

# 2 Genen

## LEERDOEL

- 3.2.1 Je kunt omschrijven wat homozygoot, heterozygoot, dominant, recessief en intermediair fenotype betekenen.

► Practicum 1

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	3.2.1
Onthouden	1
Begrijpen	2, 3, 4ac
Toepassen	4bd, 5ab, 6a
Analyseren	4e, 5c, 6b, 7

**Je kunt verschillende allelen hebben voor een eigenschap. Welke eigenschap je dan krijgt, hangt af van de sterkte van het allele.**

## HOMOZYGOOT EN HETEROZYGOOT

Een gen kan informatie bevatten over de vorm van je haar. Er is een allele voor steil haar en een allele voor krullend haar. Als je steil haar hebt, zijn de twee allelen voor de haarrorm gelijk aan elkaar (zie afbeelding 1). Je bent dan **homozygoot** voor de eigenschap steil haar (homo = gelijk).

Als je gen voor de haarrorm uit twee allelen voor krullend haar bestaat, ben je homozygoot voor de eigenschap krullend haar (zie afbeelding 2).

Een allelenpaar voor de haarrorm kan ook bestaan uit één allele voor steil haar en één allele voor krullend haar. De twee allelen voor de haarrorm zijn dan ongelijk (zie afbeelding 3). Als dat bij jou zo is, dan ben je **heterozygoot** voor de haarrorm (hetero = verschillend).

**Afb. 1** Persoon die homozygoot is voor steil haar.



twee allelen voor steil haar

**Afb. 2** Persoon die homozygoot is voor krullend haar.



twee allelen voor krullend haar

**Afb. 3** Persoon die heterozygoot is voor de haarrorm.



één allele voor steil haar en één allele voor krullend haar

- allel voor steil haar
- allel voor krullend haar

## DOMINANTE EN RECESSIEVE ALLELEN

Personen die heterozygoot zijn voor de haarrorm, hebben het allele voor steil haar en het allele voor krullend haar. Als je naar ze kijkt, zie je alleen krullend haar. Het allele voor steil haar is niet te zien aan het uiterlijk. Dit komt doordat het allele voor krullend haar ‘sterker’ is. Het is een **dominant allele**. Een dominant allele zie je altijd terug in het fenotype. Het allele voor steil haar noem je een **recessief allele**. Een recessief allele zie je alleen terug in het fenotype als er geen dominant allele aanwezig is.

Voor de meeste erfelijke eigenschappen zijn er twee verschillende allelen. Vaak is een van de twee allelen dominant. Bij erwtenplanten is het allele voor rode bloemkleur dominant. Het allele voor witte bloemkleur is recessief (zie afbeelding 4).

**Afb. 4** Erwtenplanten.



- 1 homozygoot of heterozygoot voor rode bloemkleur      2 homozygoot voor witte bloemkleur

### LETTERS VOOR ALLELEN

Genotypen geef je aan met een lettercombinatie. Voor één erfelijke eigenschap gebruik je één letter. Een dominant allele geef je aan met een hoofdletter, een recessief allele met dezelfde klei

Bijvoorbeeld:

- Het allele voor krullend haar is dominant. Dit kun je aangeven met de letter **A**.
- Het allele voor steil haar is recessief. Dit kun je aangeven met de letter **a**.

Hiermee zijn drie genotypen voor haarsvorm mogelijk:

- 1 **AA**: Deze persoon is homozygoot voor de haarsvorm krullend haar. Het fenotype is krullend haar.
- 2 **Aa**: Deze persoon is heterozygoot voor de haarsvorm. Het fenotype is krullend haar.
- 3 **aa**: Deze persoon is homozygoot voor de haarsvorm steil haar. Het fenotype is steil haar.

Iemand met krullend haar kan twee allelen voor krullend haar hebben, maar ook één voor krullend haar en één voor steil haar. Aan het fenotype kun je dan niet zien wat het genotype is.

### INTERMEDIAIR FENOTYPE

Bij sommige erfelijke eigenschappen is er geen dominant allele en geen recessief allele. Beide allelen zijn dan even sterk. Bij een heterozygoot genotype ontstaat dan een **intermediair fenotype**. Dit is een mix van de beide eigenschappen in het fenotype.

Het leeuwenbekje is een plant met allelen voor rode bloemkleur en voor witte bloemkleur. Geen van beide allelen is dominant. Leeuwenbekjes die heterozygoot zijn voor de bloemkleur, hebben daardoor roze bloemen. Als twee allelen even sterk zijn, kun je ook dat aangeven met letters (zie afbeelding 5).

**Afb. 5** Leeuwenbekjes.



1 homozygoot voor rode bloemen:  $A_r A_r$



2 homozygoot voor witte bloemen:  $A_w A_w$



3 heterozygoot voor de bloemkleur:  $A_r A_w$

## KENNIS

**1**

- a Een persoon die in elke celkern twee allelen heeft voor steil haar, is voor deze eigenschap *heterozygoot / homozygoot*.
- b Een persoon die in elke celkern twee allelen heeft voor krullend haar, is voor deze eigenschap *heterozygoot / homozygoot*.
- c Een persoon die heterozygoot is voor de eigenschap haarvorm, heeft in elke celkern twee *dezelfde / verschillende* allelen voor deze eigenschap.

**2**

Bij rozen zijn er allelen voor rode bloemkleur en voor witte bloemkleur. In het fenotype komen rode, witte en roze bloemen voor.

- a Welk fenotype is het intermediaire fenotype bij rozen?
  - A rode bloemen
  - B roze bloemen
  - C witte bloemen
- b Welke genotypen hebben de rozen met rode, witte en roze bloemen?
  - 1 De plant met rode bloemen heeft genotype:  $A_r A_r / A_w A_w / A_r A_w$
  - 2 De plant met witte bloemen heeft genotype:  $A_r A_r / A_w A_w / A_r A_w$
  - 3 De plant met roze bloemen heeft genotype:  $A_r A_r / A_w A_w / A_r A_w$
- c Een andere plantensoort is heterozygoot voor bloemkleur en heeft een allel voor rode bloemen en een allel voor witte bloemen. Deze plant heeft rode bloemen als fenotype.  
Heeft deze plantensoort een intermediair fenotype? *ja / nee*  
Het allel voor rode bloemen is *dominant / recessief / geen van beide*.

## 3

**Samenvatting**

Zet bij de volgende begrippen een definitie en een bijbehorend genotype (in letters).

Gebruik daarbij: A – a –  $A_a$  –  $A_b$ . Het dominante allele is voorgedaan.

Dominant allele	Het allele dat altijd tot uiting komt in het fenotype.	A
Recessief allele		
Homozygoot		
Heterozygoot		
Intermediair		

**INZICHT****Maak de volgende opdrachten in je schrift.**

## 4

In afbeelding 6 zijn de lichaamscellen van vier verschillende personen schematisch getekend. Vier allelen zijn aangegeven. Op de chromosomen liggen genen voor de lengte van de wimpers en voor rechts- of linkshandigheid.

a Bekijk de lichaamscel van Marloes.

Is Marloes heterozygoot of homozygoot voor de eigenschap ‘lengte van de wimpers’?

b Marloes heeft lange wimpers.

Is de eigenschap ‘lange wimpers’ dominant of recessief?

c Bekijk de lichaamscel van Rachel.

Is Rachel heterozygoot of homozygoot voor de eigenschap ‘rechts- of linkshandigheid’?

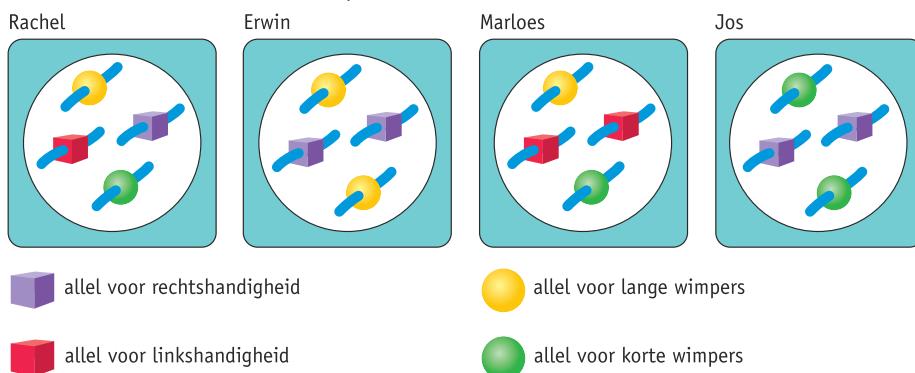
d Ga er in deze vraag van uit dat het milieu (de omgeving) geen invloed heeft op links- of rechtshandig zijn.

Rachel is rechtshandig.

Welke eigenschap is dominant: rechtshandig of linkshandig?

e Neem de tabel over en vul hem in. Gebruik daarbij: *links – rechts – kort – lang*.

	Rachel	Erwin	Marloes	Jos
Rechts- of linkshandig				
Wimpers				

**Afb. 6** Lichaamscellen van vier personen.**5**

PTC is een stof die in bijvoorbeeld spruitjes voorkomt. Sommige mensen kunnen PTC proeven als een heel bittere smaak, andere mensen juist niet. Bij mensen is het allel voor het proeven van PTC dominant (T) en het allel voor niet-proeven van PTC is recessief (t).

- Wat is het genotype van iemand die homozygoot dominant is voor het proeven van PTC?
- Wat is het genotype van een persoon die geen PTC kan proeven? Leg je antwoord uit.
- Bestaan er mensen die geen PTC kunnen proeven en heterozygoot zijn? Leg je antwoord uit.

