van een huidcel bij een vos bevat 38 chromosomen. De kern van een zaadcel van een vos bevat 19 chromosomen.
  - 4 De kern van een onbevuchte eicel van een vos bevat 19 chromosomen. De kern van een bevruchte eicel van een vos bevat 38 chromosomen.
  - 5 Een celkern uit een helmdraad bevat 14 chromosomen. De kern van een stuifmeelkorrel bevat 7 chromosomen. Een stuifmeelkorrel is een geslachtscel. In geslachtscellen komen de chromosomen enkelvoudig voor.
  - 6 Dit is de kern van een geslachtscel. Omdat 21 een oneven getal is, kunnen de chromosomen in deze lichaamscel niet in paren voorkomen. De cel moet dus haploïd zijn.
  - 7 Deze chromosomen zijn van beide ouders afkomstig. In de geslachtscellen van de vader en de moeder van Ottelien komen de chromosomen enkelvoudig voor. Bij de versmelting van de geslachtscellen is een zygote ontstaan waarin de chromosomen weer in paren voorkomen. Bij elk chromosomenpaar is één chromosoom afkomstig uit de geslachtscel van de moeder en één chromosoom uit de geslachtscel van de vader. Als de zygote zich heeft ontwikkeld tot Ottelien, zijn de chromosomen van een chromosomenpaar uit haar levercel dus van beide ouders afkomstig.

## 2 Fenotype en genotype

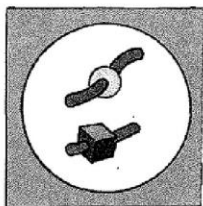
- 3
  - 1 Het fenotype van een individu zijn de waarneembare eigenschappen van het individu.
  - 2 Het genotype van een individu is de informatie voor de erfelijke eigenschappen van het individu.
  - 3 Het fenotype van een individu wordt bepaald door het genotype en door milieufactoren.
  - 4 Een gen is een deel van een chromosoom dat de informatie bevat voor één erfelijke eigenschap.
  - 5 Het gen dat albinisme veroorzaakt ligt op chromosoom 11. Het gen dat borstkanker veroorzaakt op chromosoom 17.
  - 6 In afbeelding 3 wordt de haarkleur zwart vooral bepaald door het genotype.
  - 7 Het verven van de haren wordt tot de milieufactoren gerekend.
  - 8 In afbeelding 3 is blond haar een modificatie.
  - 9 De leden van een eeneiige tweeling hebben een gelijk genotype, omdat ze uit één bevruchte eicel zijn ontstaan.
  - 10 Dit is een aanwijzing dat de verschillen grotendeels door het genotype worden bepaald. Als ze in hetzelfde gezin opgroeien, zijn de milieufactoren namelijk grotendeels gelijk.
  - 11 Zo kan de invloed van milieufactoren op het fenotype worden onderzocht.

## 4

Bepaald door het genotype	Bepaald door milieufactoren
behaarde geraniumbladeren	bladeren die naar het licht zijn gericht
blauwe ogen	een litteken
krullend haar vanaf de geboorte	krullend haar door 'permanent' slap hangende geraniumbladeren
rode bloemen	

### 3 Genenparen

- 5
- 1 Voor één erfelijke eigenschap zijn in een lichaamscel twee genen aanwezig en in een geslachtscel één gen.
  - 2 Een zenuwcel bevat dezelfde genen als een huidcel van dezelfde persoon.
  - 3 Het genotype van een individu komt vast te liggen op het moment van bevruchting van de eicel door een zaadcel.
  - 4 Een zygote heeft hetzelfde genotype als een zenuwcel van het individu dat zich uit deze zygote zal ontwikkelen.
  - 5 Een skeletafwijking die is veroorzaakt doordat de moeder een slaapmiddel gebruikte tijdens de zwangerschap is niet erfelijk. Tijdens het gebruik van het slaapmiddel lag het genotype van de baby al vast.
  - 6 In cel 3 zijn de chromosomen en genen juist getekend.
  - 7 Deze cel is een lichaamscel.



- 9 Gen heet ook wel allel, genenpaar allelenpaar.
- 6
- 1 Een individu is homozygoot voor een eigenschap als het genenpaar voor die eigenschap bestaat uit twee gelijke genen.
  - 2 Een individu is heterozygoot voor een eigenschap als het genenpaar voor die eigenschap bestaat uit twee ongelijke genen.
  - 3 Een dominant gen is een gen dat altijd tot uiting komt in het fenotype.
  - 4 Een recessief gen is een gen dat alleen tot uiting komt in het fenotype als er geen dominant gen aanwezig is.
  - 5 Een intermediair fenotype is een fenotype waarin twee ongelijke genen beide tot uiting komen.
  - 6 Je kunt hieruit niet afleiden dat dit ook geldt voor cavia's.
- 7
- 1 Varken 2 is homozygoot voor de eigenschap opstaande oren.
  - 2 De varkens 2 en 3 zijn heterozygoot voor de staartvorm.
  - 3 Varken 4 is homozygoot voor de oorvorm.
  - 4 Varken 1: hangende oren  
varken 2: opstaande oren  
varken 3: hangende oren  
varken 4: hangende oren.
  - 5 Het gen voor krulstaart is dominant en het gen voor rechte staart recessief.

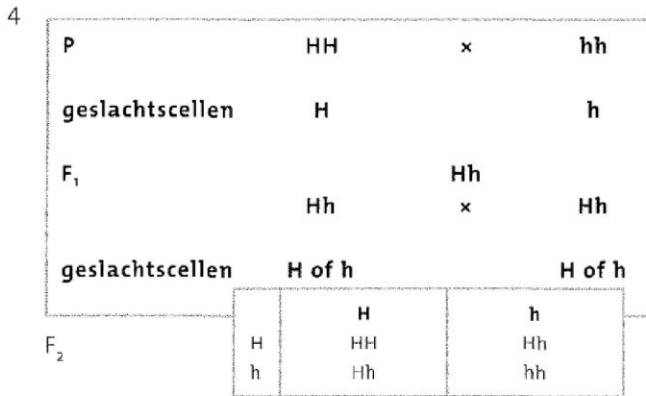
- 6 Varken 1: krulstaart  
varken 3: krulstaart.  
varken 4: rechte staart
- 7 Dit varken is homozygoot voor de staartvorm.
- 8 Hieruit kun je niet afleiden of dit varken homozygoot of heterozygoot is voor de oorvorm.

