



**4b** HAVO

biologie voor jou  
LEEROPDRACHTENBOEK

**bv**j

**MALMBERG**

# 5

## Evolutie



## BASISSTOF

1	De indeling van de levende natuur	8
2	Prokaryoten	13
3	Eukaryoten	16
4	Evolutie	26
5	Soorten veranderen	32
6	Nieuwe soorten ontstaan	36
7	Enkele onderzoeksmethoden	40

## SAMENVATTING

46

## DIAGNOSTISCHE TOETS

49

## EINDOPDRACHT

55

## VERRIJKINGSSTOF

57

### 1 Fossielen

57



De soorten en groepen organismen die nu op aarde leven, hebben niet altijd bestaan. In de loop van miljarden jaren zijn de levensvormen op aarde ontstaan en veranderd. De manier waarop deze veranderingen hebben plaatsgevonden, kan worden verklaard met behulp van de evolutietheorie. Darwin, de grondlegger van de evolutietheorie, baseerde zich vooral op de kennis van fossielen en de bouw van de huidige organismen. Je maakt in dit thema kennis met nieuwe ontwikkelingen in onder andere de biochemie en de genetica die Darwins theorie bevestigen en aanvullen.

# 1 De indeling van de levende natuur

In thema 1 Inleiding in de biologie is behandeld dat de levende natuur wordt ingedeeld in drie **domeinen**: bacteriën, archaea en eukaryoten. In tegenstelling tot de eukaryoten zijn de bacteriën en de archaea prokaryoot. De domeinen worden ingedeeld in **rijken**. Tot het domein van de eukaryoten rekenen we onder andere de rijken van de schimmels, planten en dieren.

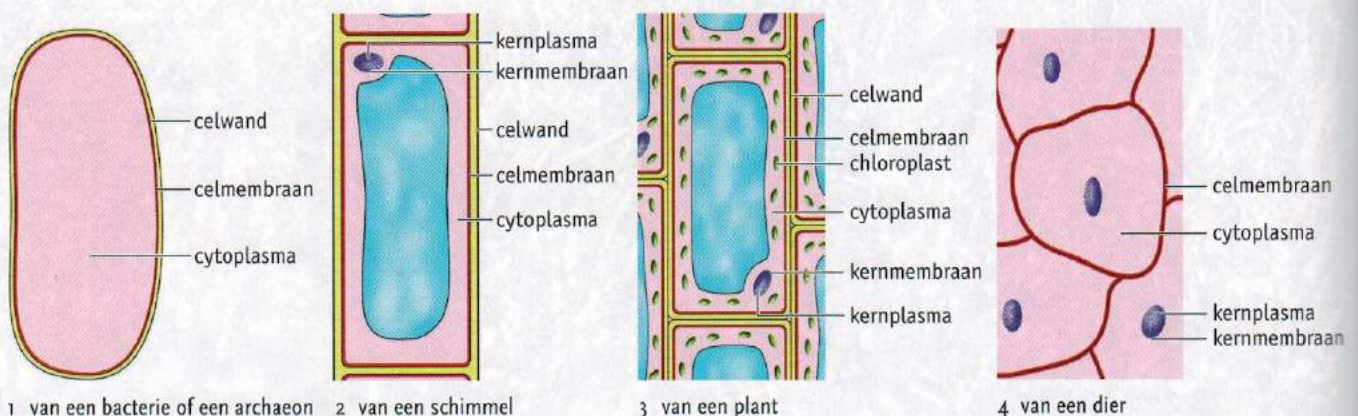
## INDELINGSCRITERIA

In thema 1 heb je geleerd dat de indeling in rijken is gebaseerd op vier kenmerken: celtipe (prokaryoot of eukaryoot), aanwezigheid van een celwand, het aantal cellen en de voedingswijze (autotroof of heterotroof). Deze kenmerken noemen we **indelingscriteria**.

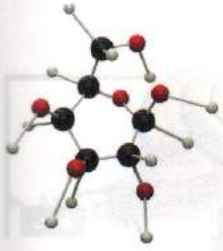
In thema 1 en thema 2 Cellen is behandeld dat een **organel** een deel van een cel is met een eigen functie. Organellen zijn begrensd door membranen. Voorbeelden van organellen zijn de celkern, een vacuole, mitochondriën en het endoplasmatisch reticulum. Deze organellen komen bij prokaryoten niet voor. Alle andere organismen hebben wel organellen in hun cellen.

Ook het bezit van **celwanden** is een indelingscriterium. Dieren zijn organismen zonder celwanden; alle andere organismen hebben wel celwanden om de cellen. Het derde criterium is het **aantal cellen** waaruit organismen bestaan. Er zijn eencellige organismen en organismen die uit meer cellen bestaan. Bacteriën en archaea zijn eencellige organismen. In thema 1 heb je geleerd dat eukaryoten meercellig zijn. Sommige biologen delen ook eencelligen in bij de eukaryoten. Protisten zijn een restgroep eukaryote organismen die niet goed zijn in te delen bij planten, dieren of schimmels. De indeling door systematici staat nog ter discussie. Ten slotte wordt ook de **voedingswijze** gebruikt als indelingscriterium. Organismen kunnen organische en anorganische stoffen uit het milieu opnemen.

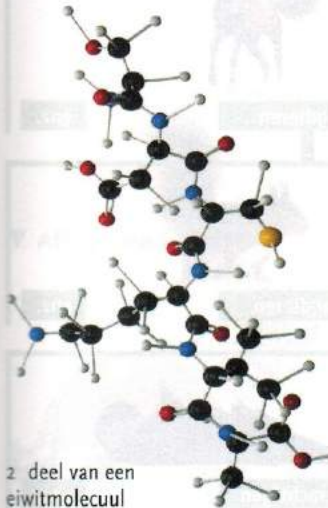
▼ Afb. 1 Cellen (schematisch).



▼ **Afb. 2** Modellen van moleculen.



1 glucosemolecuul ( $C_6H_{12}O_6$ )



2 deel van een eiwitmolecuul



3 watermolecuul ( $H_2O$ )

**opdracht 1**

**Organische stoffen** zijn afkomstig van organismen of van producten van organismen. Koolhydraten, eiwitten en vetten zijn organische stoffen. Deze stoffen hebben relatief grote, ingewikkeld gebouwde moleculen. De moleculen van organische stoffen bevatten altijd een of meer koolstofatomen (C). Daarnaast kunnen ze onder andere atomen van waterstof (H), zuurstof (O), stikstof (N), fosfor (P) en zwavel (S) bevatten. Een glucosemolecuul ( $C_6H_{12}O_6$ ) bijvoorbeeld bevat zes koolstofatomen, twaalf waterstofatomen en zes zuurstofatomen (zie afbeelding 2.1).

**Anorganische stoffen** komen zowel in organismen als in de levenloze natuur voor. Deze stoffen zijn opgebouwd uit kleine, eenvoudig gebouwde moleculen. Koolstofmono-oxide (CO), koolstofdioxide ( $CO_2$ ), water ( $H_2O$ ), keuzout (NaCl) en zuurstofgas ( $O_2$ ) zijn voorbeelden van anorganische stoffen.

Op grond van de voedingswijze zijn organismen in te delen in autotrofe en heterotrofe organismen. **Autotroof** wil zeggen: zelfvoedend (autos = zelf; trophein = voeden). Autotrofe organismen nemen uit hun omgeving alleen anorganische stoffen op (water, koolstofdioxide, zouten, zuurstof). Hieruit maken ze de organische stoffen waaruit ze bestaan (koolhydraten, eiwitten, vetten). Autotrofe organismen hebben geen andere organismen nodig voor hun voedsel.

Organismen met chlorofyl (bladgroen) zijn autotroof. Planten en enkele soorten bacteriën en archaea zijn autotroof. Bij planten bevindt het chlorofyl zich in de chloroplasten (bladgroenkorrels). In chloroplasten vindt fotosynthese plaats. Bij fotosynthese wordt met behulp van licht glucose gevormd uit water en koolstofdioxide. Hierbij komt zuurstof vrij. Planten maken uit glucose alle andere organische stoffen waaruit ze bestaan. **Heterotroof** wil zeggen: een ander nodig hebben voor het voedsel (heteros = ander). Heterotrofe organismen zijn niet in staat organische stoffen te maken uit alleen anorganische stoffen als grondstoffen. Ze moeten organische stoffen van andere organismen als voedsel opnemen. Uit deze organische stoffen maken ze hun eigen organische stoffen. Hierbij zijn ook anorganische stoffen nodig die uit de omgeving worden opgenomen. De meeste soorten bacteriën zijn heterotroof, evenals archaea, schimmels en dieren.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Welke eukaryoten hebben een celwand om hun cellen?
- 2 Noem twee verschillen tussen organische stoffen en anorganische stoffen.
- 3 Noteer welke van de volgende stoffen anorganisch zijn: *eiwit – glucose – ijzer – koolstofdioxide – stikstof – vet – water – zetmeel – zuurstof*.
- 4 Uit welke atomen bestaat een watermolecuul?

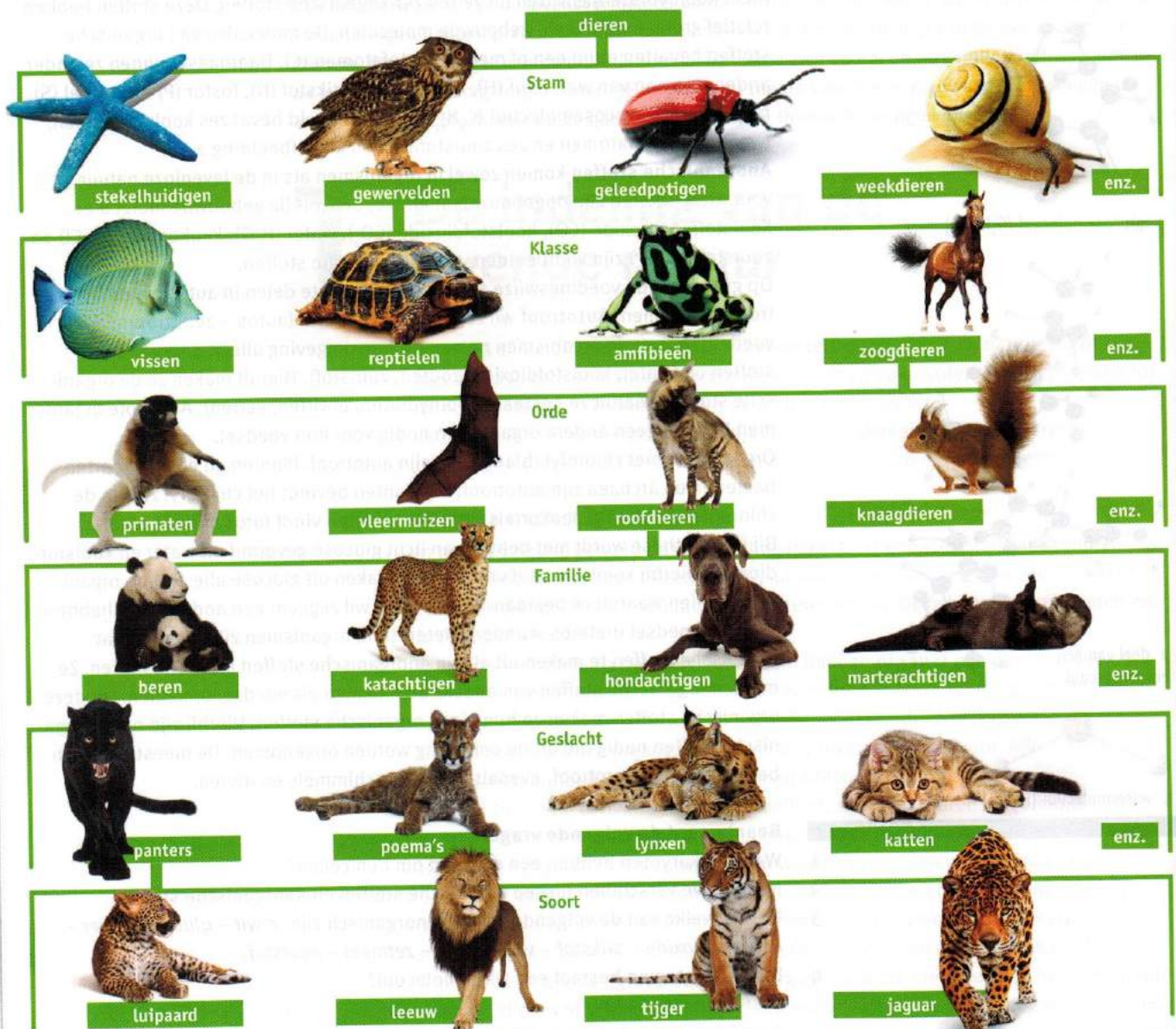
Zowel autotrofe als heterotrofe organismen bestaan voor een belangrijk deel uit organische stoffen.

- 5 Uit welke stoffen maken autotrofe organismen de organische stoffen waaruit ze bestaan?
- 6 En uit welke stoffen maken heterotrofe organismen de organische stoffen waaruit ze bestaan?
- 7 Welke eukaryoten zijn heterotroof?

**DE VERDERE INDELING VAN DE RIJKEN**

De rijken worden onderverdeeld in **stammen**. Enkele voorbeelden van stammen van het dierenrijk zijn de gewervelden, geleedpotigen en weekdieren. Een stam wordt verder ingedeeld in **klassen**, klassen in **orden**, orden in **families**, families in **geslachten** en geslachten in **soorten** (zie afbeelding 3). Al deze indelingsgroepen op verschillende niveaus worden **taxa** genoemd (enkelvoud: **taxon**).

▼ Afb. 3 De verdere indeling van het dierenrijk.

**opdracht 2**

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik bij vraag 1 t/m 3 afbeelding 3.

- Tot welke stam behoort een tijger? En tot welke klasse? En tot welke orde? En tot welke familie? En tot welk geslacht?
- Noem drie orden die tot de klasse van de zoogdieren behoren.
- Met welk dier vertoont een luipaard de meeste overeenkomst: met een kat of met een hond? Leg je antwoord uit.
- Is het aantal soorten groter of kleiner dan het aantal geslachten? Leg je antwoord uit.
- Zal het DNA van een luipaard de meeste overeenkomst vertonen met het DNA van een vis of van een zeester? Leg je antwoord uit.

**WAT IS EEN SOORT?**

Organismen die veel op elkaar lijken, hoeven niet tot dezelfde soort te behoren. Een Indische en een Afrikaanse olifant bijvoorbeeld (zie afbeelding 4) behoren tot verschillende soorten. Een dwergpoedel en een sint-bernardshond (zie afbeelding 5) lijken op het eerste gezicht veel minder op elkaar, maar behoren wel tot één soort. Het zijn twee verschillende rassen van de soort hond.

► **Afb. 4** Verschillende soorten.1 Indische olifant (*Elephas maximus*)2 Afrikaanse olifant (*Loxodonta africana*)▼ **Afb. 5** Dezelfde soort.1 sint-bernardshond (*Canis familiaris*)2 dwergpoedel (*Canis familiaris*)

Organismen behoren tot dezelfde soort als ze in staat zijn zich onderling voort te planten en daarbij vruchtbare nakomelingen voort te brengen. Een Indische en een Afrikaanse olifant kunnen geen vruchtbare nakomelingen voortbrengen; een dwergpoedel en een sint-bernardshond wel. Een dwergpoedel zal weliswaar niet zo snel een sint-bernardshond dekken, maar in principe is voortplanting mogelijk. Als er bijvoorbeeld kunstmatig zaadcellen van een dwergpoedel worden ingebracht bij een sint-bernardshond, kan dit nakomelingen opleveren die vruchtbaar zijn. Vaak is het moeilijk te bepalen of organismen tot één soort behoren. Soms is slechts een deel van de nakomelingen vruchtbaar. Als bijvoorbeeld een paard met een ezel wordt gekruist (zie afbeelding 6), ontstaat een muilnier (als de moeder een paard is) of een muilezel (als de moeder een ezel is). Vrouwelijke muilnieren of muilezels zijn vruchtbaar; mannelijke muilnieren of muilezels zijn onvruchtbaar. Een soort bestaat uit één of meer populaties. Onder een **populatie** verstaan we een groep individuen van dezelfde soort in een bepaald gebied die samen een voortplantingsgemeenschap vormen. Bijvoorbeeld een populatie konijnen in een polder, een populatie reeën in een bos of een populatie bladluizen op een boom. De meeste soorten bestaan uit zeer veel populaties.

► **Afb. 6**1 paard (*Equus caballus*)2 ezel (*Equus asinus*)

3 muilezel



4 muilnier

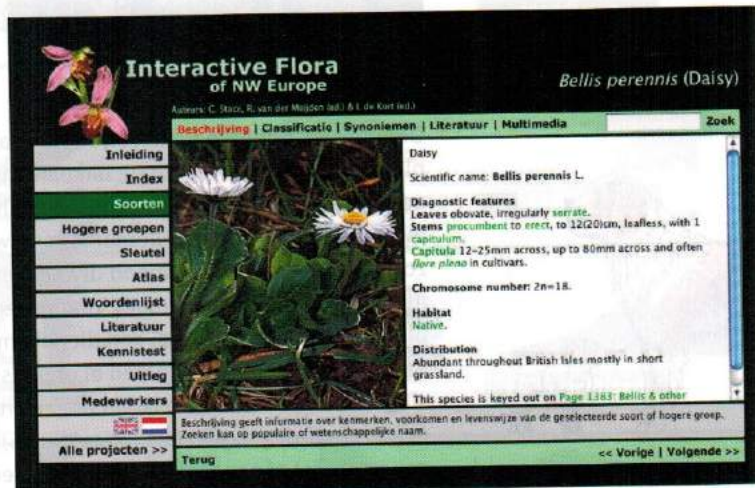
▼ Afb. 7 Carolus Linnaeus (1707–1778).