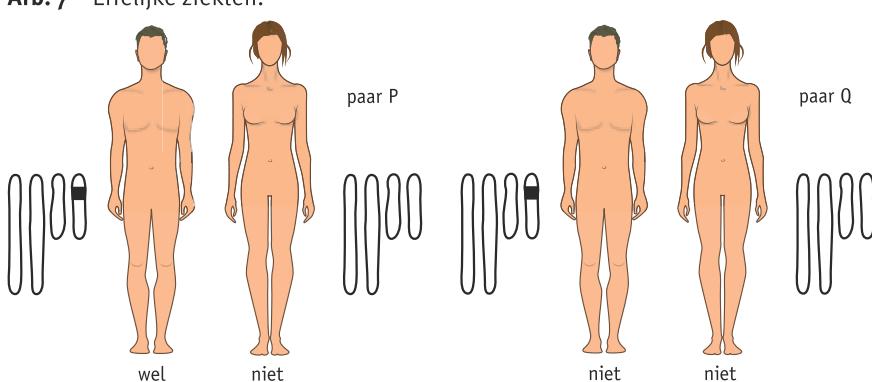
**6**

Er bestaat een groep erfelijke ziekten die tot gevolg heeft dat het bindweefsel veel te slap is. Er zijn verschillende allelen die zo'n ziekte kunnen veroorzaken. Sommige van de allelen zijn dominant, andere zijn recessief.

In afbeelding 7 zie je twee ouderparen: paar P en paar Q. Beide mannen komen uit een familie waarin een bindweefselziekte voorkomt. In de families komt niet dezelfde bindweefselziekte voor.

Naast de ouderparen zijn de chromosomen afgebeeld waarop de genen liggen voor zo'n ziekte. Onder de personen staat geschreven of ze wel of niet ziek zijn.

- Bij welke van de twee mannen is het allel recessief: bij de man van paar P of bij de man van paar Q? Leg je antwoord uit.
  - Een andere erfelijke aandoening is het DEND-syndroom. Iemand met het DEND-syndroom heeft epilepsie en andere hersenaandoeningen. Er zijn ook mensen die een milde vorm van dit syndroom hebben. Deze mensen hebben moeite met praten of bewegen, maar hebben geen epilepsie en zijn minder ernstig ziek.
- Geef een verklaring voor het bestaan van een ernstige variant van dit syndroom en een minder ernstige variant.

**Afb. 7** Erfelijke ziekten.**Legenda:**

- wel = heeft de ziekte wel
- niet = heeft de ziekte niet
- = allel dat zo'n ziekte veroorzaakt

**+ 7**

Lees de tekst ‘Sclerosteose’.

- a Komt het gen voor sclerosteose voor op de geslachtschromosomen (X- of Y-chromosoom) of op een van de andere chromosomenparen uit de celkern? Leg je antwoord uit.
- b Mensen die homozygoot zijn voor sclerosteose, hebben een  $3\times$  grotere botmassa dan mensen met een normale botgroei. Bij mensen die heterozygoot zijn, is de hoeveelheid bot  $1,5\times$  groter.  
Is hetallel voor sclerosteose dominant, recessief of erft de eigenschap intermediair over? Leg je antwoord uit.

Afb. 8

### Sclerosteose

In Zuid-Afrika komt een bijzondere botziekte voor: sclerosteose. Bij deze ziekte blijven de botten levenslang doorgroeien. De patiënten hebben ver vooruitstekende kaken en ze zijn erg lang. Een ander gevolg van de ziekte is doofheid. Doordat de botten van de schedel steeds dikker worden, worden de gehoorzenuwen afgekneld.

Alle mensen met sclerosteose stammen waarschijnlijk af van één enkele voorouder, die in de zeventiende eeuw vanuit Nederland emigreerde. Sclerosteose komt even vaak voor bij mannen als bij vrouwen.

 Ga naar de *extra opdrachten, Flitskaarten en Test jezelf*.

# 3 Kruisingen

## LEERDOELEN

- 3.3.1 Je kunt een kruisingsschema opstellen.  
 3.3.2 Je kunt bij een gegeven kruising genotypen en fenotypen van ouders en/of nakomelingen afleiden.

► Practicum 1

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	3.3.1	3.3.2
Onthouden	1a	
Begrijpen	1bc, 2abcde, 3, 5a	2fg, 3
Toepassen	5b, 6a	4, 5c
Analyseren		5d, 6bcd

Ouders geven erfelijke eigenschappen door aan hun nakomelingen. Welk genotype de nakomeling krijgt, hangt af van het toeval. Toch kun je de kans op een bepaalde eigenschap voorspellen.

## EEN KRUISING

In afbeelding 1 zie je een angorakonijn. Dit konijn heeft lange haren. Fokkers hebben hiervoor gezorgd, door steeds de konijnen met de langste haren met elkaar te laten paren. De nakomelingen kregen zo ook weer lange haren. Als je twee dieren met elkaar nakomelingen laat krijgen, heet dat **kruisen**. Bij alle kruisingen in deze basisstoffen gaat het steeds om één erfelijke eigenschap (één gen).

**Afb. 1** Een angorakonijn, gefokt op de eigenschap ‘vacht met lange haren’.



Bij een kruising geef je de ouders aan met de letter P (Latijn: *parentes* = ouders). De eerste generatie nakomelingen geef je aan met F<sub>1</sub> (Latijn: *filii* = kinderen). Een **generatie** zijn alle organismen in één laag van een reeks voortplantingen. Bij veel kruisingen planten de organismen in de F<sub>1</sub> zich ook weer voort. Hieruit ontstaat een tweede generatie nakomelingen: de F<sub>2</sub>.

**Generatie P zijn de ouders.**

**F<sub>1</sub> zijn de kinderen van deze ouders (P).**

**F<sub>2</sub> zijn de kinderen van deze kinderen (F<sub>1</sub>).**

## EEN KRUISINGSSCHEMA MAKEN

Door een **kruisingsschema** te maken, kun je voorspellen welk fenotype de nakomelingen van een kruising krijgen. Een kruisingsschema is een tabel waarin je alle mogelijke combinaties van allelen bij één kruising noteert.

Bij labradors (zie afbeelding 2) is het allele voor een zwarte vacht (A) dominant over het allele voor een gele vacht (a). Een zwartharig vrouwtje dat homozygoot is voor de vachtkleur, paart met een geelharig mannetje. De nakomelingen ( $F_1$ ) paren ook weer met elkaar. Je wilt weten welke vachtkleur de labradors in generatie  $F_2$  kunnen hebben. Ook wil je weten hoe groot de kans is op elke vachtkleur in de  $F_2$ . Hoe je het kruisingsschema van deze kruising maakt, zie je in het volgende stappenplan.

**Afb. 2** Zwartharige labrador × geelharige labrador.



### STAP 1 (P): BEDENK WAT DE FENOTYPEN EN GENOTYPEN VAN DE OUDERS ZIJN.

Het vrouwtje is homozygoot zwartharig. Het allele voor zwarte vachtkleur is dominant, dus het genotype van het vrouwtje is AA.

Het mannetje is geelharig. Het allele voor gele vachtkleur is recessief. Het genotype van het mannetje is dus aa. De kruising is dan:

$$P = AA \times aa$$

### STAP 2 (GESLACHTSCELLEN): BEDENK WELKE ALLELEN IN DE GESLACHTSCELLEN VAN BEIDE OUDERS KUNNEN VOORKOMEN.

Geslachtscellen ontstaan door reductiedeling (meiose). In geslachtscellen komt van elk gen één allele voor.

Het genotype van het vrouwtje is AA. Elke eicel die het vrouwtje maakt, bevat het allele A. Het genotype van het mannetje is aa. Elke zaadcel die het mannetje maakt, bevat het allele a.

### STAP 3 ( $F_1$ ): STEL VAST WELK GENOTYPE EN FENOTYPE DE NAKOMELINGEN KUNNEN HEBBEN.

Bij bevruchting versmelt de kern van een eicel (met allele A) met de kern van een zaadcel (met allele a). Het genotype van de bevruchte eicel is in dit geval altijd Aa. De nakomeling die zich uit deze bevruchte eicel ontwikkelt, heeft altijd een zwarte vacht.

Andere mogelijkheden zijn er bij deze kruising niet.

$$F_1 = Aa$$

### STAP 4: STEL VAST WELK GENOTYPE EN FENOTYPE DE DIEREN IN DE $F_2$ KUNNEN HEBBEN.

De dieren in de  $F_1$  planten zich onderling voort. Bij bevruchting weet je niet welke eicel door welke zaadcel wordt bevrucht. Er zijn vier mogelijkheden:

- Een eicel met het allele A wordt bevrucht door een zaadcel met het allele A.
- Een eicel met het allele A wordt bevrucht door een zaadcel met het allele a.
- Een eicel met het allele a wordt bevrucht door een zaadcel met het allele A.
- Een eicel met het allele a wordt bevrucht door een zaadcel met het allele a.