- 8
- 1 Varken 1: QQRR  
varken 2: qqRr  
varken 3: QqRr  
varken 4: QQrr.
  - 2 Een sinaasappel met genotype Bb is een normale sinaasappel.
  - 3 Het genotype van een navelsinaasappel is bb.
  - 4 Het genotype van een witharige cavia is hh.
  - 5 Er bestaan geen witharige cavia's die heterozygoot zijn voor de haarkleur.
  - 6 Het fenotype 'fijn gespikkelde veren' is intermediair.
  - 7 Het genotype van een kip met witte veren is  $A_wA_w$ .  
Het genotype van een kip met zwarte veren is  $A_2A_2$ .  
Het fenotype van een kip met fijn gespikkelde veren is  $A_wA_2$ .

### 4 Monohybride kruisingen

- 9
- 1 Het fenotype van de runderen in de  $F_1$  is zwartharig.
  - 2 Het genotype van de runderen in de  $F_1$  is Aa.
  - 3 Onderlinge voortplanting van de dieren in de  $F_1$  wordt weergegeven door  $Aa \times Aa$ .
  - 4 Een koe in de  $F_1$  kan twee typen eicellen produceren: eicellen met het gen A en eicellen met het gen a.
  - 5 Een stier in de  $F_1$  kan twee typen zaadcellen produceren: zaadcellen met het gen A en zaadcellen met het gen a.
- 10
- 1 De kans dat een kalf in de  $F_2$  het genotype AA heeft, is  $\frac{1}{4}$  of 25%. Het fenotype van dit kalf is zwartharig.
  - 2 De kans dat een kalf in de  $F_2$  het genotype aa heeft, is  $\frac{1}{4}$  of 25%. Het fenotype van dit kalf is roodharig.
  - 3 De kans dat een kalf in de  $F_2$  het genotype Aa heeft, is  $\frac{1}{2}$  of 50%. Het fenotype van dit kalf is zwartharig.
  - 4 De kans dat een kalf in de  $F_2$  zwartharig is, is  $\frac{3}{4}$  of 75%. De kans dat een kalf in de  $F_2$  roodharig is, is  $\frac{1}{4}$  of 25%.
- 11
- 1 De genotypen van de ouders zijn HH en hh.
  - 2 Van de ene ouder kunnen de geslachtscellen alleen het gen H bevatten en van de andere ouder alleen het gen h.
  - 3 Voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern bestaat slechts één mogelijkheid:  $H + h \rightarrow Hh$ .

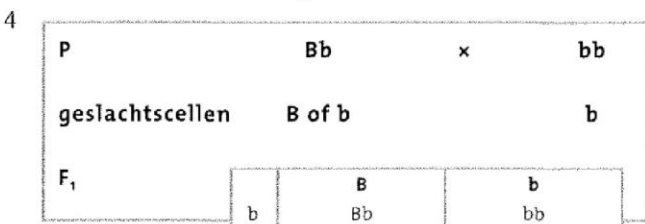
## BASISSTOF



- Alle nakomelingen in de F<sub>1</sub> hebben een zwarte vachtkleur.
- De nakomelingen in de F<sub>2</sub> hebben een zwarte of een witte vachtkleur.
- De kans dat een nakomeling in de F<sub>1</sub> homozygoot is voor de haarkleur is 0%.
- De kans dat een nakomeling in de F<sub>2</sub> homozygoot is voor de haarkleur is 1/2 of 50%.
- De kans dat de eerste nakomeling in de F<sub>2</sub> zwartharig is, is 3/4 of 75%.
- De kans is even groot voor de tweede nakomeling.
- Van de 40 nakomelingen in de F<sub>2</sub> zullen naar verwachting 30 dieren zwartharig zijn en 10 dieren witharig.
- In de F<sub>2</sub> is de verhouding van genotypen: HH : Hh : hh = 1 : 2 : 1.
- In de F<sub>2</sub> is de verhouding van fenotypen: zwartharig : witharig = 3 : 1.

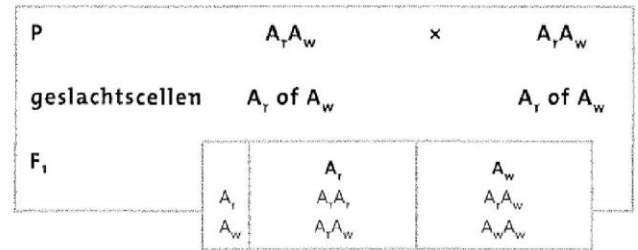
12

- De genotypen van de ouders zijn Bb en bb.
- De eicellen van het vrouwtje kunnen het gen B of het gen b bevatten.  
De zaadcellen van het mannetje kunnen alleen het gen b bevatten.
- Er bestaan twee mogelijkheden voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern:
  - een eicelkern met het gen B versmelt met een zaadcelkern met het gen b;
  - een eicelkern met het gen b versmelt met een zaadcelkern met het gen b.



- De kans dat de eerste nakomeling normale vleugels heeft, is 1/2 of 50%.  
De kans dat de eerste nakomeling vleugelstompjes heeft, is ook 1/2 of 50%.
- Naar verwachting zullen ongeveer 48 nakomelingen normale vleugels hebben en ongeveer 48 nakomelingen vleugelstompjes.
- In de nakomelingschap is de verhouding normale vleugels : vleugelstompjes = 1 : 1.

13



- In de nakomelingschap is de verhouding van genotypen: A<sub>r</sub>A<sub>r</sub> : A<sub>r</sub>A<sub>w</sub> : A<sub>w</sub>A<sub>w</sub> = 1 : 2 : 1.
- Naar verwachting zullen ongeveer 28 planten roze bloemen dragen, ongeveer 14 planten zullen rode bloemen dragen en ongeveer 14 planten zullen witte bloemen dragen.
- In de nakomelingschap is de verhouding rode bloemen : roze bloemen : witte bloemen = 1 : 2 : 1.

14

- Als het vrouwtje homozygoot is voor de vleugellengte wordt de kruising weergegeven door RR × rr.
- 100% van de nakomelingschap van deze kruising heeft lange vleugels en 0% heeft korte vleugels.
- Als het vrouwtje heterozygoot is voor de vleugellengte wordt de kruising weergegeven door Rr × rr.
- 50% van de nakomelingschap van deze kruising heeft lange vleugels en 50% heeft korte vleugels.