► Afb. 8 De website van de World Biodiversity Database.

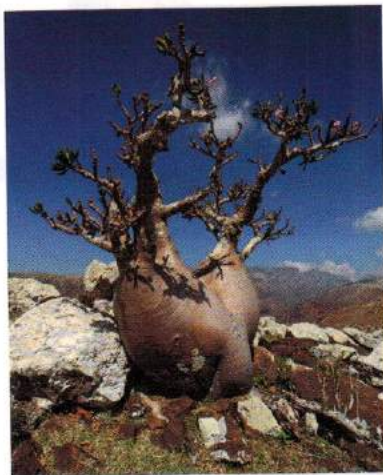
## DE BINAIRE NAAMGEVING

Soorten worden aangeduid met een wetenschappelijke naam. De Zweedse bioloog **Linnaeus** heeft de wetenschappelijke naamgeving opgezet. Hij voerde de **binaire (tweedelige) naamgeving** in. Iedere soort kreeg een **geslachtsnaam** en een **soortaanuiding**. De geslachtsnaam wordt voorop gezet en met een hoofdletter geschreven; de soortaanuiding komt daarachter en wordt met een kleine letter geschreven. Vaak wordt er nog achter gezet welke onderzoeker deze naam heeft gegeven. Een madeliefje bijvoorbeeld heeft als wetenschappelijke naam *Bellis perennis* L. De geslachtsnaam is *Bellis* en de soortaanuiding *perennis*. De L. staat voor Linnaeus die het madeliefje deze wetenschappelijke naam heeft gegeven. In afbeelding 8 zie je een afbeelding van de website van de World Biodiversity Database, waarin onder andere informatie over de indeling van een soort kan worden opgezocht.



## opdracht 3

▼ Afb. 9 Woestijnroos (*Adenium obesum*).



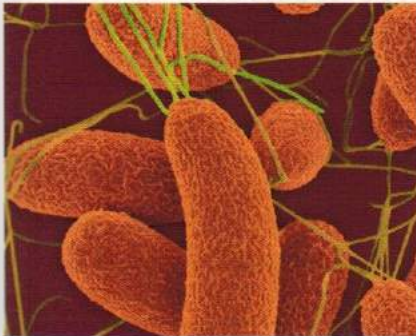
## Beantwoord de volgende vragen.

1. Waarom worden een dwergpoedel en een sint-bernardshond wel tot één soort gerekend en een Indische en een Afrikaanse olifant niet?
2. Welk argument is aan te voeren om een paard en een ezel tot één soort te rekenen? Welk argument is hiertegen aan te voeren?
3. Leg uit op welk probleem een taxonoom stuit bij het ordenen van fossiele organismen.
4. Op de Waddeneilanden leven konijnen. Vormen de konijnen op Texel en de konijnen op Vlieland één populatie? Leg je antwoord uit.
5. In afbeelding 9 zie je een woestijnroos. Wat is de geslachtsnaam van deze plant? En wat is de soortnaam van deze plant?
6. Hebben een dwergpoedel en een sint-bernardshond dezelfde geslachtsnaam? En dezelfde soortaanuiding?
7. Behoren een paard en een ezel tot hetzelfde geslacht? En tot dezelfde soort? Leg je antwoord uit.
8. Drie wetenschappelijke namen van organismen zijn: *Salvia splendens*, *Betta splendens* en *Betta pallifina*. Welke twee van deze drie organismen zijn het meest verwant?

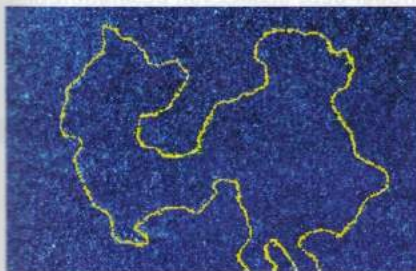


# 2 Prokaryoten

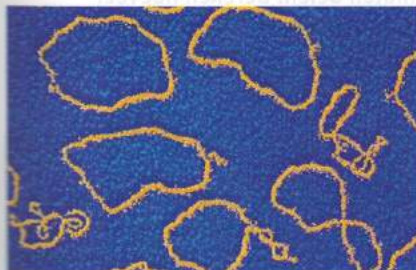
▼ **Afb. 10** Bacteriën met zweepharen (vergroting 8000x).



▼ **Afb. 11**

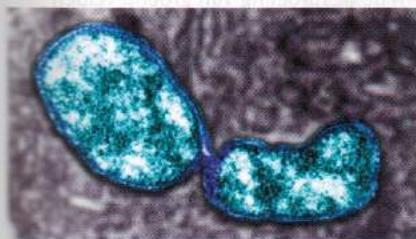


1 chromosomen van bacteriën (TEM, vergroting 20 000x)



2 plasmide (TEM, vergroting 32 000x)

▼ **Afb. 12** Een delende bacterie (TEM, vergroting 40 000x).



De indeling in drie domeinen is onder andere gebaseerd op het onderzoek van het RNA van een groot aantal organismen (zie basisstof 7). De archaea worden in een apart domein geplaatst omdat ze sommige eigenschappen gemeen hebben met bacteriën en andere met de eukaryoten. Evenals de bacteriën zijn archaea prokaryoot. Met de eukaryoten delen de archaea bijvoorbeeld de manier waarop de genetische informatie in het DNA naar een eiwit wordt vertaald.

Het domein archaea is klein; er zijn slechts enkele honderden soorten bekend. Omdat er nog steeds discussie is over de plaats van de archaea gaan we hier niet verder op in.

## BACTERIËN

Bacteriën worden ook wel bacillen genoemd. Op elektronenmicroscopische foto's van bacteriën zijn vrijwel geen organellen zichtbaar. Bacteriën hebben bijvoorbeeld geen kernmembraan, geen mitochondriën en geen endoplasmatisch reticulum. Sommige soorten bacteriën bezitten trilharen of zweepharen waarmee ze zich kunnen voortbewegen (zie afbeelding 10).

Bij veel soorten bacteriën bestaat het erfelijk materiaal slechts uit één kringvormig chromosoom (zie afbeelding 11). Sommige soorten bacteriën hebben daarnaast ook nog enkele kleinere, kringvormige chromosomen (**plasmiden**). Doordat deze chromosomen los in het cytoplasma liggen, zijn ze gemakkelijk bereikbaar voor enzymen. Hierdoor zijn bacteriën zeer geschikt voor toepassing van de recombinant-DNA-techniek. Met deze techniek worden bacteriën gebruikt bij de productie van onder andere geneesmiddelen en hormonen.

Maar ook zonder de recombinant-DNA-techniek worden bacteriën in de biotechnologie gebruikt. Sommige soorten bacteriën worden gebruikt bij de productie van voedingsmiddelen als yoghurt, kaas en zuurkool. Andere soorten bacteriën worden gebruikt bij de productie van wasmiddelenenzymen en bij de afvalwaterzuivering. Bij deze toepassingen zorgt men ervoor dat de omstandigheden zo gunstig mogelijk zijn voor bacteriën (**optimalisering**).

Bacteriën planten zich voornamelijk voort door deling (zie afbeelding 12). Onder gunstige omstandigheden kan een bacterie zich snel voortplanten. Cholera bacteriën kunnen zich in het lichaam van een mens elke dertig minuten delen. Door deze hoge delingssnelheid is het afweersysteem van de mens soms niet in staat alle bacteriën tijdig onschadelijk te maken. De bacteriën kunnen dan een ziekte veroorzaken. Andere ziekteverwekkende (**pathogene**) bacteriën kunnen bijvoorbeeld oorontsteking, longontsteking, tuberculose of tyfus veroorzaken.

De meeste soorten bacteriën bezitten geen chlorofyl. Ze voeden zich met dode resten van organismen. In de natuur ruimen bacteriën de dode resten van organismen op. Hierbij worden organische stoffen omgezet in anorganische stoffen. Ons voedsel bestaat vaak uit (dode) resten van organismen. Brood, groenten en fruit zijn afkomstig van planten; vlees en zuivelproducten van dieren. Op dit voedsel kunnen bacteriën goed leven. Daardoor kan het voedsel bederven.

**Cyanobacteriën** vormen een aparte groep binnen het rijk van de bacteriën. Cyanobacteriën bevatten chlorofyl en blauwe pigmenten. Ze komen in allerlei milieus voor, zowel in het water als op het land. Soms komen ze in zulke grote aantallen voor dat het water een blauwgroene kleur heeft. We noemen dat waterbloei. Op het land kunnen ze op boomstammen en op rotsen worden aangetroffen.

**opdracht 4****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Waardoor zijn bacteriën gemakkelijk genetisch te modificeren?
- 2 Noem drie voorbeelden van biotechnologie waarbij bacteriën worden gebruikt zonder dat ze daartoe genetisch zijn gemodificeerd.
- 3 Welke schadelijke gevolgen voor de mens kunnen bacteriën hebben?
- 4 Voor een operatie worden metalen gereedschappen tot 130 °C verhit. Waarom doet men dat?
- 5 Welke nuttige rol spelen bacteriën in de natuur?
- 6 Zijn cyanobacteriën autotroof of heterotroof? Leg je antwoord uit.

**opdracht 5****Beantwoord de volgende vragen met behulp van het artikel van afbeelding 13 over een besmetting met cholera bacteriën.**

- 1 Eén geval van besmetting met cholera bacteriën vond plaats via het eten van vis. In de tekst wordt een oorzaak genoemd waardoor deze manier van besmetting juist in Apulië plaatsvond en niet in andere gebieden. Citeer de zin waarin deze oorzaak wordt genoemd.
- 2 Hoe kwamen de cholera bacteriën in het zeewater bij Apulië terecht?
- 3 In de tekst worden maatregelen genoemd om de cholera besmetting via het eten van vis tegen te gaan. Citeer de zin waarin deze maatregelen worden genoemd.
- 4 Een tweede geval van besmetting vond plaats via het eten van groenten. Hoe kwamen in Apulië de cholera bacteriën op de groenten terecht?
- 5 Welke maatregel werd geadviseerd om besmetting via het eten van groenten tegen te gaan?
- 6 Cholera bacteriën kunnen zich elke dertig minuten delen. Bereken hoeveel nakomelingen er in tien uur kunnen ontstaan uit één cholera bacterie, als de omstandigheden gunstig zijn. Ga ervan uit dat alle nakomelingen in leven blijven.

## ▼ Afb. 13

**‘Vuilnisbak van Italië’ getroffen door cholera**

ROME – In de Italiaanse regio Apulië is bij tien personen cholera vastgesteld. Maandag werden twee huisvrouwen besmet verklaard. Een van hen had rauwe inktvis gegeten, de ander ongewassen groente. Apulië ligt aan de Zuid-Italiaanse kust. De cholera bacil komt voor in uitwerpselen en verspreidt zich met afvalwater. Deze bacil is aangetroffen in het rioolstelsel van Bari en van andere plaatsen

in Apulië. 40% van de huizen in Apulië is niet aangesloten op de riolering. Vaak wordt rioolwater geloosd in de grond. Waterzuiveringsinstallaties zijn soms ondeugdelijk. Groentevelden worden vaak besproeid met afvalwater. In Apulië wordt zeefruit, de basis van het lokale menu, bij voorkeur rauw opgediend. Tot maandag hadden alle Apulische cholera patiënten een paar dagen voor ze ziek werden rauwe vis of rauw zeefruit gegeten. Dat was gewassen met besmet water, of op de markt besprenkeld met besmet zeewater. In Bari wordt

dat water gehaald uit de haven, waarin het stedelijk rioolstelsel uitmondt. De autoriteiten gaven de bevolking de raad de vis en het zeefruit eerst te koken – en cholera bacillen gaan bij 50 °C dood – en elementaire hygiënische voorzorgsmaatregelen te nemen. Maar de maatregel om de besproeiing van groentevelden met afvalwater te staken, werd niet uitgevoerd. Zondag werden cholera bacillen aangetroffen op een partij venkel op de centrale groentemarkt van Bari.

## OOK BODEM RESISTENT TEGEN ANTIBIOTICA

In thema 3 Voortplanting heb je geleerd dat bacteriën resistent kunnen worden tegen antibiotica. Antibiotica worden al zo'n zestig jaar succesvol toegepast in de geneeskunde van mens en dier. Antibiotica zijn goedkoop en daardoor worden zij niet alleen als geneesmiddel toegepast maar bijvoorbeeld ook als groeistimulator bij veevoeding (niet-therapeutisch gebruik). Hierdoor komen er steeds meer antibiotica in het milieu terecht. Sinds een jaar of tien wordt geprobeerd het niet-therapeutisch gebruik van antibiotica te beperken. Er komen namelijk steeds meer aanwijzingen dat de resistentie van bacteriën tegen antibiotica onrustbarend toeneemt. Een voorbeeld is een toenemende resistentie van *Staphylococcus aureus*, de beruchte 'ziekenhuisbacterie', tegen het antibioticum methicilline (MRSA = methicilline-resistente *Staphylococcus aureus*).

Onderzoekers van de Universiteiten van Newcastle en Wageningen hebben grondmonsters van vijf Nederlandse veldproeven uit de periode 1940–2008 onderzocht. Uit deze grondmonsters werd DNA geëxtraheerd en de

onderzoekers hebben speciaal gekeken naar de genen in dit DNA die zorgen voor resistentie tegen antibiotica.

Wageningen-onderzoeker Phillip Ehler: 'Residuen van antibiotica kunnen leiden tot een toename van populaties micro-organismen in de bodem die resistent zijn voor antibiotica. Ons onderzoek wijst uit dat er tussen 1940 en 2008 een toename is van genen die coderen voor resistentie tegen antibiotica. Wat de consequenties daarvan zijn voor de volksgezondheid is nog onbekend.'

► **Afb. 14**  
Veehouderij  
maakt  
bodem  
resistent.

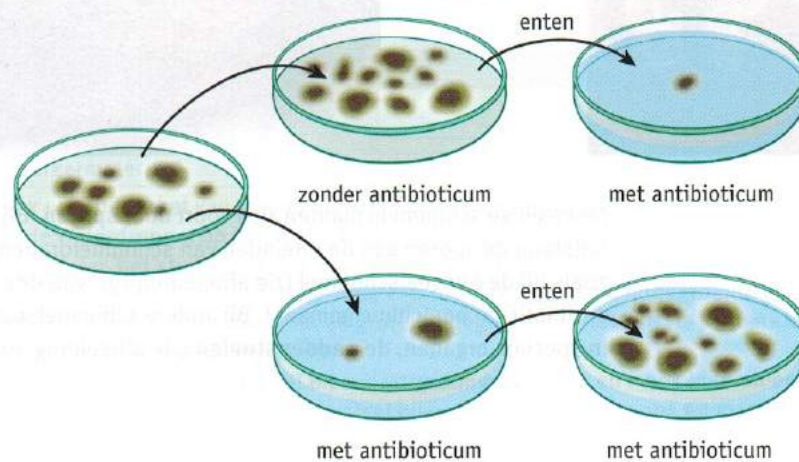


### opdracht 6

Beantwoord de volgende vragen met behulp van de context 'Ook bodem resistent tegen antibiotica'.

- 1 Bacteriën worden geënt op een voedingsbodem waaraan een bepaald antibioticum is toegevoegd (zie afbeelding 15). Er ontstaan veel minder kolonies dan op een voedingsbodem zonder het antibioticum. De bacteriën op de voedingsbodem met het antibioticum zijn resistent geworden. Hoe noemen we de verandering in het DNA waardoor de resistentie tegen het antibioticum is ontstaan?
- 2 De overlevende bacteriën worden geënt op een voedingsbodem waaraan hetzelfde antibioticum is toegevoegd. Zullen uit de geënte bacteriën kolonies ontstaan? Leg je antwoord uit.
- 3 Waarom is het gevaarlijk als bacteriën resistent worden tegen antibiotica?
- 4 Antibiotica worden in veevoeder gestopt om de groei te stimuleren. Welk ander nut voor de veeteler kan deze toevoeging hebben?

► **Afb. 15**



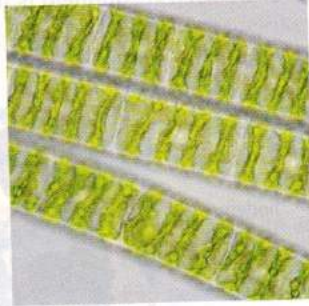
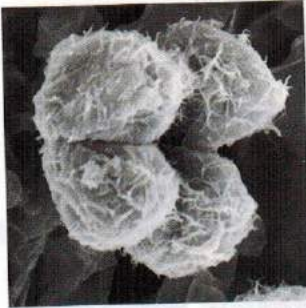
1 een bacteriesoort wordt geënt op twee voedingsbodems, waarvan er een behandeld is met een bepaald antibioticum

2 de twee kolonies worden op een voedingsbodem met hetzelfde antibioticum geënt

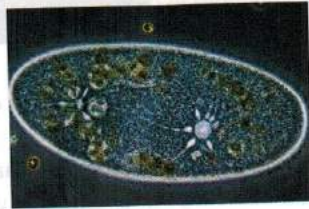
# 3 Eukaryoten

Tot het domein van de eukaryoten behoren de protisten, schimmels, planten en dieren. In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd dat de protisten een zeer heterogene groep vormen. Sommige soorten hebben kenmerken van planten, andere van dieren (zie afbeelding 16). Er is onder systematici veel discussie over de protisten. We gaan daar niet verder op in.

▼ Afb. 16 Enkele protisten.