Om dit overzichtelijk op te schrijven, zet je de stappen in regels onder elkaar:

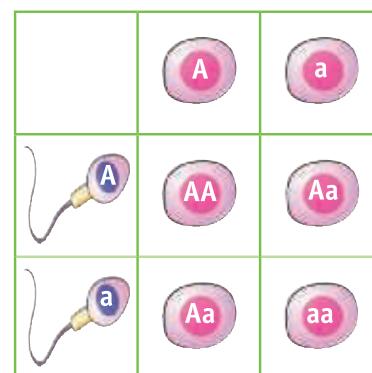
P geslachtscellen $F_1$	AA A Aa	$\times$	aa a Aa
geslachtscellen	A of a		A of a

Voor de  $F_2$  maak je een kruisingsschema. De allelen in de eicellen zet je boven in het schema. De allelen in de zaadcellen komen links in het schema (zie afbeelding 3).

Het kruisingsschema ziet er dan zo uit:

$F_2$		A	a
	A	AA	Aa
a	Aa	aa	

**Afb. 3** Mogelijkheden van bevruchting  $F_2$ .



Je ziet dat er vier mogelijkheden zijn voor het genotype van de nakomelingen in de  $F_2$ :

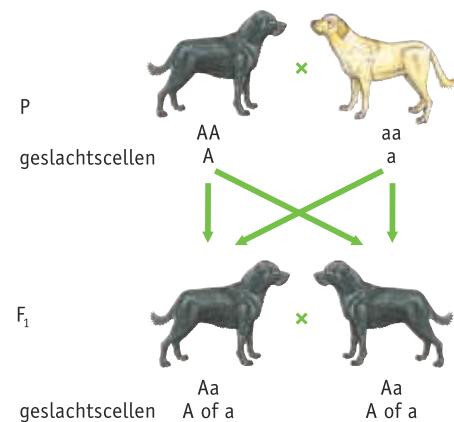
- De kans dat een dier uit de  $F_2$  het genotype Aa heeft, is de helft of 50%.
- De kans op genotype AA is 25%.
- De kans op genotype aa is 25%.

Er zijn twee mogelijke fenotypen:

- De kans op een zwarte labrador in de  $F_2$  is 75%. Dit zijn de genotypen AA en Aa.
- De kans op een gele labrador is 25%. Dit is het genotype aa.

In afbeelding 4 is deze kruising schematisch weergegeven met tekeningen.

**Afb. 4** Kruising (schematisch).



	A	a
A	AA Aa	Aa aa
a	Aa aa	aa

## VERHOUDINGEN

Bij twee of drie nakomelingen zijn de genotypen van de  $F_1$  afhankelijk van het toeval. Maar bij een groot aantal nakomelingen zie je steeds dezelfde verhouding van genotypen en fenotypen in de volgende generatie (zie afbeelding 5).

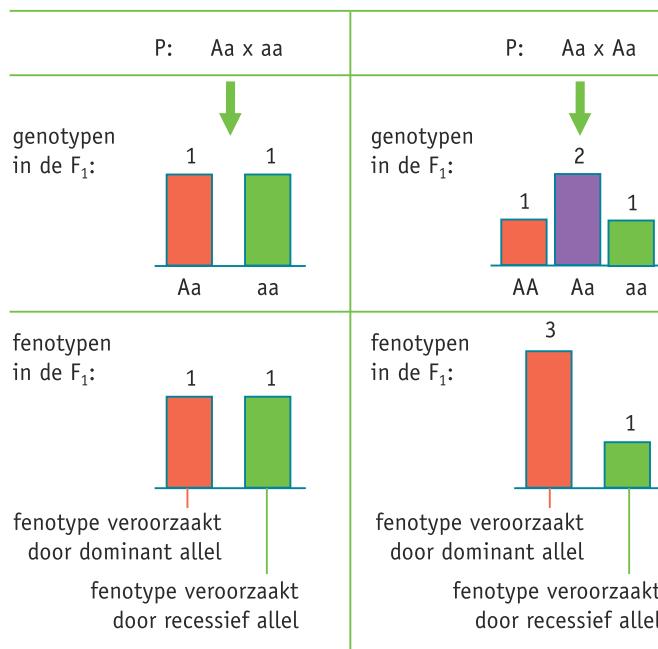
Is één ouder heterozygoot ( $Aa$ ) en de andere ouder homozygoot recessief ( $aa$ ), dan krijg je de volgende genotypen, fenotypen en verhoudingen:

- genotypen                       $Aa = 50\%$ ,  $aa = 50\%$
- verhouding genotypen       $Aa : aa = 1 : 1$
- verhouding fenotypen         $1 : 1$

Zijn beide ouders heterozygoot ( $Aa$ ), dan krijg je de volgende genotypen, fenotypen en verhoudingen:

- genotypen                       $AA = 25\%$ ,  $Aa = 50\%$ ,  $aa = 25\%$
- verhouding genotypen       $AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1$
- verhouding fenotypen         $3 : 1$

**Afb. 5** Bij grote aantal nakomelingen komt bij de nakomelingen steeds dezelfde verdeling van genotypen en fenotypen voor.



## KENNIS

1

- a Hoe geef je bij een kruising de ouders aan?
  - A met  $F_1$
  - B met  $F_2$
  - C met P
- b De ouders van de  $F_2$  zijn de P /  $F_1$ .
- c Hoeveel generaties zijn P,  $F_1$  en  $F_2$  samen? 1 / 2 / 3 / 4 generaties

2

In afbeelding 6 zie je muizen met een verschillende vachtkleur. Bij muizen is het allele voor een zwarte vacht ( $H$ ) dominant over het allele voor een witte vacht ( $h$ ). Een zwarte vrouwtjesmuis die homozygoot is voor de vachtkleur, wordt gekruist met een wit mannetje. De nakomelingen van deze muizen worden gekruist waardoor een  $F_2$  ontstaat.

a Wat zijn de genotypen van de ouders?

vrouwje: ..... mannetje: .....

b Welke allelen bevatten de geslachtscellen van de ouders?

De eicellen bevatten het allele  $H / h$ .

De zaadcellen bevatten het allele  $H / h$ .

c Welk genotype heeft de bevruchte eicel? .....

d Welke haarkleur hebben de muizen in de  $F_1$ ? .....

e Hier zie je de volledige kruising met P,  $F_1$  en  $F_2$ .

Vul de genotypen en allelen in. Kies uit: H – h – HH – Hh – hh.

P	.....	x	.....	$F_2$
geslachtscellen	.....		.....	
$F_1$	.....	x	.....	
geslachtscellen	H of h		H of h	

	H	h
H		
h		

f Hoe groot is de kans dat een nakomeling in de  $F_2$  homozygoot recessief is voor de haarkleur? ..... %

g Hoe groot is de kans dat een muis in de  $F_2$  een zwarte vacht heeft? ..... %

Afb. 6 Zwarte muis en witte muis.



### 3

#### Samenvatting



- Noteer in eigen woorden de vier stappen om de verhouding in fenotypen van de  $F_2$  te bepalen.
- Werk het stappenplan uit met het voorbeeld  $P = BB \times bb$ . Maak daarbij een kruisingsschema voor de  $F_2$ .

Stap 1 (P): .....

Stap 2: .....

Stap 3 ( $F_1$ ): .....

Stap 4 ( $F_2$ ): .....

Voorbeeld:

P	BB	x	bb	$F_2$
geslachtscellen	.....		.....	
$F_1$	.....		.....	
geslachtscellen	.....		.....	


**INZICHT**

**Maak de volgende opdrachten in je schrift.**

**4**

In afbeelding 7 zie je een peulvrucht met erwten erin. De erwten zijn de zaden van de plant. De kleur van erwten is een erfelijke eigenschap. Er is een allel voor gele erwten en een allel voor groene erwten.

Een erwtenplant is gegroeid uit een gele erw. Hij wordt gekruist met een andere erwtenplant die ook is gegroeid uit een gele erw. Onder de nakomelingen uit deze kruising komen zowel gele als groene erwten voor.

- a Zijn de beide ouderplanten heterozygoot of homozygoot voor de kleur van de erwten? Leg je antwoord uit.
- b Welke eigenschap is dominant: gele of groene erwten? Leg je antwoord uit.

**Afb. 7** Peulvrucht met erwten.

**5**

Bij leeuwenbekjes is een roze bloemkleur een intermediair fenotype.

- a Twee leeuwenbekjes met roze bloemen planten zich onderling voort. Welk genotype hebben de planten met roze bloemen?
- b Twee leeuwenbekjes met roze bloemen worden gekruist. Hoeveel procent kans is er op nakomelingen met rode bloemen? Laat met een kruisingsschema zien hoe je aan je antwoord komt.
- c Uit de kruising van twee leeuwenbekjes met roze bloemen worden 56 zaden (nakomelingen) gevormd. Hoeveel nakomelingen in de  $F_1$  zullen roze bloemen krijgen?
- d De verhoudingen in genotype en fenotype bij de nakomelingen zie je alleen bij grote aantallen nakomelingen.  
Als je bijvoorbeeld maar vier nakomelingen hebt, dan zie je niet altijd de precieze verhouding terugkomen. Leg dit uit.