15

- De verhouding 204 : 187 is ongeveer gelijk aan 1 : 1.
- De genotypen van de ouderplanten zijn Hh en hh.
- Uit deze gegevens kun je niet afleiden welk gen dominant is.
- De verhouding 28 : 11 is ongeveer gelijk aan 3 : 1.
- De genotypen van de ouderplanten zijn Aa en Aa.
- Het gen voor rode bloemkleur is dominant.
- Bij erwtenplanten kunnen uit twee roodbloemige ouderplanten witbloemige nakomelingen worden verkregen. Dit kan alleen als beide ouderplanten heterozygoot zijn (Aa). De witbloemige nakomeling is dan homozygoot recessief voor de bloemkleur (aa).
- Bij erwtenplanten kunnen uit twee witbloemige ouderplanten geen roodbloemige nakomelingen worden verkregen. De witbloemige ouderplanten zijn beide homozygoot recessief (aa).
- Uit deze gegevens kan niet betrouwbaar worden afgeleid wat het genotype van de ouders is. (Het aantal nakomelingen is te klein.)
- De stier moet homozygoot recessief zijn voor deze eigenschap.

16

- De nummers 1, 3, 5 en 7 geven vrouwtjeshonden weer.
- De nummers 2 en 4 geven ruwharige mannetjeshonden weer.
- Het gen voor gladharigheid is recessief.
- Hond 1 en 6: aa.
- Hond 2, 3, 4, 5 en 7: A.
- Hond 3 kreeg het gen a van haar moeder.
- Het genotype van hond 3 is aa.
- Hond 6 kreeg het gen a van zijn vader.

- 9 Het genotype van hond 4 is dus Aa.  
 10 Het genotype van hond 5 is Aa.  
 11 Van de honden 2 en 7 kun je niet met zekerheid het genotype vaststellen. (Het genotype kan AA of Aa zijn.)
- 17 persoon 1: Rr                      persoon 5: rr  
 persoon 2: rr                      persoon 6: Rr  
 persoon 3: rr                      persoon 6: Rr  
 persoon 4: Rr
- 18 Bij de nakomelingen is de verhouding RR : Rr : rr = 1 : 2 : 1.
- 19 De genotypen (en fenotypen) van de ouders zijn Gg (grijs) en gg (zwart).
- 20 Het genotype van de erwtenplanten:  
 P : RR en rr;  
 F<sub>1</sub> : Rr.
- 21 Het genotype (en fenotype) van de stier is hh (met hoorns).
- 22 De verhouding van fenotypen in de F<sub>2</sub>: bruin : lichtgeel : wit = 1 : 2 : 1.
- 23 De verhouding van fenotypen in de nakomelingschap: ovale bladeren: brede bladeren = 1 : 1.
- 24 De stambomen 1 en 3 kunnen juist zijn.
- 3 Cel 1 is afkomstig van een vrouw en cel 2 van een man. Bij cel 2 bestaat een van de chromosomenparen uit twee ongelijke chromosomen (XY). In cel 1 bestaat dit chromosomenpaar uit twee gelijke chromosomen (XX).
- 4 In een zaadcel kan een X-chromosoom of een Y-chromosoom voorkomen. In een eikel kan alleen een X-chromosoom voorkomen.
- 5 Het geslacht van een mens komt vast te liggen op het moment van bevruchting. Het geslacht wordt door de zaadcel bepaald.
- 6 De zaadcel die bij de bevruchting betrokken was, bevatte een Y-chromosoom.
- 26
- 1 De kern van een pootcel van een koningin bevat 64 chromosomen. De kern van een pootcel van een dar bevat 32 chromosomen.
- 2 De kern van een eikel van een koningin bevat 32 chromosomen. De kern van een zaadcel van een dar bevat ook 32 chromosomen.
- 3 Een dar heeft één geslachtschromosoom in elke lichaamscel.
- 4 Bij bijen komt geen Y-chromosoom voor.
- 5 De verschillen tussen een werkbij en een koningin zijn ontstaan door milieufactoren. Deze verschillen worden veroorzaakt door verschillen in voeding (milieufactoren).
- 28
- 1 De cellen 1, 2, 4, 5, 7 en 8 zijn geslachtscellen.
- 2 De cellen 3, 6, 9, 10 en 11 bevatten elk een paar geslachtschromosomen.
- 3 De kinderen R en S vormen een eeneiige tweeling.
- 4 Uit de gegevens is niet met zekerheid het geslacht van kind P vast te stellen. Het geslacht van kind S is wel vast te stellen (een jongen).
- 5 cel 4: X    cel 6: XX  
 cel 5: X
- 6 cel 7: Y    cel 10: XY  
 cel 8: X    cel 11: XY  
 cel 9: XY
- 27
- 1 zie tabel

## 5 Geslachtschromosomen

- 25
- 1 Zowel in lichaamscellen als in geslachtscellen komen geslachtschromosomen voor.
- 2 Bij een man zijn in delende lichaamscellen een X-chromosoom en een Y-chromosoom te zien, bij een vrouw twee X-chromosomen.

Kruising	Fenotypen ouders		Genotypen ouders		Kans op een kleurenblind kind	
	van de moeder	van de vader	van de moeder	van de vader	als een dochter wordt geboren	als een zoon wordt geboren
1	kleurenziend (homozygoot)	kleurenziend	X <sup>K</sup> X <sup>K</sup>	X <sup>K</sup> Y	0%	0%
2	kleurenziend (homozygoot)	kleurenblind	X <sup>K</sup> X <sup>k</sup>	X <sup>k</sup> Y	0%	0%
3	kleurenziend (heterozygoot)	kleurenziend	X <sup>K</sup> X <sup>k</sup>	X <sup>K</sup> Y	0%	50%
4	kleurenziend (heterozygoot)	kleurenblind	X <sup>K</sup> X <sup>k</sup>	X <sup>k</sup> Y	50%	50%
5	kleurenblind	kleurenziend	X <sup>k</sup> X <sup>k</sup>	X <sup>K</sup> Y	0%	100%
6	kleurenblind	kleurenblind	X <sup>k</sup> X <sup>k</sup>	X <sup>k</sup> Y	100%	100%

## BASISSTOF

- 2 Bij de kruisingen 3 en 5 is de kans op een kleurenblind kind groter als een zoon wordt geboren, dan als een dochter wordt geboren. Een kleurenblind jongetje kan al worden geboren als de moeder draagster is. De moeder en de vader hoeven dan zelf niet kleurenblind te zijn. Een kleurenblind meisje moet een moeder hebben die minstens draagster is en bovendien een kleurenblinde vader. De kans hierop is natuurlijk veel kleiner.
- 3 Als een kleurenblind jongetje wordt geboren, hoeft de vader niet kleurenblind te zijn. (De vader zal waarschijnlijk kleurenziend zijn.) De moeder hoeft ook niet kleurenblind te zijn. (De moeder moet wel draagster zijn.)
- 4 Als een kleurenblind meisje wordt geboren, is de vader zeker kleurenblind. De moeder hoeft niet kleurenblind te zijn. (De moeder moet wel draagster zijn.)