1 met kenmerken van planten: boogalg, spiraalwier, zeesla en diatomeeën



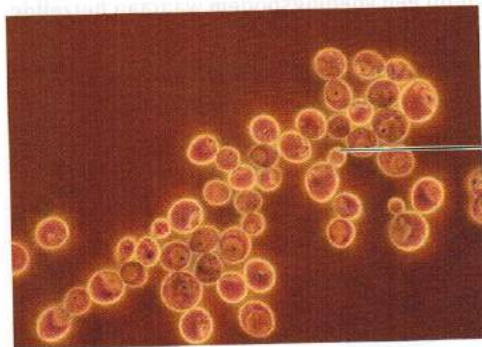
2 met kenmerken van dieren: amoëbe en pantoffeldiertje

## SCHIMMELS

Schimmels voeden zich met dode resten van organismen, net als de meeste bacteriën.

Schimmels kunnen eencellig of meercellig zijn. **Gisten** zijn eencellige schimmels (zie afbeelding 17). Ze worden daarom ook tot de protisten gerekend. Meercellige schimmels bestaan meestal uit lange **schimmeldraden** (zie afbeelding 18).

▼ Afb. 17 Gist (vergroting 600x).



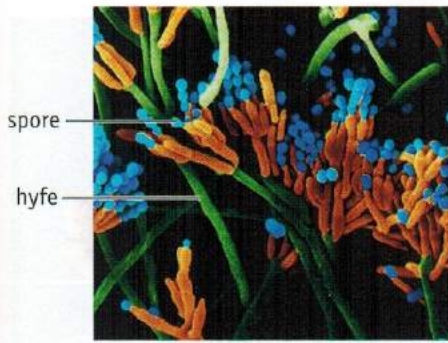
knop

▼ Afb. 18



Meercellige schimmels planten zich voort door **sporen**. Bij veel schimmels ontstaan de sporen aan de uiteinden van schimmeldraden die omhoog groeien, zoals bij de penseelschimmel (zie afbeelding 19). Van deze schimmel wordt het antibioticum penicilline gemaakt. Bij andere schimmelsoorten ontstaan de sporen in speciale organen, de **paddenstoelen** (zie afbeelding 20).

▼ Afb. 19 Penseelschimmel met sporen (vergroting 600x).



▼ Afb. 20 Vliegenzwam.



Sommige schimmels worden door de mens gebruikt bij de bereiding van voedingsmiddelen (bijvoorbeeld kaas). Gist wordt gebruikt bij de bereiding van brood en bij de productie van alcohol in bier en wijn. Sommige schimmelsoorten veroorzaken ziekten bij planten, dieren of mensen. Bij zwemmerseczeem is de huid tussen de tenen door een schimmelinfectie ontstoken.

## opdracht 7

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Zijn schimmels autotroof of heterotroof?
- 2 Wat is de functie van een paddenstoel?
- 3 Noem vier voedingsmiddelen die met behulp van schimmels worden gemaakt.
- 4 Op welke wijze maakt de mens gebruik van de schimmels *Penicillium roqueforti* en *Penicillium camemberti*?
- 5 Welke twee schadelijke gevolgen kunnen schimmels voor de mens hebben?

## opdracht 8

## PRACTICUM

## SCHIMMELS

<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een beschimmelde boterham of een beschimmeld stuk fruit</li> <li>– een loep</li> <li>– een microscoop</li> <li>– prepareermateriaal</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bekijk de schimmels met de loep.</li> <li>– Pluk met het pincet een klein stukje schimmel af en maak hiervan een preparaat.</li> <li>– Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100x. Je ziet <i>schimmeldraden</i> en wellicht ook <i>sporen</i>.</li> <li>– Bekijk een duidelijk stukje van het preparaat bij een vergroting van 400x en maak hiervan een tekening. Geef de cursief gedrukte delen aan.</li> </ul>

## opdracht 9

## PRACTICUM

## GISTCELLEN

<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een klompje bakkersgist</li> <li>– een microscoop</li> <li>– prepareermateriaal</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Maak een preparaat van gistcellen. Pak daartoe met het pincet een stukje gist en houd dit aan de rand van de waterdruppel op het voorwerpglas. Zorg ervoor dat de gist enige tijd in aanraking blijft met het water. Neem het stukje gist weg als de waterdruppel troebel wordt.</li> <li>– Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100x. Je ziet grote, uitgegroeide gistcellen en kleinere, nog niet uitgegroeide gistcellen. Aan de grote, uitgegroeide gistcellen zie je soms kleine blaasjes zitten. Daar ontstaat een nieuwe gistcel.</li> <li>– Bekijk een uitgegroeide gistcel bij een vergroting van 400x en maak hiervan een tekening.</li> <li>– Bekijk een nog niet uitgegroeide gistcel bij een vergroting van 400x en maak hiervan een tekening.</li> <li>– Bekijk een gistcel met een blaasje bij een vergroting van 400x en maak hiervan een tekening.</li> </ul>

▼ Afb. 21 Indeling van het plantenrijk.

**1 Wieren (algen)**

**KENMERKEN**

- geen wortels
- geen stengels
- geen bladeren
- geen hout- en bastvaten



**2 Mossen**

**KENMERKEN**

- geen echte wortels
- wel stengels en bladeren
- geen hout- en bastvaten
- voortplanting door sporen
- sporen ontstaan in een sporendosje, dat op een steeltje boven het mosplantje uitgroeit



**3 Paardenstaarten**

**KENMERKEN**

- wortels, stengels en bladeren
- hout- en bastvaten
- de stengels zijn hol en geled
- voortplanting door sporen
- sporen ontstaan in een sporenvormend orgaantje aan het uiteinde van een stengel



**4 Varens**

**KENMERKEN**

- wortels, stengels en bladeren
- hout- en bastvaten
- de bladeren zijn groot en meestal ingesneden
- voortplanting door sporen
- sporen ontstaan in sporenhooftjes aan de onderzijde van bladeren



**5 Zaadplanten**

**KENMERKEN**

- wortels, stengels en bladeren
- hout- en bastvaten
- voortplanting door zaden
- zaden ontstaan in bloemen

**NAAKTZADIGEN**



**BEDEKTZADIGEN**



## PLANTEN

In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd dat planten celwanden om hun cellen hebben en dat ze **chloroplasten** (bladgroenkorrels) in hun cellen hebben. In de chloroplasten wordt energie uit (zon)licht vastgelegd in moleculen van organische stoffen. Hierdoor zijn planten autotroof.

In afbeelding 21 is weergegeven hoe het plantenrijk wordt ingedeeld in vijf stammen: de **wieren (algen)**, de **mossen**, de **paardenstaarten**, de **varens** en de **zaadplanten**. Algen zijn eencellige planten (zie afbeelding 16). Ze worden daarom ook wel tot de protisten gerekend.

Bij **naaktzadigen** zitten de zaden tussen de schubben van kegels (zie afbeelding 22). De bladeren van de naaktzadigen zijn meestal naaldvormig of schubvormig. Tot de naaktzadigen behoren onder andere naaldbomen (dennen, sparren) en andere coniferen.

Bij **bedektzadigen** ontstaan de zaden uit zaadbeginsels, die in vruchtbeginsels zitten (zie afbeelding 23). De bladeren van bedektzadigen zijn meestal plat. Tot de bedektzadigen behoren onder andere de loofbomen, de grassen en de meeste andere kruidachtige planten.

### ▼ Afb. 22 Een naaktzadige.



1 spar



2 kegels



3 kegel met openstaande schubben en zaden

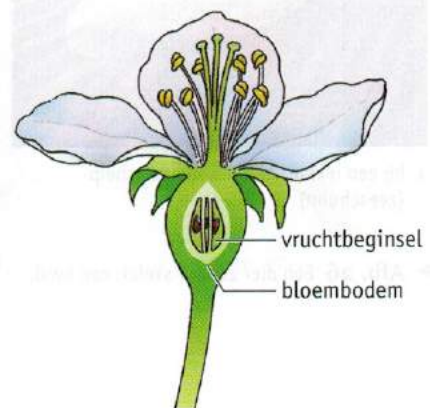
### ▼ Afb. 23 Een bedektzadige.



1 appelboom

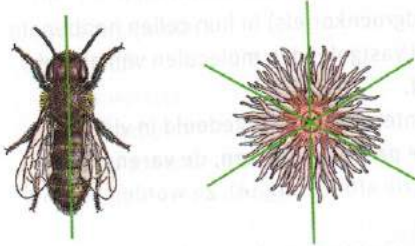


2 stukje tak met bloemen



3 doorsnede van een bloem

## ▼ Afb. 24 Symmetrie bij dieren.



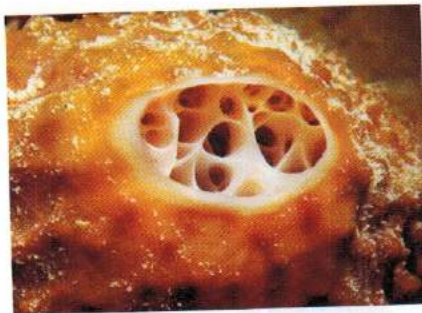
1 bij: tweezijdig symmetrisch

2 zeeanemoon: straalsgewijs symmetrisch



3 pantoffeldiertje: asymmetrisch

## ▼ Afb. 25 Skeletten bij dieren.



1 bij een spons: een skelet van naalden tussen de cellen



2 bij een mossel: een schelp



3 bij een slak: een huisje



4 bij een inktvis: een inwendige schelp (zeeschuim)



5 bij een insect: een pantser



6 bij een mens: een skelet

## ▶ Afb. 26 Een dier zonder skelet: een kwal.



## DIEREN

Dieren hebben geen celwanden om hun cellen. Verder hebben ze geen bladgroen, waardoor ze heterotroof zijn.

In afbeelding 27 is een indeling van het dierenrijk weergegeven. De eencellige dieren worden ook wel tot de protisten gerekend.

Twee belangrijke indelingscriteria bij de indeling van het dierenrijk zijn de symmetrie en het skelet.

Veel dieren zijn **tweezijdig symmetrisch**: hun lichaam is op slechts één manier in twee ongeveer gelijke helften te verdelen (zie afbeelding 24.1). Holtedieren zijn **straalsgewijs symmetrisch**: deze dieren zijn op veel manieren in twee ongeveer gelijke helften te verdelen (zie afbeelding 24.2). Dieren die op geen enkele manier in twee ongeveer gelijke helften te verdelen zijn, noemen we **asymmetrisch** (zie afbeelding 24.3).

In afbeelding 25 zie je dat skeletten in verschillende vormen kunnen voorkomen. Een mossel en een insect hebben een **uitwendig skelet**. Een inktvis en een mens hebben een **inwendig skelet**. Er zijn ook dieren die geen skelet hebben (zie afbeelding 26). De meeste dieren zonder skelet leven in het water.



## opdracht 10

## Beantwoord de volgende vragen.

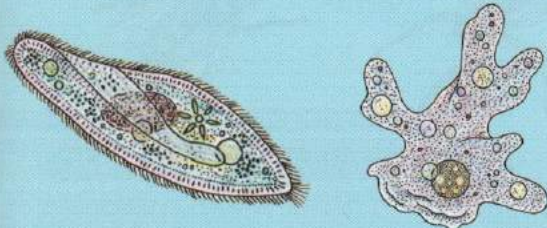
- 1 Door welke kenmerken onderscheiden planten zich van dieren?
- 2 Waarin onderscheiden wieren zich van de overige planten?
- 3 Hoe planten mossen, paardenstaarten en varens zich voort?
- 4 Bij welke stammen zijn de dieren tweezijdig symmetrisch? En bij welke straalsgewijs symmetrisch? En bij welke asymmetrisch?
- 5 Bij welke stammen hebben de dieren een inwendig skelet? En bij welke een uitwendig skelet? En bij welke geen skelet?
- 6 Bij welke stam is de huid van de dieren bezet met stekels of knobbels?

## ▼ Afb. 27 Indeling van het dierenrijk.

## 1 Eencellige dieren

## KENMERKEN

- asymmetrisch
- geen skelet
- leven in het water

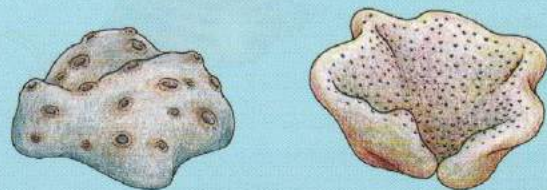


pantoffeldiertje (vergroting 600×) amoëbe (vergroting 300×)

## 2 Sponzen

## KENMERKEN

- asymmetrisch
- een skelet van naalden tussen de cellen
- zitten vast op de bodem van de zee



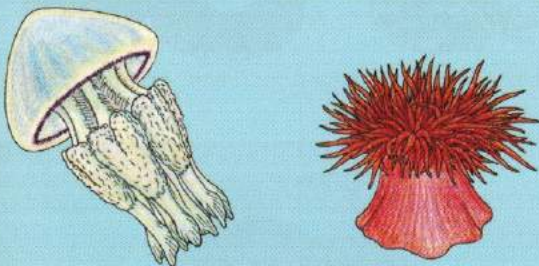
bad spons

olifantsoorspons

## 3 Holtedieren

## KENMERKEN

- straalsgewijs symmetrisch
- meestal geen skelet
- leven in het water
- vangen hun prooi met tentakels (vangarmen)



kwal

zeeanemoon

## 4 Wormen

## KENMERKEN

- tweezijdig symmetrisch
- geen skelet
- het lichaam is lang en dun



lintworm

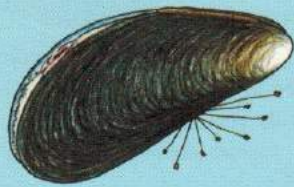
spoelworm

regenworm

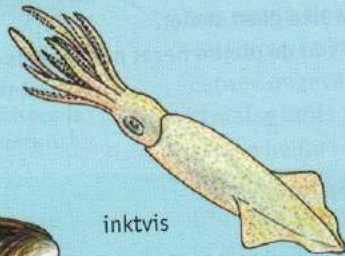
5 Weekdieren

KENMERKEN

- tweezijdig symmetrisch
- meestal een schelp of huisje als skelet



mossel



inktvis



slak

6 Geleedpotigen

KENMERKEN

- tweezijdig symmetrisch
- het skelet is een pantser

DUIZENDPOTEN



duizendpoot

SPINACHTIGEN



spin

KREEFTACHTIGEN



krab

INSECTEN

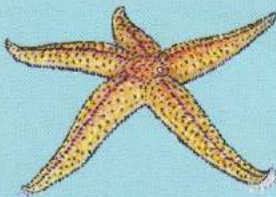


vlieg

7 Stekelhuidigen

KENMERKEN

- straalsgewijs symmetrisch
- een inwendig skelet van kalk
- de huid is bedekt met stekels of knobbels
- leven op de bodem van de zee



zeester



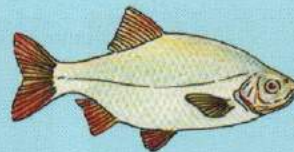
zee-eigel

8 Gewervelden

KENMERKEN

- tweezijdig symmetrisch
- een inwendig skelet

VISSEN



rietvoorn

AMFIBIEËN



kikker

REPTIELEN



slang

VOGELS



meeuw

ZOOGDIEREN



wild zwijn

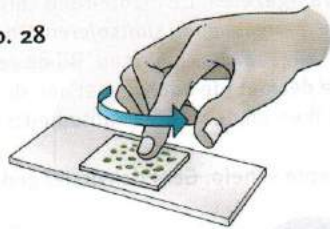
## opdracht 11

## PRACTICUM

BOOMALG (*PROTOCOCCUS VIRIDIS*)

<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een stukje boomschors met groene aanslag (boomalg)</li> <li>– een microscoop</li> <li>– prepareermateriaal</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Schrap wat groene aanslag van het stukje boomschors af en maak hiervan een preparaat. Druk met je wijsvinger licht op het dekglasje en maak een draaiende beweging (zie afbeelding 28).</li> <li>– Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400×. Je ziet losse boomalgcellen met celwanden. Je ziet ook groepjes boomalgcellen die aan elkaar vastzitten. Dat komt doordat de cellen na deling niet meteen loslaten van elkaar. Soms zie je ook delende boomalgcellen.</li> <li>– Maak tekeningen van losse boomalgcellen en van groepjes boomalgcellen.</li> </ul>

## ► Afb. 28



## opdracht 12

## PRACTICUM

## SPORENVORMENDE ORGANEN

<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een mosplantje met sporendoosje</li> <li>– een stengel van een paardenstaart met sporenvormende orgaantjes</li> <li>– een deel van een varenblad met sporenhoopjes</li> <li>– een loep</li> <li>– een microscoop</li> <li>– prepareermateriaal</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bekijk het mosplantje met sporendoosje met de loep en maak er een tekening van.</li> <li>– Bekijk de stengel van de paardenstaart met sporenvormende orgaantjes met de loep en maak er een tekening van.</li> <li>– Haal sporen uit de paardenstaart en leg ze op een droog voorwerpglas. Bekijk de sporen bij een vergroting van 400× en maak er een tekening van. Maak ook een tekening van sporen nadat je er voorzichtig over hebt geademd.</li> <li>– Bekijk de sporenhoopjes van een varenblad met de loep en maak er een tekening van.</li> </ul>

## opdracht 13

## PRACTICUM

PANTOFFELDIERTJE (*PARAMECIUM SP.*)