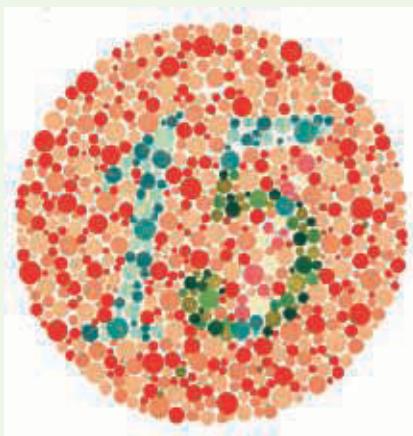
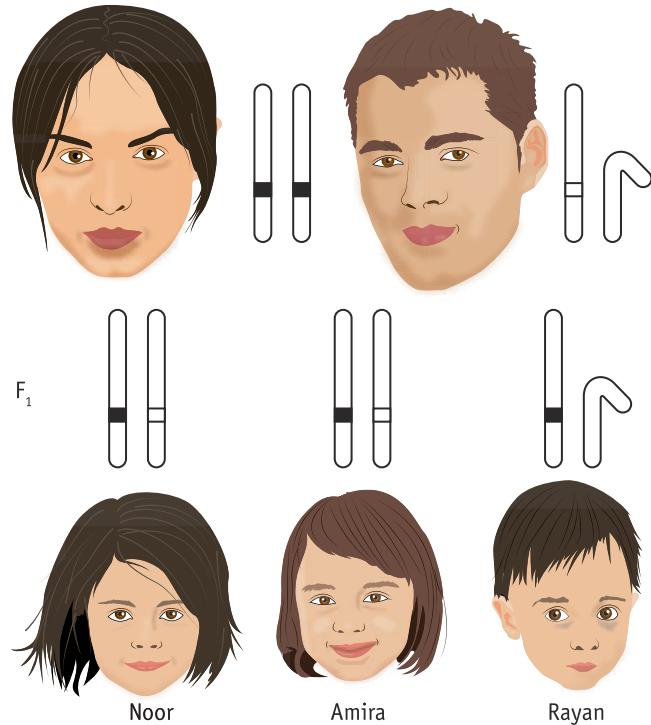
**+ 6**

Lees de tekst ‘Doe de kleurentest!’.

- a In afbeelding 9 zie je de geslachtschromosomen van het gezin Alaoui. De moeder is kleurenblind (wat dus erg zeldzaam is). Welk kind is kleurenblind? Leg je antwoord uit.
- b Het gezin Alaoui verwacht een vierde kindje. Ze weten al dat dit kind een meisje wordt. Hoe groot is de kans dat dit meisje kleurenblind is? Leg je antwoord uit.
- c Charlotte, een meisje uit een ander gezin, is kleurenblind voor rood en groen. Wat is het genotype van Charlotte: homozygoot, heterozygoot, dominant en/of recessief? Leg je antwoord uit.
- d Is de vader van Charlotte kleurenblind? Leg je antwoord uit.

**Afb. 8****Doe de kleurentest!**

Zie jij in de foto geen cijfer 15 staan? Dan kun je rood en groen moeilijk onderscheiden. Waarschijnlijk ben je een jongen. De kans dat je een meisje bent én rood-groen-kleurenblind, is heel klein. Het allele dat bepaalt of je rood-groen-kleurenblind bent, ligt namelijk op het X-chromosoom. Als je een dominant allele hebt, kun je rood en groen goed onderscheiden. Als je alleen recessieve allelen hebt, kun je dat niet. Meisjes hebben twee X-chromosomen. Als het recessieve allele op één chromosoom voorkomt, zorgt het dominante allele op het andere chromosoom ervoor dat er niets aan de hand is. Jongens hebben maar één X-chromosoom. Als daar een recessief allele op voorkomt, zien zij het cijfer 15 niet staan.

**Afb. 9** Geslachtschromosomen van het gezin Alaoui.

Ga naar de *extra opdrachten, Flitskaarten en Test jezelf*.

# 4 Stambomen

## LEERDOEL

- 3.4.1 Je kunt uit een gegeven stamboom afleiden welke genotypen de ouders en/of nakomelingen hebben, welk allel dominant is en welk allel recessief.

► Leren onderzoeken 1

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	3.4.1
Onthouden	1
Begrijpen	2, 3
Toepassen	4abc, 5
Analyseren	4d, 6

**De kans is groot dat je eigenschappen hebt die je niet bij je ouders terugziet.  
Misschien heb jij bijvoorbeeld blond haar en jouw ouders allebei donker haar.**

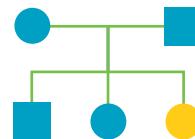
## STAMBOOM VAN EEN GEZIN

In afbeelding 1 zie je een **stamboom** van een man en vrouw en hun drie kinderen, een zoon en twee dochters. Afbeelding 2 laat hun stamboom in symbolen zien. Daarbij is een rondje een vrouw en een vierkantje een man. Met een stamboom kun je zien hoe een eigenschap als haarkleur in je familie is doorgegeven.

**Afb. 1** Stamboom van een gezin.



**Afb. 2** Stamboom van het gezin in symbolen.



Legenda:

- bruin haar
- blond haar

In de stamboom van afbeelding 1 zie je dat beide ouders en twee van de drie kinderen bruin haar hebben. Eén kind heeft blond haar. Met deze stamboom kun je de genotypen voor de haarkleur van iedereen in het gezin bepalen. In de volgende stappen zie je hoe dit gaat.

### STAP 1: KIJK WELK FENOTYPE IEDEREEN UIT DE STAMBOOM HEEFT.

In afbeelding 1 zie je welke haarkleur iedereen heeft. Vader, moeder en twee kinderen hebben bruin haar. Eén kind heeft blond haar.

### STAP 2: WAT IS HET GENOTYPE VAN HET KIND MET EEN ANDER FENOTYPE DAN VADER ÉN MOEDER?

Beide ouders hebben bruin haar. Eén kind heeft blond haar. Een fenotype dat afwijkt van dat van beide ouders, kan alleen ontstaan als beide ouders heterozygoot zijn. Het kind heeft dan van beide ouders een recessief allel gekregen. Daardoor weet je zeker dat dit kind homozygoot is voor het recessieve allel. Het genotype van dit kind is ‘aa’ (zie afbeelding 3).

**STAP 3: SCHRIJF BIJ DE STAMBOOM WAT JE NU WEET OVER HET GENOTYPE VAN DE ANDERE GEZINSLEDEN.**

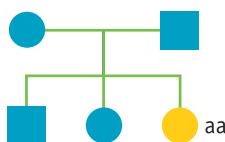
De gezinsleden met bruin haar hebben in elk geval één dominant allel. Bij deze personen geef je het dominante allel aan met de letter 'A' (zie afbeelding 4).

**STAP 4: VUL DE GENOTYPEN ZO VEEL MOGELIJK AAN.**

Beide ouders hebben bruin haar. Ze kunnen alleen een kind krijgen met blond haar als ze allebei heterozygoot zijn ( $Aa$ , zie afbeelding 5).

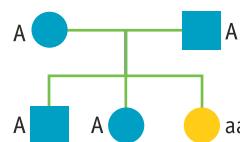
De kinderen met bruin haar kunnen homozygoot dominant zijn ( $AA$ ) of heterozygoot ( $Aa$ ).

**Afb. 3** Het genotype van de blonde dochter is 'aa'.



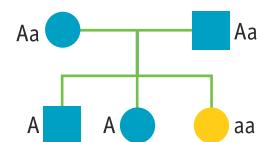
Legenda:  
● bruin haar  
● blond haar

**Afb. 4** De personen met bruin haar hebben minstens één dominant allel (A).



Legenda:  
● bruin haar  
● blond haar

**Afb. 5** Het genotype van vader en moeder is 'Aa'. Het genotype van de kinderen met bruin haar kan AA of Aa zijn.



Legenda:  
● bruin haar  
● blond haar

## KENNIS

**1**

- a In een stamboom is een rondje een *man / vrouw*.
- b Een homozygoot dominant genotype voor eigenschap G noteer je als *gg / Gg / GG*.

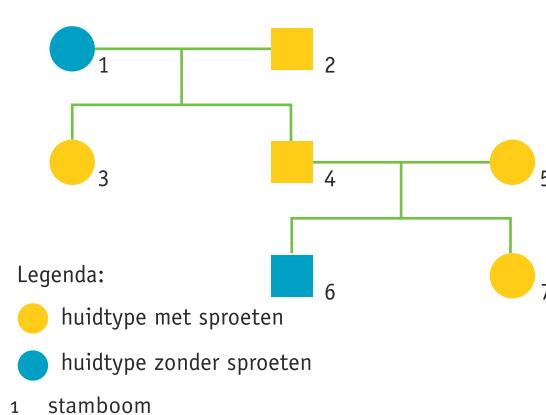
**2**

Bij mensen komen verschillende huidtypen voor. Sommige mensen hebben een huidtype met sproeten, andere mensen niet.

In afbeelding 6 is een stamboom van een familie weergegeven.

- a Welke personen hebben een huidtype zonder sproeten? 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7
- b Welk allel is dominant?  
Het allel voor het huidtype *met / zonder* sproeten is dominant.
- c Wat is het genotype van personen 1 en 6?
- d Persoon 3 heeft genotype *aa / Aa / AA*.  
Persoon 4 heeft genotype *aa / Aa / AA*.  
Persoon 5 heeft genotype *aa / Aa / AA*.

**Afb. 6**



2 huidtype met sproeten

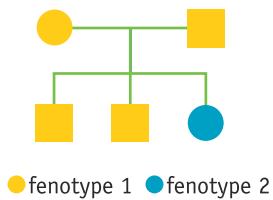
## 3

**Samenvatting**

In afbeelding 7 zie je een stamboom.

- Zet achter de stappen wat je moet doen om de genotypen af te kunnen leiden.
- Vul ook de legenda in door te noteren wat het rondje en wat het vierkantje voorstelt.

**Afb. 7** Een stamboom.



stap 1: .....

stap 2: .....

stap 3: .....

stap 4: .....