29

- 1 persoon 2:  $X^{bY}$   
 persoon 3:  $X^{B}X^{b}$   
 persoon 4:  $X^{BY}$
- 2 Als persoon 5 een jongen is, is de kans op bloedertziekte 50%.
- 3 Als persoon 5 een meisje is, is de kans op bloedertziekte 0%.

## 6 Meerdere genen en letale factoren

30

1	P	$I^A I^B$	x	$I^A I^B$						
	geslachtscellen	$I^A$ of $I^B$		$I^A$ of $I^B$						
	$F_1$	<table border="1"> <tr> <td><math>I^A</math></td> <td><math>I^A</math></td> <td><math>I^B</math></td> </tr> <tr> <td><math>I^B</math></td> <td><math>I^A I^B</math></td> <td><math>I^B I^B</math></td> </tr> </table>			$I^A$	$I^A$	$I^B$	$I^B$	$I^A I^B$	$I^B I^B$
$I^A$	$I^A$	$I^B$								
$I^B$	$I^A I^B$	$I^B I^B$								

- 2 Het kind kan bloedgroep A, bloedgroep AB of bloedgroep B hebben.
- 3 Bloedgroep A: 25%;  
 bloedgroep AB: 50%;  
 bloedgroep B: 25%.

31

- 1 De genotypen van de ouders zijn  $I^B i$  en  $I^A i$ .
- 2 Het is mogelijk dat het derde kind bloedgroep o heeft. (De kans hierop is 25%.)

32

1	P	$Gg$	x	$Gg$						
	geslachtscellen	$G$ of $g$		$G$ of $g$						
	$F_1$	<table border="1"> <tr> <td><math>G</math></td> <td><math>GG</math></td> <td><math>gG</math></td> </tr> <tr> <td><math>g</math></td> <td><math>Gg</math></td> <td><math>gg</math></td> </tr> </table>			$G$	$GG$	$gG$	$g$	$Gg$	$gg$
$G$	$GG$	$gG$								
$g$	$Gg$	$gg$								

- 2 In de nakomelingschap komen gele en grijze muizen voor.
- 3 Naar verwachting zullen er ongeveer 16 gele en ongeveer 8 grijze jongen worden geboren.
- 33 Wanneer het kind een jongetje is, is de kans op kleurenblindheid groter (50%) dan wanneer het kind een meisje is (0%).
- 34 De ene ouder heeft bloedgroep A (genotype  $I^A i$ ), de andere ouder bloedgroep B (genotype  $I^B i$ ).

35

	P	$X^R X^R$	x	$X^r Y$						
		(vrouwje met rechte haren)		(mannetje met geknakte haren)						
	geslachtscellen	$X^R$		$X^r$ of $Y$						
	$F_1$	$X^R X^r$ en $X^R Y$								
		$X^R X^{rr}$	x	$X^R Y$						
	geslachtscellen	$X^R$ of $X^r$		$X^R$ of $Y$						
	$F_2$	<table border="1"> <tr> <td><math>X^R</math></td> <td><math>X^R</math></td> <td><math>X^r</math></td> </tr> <tr> <td><math>Y</math></td> <td><math>X^R X^R</math> <math>X^R Y</math></td> <td><math>X^R X^r</math> <math>X^R Y</math></td> </tr> </table>			$X^R$	$X^R$	$X^r$	$Y$	$X^R X^R$ $X^R Y$	$X^R X^r$ $X^R Y$
$X^R$	$X^R$	$X^r$								
$Y$	$X^R X^R$ $X^R Y$	$X^R X^r$ $X^R Y$								

- 36 De vader kan bloedgroep B of bloedgroep AB hebben.
- 37 Deze eigenschap wordt veroorzaakt door een dominant gen. Het is niet mogelijk dat deze eigenschap wordt veroorzaakt door een X-chromosomaal gen.
- 38 Onder de mannelijke nakomelingen is de kans op doodgeborenen groter (50%) dan onder vrouwelijke nakomelingen (vrijwel 0%).
- 39 De oorzaak kan zijn dat het vrouwje een X-chromosomaal gen met een letale factor bezit.

## 7 Dihybride kruisingen

40

- Het fenotype van de runderen in de  $F_1$  is zwart, effen.
- Het genotype van de runderen in de  $F_1$  is AaBb.
- Onderlinge voortplanting van dieren in de  $F_1$  wordt weergegeven door AaBb  $\times$  AaBb.
- Een koe in de  $F_1$  kan vier typen eicellen produceren:
  - eicellen met de genen A en B;
  - eicellen met de genen A en b;
  - eicellen met de genen a en B;
  - eicellen met de genen a en b.
- Een stier in de  $F_1$  kan vier typen zaadcellen produceren:
  - zaadcellen met de genen A en B;
  - zaadcellen met de genen A en b;
  - zaadcellen met de genen a en B;
  - zaadcellen met de genen a en b.