<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een kweek van pantoffeldiertjes</li> <li>– een microscoop</li> <li>– prepareermateriaal</li> <li>– methylcellulose-oplossing (behangersplak) of een glycerine-oplossing (eventueel)</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Op de kweek van pantoffeldiertjes zit een vlies. Zuig met het druppelpipet een druppel water vlak onder het vlies vandaan. Probeer het vlies zo weinig mogelijk te beschadigen. Maak een preparaat van de druppel.</li> <li>– Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100×. Je ziet vrijwel zeker pantoffeldiertjes. Ze bewegen snel door het beeld. Als de pantoffeldiertjes te snel bewegen, kun je een druppel methylcellulose- of glycerine-oplossing toevoegen.</li> </ul>

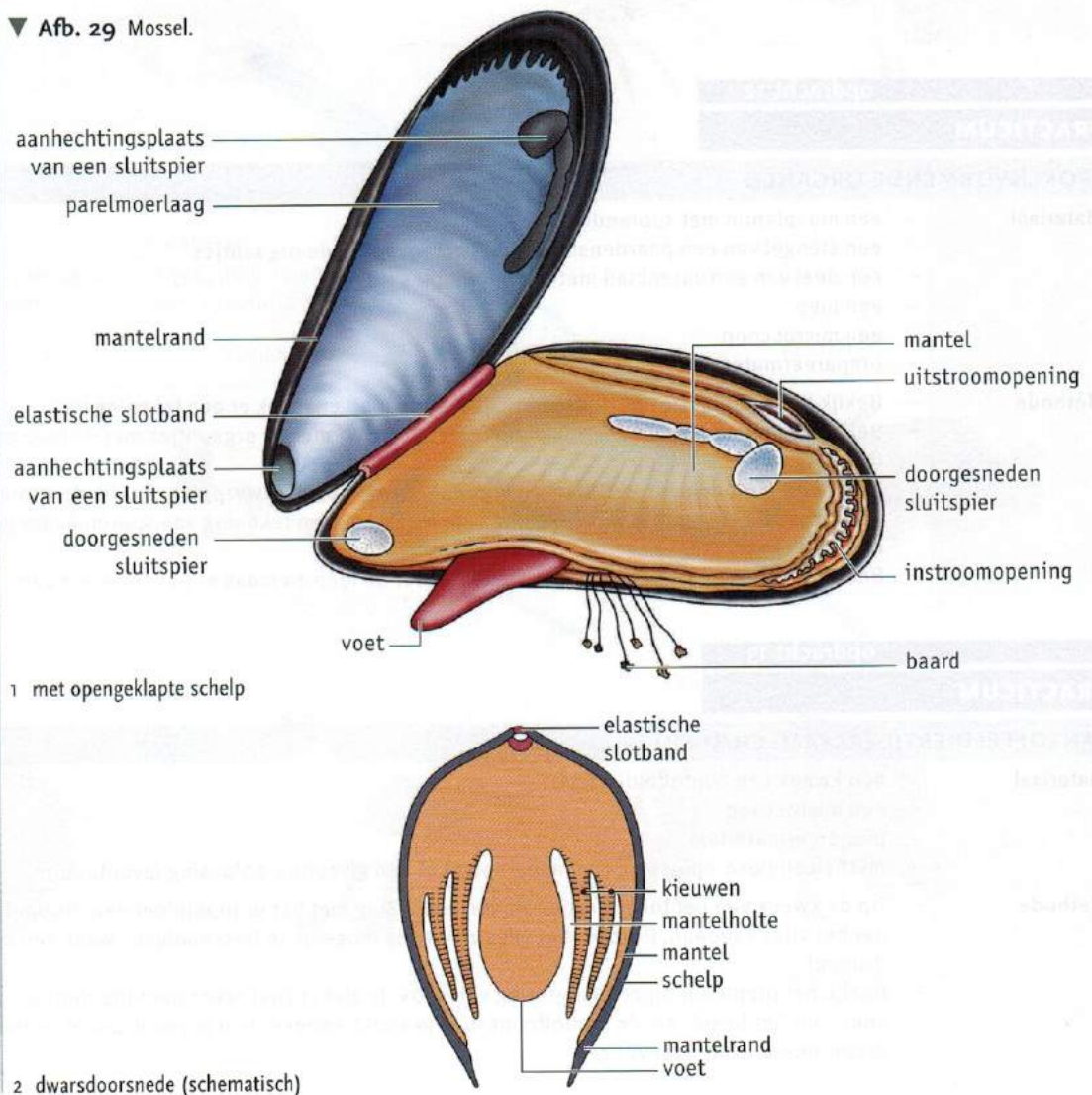
## opdracht 14

## PRACTICUM

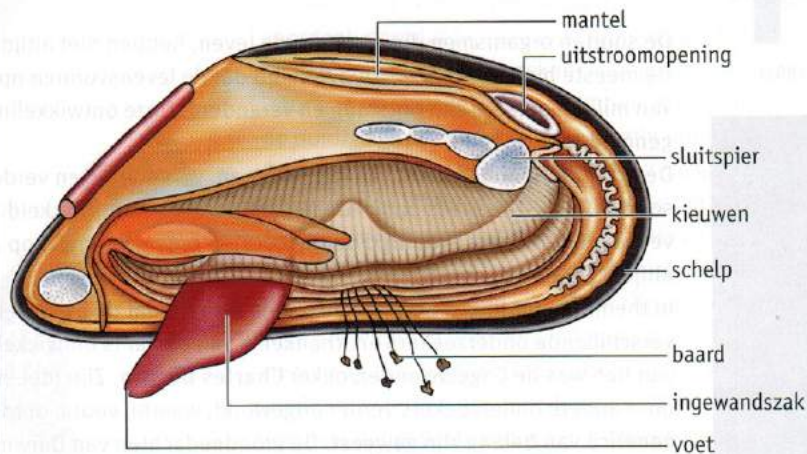
DE ZEEMOSSEL (*MYTILUS EDULIS*)

<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- een gekookte zeemossel in een prepareerbakje</li> <li>- prepareermateriaal</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leg de mossel voor je. Op de <i>tweekleppige schelp</i> zie je <i>groeistrepen</i>. De twee kleppen van de schelp kunnen ten opzichte van elkaar scharnieren door de <i>elastische slotband</i>. Maak een tekening van het buitenaanzicht van de mossel. Geef de cursief gedrukte delen aan.</li> <li>- In het lichaam van de mossel zitten twee sluitspiers. Tegen beide kleppen aan ligt de mantel (zie afbeelding 29). Snijd voorzichtig met het scalpel de mantel van de schelp los. Snijd tussen de mantel en de schelp de beide sluitspiers door. Klap vervolgens de schelp open. In de opengeklapte klep zie je de <i>aanhechtingsplaatsen van de sluitspiers</i> en de <i>parelmoerlaag</i>. Bovendien zie je de <i>mantelrand</i>: daar heeft de mantel vastgezet. De mantelrand zorgt voor de groei van de schelp. In de andere klep zie je de mantel met de <i>doorgesneden sluitspiers</i>. Onder de mantel kan de <i>voet</i> uitkomen. Met de voet kan een mossel zich langzaam verplaatsen. Bij de zeemossel is de voet erg klein. Een zeemossel zit meestal met draden aan de voet (de <i>baard</i>) vast aan de ondergrond. Aan één kant zitten twee openingen tussen de linker- en de rechtermantelhelft: de <i>instroomopening</i> en de <i>uitstroomopening</i>. Maak een tekening van de mossel met opengeklapte schelp. Geef de cursief gedrukte delen aan.</li> </ul>

## ▼ Afb. 29 Mossel.



▼ Afb. 30 Mossel met weggeknipte mantel (schematisch).



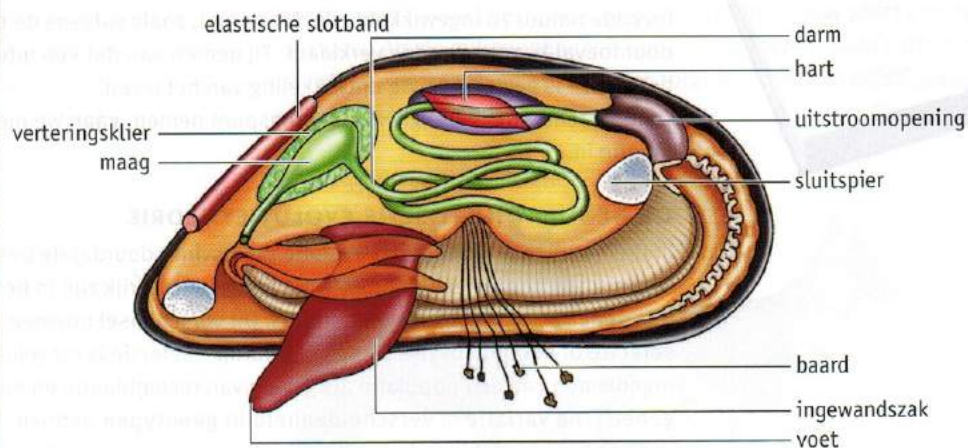
- Verwijder de opengeklapte klep. Knip met het schaartje voorzichtig de mantel zo ver mogelijk weg, zonder het onderliggende weefsel te beschadigen (zie afbeelding 30). Je ziet nu zeker de *voet* (met *baard*). Verder zie je de *kieuwen* liggen. Als je de mossel onder water legt, zie je de kieuwen beter. Ook zie je de *mond* rondom de mond en een deel van de *ingewandszak*.

Door de instroomopening stroomt water met zuurstof en voedsel langs de kieuwen en de mond. De kieuwen nemen zuurstof uit het water op en geven koolstofdioxide aan het water af. Het voedsel komt in de mond terecht. De anus ligt vlak bij de uitstroomopening (zie afbeelding 31). Water met koolstofdioxide en andere afvalstoffen verlaat de mossel via de uitstroomopening.

Maak een tekening van de mossel met weggeknipte mantel. Geef de cursief gedrukte delen aan.

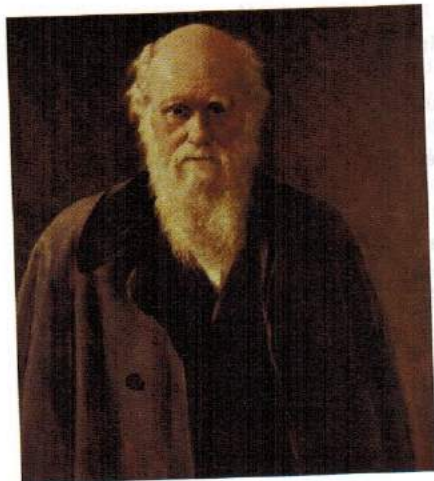
- Van de verdere inwendige bouw kun je niet veel zien. De verteringsklier schemert vaak groen door.

▼ Afb. 31 Inwendige bouw van de mossel (schematisch).



# 4 Evolutie

▼ Afb. 32 Charles Darwin (1809–1882).



▼ Afb. 33 Titelpagina van Darwins boek *The origin of species*.



De soorten organismen die nu op aarde leven, hebben niet altijd bestaan. De meeste biologen zijn ervan overtuigd dat de levensvormen op aarde in de loop van miljarden jaren zijn ontstaan en veranderd. Deze ontwikkeling wordt **evolutie** genoemd.

De evolutietheorie gaat uit van het ontstaan, veranderen en verdwijnen van soorten. Deze theorie is pas in de negentiende eeuw ontwikkeld. Tot die tijd waren veel biologen ervan overtuigd dat de soorten organismen die op aarde leefden altijd zo hadden bestaan.

In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd dat de evolutietheorie door verschillende onderzoekers onafhankelijk van elkaar is ontwikkeld. De bekendste van hen was de Engelse onderzoeker **Charles Darwin**. Zijn ideeën zijn naderhand door andere onderzoekers verder uitgewerkt, waarbij vooral ontdekkingen in de genetica van belang zijn geweest. De grondgedachten van Darwin zijn in de huidige evolutietheorie terug te vinden. We spreken dan ook van de **neodarwinistische evolutietheorie** of van het **neodarwinisme**. Deze theorie gaat uit van verscheidenheid in genotypen, natuurlijke selectie en soortvorming door reproductieve isolatie.

Tegenover de evolutietheorie staat het **creationisme**. Creationisten zijn aanhangers van de theorie van de schepping. Zij baseren zich op de min of meer letterlijke uitleg van de Bijbel, Koran of Thora, waarin staat beschreven hoe de aarde en alle organismen daarop zijn geschapen. Er bestaan verschillende stromingen binnen het creationisme. Sommige stromingen combineren evolutie en schepping. Een voorbeeld daarvan is '**intelligent design**'. Deze stroming gaat uit van een bepaalde mate van evolutie, maar veronderstelt dat sommige onderdelen van de levende natuur zo ingewikkeld zijn dat ze niet, zoals volgens de evolutietheorie, door toeval kunnen worden verklaard. Zij nemen aan dat een intelligent wezen betrokken is geweest bij de ontwikkeling van het leven. Omdat creationisten religie als uitgangspunt nemen, gaan we niet verder op deze theorie in.

## DE NEODARWINISTISCHE EVOLUTIETHEORIE

In thema 1 heb je geleerd dat evolutie plaatsvindt doordat de best aangepaste organismen binnen een populatie het meest succesrijk zijn in het doorgeven van hun genen aan de volgende generaties. Dit verschijnsel noemen we **natuurlijke selectie** of **survival of the fittest**. Natuurlijke selectie is mogelijk doordat de organismen van een populatie als gevolg van recombinaat en mutaties een grote **genetische variatie** of **verscheidenheid in genotypen** hebben. Uit één populatie kunnen twee verschillende soorten ontstaan als er op een of andere manier een scheiding is opgetreden tussen twee groepen van de populatie, bijvoorbeeld door **reproductieve isolatie**. Daarbij vindt gedurende lange tijd geen voortplanting plaats tussen individuen van verschillende populaties. In thema 1 is dit uitgelegd aan de hand van een populatie herten die door een bergketen in tweeën wordt gesplitst.

## ▼ Afb. 34 De evolutie van giraffen.



1 reconstructie van een voorouder van de giraffe



2 giraffe



3 okapi, de enige huidige verwant van de giraffe

In een populatie blijven individuen met een gunstig genotype gemakkelijker in leven en planten ze zich beter voort dan individuen met een minder gunstig genotype. Deze selectie leidt ertoe dat soorten voortdurend veranderen. Bij de voorouders van giraffen bijvoorbeeld kunnen bepaalde mutaties een toename in de nek lengte hebben veroorzaakt. Een organisme met deze mutatie is dan in het voordeel, doordat hij aan meer bomen van de bladeren kan eten. Daardoor heeft hij een grotere overlevingskans dan giraffen met de oorspronkelijke nek lengte. Door een opeenvolging van mutaties, recombinitie en natuurlijke selectie zouden de huidige giraffen met lange hals zijn ontstaan (zie afbeelding 34). Door het optreden van mutaties wordt de genetische variatie binnen een populatie groter. De omstandigheden bepalen wat er met de verschillende genotypen en fenotypen in een populatie gebeurt. Als de omstandigheden gunstig zijn, is de **selectiedruk** laag en blijven veel verschillende varianten in leven. Als er bijvoorbeeld boombladeren in overvloed zijn, zullen ook de giraffen met de oorspronkelijke nek lengte in leven blijven en zich voortplanten. Maar als de omstandigheden ongunstig zijn, is de selectiedruk hoog en zullen individuen met de oorspronkelijke nek lengte sterven door voedselgebrek. Alleen de dieren met de beste **adaptatie** (de best aangepaste individuen) blijven dan in leven en planten zich voort in de volgende generaties. Dit zijn dan de dieren met de grootste **'fitness'**. Hier zijn dat de giraffen met de langste nek. In de nakomelingschap komt dan alleen nog het genotype met de langere nek voor. De soort is dan **geëvolueerd**.

Het gevolg van natuurlijke selectie kan zijn, dat de individuen van de oorspronkelijke vorm uitsterven en de mutanten blijven voortbestaan. De soort is dan geëvolueerd. Ook kan het zijn dat beide vormen blijven bestaan. De vorm met de beste aanpassing aan het milieu komt dan het meeste voor. Als de individuen van de oorspronkelijke vorm en de mutanten zich steeds onderling blijven voortplanten, zal geen nieuwe soort ontstaan, alleen verschillende vormen van één soort. Denk bijvoorbeeld aan verschillende hondenrassen die allemaal tot één soort behoren (zie afbeelding 35).

Door een grote verscheidenheid in genotypen heeft een soort een grote overlevingskans. Als de milieuomstandigheden veranderen, is de kans groot dat enkele individuen een genotype bezitten dat zorgt voor een goede aanpassing aan de nieuwe omstandigheden.

## ▼ Afb. 35 Enkele hondenrassen.



▼ Afb. 36 Geologische tijdschaal (mijg = miljoen jaar geleden).





## opdracht 15

In afbeelding 36 zie je de ontwikkeling van het leven op aarde weergegeven. De aarde is ongeveer 4600 miljoen jaar geleden ontstaan. De tijd vanaf het ontstaan van de aarde tot 542 miljoen jaar geleden wordt het Precambrium genoemd. De tijd daarna is door geologen verdeeld in tijdperken en perioden.

De eerste cellen zijn ongeveer 3800 miljoen jaar geleden ontstaan en de eerste meercellige organismen ongeveer 670 miljoen jaar geleden.

De eerste landplanten (onder andere mossen) verschenen ongeveer 400 miljoen jaar geleden.

Ongeveer 250 miljoen jaar geleden ontstonden de naaktzadige zaadplanten en 50 miljoen jaar later de bedektzadige zaadplanten.

Het Mesozoïcum (van 251 tot 65 miljoen jaar geleden) is het tijdperk van de reptielen met onder andere de dinosaurïërs.

De eerste zoogdieren ontstonden ongeveer 150 miljoen jaar geleden en de eerste mensachtigen ongeveer 5 miljoen jaar geleden.