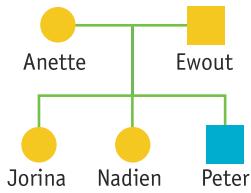
**INZICHT****Maak de volgende opdrachten in je schrift.**

## 4

Anette en Ewout Biegel willen graag kinderen. In de familie komt een erfelijke ziekte voor: SMA. Bij SMA sterven cellen in het ruggenmerg af, waardoor spieren minder goed werken. Je hebt SMA als je twee recessieve allelen hebt. Anette en Ewout willen weten hoe groot de kans is dat hun kinderen deze ziekte krijgen. Daarom hebben ze een stamboomonderzoek laten doen. Na een aantal jaren hebben ze drie kinderen.

In afbeelding 8 zie je de stamboom van de familie Biegel.

**Afb. 8** Stamboom van de familie Biegel.

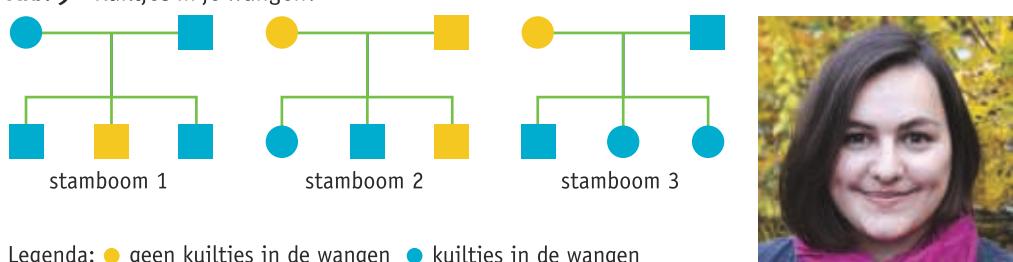


- Wie is homozygot recessief voor de eigenschap SMA?
- Bepaal het genotype van alle personen in de stamboom van afbeelding 8. Gebruik de letters A en a. Bij sommige personen zijn meerdere genotypen mogelijk. Geef dan beide mogelijkheden.

- c Zoon Peter krijgt een relatie met Esmee. Uit onderzoek blijkt dat Esmee homozygoot dominant is.  
Peter en Esmee willen graag een kind.  
Hoe groot is de kans dat hun kind een allele voor SMA heeft? Leg je antwoord uit.
- d Dochter Jorina krijgt een relatie met een man, Govert. Govert heeft geen SMA, maar in zijn familie komt deze ziekte wel voor. Jorina en Govert krijgen het advies om een stamboomonderzoek te doen.  
Geef een argument om dit onderzoek te laten doen.

**5**

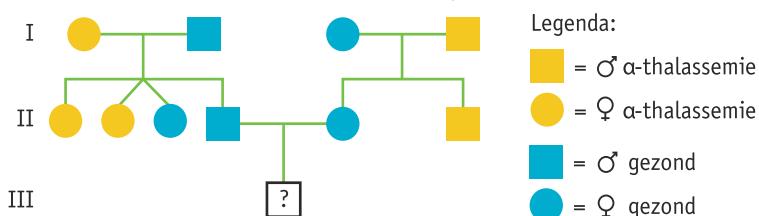
Sommige mensen hebben kuiljes in de wangen als ze lachen. Het allele voor kuiljes in de wangen is dominant.  
In afbeelding 9 zijn drie stambomen getekend.  
Welke stamboom is onjuist? Leg je antwoord uit.

**Afb. 9** Kuiljes in je wangen?**+ 6**

Alpha-thalassemie is een ziekte door afwijkende rode bloedcellen. Patiënten met deze ziekte voelen zich lusteloos en vermoeid. Het is een erfelijke ziekte die alleen voorkomt bij mensen die homozygoot zijn voor het allele van deze erfelijke eigenschap.

In afbeelding 10 zie je een stamboom van een familie waarin deze ziekte voorkomt. Van het jonge kind in de derde generatie (III) is nog niet bekend of het deze ziekte heeft.

- a Hoe groot is de kans dat dit kind alpha-thalassemie heeft? Leg je antwoord uit en gebruik daarbij een kruisingsschema.  
b In de stamboom is bij generatie II een tweeling weergegeven.  
Is dit een eeneiige tweeling of een twee-eiige tweeling? Leg je antwoord uit.

**Afb. 10** Stamboom van een familie met alpha-thalassemie.

Ga naar de *extra opdrachten, Flitskaarten en Test jezelf*.

# 5 Variatie in genotypen

## LEERDOELEN

- 3.5.1 Je kunt beschrijven hoe door geslachtelijke voortplanting variatie in genotypen ontstaat.  
 3.5.2 Je kunt omschrijven wat een mutatie is en je kunt omschrijven hoe kanker ontstaat.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	3.5.1	3.5.2
Onthouden		2a, 3
Begrijpen	1, 4	2b, 4
Toepassen	6b	8abd, 9ab
Analyseren	5, 6acd	7, 8c, 9c

**Variatie zie je bij mensen, maar ook bij dieren en planten. En dat maakt de wereld een stuk kleurrijker.**

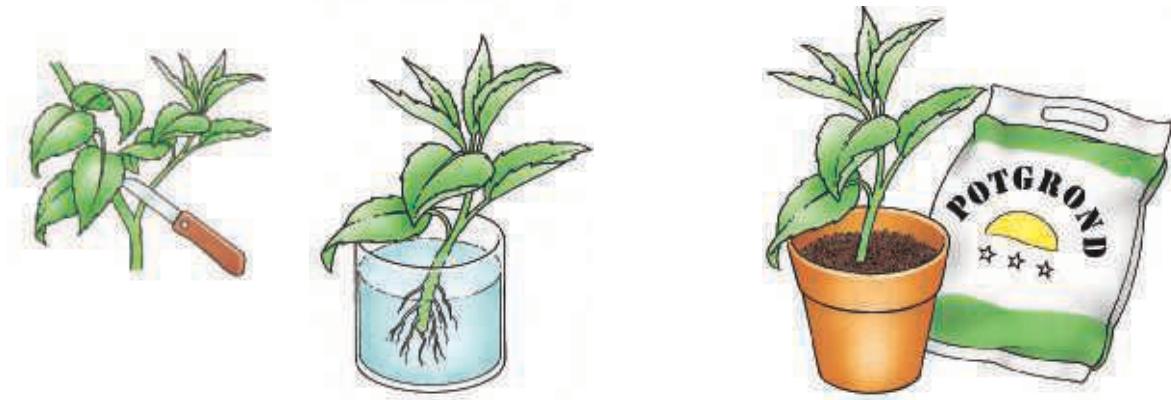
## ONGESLACHTELIJKE VOORTPLANTING

Een deel van een plant kan uitgroeien tot een nieuwe plant. Dit is een vorm van ongeslachtelijke voortplanting. Het genotype van de nieuwe plant is precies hetzelfde als dat van de ouderplant. Het fenotype kan wel verschillend zijn, als de milieumomstandigheden anders zijn.

Een voorbeeld van ongeslachtelijke voortplanting is stekken (zie afbeelding 1).

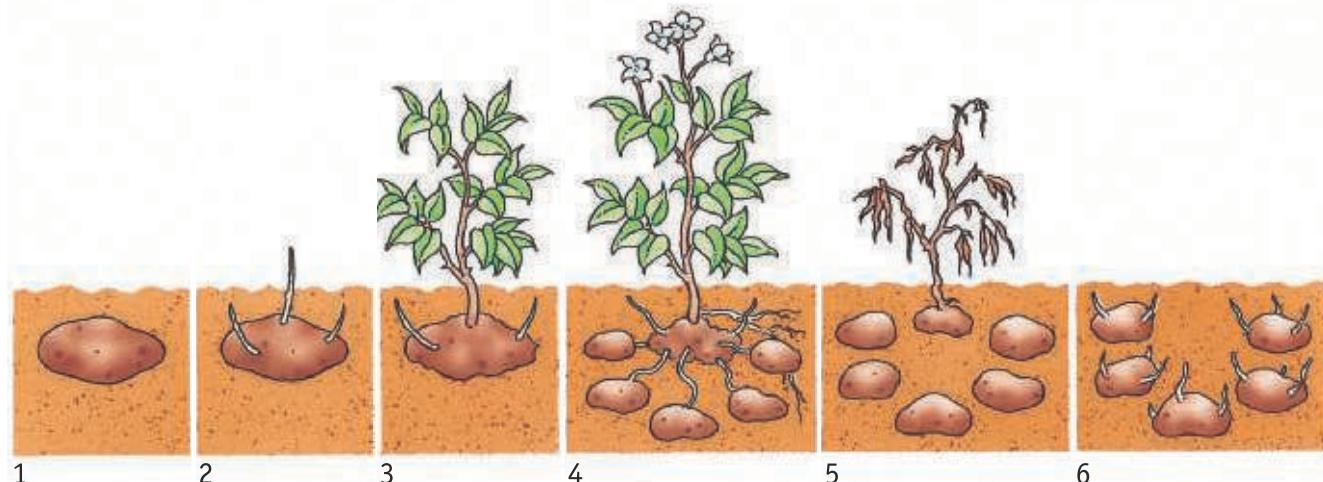
Bij aardappelplanten vindt ongeslachtelijke voortplanting plaats met knollen (zie afbeelding 2). Uit elke knol groeit een nieuwe aardappelplant.