41

Genotype	Fenotype	Kans dat een kalf in de $F_2$ dit genotype heeft
AABB	zwart, effen	$1/16$
AABb	zwart, effen	$2/16$
AAbb	zwart, gevlekt	$1/16$
AaBB	zwart, effen	$2/16$
AaBb	zwart, effen	$4/16$
Aabb	zwart, gevlekt	$2/16$
aaBB	rood, effen	$1/16$
aaBb	rood, effen	$2/16$
aabb	rood, gevlekt	$1/16$

42

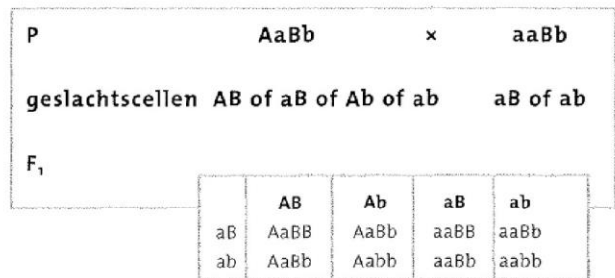
- Het aantal verschillende genotypen in de  $F_2$  bedraagt 9.
- Het aantal verschillende fenotypen in de  $F_2$  bedraagt 4.
- De kans dat een kalf in de  $F_2$  zwart effen is, is  $9/16$ .
- De kans dat een kalf in de  $F_2$  zwartbont is, is  $3/16$ .
- De kans dat een kalf in de  $F_2$  rood effen is, is  $3/16$ .
- De kans dat een kalf in de  $F_2$  roodbont is, is  $1/16$ .
- De verhouding van fenotypen in de  $F_2$  is 9 : 3 : 3 : 1.

43

- De genotypen van de ouders zijn AaBb en aaBb.
- De eicellen van het vrouwtje kunnen de volgende genen bevatten:
  - A en B;
  - A en b;
  - a en B;
  - a en b.
 De zaadcellen van het mannetje kunnen de volgende genen bevatten:
  - a en B;
  - a en b.
- Er bestaan acht mogelijkheden voor de versmelting van een eicelkern en een zaadcelkern:
  - een eicelkern met de genen A en B versmelt met een zaadcelkern met de genen a en B;

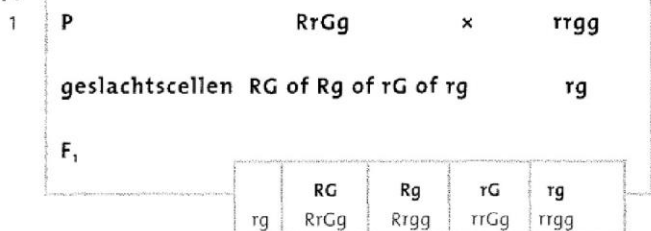
- een eicelkern met de genen A en B versmelt met een zaadcelkern met de genen a en b;
- een eicelkern met de genen A en b versmelt met een zaadcelkern met de genen a en B;
- een eicelkern met de genen A en b versmelt met een zaadcelkern met de genen a en b;
- een eicelkern met de genen a en B versmelt met een zaadcelkern met de genen a en B;
- een eicelkern met de genen a en B versmelt met een zaadcelkern met de genen a en b;
- een eicelkern met de genen a en b versmelt met een zaadcelkern met de genen a en B;
- een eicelkern met de genen a en b versmelt met een zaadcelkern met de genen a en b.

4



- In het schema komen voor:
  - zwarte, ruwharige cavia's: 3x;
  - witte, ruwharige cavia's: 3x;
  - zwarte, gladharige cavia's: 1x;
  - witte, gladharige cavia's: 1x.
- In de  $F_1$  is de verhouding van fenotypen 3 : 3 : 1 : 1.
- Naar verwachting zullen ongeveer 12 jongen het fenotype vertonen waarin beide dominante genen tot uiting komen.
- Naar verwachting zullen ongeveer 4 jongen het fenotype vertonen waarin beide recessieve genen tot uiting komen.

44



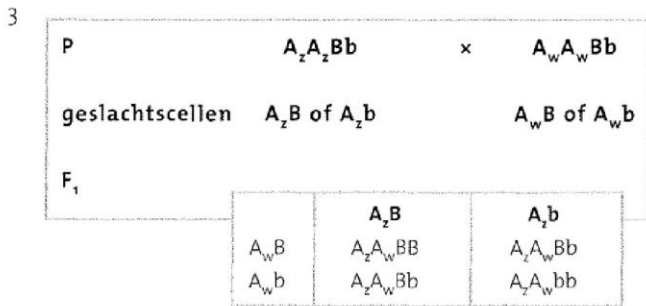
- In de  $F_1$  kun je de volgende fenotypen verwachten:
  - ronde zaden met gele zaadlobben;
  - ronde zaden met groene zaadlobben;
  - hoekige zaden met gele zaadlobben;
  - hoekige zaden met groene zaadlobben.
- De verhouding tussen deze fenotypen is 1 : 1 : 1 : 1.

45

- Het gen voor beverde poten is dominant.
- De haan en de hen zijn homozygoot voor de kleur van de veren. Het kuiken is heterozygoot voor de kleur van de veren.



## BASISSTOF



- 4 In de F<sub>1</sub> kun je de volgende fenotypen verwachten: fijn gespikkeld met beverde poten : fijn gespikkeld met onbeverde poten = 3 : 1.

## 46

- De kruising tussen de ouders wordt weergegeven door  $AaBb \times aabb$ .
- Het genotype van de moeder en het gewenste genotype van het kind is  $AaBb$ .
- Het gen A van het kind kan alleen afkomstig zijn van de moeder. De kans dat bij bevruchting de eicel dit gen bevat, is  $\frac{1}{2}$  (of 50%).
- Het gen a van het kind is dan afkomstig van de vader. De kans dat bij bevruchting de zaadcel dit gen bevat, is 1 (of 100%).
- Het gen B van het kind kan alleen afkomstig zijn van de moeder. De kans dat bij bevruchting de eicel dit gen bevat, is  $\frac{1}{2}$  (of 50%).
- Het gen b van het kind is dan afkomstig van de vader. De kans dat bij bevruchting de zaadcel dit gen bevat, is 1 (of 100%).
- De kans dat het kind hetzelfde genotype heeft als de moeder is  $\frac{1}{2} \times 1 \times \frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{4}$  (of 25%).

## 47

- De genotypen van de ouders zijn  $rrBb$  en  $RrBb$ .
- De kans op een linkshandig kind is  $1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$  (of 50%).
- De kans op een blauwogig kind is  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$  (of 25%).
- De kans op een linkshandig, blauwogig kind is  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$  (of 12,5%).
- Bij een eeneiige tweeling is de kans dat beide kinderen linkshandig, blauwogig zijn  $\frac{1}{8}$  (of 12,5%).
- Bij een twee-eiige tweeling is de kans dat beide kinderen linkshandig, blauwogig zijn  $\frac{1}{8} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{64}$  (of 1,6%).