- Teken op een A4 een verticale tijdbalk van 23 cm. Noteer bovenaan '0' en onderaan '4600 m.jg.' (4600 miljoen jaar geleden). Geef op de juiste plaatsen aan: 500 m.jg, 1000 m.jg, enzovoort.
- Noteer de hiervoor genoemde gebeurtenissen op de juiste plaats.

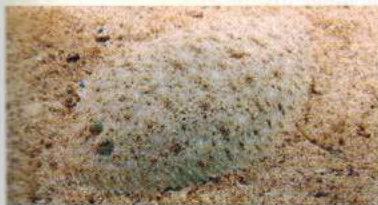
Suggestie: teken ergens in het biologielokaal een lijn van 4,6 m en maak daarop de tijdbalk. Overleg eventueel met je docent.

## opdracht 16

## ▼ Afb. 37 Camouflage.



1 wandelend blad



2 bot



3 kikker

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke diersoort is in de voedselkeuze het meest veranderd ten opzichte van de gemeenschappelijke voorouder: de giraffe of de okapi?
- 2 Wat is het voordeel van een grote verscheidenheid in genotypen binnen een populatie?
- 3 Wat is fitness?
- 4 Wat moet er gebeuren om uit verschillende vormen van één soort verschillende soorten te laten ontstaan?
- 5 Het milieu van de westerse mens is de laatste vijftig jaar sterk veranderd. Hierna staan vier veranderingen. Geef bij elk van de volgende veranderingen aan hoe de selectiedruk is veranderd.
  - a Oogafwijkingen worden verholpen door een bril.
  - b Aanbod van veel vette en zoete voeding leidt tot overgewicht en hartfalen.
  - c Door het toepassen van een keizersnede zijn smalle heupen bij een vrouw geen probleem meer.
  - d Langdurig zitten achter beeldschermen leidt tot veel minder beweging en daardoor tot meer hart- en vaatziekten.

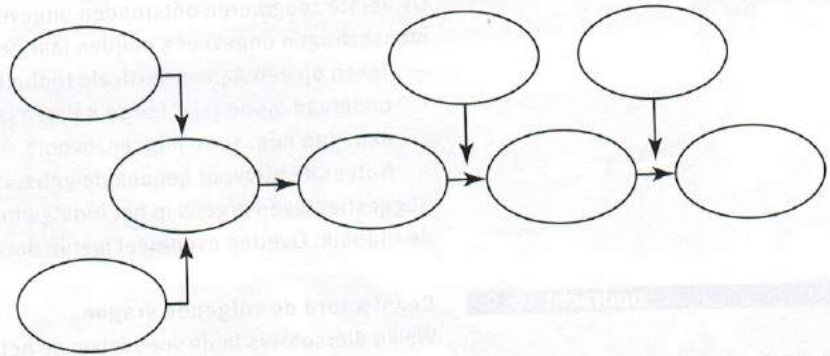
Bij sommige diersoorten komt camouflage voor. De huid heeft dan een schutkleur (zie afbeelding 37).

- 6 Welke vorm van selectiedruk speelt bij camouflage een rol?
- 7 In een populatie dieren met schutkleur komen regelmatig mutanten voor met afwijkende kleuren. Zullen deze mutanten een grotere of een kleinere overlevingskans hebben dan dieren met schutkleur als het milieu onveranderd blijft?
- 8 Voor het voortbestaan van de soort is het van belang dat er regelmatig mutanten met afwijkende kleuren voor blijven komen. Leg dat uit.
- 9 In afbeelding 38 staat een lege conceptmap over het ontstaan van een nieuwe soort. Noteer de volgende begrippen in de conceptmap: *fitness* – *genetische variatie* – *mutatie* – *recombinatie* – *reproductieve isolatie* – *selectiedruk* – *soortvorming* – *survival of the fittest*.

- 10 Er zijn mensen die van mening zijn dat het leven zich niet alleen maar op een dergelijke min of meer toevallige manier kan hebben ontwikkeld. Volgens hen verloopt de evolutie volgens een vooropgezet plan.

Hierna staat een citaat uit een krantenartikel.

'Aanhangers van deze stroming zien het anders. Zij erkennen dat er evolutie plaatsvindt, maar wijzen ook op de "gaten" in de evolutietheorie. Neem de bloedstolling: een complex systeem, gebaseerd op een kettingreactie van verschillende eiwitten. Al die eiwitten activeren elkaar, wat ten slotte leidt tot de vorming van stollingsmoleculen. Haal je één schakeltje weg, dan wordt het systeem waardeloos en bloeden we dood. Daaruit blijkt volgens hen dat de stolling niet geleidelijk is ontstaan, maar in haar geheel moet zijn "ontworpen".'

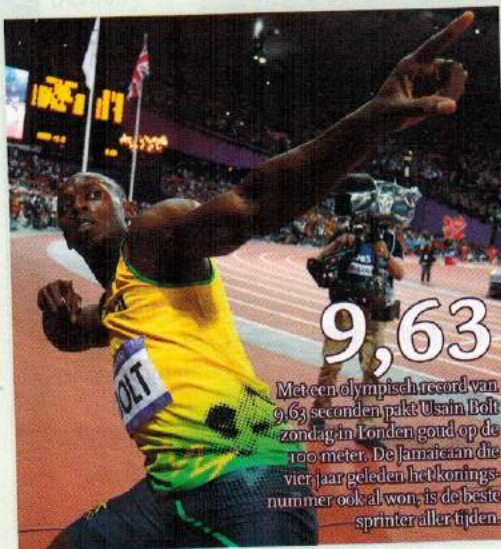


- **Afb. 38** Een conceptmap over het ontstaan van een nieuwe soort.

## SPORT

De Jamaicaan Usain Bolt wordt door velen beschouwd als de beste sprinter aller tijden. Tijdens de Olympische Spelen van 2008 en 2012 won hij zowel de 100 m als de 200 m. Bovendien won hij beide keren met drie landgenoten de 4 × 100 m estafette.

- ▼ **Afb. 39** Usain Bolt na het behalen van de Olympische titel op de 100 m in Londen 2012.



Bron: de Volkskrant, 06-08-2012.

In tabel 1 zie je dat twee van de drie beste sprinters uit Jamaica komen, een land met niet meer dan 3 miljoen inwoners. In de top-10 staan zelfs vijf Jamaicanen. Een vergelijkbare hegemonie zien we bij de marathon (42 195 m), waar de top-10 uit zeven Kenianen en drie Ethiopiërs bestaat.

*Hoe komt het dat zoveel Jamaicanen excelleren op de sprint en zoveel Oost-Afrikanen op de lange afstanden?*

- ▼ **Tabel 1** Enkele wereldrecords atletiek (augustus 2012, na de Olympische Spelen in Londen).

Onderdeel	Naam en nationaliteit	Tijd
100 m	1 Usain Bolt (Jamaica)	9,58 s
	2 Tyson Gay (VS)	9,69 s
	3 Asafa Powell (Jamaica)	9,72 s
marathon (42 195 m)	1 Geoffrey Mutai (Kenia)	02:03,02
	2 Moses Mosop (Kenia)	02:03,06
	3 Patrick Makau Musvoki (Kenia)	02:03,38

Verschillen tussen sprinters en langeafstandloper

Tijdens de wereldrecordrace van Usain Bolt was zijn snelheid na 20 m ongeveer 40 km/u. Omdat deze versnel-

ling van 0 naar 40 km/u veel kracht kost, hebben sprinters zeer sterke beenspieren.

Tijdens zijn wereldrecordrace op de marathon had Geoffrey Mutai een vrijwel constante snelheid van 20,6 km/u.

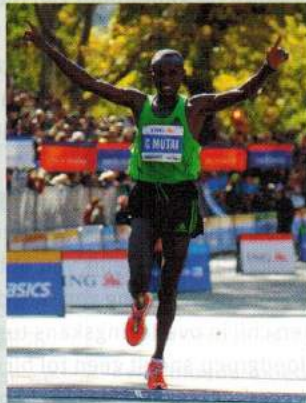
Hiervoor is veel minder kracht nodig en vooral veel uithoudingsvermogen.

In afbeelding 40 kun je duidelijk de verschillen zien tussen een krachtsporter en een duursporter.

▼ **Afb. 40** Een krachtsporter en een duursporter.



1 Usain Bolt is 193 cm lang en weegt 95 kg



2 Geoffrey Mutai is 183 cm lang en weegt 56 kg

### Oost-Afrikaanse langeafstandlopers

Duursporters verkrijgen hun energie door de verbranding van glucose met behulp van zuurstof. De Oost-Afrikaanse langeafstandlopers kunnen weliswaar maximaal evenveel zuurstof opnemen als hun concurrenten, maar ze kunnen veel langer van deze energiebron gebruikmaken. Hun concurrenten moeten na verloop van tijd overschakelen op verbranding van glucose zonder zuurstof waarbij melkzuur ontstaat en minder energie vrijkomt. Dit veroorzaakt de zogenaamde 'verzuring van de benen'.

Deense onderzoekers vergeleken Deense en Keniaanse jongeren en constateerden dat de onderbenen van de Keniaanse jongeren een kleinere doorsnede hebben en daardoor gemiddeld 400 g lichter zijn. Het voordeel

hiervan is dat tijdens het lopen het versnellen en afremmen van de benen minder energie kost.

Yannis Pitsiladis van de Universiteit van Glasgow deed uitgebreid genetisch onderzoek. Hij kon echter geen verschillen vinden in de 'uithoudingsgenen' van Oost-Afrikanen en andere bevolkingsgroepen. De genetische verschillen tussen Kenianen en Ethiopiërs onderling bleken zelfs vaak groter te zijn dan de verschillen met sommige blanke atleten. Omdat het gros van de Keniaanse langeafstandlopers tot de Kalenji behoort, een stam die slechts 3% van de bevolking uitmaakt, houdt hij toch rekening met een genetische component.

### Jamaicaanse sprinters

Veel Jamaicanen zijn afstammelingen van slaven die uit West-Afrika zijn aangevoerd. Volgens de Belgische inspanningsfysioloog Wim Derave heeft de natuurlijke selectie er hard toegeslagen. Wie niet sterk was, werd niet geselecteerd door de slavendrijvers en overleefde de overtocht vanuit West-Afrika niet. Bovendien was Jamaica als westelijk gelegen eiland vaak de laatste bestemming van een slavereis. Alleen de allersterksten waren toen nog in leven. Daarnaast speelde selectie ook een rol bij het zware werk op de rietsuikerplantages. Dat de Jamaicaanse bevolking robuust van gestalte is en goed spieren kan opbouwen via training, is mogelijk het gevolg van een genetische selectie in die leefomstandigheden.

De Jamaicaanse en Oost-Afrikaanse atleten hebben door hun erfelijke aanleg een lichaamsbouw die hen uitermate geschikt maakt voor de atletiekonderdelen sprint of de lange afstanden. Hierbij heeft (natuurlijke) selectie een rol gespeeld.

Ook de sociale omstandigheden spelen een rol doordat zowel voor Jamaicanen als Oost-Afrikanen een atletiekcarrière de springplank kan zijn om zich op te werken. 'In Jamaica is sprinten een religie geworden,' zegt Yannis Pitsiladis. 'Andere sporten zoals voetbal of basketbal worden nauwelijks professioneel beoefend. Het sportieve talent wordt zo automatisch naar het sprinten getrokken.'

### opdracht 17

**Beantwoord de volgende vragen met behulp van de context 'Sport'.**

- 1 Welke lichamelijke verschillen tussen sprinters en langeafstandlopers worden genoemd?
- 2 De meeste Jamaicanen zijn afstammelingen van slaven die vanuit West-Afrika naar Jamaica zijn vervoerd. Het succes van de Jamaicanen kan met evolutie te maken hebben.

Leg dat uit. Gebruik hierbij de termen: *genetische variatie* – *natuurlijke selectie* – *reproductieve isolatie* – *survival of the fittest*.

# 5 Soorten veranderen

In basisstof 1 heb je geleerd dat een soort uit een of meer populaties bestaat. Binnen een populatie vindt door geslachtelijke voortplanting uitwisseling van genen plaats. Tussen de verschillende populaties van een soort is uitwisseling van genen mogelijk, maar deze vindt meestal in beperkte mate plaats.

In een populatie komen veel verschillende genotypen voor. De verzameling van alle genen in een populatie wordt de **genenpool** van die populatie genoemd. Tot de **genenpool** behoren alle allelen van alle individuen van een populatie. De omvang van de **genenpool** is een maat voor de genetische variatie in een populatie.

Als van een bepaald gen in een populatie maar één allel voorkomt, kan er geen natuurlijke selectie met betrekking tot dit allel plaatsvinden.

Als er *geen* selectiedruk optreedt, worden alle allelen op een *willekeurige* manier doorgegeven aan de nakomelingen. Welke individuen (met welke genotypen) dan samen nakomelingen krijgen, is afhankelijk van het toeval.

In tabel 2 zie je bijvoorbeeld de verdeling van bloedgroepen over de Nederlandse bevolking. Er is geen verschil in overlevingskans tussen mensen met verschillende bloedgroepen en de bloedgroep speelt geen rol bij de partnerkeuze.

Daardoor bepaalt het toeval welke allelen voor de bloedgroep worden doorgegeven aan de volgende generatie. De kans dat een bepaald allel wordt doorgegeven aan de volgende generatie is groter naarmate het allel vaker in de populatie voorkomt. Elk allel heeft binnen een populatie een eigen **allelfrequentie**, ook wel **genfrequentie** genoemd. De allelfrequentie voor het allel dat het fenotype bloedgroep A bepaalt, is bijvoorbeeld groter dan die voor het allel dat het fenotype bloedgroep B bepaalt. Als er geen andere beïnvloedende factoren zijn, blijven de allelfrequenties binnen een (grote) populatie door de generaties heen constant. Daardoor blijft ook de frequentie van de verschillende bloedgroepen in de volgende generaties constant.

Dit hoeft niet voor alle genen zo te zijn. Andere factoren kunnen wel de partnerkeuze beïnvloeden, zoals de huidskleur of de lichaamslengte. Welke allelen voor deze eigenschappen worden doorgegeven aan de volgende generatie, wordt dan niet geheel door het toeval bepaald.

## BEÏNVLOEDENDE FACTOREN

Binnen een populatie blijft, als er geen beïnvloedende factoren zijn, de allelfrequentie van een bepaald allel constant.

Verschiede allelen van een gen kunnen echter leiden tot verschillen in overlevingskans voor het individu. In dat geval zal in een populatie door natuurlijke selectie de allelfrequentie toenemen van het allel dat de hoogste overlevingskans geeft.

Een voorbeeld betreft een bepaalde bloedziekte: sikkelcelanemie. Bij mensen veroorzaakt het allel voor sikkelcelanemie ( $Hb^S$ ) in homozygote toestand een afwijkende aminozuursamenstelling van het hemoglobine in de rode bloedcellen. Het gevolg hiervan is dat rode bloedcellen van vorm veranderen en sikkelvormig worden (zie afbeelding 41). Hierdoor kan er minder zuurstof worden getransporteerd en vindt een versnelde afbraak van rode bloedcellen plaats. Dit kan dodelijk zijn.

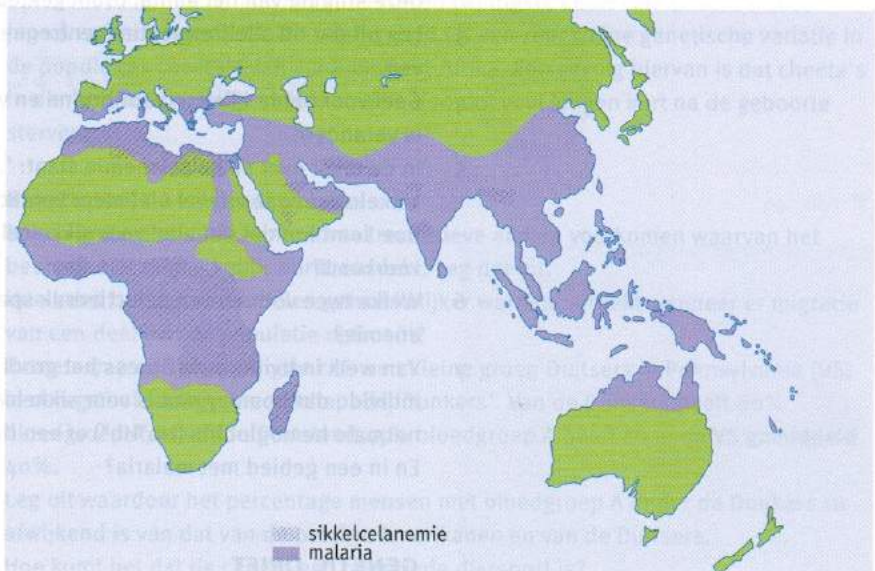
▼ **Tabel 2** Verdeling van bloedgroepen over de Nederlandse bevolking.

Bloedgroep	Percentage
o (nul)	47
A	42
B	8
AB	3

▼ **Afb. 41** Rode bloedcellen van iemand met sikkelcelanemie (vergroting 4000x).



▼ Afb. 42 Het voorkomen van sikkelcelanemie en malaria.



▼ Afb. 43

## Bosuil vaker bruin door warmer klimaat

HELSINKI – Bosuilen in Finland hebben steeds vaker bruine veren in plaats van grijze, ontdekten Finse wetenschappers aan de Universiteit van Helsinki. De onderzoekers leggen een verband met het warmere klimaat.

De veerleur van de uilen wordt al dertig jaar bijgehouden door het Fins natuurhistorisch museum. Uit die gegevens concludeerden de onderzoekers dat met name in strenge winters met veel sneeuw meer bruine uilen doodgingen.