**Afb. 1** Een kamerplant stekken: ongeslachtelijke voortplanting bij een plant.



- 1 Snijd met een scherp mes een stukje stengel af.
- 2 Zet dit stukje stengel in een potje met water. Het stengeltje gaat dan wortels vormen.
- 3 Als de wortels groot genoeg zijn, zet je het stengeltje in een bloempot met potgrond.

**Afb. 2** Ongeslachtelijke voortplanting door knollen (bij een aardappel).



### GESLACHTELIJKE VOORTPLANTING

Bij geslachtelijke voortplanting versmelten twee geslachtscellen met elkaar. Omdat de geslachtscellen verschillende genotypen hebben, zijn er voor het genotype van de bevruchte eicel veel verschillende mogelijkheden. Zo ontstaan er organismen met steeds andere genotypen en fenotypen (zie afbeelding 3). Biologen noemen dit **variatie in genotypen**.

**Afb. 3** Bij geslachtelijke voortplanting ontstaat variatie in genotypen en daardoor ook in fenotypen.

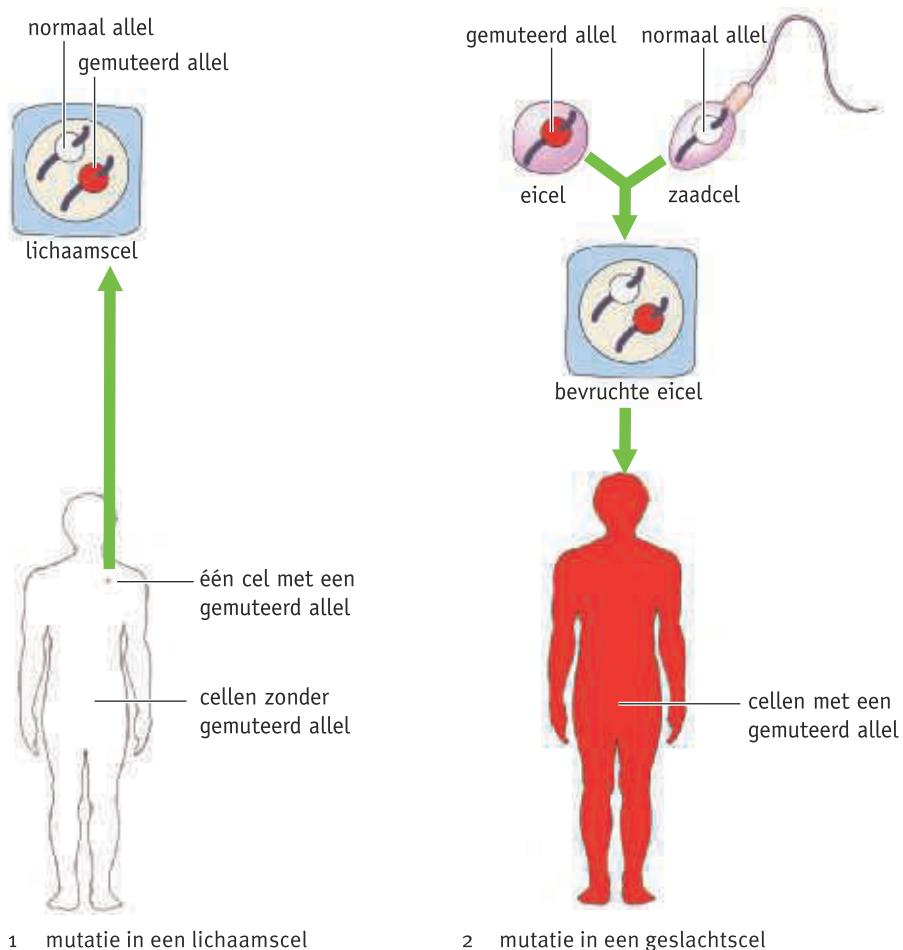


### MUTATIE

Een nieuw genotype ontstaat bij geslachtelijke voortplanting, maar een genotype kan ook veranderen door een mutatie. Een **mutatie** is een plotselinge verandering in het DNA. Het veranderde gen is gemuteerd.

Mutaties kunnen in elke cel plaatsvinden. Als in een lichaamscel een mutatie plaatsvindt, verandert het genotype in de andere lichaamscellen niet (zie afbeelding 4.1). Maar als een gemuteerd allele in een geslachtscel voorkomt, kan de mutatie worden doorgegeven aan de nakomelingen. Als deze geslachtscel bij bevruchting met een andere geslachtscel versmelt, zit het gemuteerde allele in de bevruchte eicel. Uit de bevruchte eicel ontwikkelt zich, door mitose, een nakomeling. In elke cel zit dan de mutatie (zie afbeelding 4.2).

**Afb. 4** De invloed van een mutatie (schematisch).



Een organisme waarbij een gemuteerd allele in het fenotype tot uitdrukking komt, heet een **mutant**. Een voorbeeld hiervan is een albino (zie afbeelding 5). De oorzaak van albinisme is een mutatie in het gen voor de aanmaak van pigment (de kleurstof voor huid en haar). Albinisme komt voor bij mensen, dieren en planten.

Een mutatie kan heel af en toe spontaan ontstaan, bijvoorbeeld tijdens een celdeling. Een mutatie kan ook ontstaan door invloeden buiten het lichaam. Dit noem je **mutagene invloeden**. Voorbeelden van mutagene invloeden zijn uv-straling, röntgenstraling, sigarettenrook en asbestdeeltjes.

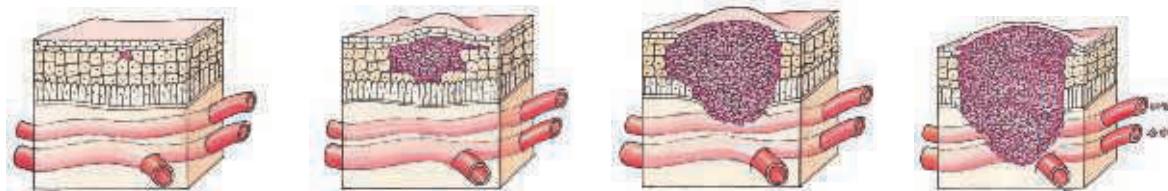
**Afb. 5** Albinisme.



## KANKER

Sommige mutaties zorgen ervoor dat cellen te snel en zonder te stoppen gaan delen. Op deze manier ontstaat een tumor (gezwel). Een goedaardige tumor groeit langzaam en tast de omringende weefsels niet aan. Maar er zijn ook kwaadaardige tumoren. Deze groeien snel en dringen de omringende weefsels binnen. Dit noem je kanker (zie afbeelding 6). Als de cellen van een kwaadaardige tumor in het bloed komen, kunnen ze zich door het hele lichaam verplaatsen. In andere lichaamsdelen kunnen de cellen dan uitgroeien tot nieuwe tumoren. Op die manier ontstaan uitzaaiingen (metastasen).

**Afb. 6** Het ontstaan van kanker (schematisch).



- 1 Bij één cel zijn mutaties opgetreden, waardoor de cel een kankercel wordt.
- 2 De kankercel deelt zich ongeremd.
- 3 Er is een gezwel ontstaan, waarbij de bouw van de weefsels is verstoord.
- 4 Er vindt uitzaaiing plaats: cellen van het gezwel komen in het bloed of in de lympfe terecht.

## KENNIS

**1**

Hoe ontstaat variatie in genotypen?

- 1 Twee geslachtscellen versmelten bij *geslachtelijke / ongeslachtelijke* voortplanting.
- 2 De eicellen van één vrouw hebben *hetzelfde genotype / verschillende genotypen*.
- 3 Nakomelingen van dezelfde ouders hebben daardoor *hetzelfde genotype / verschillende genotypen*.
- 4 Nakomelingen van ongeslachtelijke voortplanting hebben *hetzelfde genotype / verschillende genotypen*.

**2**

a Wat is een mutatie?

Een mutatie is een .....

b Wat gebeurt er met een mutatie bij mitose?

- A De mutatie komt in een van de dochtercellen.
- B De mutatie komt in beide dochtercellen.
- C De mutatie verdwijnt weer.

**3**

a Een goedaardige tumor groeit *langzaam / snel*.

b Een kwaadaardige tumor verplaatst zich in het lichaam via *bloed / weefsel*.

4

## Samenvatting



Maak een samenvatting van de basisstof.

- Ongeslachtelijke en geslachtelijke voortplanting:

INZICHT

**Maak de volgende opdrachten in je schrift.**

5

Je hebt een appelboom met stevige appels en een appelboom met zoete appels. Je wilt een ras maken van stevige, zoete appels. Om die appel te kweken, heb je een combinatie nodig van geslachtelijke voortplanting en ongeslachtelijke voortplanting.

Leg uit hoe je voor het kweken van deze nieuwe appel geslachtelijke én ongeslachtelijke voortplanting gebruikt.

6

Bij tulpen komt de bloemkleur tot stand onder invloed van een gen.

Een kweker heeft twee rode tulpen. Hij weet niet of het allel voor rode bloemkleur dominant of recessief is. Hij wil meer tulpen kweken met rode bloemen. Hij kan dat op verschillende manieren doen.

- a** De kweker laat de twee tulpen elkaar bestuiven.  
Hebben alle nakomelingen dan rode bloemen? Leg je antwoord uit.
  - b** De kweker kweekt nieuwe tulpen door ongeslachtelijke voortplanting.  
Is hij er dan zeker van dat alle nakomelingen rode bloemen hebben? Leg je antwoord uit.
  - c** De kweker hoort van zijn collega's dat de rode bloemkleur bij tulpen recessief is. Hij kruist de twee rode tulpen door bestuiving.  
Hebben alle nakomelingen dan rode bloemen? Leg je antwoord uit.
  - d** De kweker plant de tulpen, met een rode bloem, ongeslachtelijk voort. Toch ziet hij tot zijn verbazing in het veld van honderden nakomelingen één tulp met een witte bloem.  
Op welke manier kan deze witte tulp zijn ontstaan?