## 48

- In deze plant kunnen  $2 \times 1 \times 2 \times 1 = 4$  verschillende genotypen in de geslachtscellen voorkomen.
- De kans dat een geslachtscel de genen C en D bevat is  $\frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{2}$  (of 50%).
- De kans dat een geslachtscel van deze plant voor tenminste één gen het recessieve gen bevat is 1 (of 100%). Gen b komt in alle geslachtscellen voor.
- De kans dat een geslachtscel van deze plant voor drie genen het recessieve gen bevat is  $\frac{1}{2} \times 1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$  (of 25%).

- De kans dat een geslachtscel van deze plant voor alle vier genen het recessieve gen bevat is 0.
- Naar verwachting zullen ongeveer  $\frac{3}{4} \times 1 \times 3264 = 2448$  planten het fenotype bezitten waarin de genen C en D tot uiting komen.
- Naar verwachting zullen ongeveer  $\frac{1}{4} \times 1 \times \frac{1}{4} \times 3264 = 204$  planten het fenotype bezitten waarin de genen a, b en c tot uiting komen.

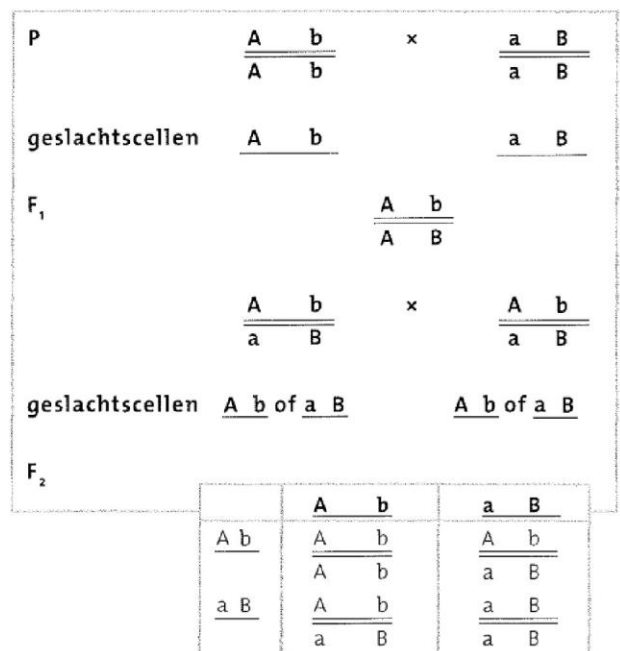
## 49

- De ouderplant is heterozygoot voor de zaadkleur.
- De ouderplant is heterozygoot voor de zaadvorm.
- Het gen voor gele zaden is dominant.
- Het gen voor ronde zaden is dominant.
- Het genotype van de ouderplant is  $AaBb$ .
- De ouderplant heeft zich ontwikkeld uit een geel, rond zaad.

## 50

- Een leeuwenbekje met rode bloemen en een leeuwenbekje met witte bloemen zijn homozygoot voor de bloemkleur. Een leeuwenbekje met roze bloemen is heterozygoot voor de bloemkleur.
- De genotypen van de ouderplanten zijn  $A_rA_wBb$  en  $A_rA_wbb$ .
- De fenotypen van de ouderplanten zijn onregelmatige, roze bloemen en regelmatige, roze bloemen.

## 51



- In de F<sub>2</sub> komen de volgende genotypen voor:  $AAbb$ ,  $AaBb$ ,  $aaBB$ .
- In de F<sub>2</sub> is de verhouding van fenotypen: langharige dieren met hangende oren : langharige dieren met rechtopstaande oren : kortharige dieren met rechtopstaande oren = 1 : 2 : 1.

52

- 1 De genen voor gele bloemkleur en pijlvormige bladeren zijn dominant.
- 2 Hier is sprake van gekoppelde overerving.
- 3 De genotypen van de ouderplanten zijn

$$\begin{array}{c} \underline{A \ B} \\ \underline{A \ B} \end{array} \quad \text{en} \quad \begin{array}{c} \underline{a \ b} \\ \underline{a \ b} \end{array}$$

53

- 1 Het genotype van de hen is aabb.  
Het genotype van het kuiken met de rozenkam is Aabb en van het kuiken met de erwtenkam aaBb.  
Het genotype van de haan is AaBb.
- 2 Het fenotype van de haan is walnootkam.

54

- 1 Het fenotype van de hen is een wit verenkleed.  
Het fenotype van de haan is een wit verenkleed.
- 2 In de  $F_1$  is de verhouding van fenotypen: gekleurd verenkleed : wit verenkleed = 3 : 1.

55

Hieruit kan niet met zekerheid worden afgeleid of het gen voor ruwharigheid dominant is. Ook kan niet met zekerheid worden afgeleid of het gen voor zwarte vachtkleur dominant is.

56

Het genotype van het mannetje is Eeff.

57

De kweker moet dan radijsjes met ronde, rode knolletjes kruisen met radijsjes met ronde, witte knolletjes.

58

In de nakomelingschap is de verhouding van fenotypen: enkelvoudige bloeiwijze en ingesneden bladrand : samengestelde bloeiwijze en gave bladrand = 3 : 1.

59

De genotypen van de ouders zijn LIX'X' × LIX'Y.

60

De kans dat een nakomeling wit zal zijn is  $\frac{1}{4}$  (of 25%).



61

- 1 De volgende antwoorden zijn mogelijk:
  - nieuwe plantensoorten ontwikkelen;
  - samenwerken met de plantenteeltdeskundige;
  - leidinggeven aan enkele assistenten en seizoenskrachten;
  - teeltkennis en ervaring inbrengen, waardoor het veredelingsplan wordt bijgesteld;
  - de benodigde zaden, bollen knollen of plantendelen selecteren of bestellen;
  - tijdens de groei de gewassen observeren en aantekeningen maken op een invulformulier;
  - uit kruisingen de gewassen met de gewenste eigenschappen selecteren;
  - de verzamelde gegevens verwerken op de computer in een rapport;
  - alleen de informatie die de opdrachtgever wil weten registreren en niks meer;
  - van tevoren zo duidelijk mogelijk vastleggen wat de opdrachtgever wil weten;
  - een eindrapportage maken;
  - bij het voeren van gesprekken in de gaten houden dat aan bijna elke wens van de opdrachtgever een prijskaartje hangt;
  - werken aan een goede relatie met de opdrachtgevers.
- 2 De volgende antwoorden zijn mogelijk:
  - mondeling en schriftelijk je duidelijk kunnen uitdrukken;
  - systematisch kunnen denken en duidelijk kunnen communiceren;
  - commercieel kunnen denken;
  - een relatie met je klanten kunnen opbouwen en onderhouden o.a. door vertrouwen op te bouwen;
  - zelfstandig en in teamverband kunnen werken.
- 3 Ter beoordeling aan jezelf.