Maar nu de winters warmer worden en er minder sneeuw ligt, is de populatie bruine bosuilen flink toegenomen. Uit het onderzoek blijkt dat voorheen 30% van de bosuilen bruin was, terwijl dat nu de helft is.

Een bosuil heeft bruine óf grijze veren, niet alle twee. De kleur is erfelijk, waarbij de grijze veren dominant zijn.

In heterozygote toestand ( $Hb^A Hb^S$ ) veroorzaakt dit allel slechts een lichte vorm van bloedarmoede (anemie). Doordat veel mensen met de homozygote vorm van sikkelcelanemie jong sterven, zou te verwachten zijn dat het allel voor sikkelcelanemie vrijwel niet meer voorkomt. Dat betekent dat de allelfrequentie van het allel  $Hb^S$  naar vrijwel 0 is gedaald.

In sommige delen van Afrika zijn er echter populaties waarbinnen slechts 64% van de mensen het gezonde homozygote genotype heeft, 32% van de mensen heeft de heterozygote variant met twee onvolledig dominante allelen en 4% van de mensen wordt geboren met de ernstige, homozygote vorm.

Binnen deze populaties is 80% van de allelen normaal ( $Hb^A$ ) en 20% afwijkend ( $Hb^S$ ). Dat betekent dat de allelfrequentie van het allel  $Hb^A = 0,8$  en van het allel  $Hb^S = 0,2$ .

Mensen die heterozygoot zijn voor sikkelcelanemie, blijken een hogere weerstand te hebben tegen malaria. Dit verklaart dat in gebieden waar veel malaria voorkomt ook veel sikkelcelanemie voorkomt (zie afbeelding 42).

Door de verhoogde overlevingskans van de heterozygooten ( $Hb^A Hb^S$ ) in verband met de ziekte malaria is de allelfrequentie van het allel  $Hb^S$  toegenomen.

Door mutaties kunnen nieuwe allelen van een gen ontstaan. Een gemuteerd allel dat dominant is, komt direct in het fenotype tot uiting. Als zo'n mutatie nadelig is voor het individu (de overlevingskans verkleint), zal het allel snel weer uit de populatie zijn verdwenen. Van een gemuteerd allel dat dominant is en dat de overlevingskans vergroot, zal de allelfrequentie toenemen.

### opdracht 18

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Leg uit dat een genenpool met veel verschillende allelen de overlevingskans van een populatie vergroot.

De vragen 2 tot en met 4 gaan over afbeelding 43.

- 2 In Finland neemt het aantal bruine bosuilen toe. Omdat bosuilen vrijwel zeker geen seksuele voorkeur hebben voor dieren met grijze of bruine veren, moet er sprake zijn van natuurlijke selectie.

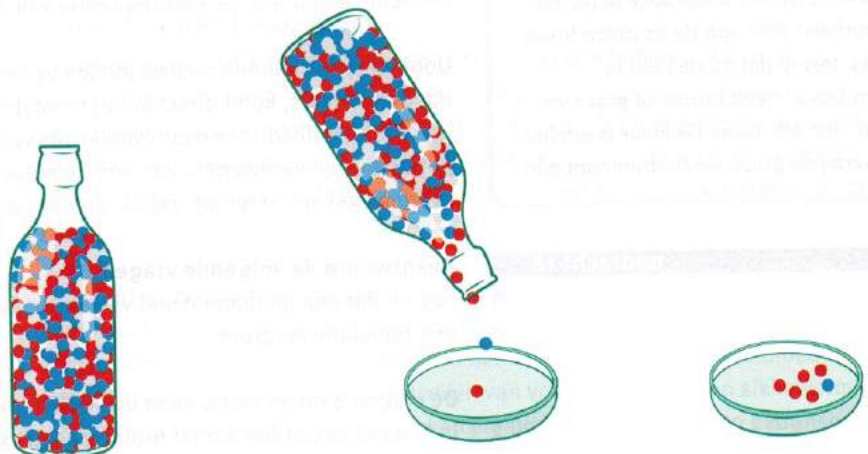
- Bedenk wat het verband zou kunnen zijn tussen de opwarming van de aarde en deze stijging van het aantal bruin gekleurde bosuilen.
- 3 Leg uit dat de allelfrequentie (genfrequentie) in de populatie bosuilen is verscho- ven.
  - 4 Geef voor beide allelen (voor bruine en voor grijze veren) aan hoe de selectiedruk is veranderd.
  - 5 In de tekst over sikkelcelanemie staat: '... zou te verwachten zijn dat het allel voor sikkelcelanemie vrijwel niet meer voorkomt.' Hoe komt het dat het allel voor sikkelcelanemie in bepaalde gebieden toch nog voorkomt?
  - 6 Welke twee vormen van selectiedruk spelen een rol bij het allel voor sikkelcel- anemie?
  - 7 Van welk individu is de fitness het grootst in een gebied zonder malaria: een individu dat homozygoot is voor sikkelcelanemie ( $Hb^sHb^s$ ), homozygoot voor normale hemoglobine ( $Hb^N Hb^N$ ) of een heterozygoot ( $Hb^N Hb^s$ )? En in een gebied met malaria?

### GENETIC DRIFT

De meeste gemuteerde allelen zijn recessief. Deze allelen kunnen zich zeer lang in de populatie handhaven, zonder dat ze bij individuen in het fenotype tot uiting komen. Zolang ze niet tot uiting komen, zullen ze in het algemeen de overlevings- kans van individuen niet vergroten of verkleinen. Maar als een kleine groep indivi- duen van een soort geïsoleerd raakt, kan de allelfrequentie van een gemuteerd recessief gen snel toenemen. In een kleine populatie is de kans groot dat indivi- duen die een gemeenschappelijke voorouder hebben met elkaar paren. Als de parende individuen beide een recessief gemuteerd gen van de voorouders hebben gekregen, kan dit gen in de nakomelingschap tot uiting komen ( $Aa \times Aa \rightarrow aa$ ). Het verschijnsel dat in kleine populaties door toeval grote verschuivingen in allelfrequenties kunnen optreden wordt **genetic drift** genoemd.

Wanneer het aantal individuen van een soort door bepaalde gebeurtenissen sterk terugloopt, kan de kleinere genenpool een andere samenstelling krijgen dan de oorspronkelijke genenpool (zie afbeelding 44). Het aantal cheeta's (jachtluipaarden) in Afrika is bijvoorbeeld in het verleden minstens twee keer dramatisch gedaald. De eerste keer ongeveer tienduizend jaar

- **Afb. 44** Genetic drift.  
In een fles zitten witte, blauwe en rode knikkers in de verhouding 1 : 1 : 1.  
Via de flessenhals worden zes knikkers in een bakje geschud. Door toeval is de verhouding 0 : 1 : 5 geworden.



oorspronkelijke populatie → migratie van een deel van de populatie → nieuwe, kleinere populatie

geleden toen aan het eind van de laatste ijstijd hun leefomgeving sterk veranderde. De tweede keer toen in de negentiende en twintigste eeuw vele cheeta's door jagers werden afgeslacht. Dit heeft geleid tot een zeer kleine genetische variatie in de populaties cheeta's van Zuid- en Oost-Afrika. Een gevolg hiervan is dat cheeta's in dierentuinen moeilijk te fokken zijn, doordat veel jongen kort na de geboorte sterven.

## opdracht 19

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In een grote populatie kunnen veel recessieve allelen voorkomen waarvan het bestaan niet gemakkelijk wordt ontdekt. Leg dat uit.
- 2 Hoe komt het dat deze allelen gemakkelijker worden ontdekt wanneer er migratie van een deel van de populatie optreedt?
- 3 Tussen 1719 en 1729 vestigde zich een kleine groep Duitsers in Pennsylvania (VS) in een geïsoleerde gemeenschap, de 'Dunkers'. Van de Dunkers heeft 60% bloedgroep A, terwijl in Duitsland 45% bloedgroep A heeft en in de VS gemiddeld 40%.  
Leg uit waardoor het percentage mensen met bloedgroep A onder de Dunkers zo afwijkend is van dat van de overige Amerikanen en van de Duitsers.
- 4 Hoe komt het dat de cheeta een bedreigde diersoort is?
- 5 Cheetavrouwtjes paren met meerdere mannetjes (zie afbeelding 45).  
Wat is daar het voordeel van?
- 6 Noem drie factoren die de allelfrequentie beïnvloeden.

## ► Afb. 45

## Cheating cheeta's

Seks met meerdere partners komt in de dierenwereld veel voor, maar dan gaat het meestal om de mannetjes. Het omgekeerde komt minder vaak voor, met cheetavrouwtjes als opvallende uitzondering. De vrouwtjes leven alleen en hebben geen vast territorium. Ze hebben een jachtgebied dat wel 1500 km<sup>2</sup> groot kan zijn. Onderzoekers hebben aangetoond dat vrouwtjes paren met meerdere mannetjes uit verschillende delen van hun jachtgebied.



grote kans dat deze jonge cheeta's halfbroertjes of halfzusjes zijn

# 6 Nieuwe soorten ontstaan

▼ Afb. 46



1 tijger



2 leeuw



3 lijgers

► Afb. 47 Snavels van darwinvinken.

De verandering van allelfrequenties binnen populaties geeft geen verklaring voor het ontstaan van nieuwe soorten in de loop van de evolutie. Daarvoor is **reproductieve isolatie** nodig tussen populaties van dezelfde soort: er moet dan gedurende lange tijd geen voortplanting plaatsvinden tussen de individuen van twee of meer populaties. Daardoor vindt er geen uitwisseling van genen plaats tussen deze populaties. Mutaties die in de ene populatie optreden, bereiken de andere populatie(s) niet. In de loop van miljoenen jaren kunnen zo grote verschillen ontstaan tussen individuen die oorspronkelijk elkaars soortgenoten waren. In thema 1 Inleiding in de biologie is een voorbeeld van **geografische isolatie** weergegeven, veroorzaakt door een bergketen. Geografische isolatie treedt ook op wanneer een deel van een populatie wordt meegevoerd naar een eiland waar deze soort tot dat moment niet voorkwam.

Reproductieve isolatie kan ook plaatsvinden door **verschillen in gedrag**. Leeuwen en tijgers zijn nauw verwante soorten die ooit leefden in gebieden die elkaar overlaptten (bijvoorbeeld in India). Leeuwen leven in groepen en jagen bij voorkeur in open graslanden. Tijgers leven alleen en jagen in bosrijke gebieden. In gevangenschap kunnen leeuwen en tijgers voortplantingsgedrag vertonen. Zo heeft dat in dierentuinen soms geleid tot vruchtbare nakomelingen (lijgers). In de natuur komt geen voortplantingsgedrag tussen leeuwen en tijgers voor. Een bekend voorbeeld van reproductieve isolatie zijn de darwinvinken. Darwin ontdekte op de Galapagoseilanden voor de westkust van Zuid-Amerika veertien vinkensoorten. De vinken lijken sterk op elkaar. Alleen de bouw van de snavel is verschillend (zie afbeelding 47). Darwin veronderstelde dat deze vinken uit één soort voorouders zijn ontstaan. Waarschijnlijk is miljoenen jaren geleden een kleine groep vinken van het vasteland van Zuid-Amerika op de eilanden terechtgekomen. Er heeft adaptatie plaatsgevonden: de bouw van de snavel is aangepast aan het beschikbare voedsel en dit is op de diverse eilandjes verschillend. Doordat er reproductieve isolatie optrad, zijn de verschillende soorten ontstaan (zie afbeelding 48).



## EILANDTHEORIE

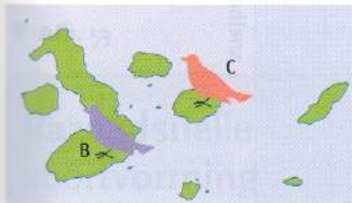
Darwin hield nauwkeurig bij hoeveel soorten hij op verschillende eilanden aantrof. Hij zag hier een bepaalde wetmatigheid in. Hoe groter een eiland is, hoe groter gemiddeld het aantal soorten. Uit recent onderzoek blijkt dat op een 10x zo



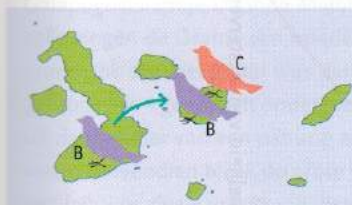
▼ **Afb. 48** Reconstructie van het ontstaan van de darwinvinken.



1 Een kleine populatie vinken (A) komt door een storm op de eilanden terecht.



2 Twee populaties op verschillende eilanden zijn van elkaar geïsoleerd. Ze evolueren tot verschillende soorten (B en C).



3 Een kleine populatie van soort B komt op het eiland van soort C terecht. Om concurrentie zoveel mogelijk tegen te gaan, specialiseren de twee populaties zich op verschillend voedsel.



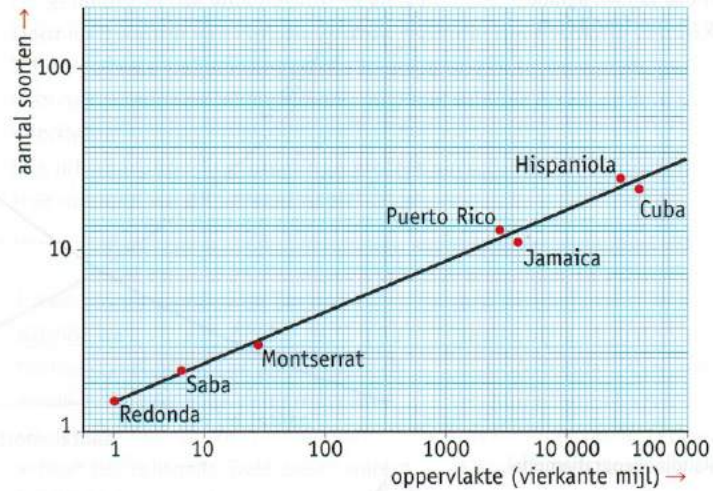
4 Door reproductieve isolatie evolueert de gemigreerde populatie van soort B zich tot een nieuwe soort (D).



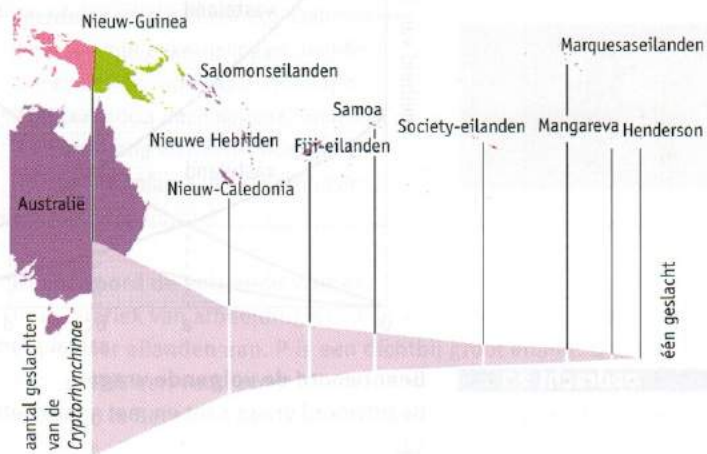
5 Door herhaald optreden van dit proces zijn de veertien soorten darwinvinken ontstaan.

groot eiland gemiddeld 2x zoveel soorten voorkomen. Hij veronderstelde ook dat het aantal soorten op een eiland kleiner is naarmate de afstand van het eiland tot het vasteland groter is. Zijn conclusies worden door verschillende onderzoeken bevestigd (zie afbeelding 49).

▼ **Afb. 49** Aantallen soorten op eilanden.



1 De aantallen amfibieën- en reptielensoorten op zeven Caribische eilanden van verschillende grootte.

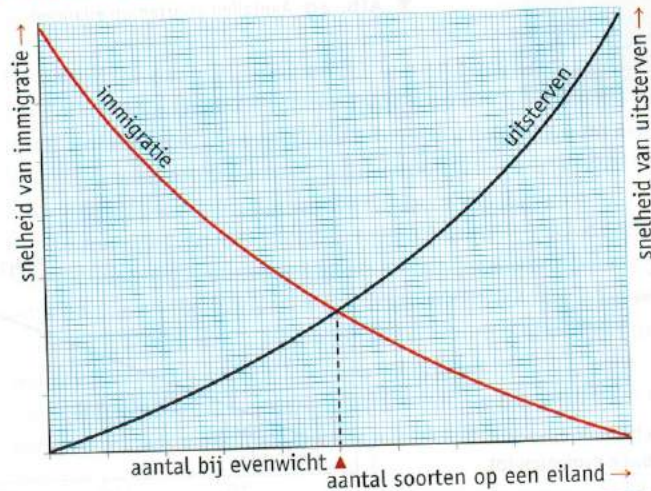


2 Aantallen geslachten van een onderfamilie van snuitkevers (de *Cryptorhynchinae*) op eilanden ten oosten van Nieuw-Guinea. Nieuw-Guinea wordt beschouwd als de bron waarvandaan deze snuitkevers zijn gemigreerd.