**7**

Bij kanker kunnen uitzaaiingen ontstaan. Dan is een operatie om de tumor(en) te verwijderen meestal niet voldoende om een patiënt te genezen. Vaak wordt er dan een chemotherapie gegeven. Een chemotherapie vernietigt snel delende cellen, dus ook kankercellen.

Leg uit dat bij uitzaaiingen alleen het verwijderen van een tumor vaak niet voldoende is.

**8**

Lees de tekst ‘Een prik en uitstrijkje tegen baarmoederhalskanker’.

- Welke mutagene factor veroorzaakt baarmoederhalskanker?
- Sinds 2009 kunnen meisjes vanaf 9 jaar drie prikken halen tegen baarmoederhalskanker.  
Waarom is er gekozen om de prikken te geven vanaf 9 jaar?
- Leg uit op welke manier bevolkingsonderzoek ervoor zorgt dat zo veel mogelijk baarmoederhalskanker wordt voorkomen.
- Leg uit dat de vaccinatie en het bevolkingsonderzoek extra belangrijk zijn voor meisjes en vrouwen die later kinderen willen.

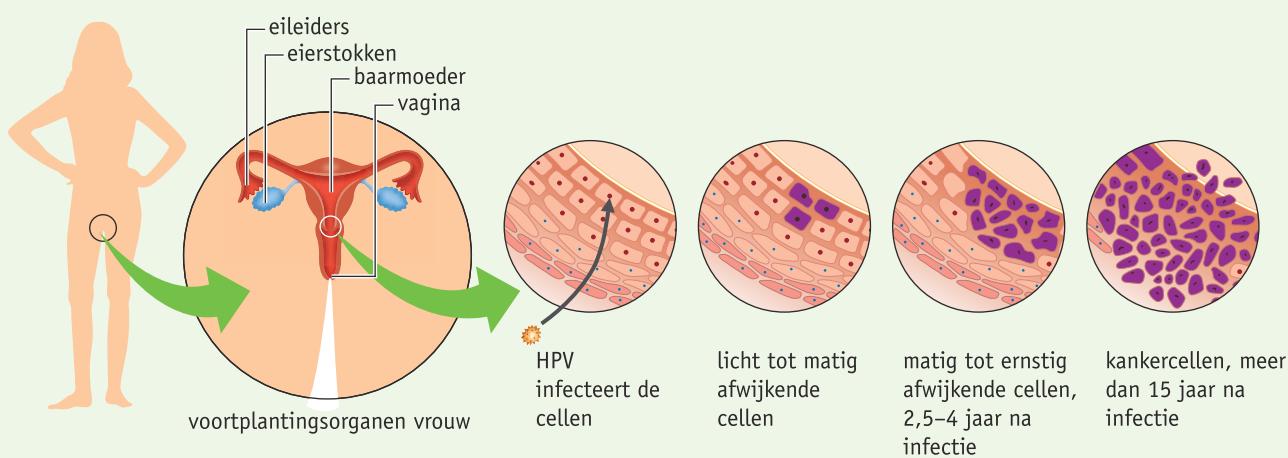
**Afb. 7**

### Een prik en uitstrijkje tegen baarmoederhalskanker

Jongens en meisjes vanaf 9 jaar kunnen een vaccinatie krijgen tegen HPV (humaan papillomavirus). Dit virus wordt vooral overgedragen via seksuele contacten. Op latere leeftijd kan het virus baarmoederhalskanker veroorzaken.

In Nederland krijgen elk jaar zo'n 830 vrouwen te horen dat ze baarmoederhalskanker hebben. De meesten zijn dan tussen de 30 en 35 jaar oud. In ernstige gevallen moet de baarmoeder worden verwijderd. Jaarlijks sterven ongeveer 200 vrouwen aan baarmoederhalskanker.

Alle vrouwen tussen de 30 en 60 jaar krijgen één keer in de vijf jaar een oproep voor het bevolkingsonderzoek baarmoederhalskanker. Ze kunnen dan bij de huisarts een uitstrijkje laten maken. Bij een uitstrijkje worden cellen uit het slijmvlies van de baarmoederhals weggehaald en onderzocht. Zo kunnen afwijkende cellen vroegtijdig worden ontdekt. Als er afwijkende cellen zijn, begint de behandeling zo snel mogelijk. Zo kunnen baarmoederhalskanker en uitzaaiingen daarvan worden voorkomen.



**+ 9**

Lood is een metaal dat röntgenstraling kan tegenhouden. Lood wordt onder andere gebruikt om loodsshorten te maken (zie afbeelding 8).

- a In ziekenhuizen draagt het personeel dat röntgenfoto's maakt een loodsshort of ze staan achter een scherm met lood erin.  
Leg uit waarom.
- b Een loodsshort beschermt ook de voortplantingsorganen.  
Leg uit waarom dat belangrijk is.
- c Het gebruik van radioactieve stoffen en röntgenstraling in ziekenhuizen neemt toe. Soms draagt het personeel in een ziekenhuis een dosimeter. Dit is een plaatje dat verkleurt als er straling op komt. Hoe meer straling, hoe meer verkleuring.  
Wat is de functie van het dragen van een dosimeter voor het personeel in een ziekenhuis?

Afb. 8 Een loodsshort.



💻 Ga naar de *extra opdrachten, Flitskaarten en Test jezelf*.

# 6 Evolutie

## LEERDOELEN

- 3.6.1 Je kunt omschrijven wanneer organismen tot één soort behoren.  
 3.6.2 Je kunt beschrijven wat de evolutietheorie inhoudt en hoe geslachtelijke voortplanting, mutatie en natuurlijke selectie bijdragen aan het ontstaan van nieuwe rassen en soorten.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	3.6.1	3.6.2
Onthouden		2ad
Begrijpen	1, 2a, 3, 6a	2bce, 3
Toepassen	6b	4, 5, 7a
Analyseren	6c	7bc, 8

**Dankzij hun witte vacht vallen ijsberen niet op als ze hun prooi besluipen. Doordat ze geen bladeren hebben, verliezen cactussen minder water in de droge woestijn. Organismen hebben een grotere kans om te overleven als ze zijn aangepast aan hun omgeving.**

## SOORTEN EN RASSEN

Een Afrikaanse olifant en een Indische olifant lijken veel op elkaar, maar ze behoren tot verschillende soorten (zie afbeelding 1). Organismen die veel op elkaar lijken, hoeven dus niet tot dezelfde soort te behoren. Organismen behoren pas tot één **soort** als ze samen vruchtbare nakomelingen kunnen krijgen. De nakomelingen die ze krijgen, moeten zich dus ook weer kunnen voortplanten.

Afb. 1 Twee soorten olifanten.



1 Afrikaanse olifant



2 Indische olifant

Sommige soorten kun je verder verdelen in rassen, bijvoorbeeld appels. Alle appels kunnen elkaar bestuiven, dus alle appels behoren tot dezelfde soort. Maar er zijn wel verschillende appels (zie afbeelding 2). Van zure groene tot zoete rode, en van harde tot zachte appels. Dit zijn appels van verschillende rassen. Een **ras** is een groep organismen binnen één soort die door bepaalde erfelijke eigenschappen verschilt van de rest van de soort. Rassen zijn kunstmatig ontstaan, bijvoorbeeld door fokken of kweken.

Afb. 2 Twee appelrassen.



1 Braeburn



2 Granny smith

## EVOLUTIE

Er zijn miljoenen verschillende soorten organismen op de wereld. Al deze soorten zijn in de loop van een zeer lange tijd ontstaan en veranderd. Dit wordt evolutie genoemd. Charles Darwin was de belangrijkste bedenker van de **evolutietheorie**. Deze theorie gaat uit van drie dingen:

- variatie in genotypen
- natuurlijke selectie
- ontstaan van nieuwe soorten

### Variatie in genotypen

Een populatie is een groep organismen van dezelfde soort die zich onderling kunnen voortplanten. Voorbeelden van populaties zijn: alle merels in een bos, alle konijnen op Ameland of alle paardenbloemen in een bergwei.

Binnen een populatie komen verschillen voor. Deze verschillen zijn ontstaan door geslachtelijke voortplanting en mutatie. Hierdoor komen in een populatie ook steeds andere fenotypen voor. Slakken van dezelfde soort kunnen bijvoorbeeld verschillend gekleurde huisjes hebben (zie afbeelding 3). De kleur van het huisje wordt bepaald door het genotype van de slak.

Afb. 3 Verschillen in fenotype binnen een populatie slakken.



### Natuurlijke selectie

Een slak kan veel nakomelingen in zijn leven krijgen. Niet alle nakomelingen blijven leven. Ze kunnen bijvoorbeeld worden opgegeten of worden overreden. Slakken met een geel huisje worden in het groene gras sneller gezien door vogels (zie afbeelding 4). Deze opvallende slakken hebben een grotere kans om opgegeten te worden dan slakken met een schutkleur.