## D Diagnostische toets

### DOELSTELLING 1

- 1 Juist.
- 2 Onjuist.
- 3 Onjuist.
- 4 Juist.
- 5 Juist.
- 6 Juist.
- 7 Onjuist. (De twee chromosomen van een paar zijn gelijk in vorm.)
- 8 Juist.
- 9 Onjuist. (Voor een huisvlieg geldt:  $2n = 12$ .)

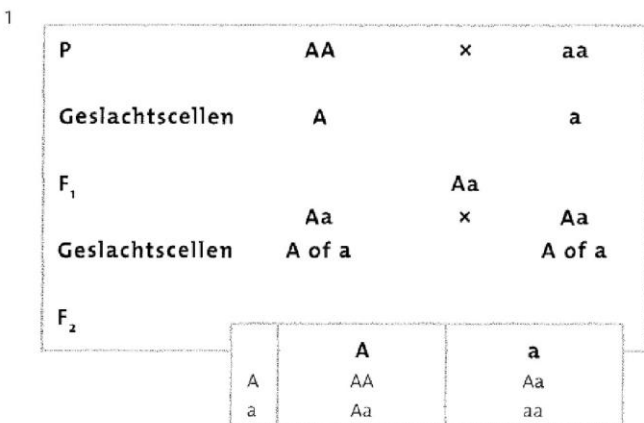
### DOELSTELLING 2

- 1 Juist.
- 2 Juist.
- 3 Onjuist.
- 4 Juist.
- 5 Juist. (De temperatuur is een milieufactor.)
- 6 Juist.
- 7 Onjuist. (Afgebeeld zijn een zenuwcel en een zaadcel.)
- 8 Onjuist. (Men probeert door tweelingonderzoek meer zicht te krijgen welke invloed het genotype en welke invloed milieufactoren hebben op het fenotype.)
- 9 Juist.
- 10 Juist. (Het is een verandering van het fenotype die wordt veroorzaakt door milieufactoren. Voedsel is een milieufactor.)
- 11 Onjuist. (Het verschil tussen een koningin en een dar wordt niet veroorzaakt door milieufactoren.)
- 12 B.
- 13 B.

### DOELSTELLING 3

- 1 Juist.
- 2 Juist. (Het genotype is dan aa.)
- 3 Onjuist.
- 4 Juist.
- 5 Onjuist. (Een individu met een intermediair fenotype is altijd heterozygoot voor deze eigenschap.)

### DOELSTELLING 4



- 2 In de F<sub>2</sub> is de verhouding van genotypen: AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1.

- 3 In de F<sub>2</sub> is de verhouding van fenotypen: brede bladeren : smalle bladeren = 3 : 1.

### DOELSTELLING 5

- 1 B (Het genotype van de zwarte ouder was AA en dat van de witte ouder aa. In de F<sub>2</sub> komen de genotypen in de volgende verhoudingen voor AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1.)
- 2 C (Het genotype van de witte ouder is gg en dat van de andere ouder Gg.)
- 3 C (Het gen voor rode bloemen is dominant. De homozygoot roodbloemige plant zal alleen roodbloemige nakomelingen krijgen. De heterozygote plant zal roodbloemige en witbloemige nakomelingen krijgen in de verhouding 1 : 1.)
- 4 C (Uit de kruising 3 x 4 → 8 blijkt dat het gen voor doofheid recessief is. De honden 3 en 4 zijn zeker heterozygoot. Ook de honden 9 en 10 zijn zeker heterozygoot, want zij hebben het recessieve gen van hun vader geërfd. Verder is hond 2 heterozygoot.)
- 5 D (Donkergroen is een intermediair fenotype. Lichtgroene en olijfgroene parkieten zijn homozygoot voor de veerleur.)

### DOELSTELLING 6

- 1 Onjuist. (Geslachtschromosomen komen voor in alle cellen.)
- 2 Onjuist.
- 3 Juist.
- 4 Onjuist. (Alle chromosomen zijn autosomen, behalve de geslachtschromosomen.)
- 5 Onjuist.
- 6 Juist.
- 7 Juist.
- 8 Onjuist. (Het Y-chromosoom is afkomstig van de vader.)
- 9 Juist. (In afbeelding 55.1 bestaan alle chromosomenparen uit twee gelijke chromosomen.)

### DOELSTELLING 7

- 1 C (Een dochter erft het X-chromosoom met het dominante gen van haar vader over. Een zoon erft het Y-chromosoom van zijn vader; hij kan het gen voor kleurenblindheid van zijn moeder overerven.)
- 2 A (Persoon 8 is niet kleurenblind en heeft dus als genotype X<sup>K</sup>Y. Dochter 9 erft het dominante gen X<sup>K</sup> van haar vader.)
- 3 B (In de P-generatie zijn de genotypen X<sup>R</sup>X<sup>r</sup> en X<sup>R</sup>Y en in de F<sub>1</sub>-generatie X<sup>R</sup>X<sup>r</sup> en X<sup>r</sup>Y. In de F<sub>2</sub>-generatie komen evenveel vrouwtjes met het genotype X<sup>R</sup>X<sup>r</sup> voor als vrouwtjes met het genotype X<sup>r</sup>X<sup>r</sup>, en evenveel mannetjes met het genotype X<sup>R</sup>Y als mannetjes met het genotype X<sup>r</sup>Y. Bij onderlinge paring van de F<sub>2</sub>-dieren zijn de volgende kruisingen mogelijk:
  - X<sup>R</sup>X<sup>r</sup> x X<sup>R</sup>Y kans op een vrouwelijke nakomeling met rode ogen = 1/2;
  - X<sup>r</sup>X<sup>r</sup> x X<sup>R</sup>Y kans op een vrouwelijke nakomeling met rode ogen = 1/2;
  - X<sup>R</sup>X<sup>r</sup> x X<sup>r</sup>Y kans op een vrouwelijke nakomeling met rode ogen = 1/4

## DIAGNOSTISCHE TOETS

- $X^1X^1 \times X^1Y$  kans op een vrouwelijke nakomeling met rode ogen = 0;  
Elke kruising levert  $\frac{1}{4}$  deel van de  $F_3$ . Vrouwjes met rode ogen maken dus voor  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{5}{16}$  deel uit van de  $F_3$ .