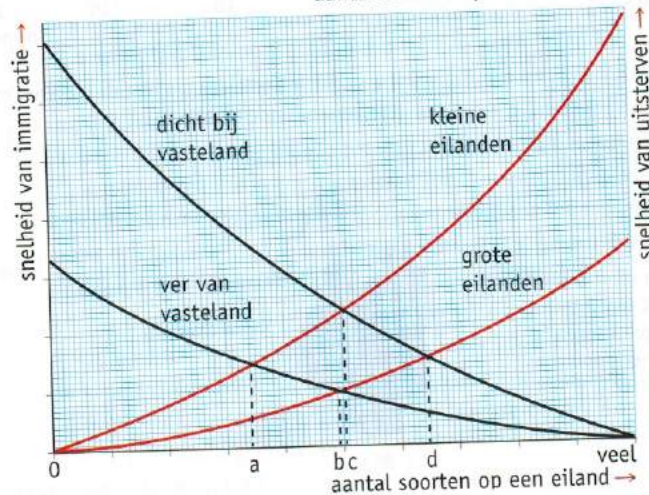
In 1965 hebben Robert MacArthur en Edward Wilson de eilandtheorie van Darwin uitgebreid. Zij veronderstelden dat het aantal soorten op een eiland wordt bepaald door twee factoren: het aantal soorten dat zich door **immigratie** op het eiland vestigt en het aantal soorten dat van het eiland verdwijnt door **uitsterven**. In afbeelding 50 wordt hun theorie grafisch weergegeven. Als het aantal soorten op een eiland klein is (links op de x-as), kunnen veel nieuwe soorten zich vestigen door immigratie en sterven weinig soorten uit, bijvoorbeeld doordat er weinig concurrentie is. Als het aantal soorten groot is, geldt precies het omgekeerde. Waar de twee krommen elkaar snijden, is sprake van evenwicht: er komen evenveel soorten door immigratie bij als er verdwijnen door uitsterven.

In afbeelding 51 wordt verband gelegd met de afstand tot het vasteland en de grootte van het eiland. De afstand heeft vooral invloed op de immigratie; de grootte vooral op het uitsterven. Het werk van MacArthur en Wilson is een voorbeeld van modelleren (zie thema 1); het diagram van afbeelding 51 wordt ook wel **eilandbiogeografiemodel** genoemd.

► **Afb. 50** De invloed van immigratie en uitsterven op de soortenrijkdom van een eiland.



► **Afb. 51** Het eilandbiogeografiemodel.



opdracht 20

**Beantwoord de volgende vragen.**

Beantwoord vraag 1 tot en met 3 met behulp van het krantenartikel van afbeelding 52.

▼ **Afb. 52**

1 Formuleer de probleemstelling van het experiment.

**Experiment met hagedissen toont Darwins gelijk**

NEW YORK – Amerikaanse geleerden hebben in een veertien jaar durend experiment met hagedissen bewijsmateriaal aangedragen ter ondersteuning van Darwins evolutietheorie. De reptielen

leken zich in die betrekkelijk korte tijd lichamelijk aan te passen aan hun leefomgeving.

De hagedissen werden uitgezet op enkele piepkleine eilandjes in het Caribisch gebied, met verschillende bodemgesteldheid en vegetatie, waar geen soortgenoten voorkwamen.

De geleerden voorspelden dat dieren die werden uitgezet op een eilandje

met weinig begroeiing kortere pootjes zouden krijgen, terwijl hagedissen die in bomen konden leven langere poten zouden ontwikkelen, in beide gevallen om zich sneller te kunnen bewegen bij het insectenvangen.

Na veertien jaar bleken de voorspelde veranderingen zich inderdaad te hebben voltrokken.

- Behoren de hagedissen na afloop van het experiment tot verschillende soorten, of zijn het verschillende vormen van één soort? Leg je antwoord uit.
- Leg uit dat het experiment Darwins theorie over het ontstaan van de verschillende soorten darwinvinken ondersteunt.

Beantwoord vraag 4 tot en met 6 met behulp van afbeelding 53.

- De geïmmigreerde vink paarde slechts met één lokaal grondvinkvrouwtje. Door welke vorm van isolatie is deze reproductieve isolatie veroorzaakt?
- De enige twee nakomelingen die in 2004 nog in leven waren, paarden met elkaar. Hun nakomelingen leken opeens nog veel minder op de andere grondvinken dan voorheen. Leg uit waardoor dit plotselinge grotere verschil wordt veroorzaakt.
- Hoe noemen we dit verschijnsel?

▼ Afb. 53

## Razendsnelle soortvorming

Het biologenechtpaar Peter en Rosemary Grant doet al sinds 1973 onderzoek naar de vinken op het onbewoonde Galapagoseilandje Daphne Major. In 1981 ving de Grants een middelste grondvink die veel groter was dan gebruikelijk – genetisch onderzoek wees uit dat het dier van een naburig eiland kwam. Bovendien bleek de grote vogel een hybride: deels grondvink, deels cactusvink.

De vink paarde op Daphne met een

lokaal grondvinkvrouwtje dat ook hybride was. 28 jaar volgden de Grants hun nakomelingen. Die paren nu, in de zesde generatie, alleen nog maar met elkaar. Een nieuwe soort is ontstaan, schrijft het echtpaar. Twee zaken waren beslissend.

Vanaf het eerste uur werkte de zang van de immigrant zijn integratie tegen. Hij leerde de roep niet correct. Dat maakte hem, en zijn nakomelingen, minder aantrekkelijk voor lokale vrouwtjes.

Het jaar 2004 deed de rest. Toen was het erg droog en dat bevoordeelde kleine exemplaren van de grondvink. De

afwijkende familie, met zijn grote vogels, raakte bijna uitgestorven. Eén broer en zus overleefden. Die paarden met elkaar, en hun nakomelingen leken opeens nog veel minder op de andere grondvinken. En sindsdien paart de familie (niet meer dan zo'n twintig of dertig vogels) alleen nog onderling.

Naar: NRC Handelsblad, 17-11-2009.



de eerste immigrant en stamvader van de Nieuwe Vink

## opdracht 21

▼ Afb. 54 Een mangrove-eilandje.



### Beantwoord de volgende vragen.

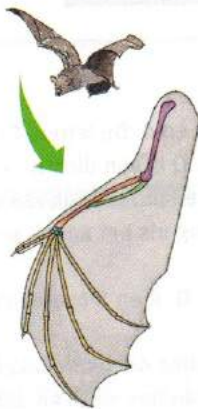
- In de grafiek van afbeelding 51 zie je vier letters a, b, c en d. De letters P, Q, R en S geven vier eilanden aan. P is een dichtbij groot eiland. Q is een dichtbij klein eiland. R is een veraf groot eiland. S is een veraf klein eiland. Op elk van de eilanden is het aantal soorten dat immigreert even hoog als het aantal soorten dat uitsterft. Met welke letters in de grafiek komen deze eilanden P, Q, R en S overeen?
- Op welk eiland komen de meeste soorten voor?
- Voor de kust van Florida liggen duizenden kleine eilandjes die hoofdzakelijk bestaan uit mangrovebosjes (zie afbeelding 54). Op eilandjes met een doorsnede van ongeveer 12 m komen 20 tot 45 soorten geleedpotigen voor. Bij een experiment werden zes eilandjes met methylbromide besproeid, waardoor alle geleedpotigen werden gedood. Methylbromide wordt snel afgebroken. Binnen een jaar kwamen op alle eilanden weer evenveel soorten geleedpotigen voor als voor het experiment, maar de meeste soorten waren andere soorten dan de oorspronkelijke soorten. Welke conclusie kun je uit dit experiment trekken?
- Ongeveer 1% van het aardoppervlak bestaat uit zoet water en meer dan 50% uit oceanen of zeeën. Toch komt 36% van de bijna 20 000 bekende vissoorten in zoet water voor. Leg uit waardoor het aantal soorten zoetwatervissen relatief groot is.

# 7 Enkele onderzoeksmethoden

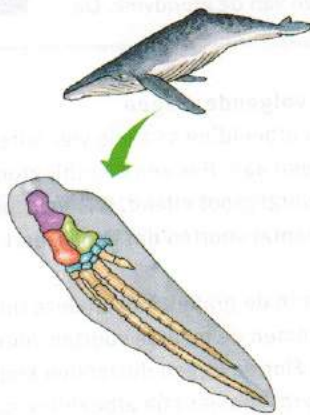
▼ Afb. 55 Fossielen.



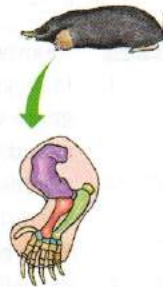
▼ Afb. 56 Homologe organen.



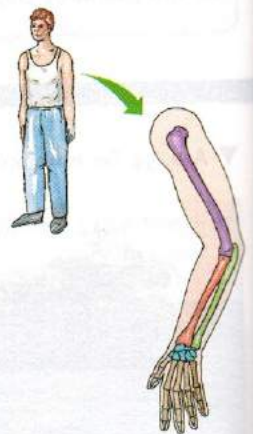
1 de vleugel van een vleermuis



2 de voorvin van een walvis



3 de voorpoot van een mol (de 'zesde vinger' is ontstaan uit een botachtig knobbelletje in een pees)



4 de arm van een mens

▼ Afb. 57 Een bij.



Een groot deel van onze kennis over de ontwikkeling van het leven is gebaseerd op de bestudering van fossielen. In de onderbouw heb je geleerd dat **fossielen** versteende overblijfselen van organismen, of afdrukken van organismen in gesteenten zijn. De wetenschap die zich bezighoudt met het verzamelen en bestuderen van fossielen heet de **paleontologie**.

Fossielen kunnen ontstaan als dode organismen niet vergaan, bijvoorbeeld doordat ze worden bedekt door sedimenten (afzettinglagen van bijvoorbeeld zand- of kleideeltjes). Wanneer de sedimenten ongestoord blijven liggen, kunnen ze op de lange duur door de druk van de bovenliggende lagen verstenen tot sedimentgesteenten.

Er worden zelden fossielen van complete organismen gevonden, meestal slechts van delen (zie afbeelding 55). Paleontologen trachten dan een reconstructie te maken van het uiterlijk van het organisme.

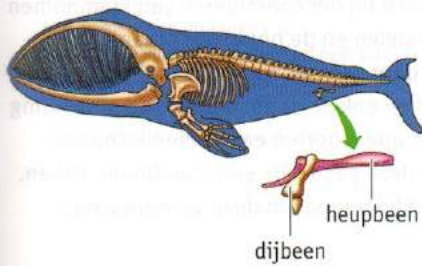
Naast de paleontologie leveren de vergelijking van de bouw van organismen en de biochemie veel informatie bij de bestudering van de ontwikkeling van het leven.

## VERGELIJKING VAN DE BOUW VAN ORGANISMEN

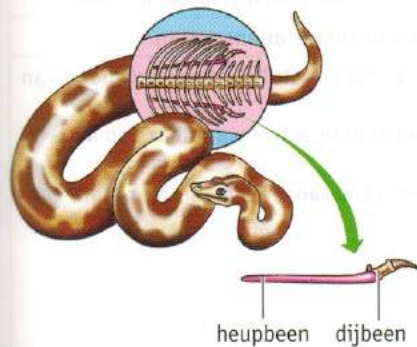
De vleugel van een vleermuis, de voorvin van een walvis, de voorpoot van een mol en de arm van een mens zijn **homologe organen** (zie afbeelding 56). Deze organen vertonen overeenkomst in bouw en hebben een gelijke embryonale ontstaanswijze. Homologe organen zijn ontstaan uit dezelfde grondvorm. Door aanpassing aan verschillende milieus hebben de organen een verschillende functie gekregen. Homologie duidt op verwantschap van organismen: de organismen hebben een gemeenschappelijke voorouder.

De vleugel van een vleermuis en de vleugel van een bij (zie afbeelding 57) zijn **analoge organen**. Deze organen hebben overeenkomst in functie, maar die berust niet op verwantschap. Analoge organen zijn niet ontstaan uit dezelfde grondvorm. Door aanpassing aan hetzelfde milieu zijn bij niet-verwante organismen organen met een vergelijkbare functie ontstaan.

## ▼ Afb. 58 Rudimenten bij dieren.



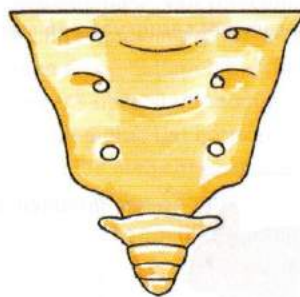
1 walvis met rudimentair bekken



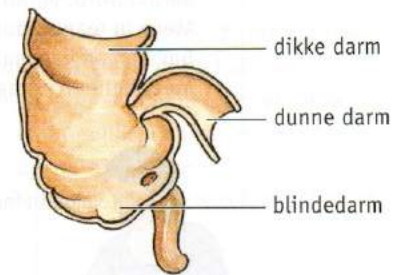
2 python met rudimentaire poten

Door aanpassing van organismen aan het milieu kunnen organen hun functie verliezen. Deze organen kunnen dan in de loop van de evolutie verdwijnen. Denk bijvoorbeeld aan de achterpoten bij walvissen en de poten bij slangen. Soms zijn nog 'resten' van deze organen bij een organisme terug te vinden. We noemen ze **rudimentaire organen** of rudimenten. Rudimentaire organen ontstaan op dezelfde manier als homologe organen bij verwante soorten. Ze komen echter niet meer tot ontwikkeling en hebben geen functie meer. Voorbeelden van rudimenten bij dieren zijn het bekken bij een walvis en de pootresten bij sommige reuzenslangen (zie afbeelding 58). Bij de mens zijn de staartwervels en de blindedarm rudimentair (zie afbeelding 59). Bij veel plantenetende zoogdieren is de blindedarm veel langer en heeft die een functie bij de vertering. Bij de mens heeft de blindedarm deze functie niet meer. Door rudimentaire organen wordt het aannemelijk dat verschillende soorten organismen een gemeenschappelijke voorouder hebben.

## ▼ Afb. 59 Rudimentaire organen bij mensen.



1 staartwervels



2 blindedarm

## opdracht 22

## ▼ Afb. 60 Voorpoot van een krokodil.



## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat zijn fossielen?
- 2 Leg uit waarom het voor fossilisatie van de resten van een organisme belangrijk is dat deze resten van de lucht worden afgesloten.
- 3 Leg uit waardoor in het algemeen alleen de skeletten en andere harde delen van organismen fossiliseren.
- 4 Leg uit waardoor er weinig fossielen van wormen worden gevonden.
- 5 Noteer welke functie elk van de organen van afbeelding 56 heeft. Gebruik hierbij: *graaforgaan* – *grijporgaan* – *stuurorgaan* – *vliegorgaan*.
- 6 Welk deel van het armskelet is bij de vleermuis sterk ontwikkeld?
- 7 Zijn de voorpoot van een krokodil (zie afbeelding 60) en de voorpoot van een mol (zie afbeelding 56) homologe of analoge organen? Leg je antwoord uit.
- 8 Zijn de poten van insecten en de poten van zoogdieren homologe of analoge organen? Leg je antwoord uit.
- 9 Vertonen nauw verwante soorten vooral analogie of vooral homologie? Leg je antwoord uit.
- 10 Welke functie heeft het bekken bij de meeste zoogdieren?
- 11 Een vis heeft geen bekken.  
Zijn walvissen in de evolutie waarschijnlijk ontstaan uit vissen of uit landzoogdieren?
- 12 Zullen voorouders van de python wel of geen poten hebben gehad?
- 13 De mens heeft kleine staartwervels (zie afbeelding 59).  
Leg uit dat deze staartwervels rudimentaire organen zijn.

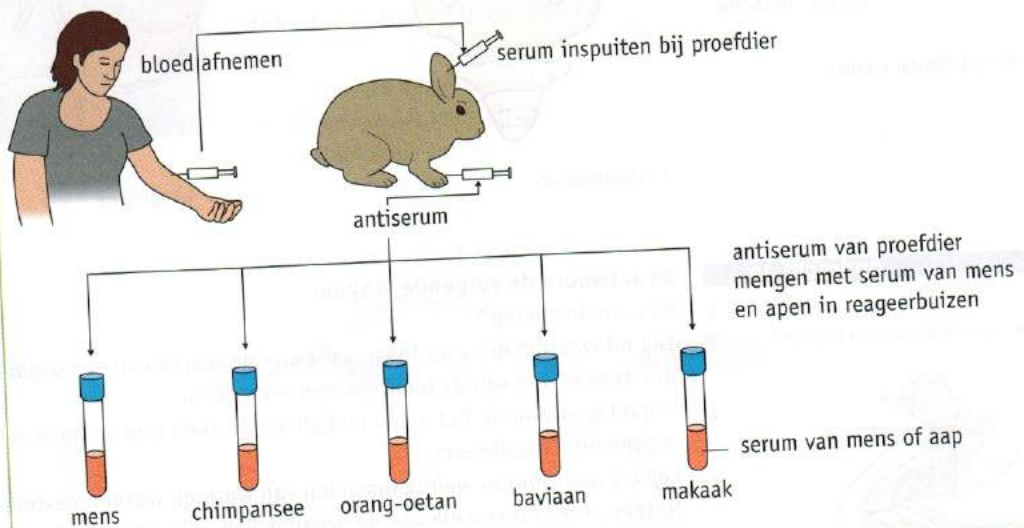
**BIOCHEMIE**

Darwin en andere onderzoekers baseerden zich bij het construeren van stambomen vrijwel uitsluitend op de vergelijking van fossielen en de bouw van organismen. Begin vorige eeuw voegde een onderzoeker daar een andere onderzoeksmethode aan toe: hij vergeleek het bloed van mensen en enkele apensoorten (zie afbeelding 61). Als je ervan uitgaat dat de mens en deze apensoorten een gemeenschappelijke voorouder hebben, kun je op basis van deze gegevens een stamboom maken. Met alleen dit gegeven zijn er meerdere mogelijkheden om deze verwantschap weer te geven (zie afbeelding 62).