De slakken met een schutkleur zullen langer in leven blijven en zelf ook weer nakomelingen krijgen. Zo kunnen er steeds meer slakken met een schutkleur komen. Deze slakken zijn beter aangepast aan het milieu waarin ze leven. Het **milieu** zijn alle omstandigheden die invloed kunnen hebben op een organisme. Voorbeelden zijn roofdieren, ziekten, voedsel, regen en kou.

**Afb. 4** Slakken met een opvallend gekleurd huisje hebben een grotere kans om opgegeten te worden.



Dieren of planten met een fenotype dat goed is aangepast aan het milieu, hebben een grotere overlevingskans. Zij krijgen meer nakomelingen die overleven en die zelf ook weer nakomelingen krijgen. Dit noem je **natuurlijke selectie**. De organismen die het best zijn aangepast aan het milieu, krijgen de meeste nakomelingen.

Vooral het genotype bepaalt of een individu goed of slecht is aangepast aan het milieu. Een populatie met veel verschillende genotypen en fenotypen heeft een grote overlevingskans. Als het milieu verandert, zijn sommige nakomelingen aangepast aan de nieuwe omstandigheden. Bijvoorbeeld: als het milieu van de slakken steeds droger wordt, zal er minder groen gras zijn. Dan hebben misschien juist de gele slakken een voordeel (een gunstig genotype). Door natuurlijke selectie zullen de gele slakken dan in leven blijven en meer nakomelingen krijgen. Hierdoor verandert de soort.

#### Het ontstaan van nieuwe soorten

Zolang de slakken met verschillende kleuren met elkaar blijven voortplanten, behoren ze tot dezelfde soort. Er zijn dan alleen verschillende vormen van één soort ontstaan (zie afbeelding 5).

Als de verschillende vormen van een soort zich niet meer met elkaar voortplanten, kunnen na lange tijd twee soorten ontstaan. De vormen gaan dan zoveel van elkaar verschillen, dat ze niet meer met elkaar kunnen voortplanten.

**Afb. 5** Verschillende vormen van een soort.



1 vormen van cichliden in het Malawimeer



2 vormen van mais op de markt

Een nieuwe soort kan bijvoorbeeld ontstaan als een populatie wordt gescheiden in twee groepen. Bijvoorbeeld een populatie egels in een woonwijk aan de rand van een bos. Op een dag wordt er een snelweg aangelegd tussen de woonwijk en het bos. Hierdoor worden de egels in twee groepen verdeeld. Aan de ene kant van de snelweg woont een groep egels in tuinen. Aan de andere kant van de snelweg zijn de egels het bos in gegaan (zie afbeelding 6). Door de snelweg ontmoeten de egels van de twee groepen elkaar niet meer.

In beide groepen egels zijn er verschillende genotypen en fenotypen. Het milieu in het bos is anders dan het milieu in de tuinen. De egels in het bos hebben daardoor voordeel van andere eigenschappen dan de egels in de tuinen. Door natuurlijke selectie kunnen de verschillen tussen de twee groepen egels steeds groter worden. Misschien worden de verschillen zo groot dat de egels zich niet meer met elkaar kunnen voortplanten. Dan zijn twee soorten ontstaan. Dit kan wel honderden tot duizenden jaren duren.

**Afb. 6** Een egel.



## KENNIS

1

- a Kunnen een Afrikaanse olifant en een Indische olifant samen nakomelingen krijgen? *ja / nee*
- b Een paard en een ezel kunnen zich samen voortplanten. Hun nakomelingen heten muilezels. Muilezels kunnen zich niet voortplanten, ze zijn onvruchtbaar.  
Behoren paarden en ezels tot dezelfde soort? *ja / nee*
- c Behoren alle planten van een populatie brandnetels tot dezelfde soort? *ja / nee*
- d Twee Waddeneilanden zijn Texel en Vlieland. Op deze eilanden leven egels die allemaal met elkaar vruchtbare nakomelingen kunnen krijgen.  
De egels behoren *wel / niet* tot dezelfde soort. Deze egels leven in *hetzelfde / een ander* gebied. Deze egels behoren *wel / niet* tot dezelfde populatie.

2

- a Variatie binnen een populatie kan ontstaan door *geslachtelijke / ongeslachtelijke* voortplanting en door *mitose / mutatie*.
- b Een schutkleur is een erfelijke eigenschap. Een egel met een schutkleur krijgt waarschijnlijk *meer / minder* nakomelingen dan een egel zonder schutkleur.
- c Veel zaadplanten zijn afhankelijk van insecten voor de bestuiving.  
Welke zaadplant heeft een grotere overlevingskans?  
*een plant met bloemen met een schutkleur / een plant met felgekleurde bloemen*
- d De evolutietheorie gaat onder andere uit van natuurlijke selectie.  
Wat zijn de andere twee uitgangspunten van de evolutietheorie?

1 .....

2 .....

- e In een bepaalde populatie is veel variatie in genotypen aanwezig.

Zet de volgende gebeurtenissen in de juiste volgorde. Stap 1 en 6 zijn gegeven.

- 1 ..... De populatie is aangepast aan het milieu.
- ..... Andere eigenschappen zijn nu voordelig.
- ..... De organismen met deze eigenschappen krijgen de meeste nakomelingen.
- ..... De soort verandert.
- ..... Het milieu verandert.
- 6 ..... De populatie is aangepast aan het milieu.

### 3

#### Samenvatting



Maak een samenvatting van de basisstof.

#### Soorten en rassen

Soort = .....

Ras = .....

Evolutie = .....

Uitgangspunten van de evolutietheorie:

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

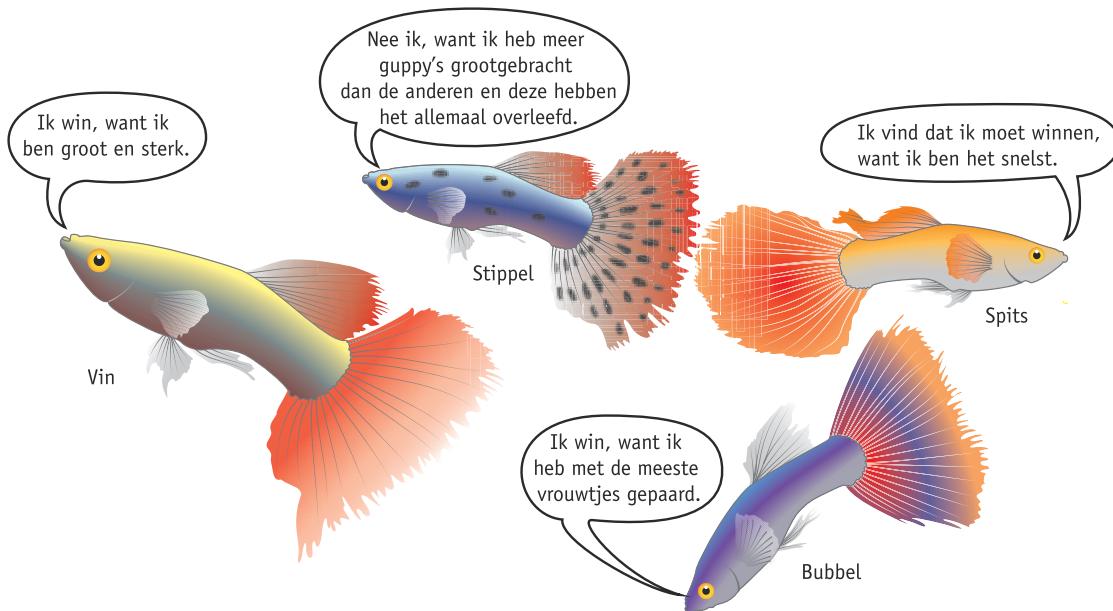
**INZICHT**

**Maak de volgende opdrachten in je schrift.**

**4**

In afbeelding 7 zijn vier vissen schematisch weergegeven. Alle vissen behoren tot dezelfde soort. Elke vis beweert dat hij het best is aangepast aan zijn milieu. Welke vis is volgens jou het best aangepast? Leg je antwoord uit.

**Afb. 7** Vier vissen.

**5**

Lees de tekst ‘Een nieuwe slakkensoort’.

Zijn de beweringen juist of onjuist?

- 1 Het rechtsomdraaiend huisje is ontstaan door een toevallige verandering in het DNA van de slak.
- 2 De slakken met een linksomdraaiend huisje kunnen paren met de slakken met een rechtsomdraaiend huisje.
- 3 Er kan alleen een nieuwe soort ontstaan als dezelfde mutatie bij deze slakken zich vaker voordoet binnen deze populatie.
- 4 De kans op nakomelingen is voor beide vormen even groot.

**Afb. 8**

### Een nieuwe slakkensoort

Japanse onderzoekers hebben ontdekt dat één gen bepaalt in welke richting het huisje van een Japanse landslak draait. Bij deze slakkensoort draait het huisje normaal gesproken linksom. De onderzoekers hebben ontdekt dat een mutatie in het gen ervoor kan zorgen dat het huisje rechtsom draait. Hierdoor zijn er twee vormen van deze slakkensoort. Twee slakken waarbij het huisje in tegenovergestelde richting draait, kunnen niet met hun geslachtsorganen bij elkaar komen. De huisjes zitten elkaar in de weg. Hierdoor kunnen slakken van de twee vormen zich niet met elkaar voortplanten. Een mutant waarvan het huisje rechtsom draait, kan zich alleen voortplanten als hij een andere mutant tegenkomt die ook een rechtsomdraaiend huisje heeft. Omdat die kans heel klein is, is ook nog niet bekend of er ook echt een nieuwe soort ontstaat.