## DOELSTELLING 8

- 1 D (Het genotype van de moeder is  $I^B i$ ; Het genotype van de vader kan zijn  $I^A i$ ,  $I^B i$  of  $ii$ .)
- 2 C (Manxkatten zijn heterozygoot ( $Aa$ ) en katten met een staart homozygoot ( $aa$ ). Het genotype  $AA$  komt niet voor in de nakomelingschap.)
- 3 D
- 4 B

## DOELSTELLING 9

1

<b>P</b>	<b>AAbb</b>	<b>x</b>	<b>aaBB</b>
<b>geslachtscellen</b>	<b>Ab</b>		<b>aB</b>
<b>F<sub>1</sub></b>	<b>AaBb</b>		
<b>geslachtscellen</b>	<b>AB of Ab of aB of ab</b>		<b>AB of Ab of aB of ab</b>
<b>F<sub>2</sub></b>			

	<b>AB</b>	<b>Ab</b>	<b>aB</b>	<b>ab</b>
<b>AB</b>	<b>AABB</b>	<b>AABb</b>	<b>AaBB</b>	<b>AaBb</b>
<b>Ab</b>	<b>AABb</b>	<b>AAbb</b>	<b>AaBb</b>	<b>Aabb</b>
<b>aB</b>	<b>AaBB</b>	<b>AaBb</b>	<b>aaBB</b>	<b>aaBb</b>
<b>ab</b>	<b>AaBb</b>	<b>Aabb</b>	<b>aaBb</b>	<b>aabb</b>

- 2 In de  $F_2$  is de verhouding van fenotypen: zwart ruwharig : zwart gladharig : wit ruwharig : wit gladharig = 9 : 3 : 3 : 1.

## DOELSTELLING 10

- 1 A (Voor elk van de genen is de kans  $\frac{1}{2}$ .)
- 2 B (De genotypen van de ouders zijn  $RRA_bA_b$  en  $rrA_wA_w$ . Onderlinge voortplanting van dieren in de  $F_1$  wordt weergegeven als  $RrA_bA_w \times RrA_bA_w$ . In de  $F_2$  is de kans op donkere ogen  $\frac{3}{4}$  en de kans op een gele vacht  $\frac{1}{2}$ .)
- 3 B (Het genotype van beide ouders is  $AaBb$ . In de  $F_2$  is de verhouding van fenotypen: donker ruwharig : donker gladharig : licht ruwharig : licht gladharig = 9 : 3 : 3 : 1.)
- 4 B

## DOELSTELLING 11

- 1 C
- 2 A De genotypen van de ouders zijn

$$\frac{g}{g} \frac{N}{N} \quad \text{en} \quad \frac{G}{G} \frac{n}{n}$$

Onderlinge paring van de  $F_1$ -vliegen wordt weergegeven door g

$$\frac{g}{G} \frac{N}{n} \quad \times \quad \frac{g}{G} \frac{N}{n}$$

- 3 D (Het genotype van beide zwarte honden is  $EeFf$ .)
- 4 D (Bij kruising met  $eef$  kan het genotype van de paarse plant met zekerheid worden vastgesteld. Wanneer het genotype van de paarse plant  $EEFf$  is, is 50% van de nakomelingen paars en 50% rood. Wanneer het genotype van de paarse plant  $EEFF$  is, is 100% van de nakomelingen paars. Wanneer het genotype van de paarse plant  $EeFf$  is, is 25% van de nakomelingen paars, 25% rood en 50% van de nakomelingen vormt geen pigment.)

## DOELSTELLING 12

- 1 Cystische fibrose op chromosoom 7, het fragiele X-syndroom op het X-chromosoom.
- 2 Je kunt dit niet weten aan de hand van de tabel in Binas. Als het om een recessief gen gaat komt het vaker bij mannen voor, net als met andere X-gekoppelde genen is één X-chromosoom voldoende om de ziekte tot expressie te laten komen. (In werkelijkheid zijn er meer mannen die het fragiele X-syndroom hebben dan vrouwen. Deze mannen zijn dan zwakzinnig, maar ook draagsters zijn soms zwakbegaafd. In ieder geval ontstaat het in samenspel met een gebrek aan foliumzuur in voedsel.)

## 1

## Erfelijkheid bij katten

## 2

## Erfelijkheid in je familie

1

Fenotype	Genotype van een poes	Genotype van een kater
effen rood	$eeX^{Ar}X^{Ar}$	$eeX^{Ar}Y$
effen zwart	$eeX^{Az}X^{Az}$	$eeX^{Az}Y$
rood-zwart gevlekt	$eeX^{Ar}X^{Az}$	niet mogelijk
rood-wit gevlekt	$EeX^{Ar}X^{Ar}$ of $EeX^{Az}X^{Ar}$	$EEX^{Ar}Y$ of $EeX^{Ar}Y$
zwart-wit gevlekt	$EEX^{Az}X^{Az}$ of $EeX^{Az}X^{Az}$	$EEX^{Az}Y$ of $EeX^{Az}Y$
rood-zwart-wit gevlekt	$EEX^{Ar}X^{Az}$ of $EeX^{Ar}X^{Az}$	niet mogelijk

2

- 1 Bij een rood-zwart gevlekte kat of bij een rood-zwart-wit gevlekte kat kun je aan de vacht zien dat het een poes is.
- 2 De genotypen van de ouders zijn  $EeX^{Ar}X^{Az}$  (de poes) en  $eeX^{Az}Y$  (de kater).
- 3 De genotypen van de jongen zijn  $eeX^{Az}Y$  (effen zwart),  $EeX^{Az}Y$  (zwart-wit gevlekt),  $eeX^{Ar}X^{Az}$  (rood-zwart gevlekt) en  $EeX^{Ar}X^{Az}$  (rood-zwart-wit gevlekt).
- 4 Het effen zwarte en het zwart-wit gevlekte jong zijn mannelijk; het rood-zwart gevlekte en het rood-zwart-wit gevlekte jong zijn vrouwelijk.

- 1 Ter beoordeling aan je docent.

2

- 1 Ter beoordeling aan je docent.
- 2 De genen voor bruine oogkleur, krullend haar, kleurenziend, rechtshandigheid, vrij oorlelletje en tongrollen zijn dominant.
- 3 Ter beoordeling aan je docent.