▼ Afb. 61

**ONDERZOEK OVEREENKOMST TUSSEN BLOEDEIWITTEN VAN MENSEN EN VAN ENKELE APENSOORTEN**

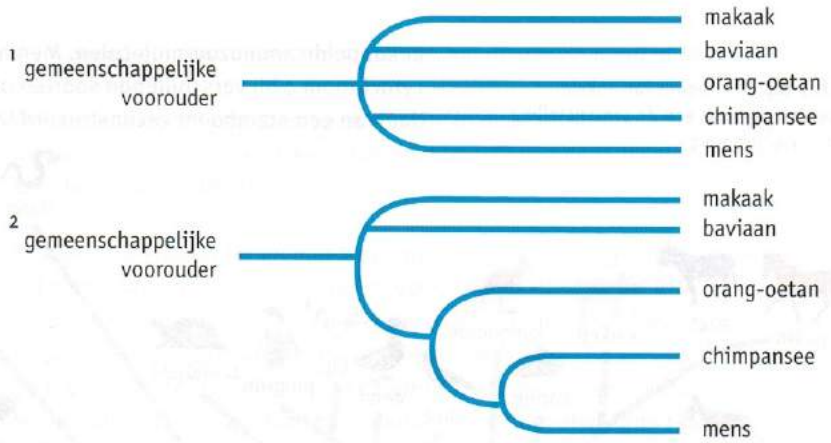
<b>Observatie</b>	Antistoffen kunnen eiwitten in bloedserum (bloed zonder bloedcellen en stollingseiwit) laten neerslaan.
<b>Probleemstelling</b>	Welke overeenkomst is er tussen de bloedeiwitten van mensen en die van enkele apensoorten?
<b>Experiment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Spuit een beetje serum van een mens in bij een proefdier. Dit dier vormt antistoffen tegen het bloed van de mens.</li> <li>– Neem bloed af van het proefdier en verwijder de bloedcellen en het stollingseiwit waardoor een anti-serum wordt verkregen.</li> <li>– Meng in reageerbuisen het antiserum met serum van een mens, een chimpansee, een orang-oetan, een baviaan en een makaak.</li> <li>– Meet het percentage neerslag.</li> </ul>



Resultaat	Soort	Neerslag van bloedeiwit (%)
	Mens	100
	Chimpansee	85
	Orang-oetan	71
	Baviaan	65
	Makaak	64

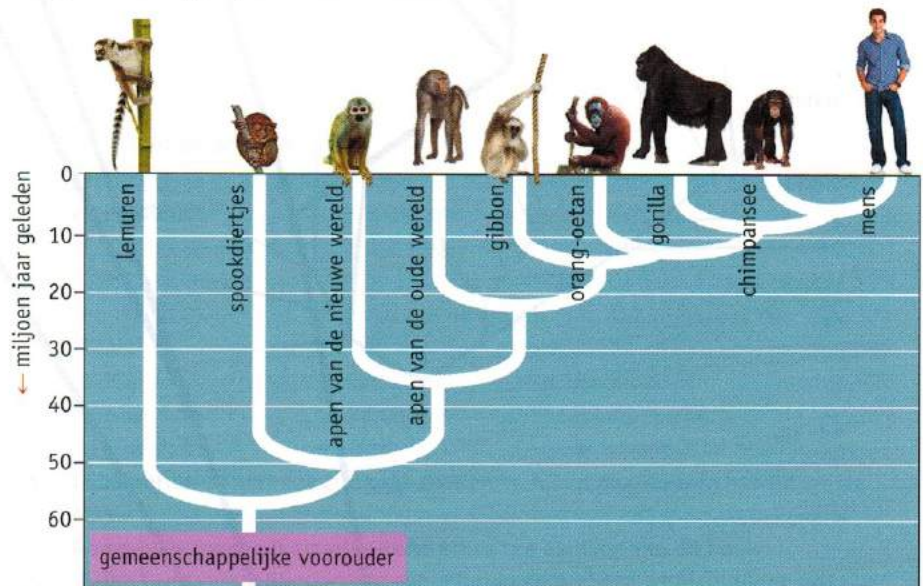
**Conclusie** De bloedeiwitten van de chimpansee lijken meer op die van de mens dan de bloedeiwitten van achtereenvolgens orang-oetan, baviaan en makaak.

► **Afb. 62** Twee hypothetische stambomen van de mens, enkele apensoorten en hun gemeenschappelijke voorouder. De hoeveelheid bloedeiwit die *niet* neerslaat is een maat voor de evolutionaire afstand tot de mens, bijvoorbeeld:  
 mens - chimpansee = 100% - 85% = 15%  
 mens - makaak = 100% - 64% = 36%  
 Deze twee stambomen zijn vrij willekeurig doordat ze gebaseerd zijn op slechts één gegeven.



De samenstelling van stoffen bij organismen (bijvoorbeeld van DNA en eiwitten) kan steeds nauwkeuriger worden bepaald. Hoe meer deze stoffen bij twee soorten organismen overeenkomen, des te groter is de verwantschap. Mede op basis van verschillende soorten biochemisch onderzoek heeft men een stamboom gemaakt van de groep waartoe naast de mens ook de mensapen, de apen en de halfapen behoren (zie afbeelding 63). Deze groep heet de primaten. Volgens deze stamboom is de chimpansee de primaat die het nauwst verwant is met de mens. Dat betekent dat de gemeenschappelijke voorouder van de chimpansee en de mens het kortst geleden leefde. De mate van verwantschap tussen twee soorten is dus afhankelijk van het aantal generaties dat heeft geleefd sinds de gemeenschappelijke voorouder leefde.

► **Afb. 63** De ontwikkeling van primaten.



**opdracht 23**

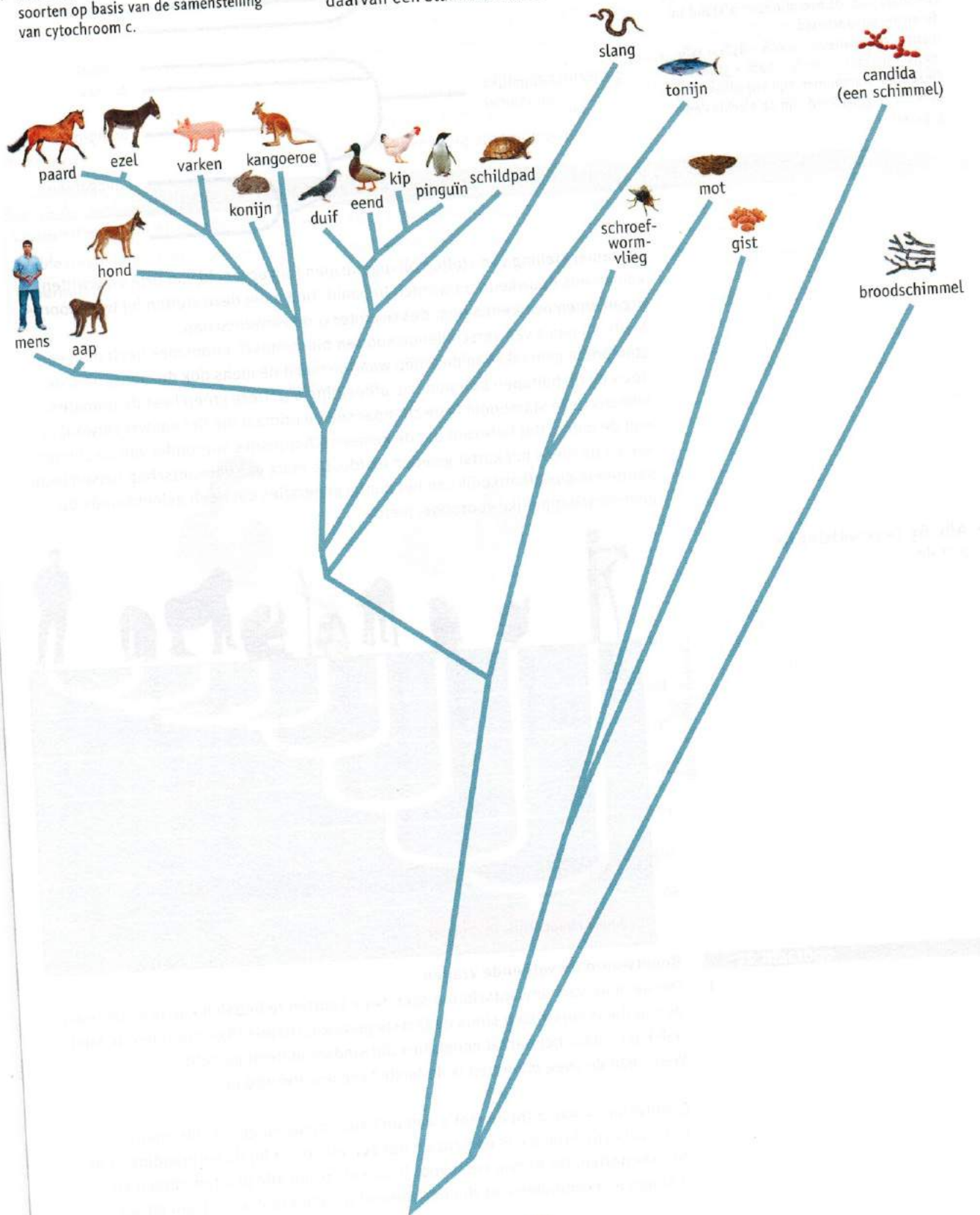
**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Om de mate van verwantschap tussen twee soorten te bepalen kun je kijken naar de tijd die is verstreken sinds de laatste gemeenschappelijke voorouder. Je kunt ook kijken naar het aantal generaties dat sindsdien heeft geleefd. Welke van de twee manieren is de beste? Leg je antwoord uit.

Beantwoord vraag 2 tot en met 4 aan de hand van de volgende informatie. Het eiwit cytochrom c is een enzym dat een rol speelt bij de verbranding in de mitochondriën. Dit eiwit komt voor in de cellen van alle planten, dieren en schimmels. Eiwitmoleculen zijn opgebouwd uit een groot aantal aan elkaar

▼ Afb. 64 Stamboom van enkele soorten op basis van de samenstelling van cytochroom c.

gekoppelde aminozuurmoleculen. Men heeft de aminozuursamenstelling van cytochroom c bij verschillende soorten organismen vergeleken en op grond daarvan een stamboom geconstrueerd (zie afbeelding 64).





- 2 Welk zoogdier is het nauwst verwant met het paard: de hond of het varken? Leg je antwoord uit.
- 3 Welke vier klassen van de zoogdieren zijn in deze stamboom vertegenwoordigd?
- 4 Uit welke klasse van de gewervelden hebben de vogels zich volgens deze stamboom ontwikkeld?

Beantwoord vraag 5 tot en met 8 aan de hand van de volgende informatie.

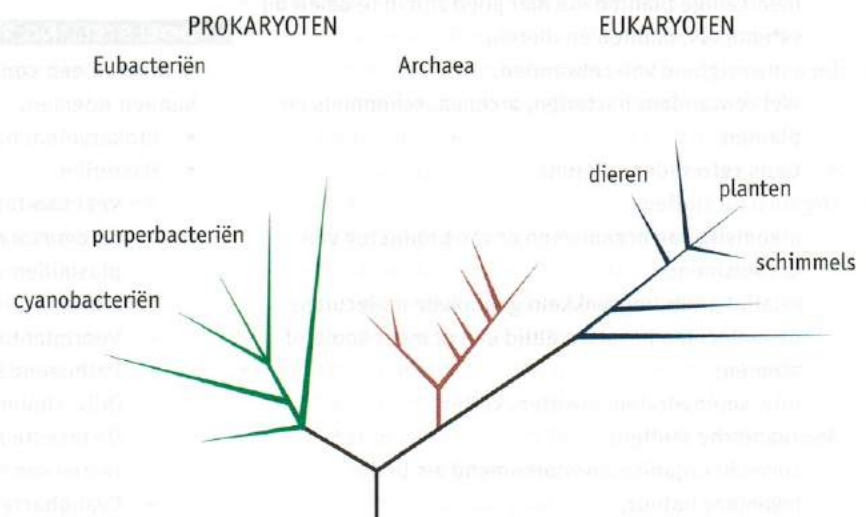
Cytochroom c komt niet in bacteriën voor. Omdat ribosomaal RNA (rRNA) in alle organismen voorkomt, is de Amerikaanse microbioloog Carl Woese rond 1970 begonnen met het onderzoeken van deze stof.

De meeste bacteriën bleken tot één grote groep te behoren (eubacteriën genoemd), maar enkele bacteriën hadden een sterk afwijkend rRNA.

Deze bacteriën werden archaea (of archaebacteriën) genoemd. Hoewel beide groepen bacteriën 3,5 miljard jaar geleden min of meer tegelijkertijd zijn ontstaan en in hun bouw sterk op elkaar lijken, staan de archaea dicht bij de eukaryoten. Dit geldt niet alleen voor hun rRNA, maar ook voor sommige vetten in hun celmembraan. Bovendien bleek dat de celwanden van de eubacteriën en de archaea een verschillende samenstelling hebben.

Na onderzoek van het rRNA van meer dan duizend soorten heeft men geconcludeerd dat de levende natuur het best kan worden ingedeeld in drie domeinen (zie afbeelding 65).

- **Afb. 65** De indeling in drie domeinen.



- 5 Eubacteriën en archaea zijn prokaryoten en lijken daardoor in hun bouw sterk op elkaar. Noem twee overeenkomstige kenmerken ten aanzien van de bouw.
- 6 Welke twee verschillen tussen eubacteriën en archaea worden genoemd?
- 7 De archaea zijn nauwer verwant met de eukaryoten dan met de eubacteriën. Welke twee argumenten worden daarvoor genoemd?
- 8 Cytochroom c komt in bacteriën niet voor. Leg dit uit.

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het uitwerkingenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

# Samenvatting

## DOELSTELLING 1

Je moet in een context de begrippen kunnen omschrijven die worden gebruikt bij de indeling in domeinen.

- De levende natuur wordt ingedeeld in drie domeinen: bacteriën, archaea en eukaryoten.
- De aanwezigheid van organellen.
  - Prokaryote organismen (bacteriën en archaea) hebben geen celkern, vacuolen, mitochondriën of endoplasmatisch reticulum.
  - Eukaryote organismen (schimmels, planten en dieren) hebben celkernen, vacuolen, mitochondriën en een endoplasmatisch reticulum.
- Het aantal cellen waaruit organismen bestaan.
  - Eencellig: bacteriën en archaea.
  - Eencellig of meercellig: schimmels, planten en dieren.
  - Protisten: restgroep eencellige eukaryoten, en meercellige planten die niet goed zijn in te delen bij schimmels, planten en dieren.
- De aanwezigheid van celwanden.
  - Wel celwanden: bacteriën, archaea, schimmels en planten.
  - Geen celwanden: dieren.
- Organische stoffen:
  - afkomstig van organismen of van producten van organismen;
  - relatief grote, ingewikkeld gebouwde moleculen;
  - de moleculen bevatten altijd een of meer koolstofatomen;
  - bijv. koolhydraten, eiwitten, vetten.
- Anorganische stoffen:
  - zowel in organismen voorkomend als in de levenloze natuur;
  - kleine, eenvoudig gebouwde moleculen;
  - bijv. koolstofmono-oxide, koolstofdioxide, water, keukenzout, zuurstofgas.
- Autotrofe organismen:
  - kunnen organische stoffen maken uit alleen anorganische stoffen;
  - hebben geen andere organismen nodig voor hun voedsel;
  - nemen anorganische stoffen op uit hun milieu;
  - planten en enkele soorten bacteriën en archaea.
- Heterotrofe organismen:
  - kunnen geen organische stoffen maken uit alleen anorganische stoffen;
  - hebben andere organismen nodig voor hun voedsel;
  - nemen organische en anorganische stoffen op uit

hun milieu;

- schimmels en dieren en de meeste soorten bacteriën, archaea.

## DOELSTELLING 2

Je moet in een context kunnen omschrijven wat een soort en wat een populatie is. Ook moet je de regels van de binaire naamgeving kunnen noemen.

- Individuen behoren tot één soort als ze in staat zijn zich onderling voort te planten en daarbij vruchtbare nakomelingen voort te brengen.
  - Een soort bestaat uit een of meer populaties.
- Populatie: een groep individuen van dezelfde soort in een bepaald gebied die samen een voortplantingsgemeenschap vormen.
- Linnaeus voerde de binaire naamgeving in. Iedere soort heeft:
  - een geslachtsnaam (voorop en met hoofdletter);
  - een soortaanduiding (met kleine letter);
  - vaak nog de naam (afgekort) van de naamgever;
  - bijv. *Bellis perennis* L. (madeliefje).

## DOELSTELLING 3

Je moet in een context de kenmerken van prokaryoten kunnen noemen.

- Prokaryoten: bacteriën en archaea.
- Bacteriën.
  - Veel soorten hebben slechts één kringvormig chromosoom. Bij sommige soorten komen ook plasmiden voor (kleinere, kringvormige chromosomen).
  - Voortplanting voornamelijk door deling.
  - Pathogene bacteriën kunnen ziekten veroorzaken (bijv. cholera, longontsteking, tuberculose).
  - De meeste zijn heterotroof: ze voeden zich met dode resten van organismen.
  - Cyanobacteriën zijn autotroof: ze bevatten chlorofyl.
- Bacteriën worden door de mens gebruikt bij:
  - de productie van sommige voedingsmiddelen (o.a. yoghurt, kaas, zuurkool);
  - de productie van wasmiddelenenzymen;
  - de afvalwaterzuivering;
  - de productie van geneesmiddelen en hormonen (door middel van de recombinant-DNA-techniek).

## DOELSTELLING 4

Je moet in een context de kenmerken van schimmels kunnen noemen.

- Schimmels zijn heterotroof: ze voeden zich met dode resten van organismen.
  - Gisten zijn eencellige schimmels. Ze worden ook tot de protisten gerekend.

- Meercellige schimmels bestaan uit schimmel-draden. Ze planten zich voort door sporen die ontstaan aan het uiteinde van schimmeldraden die omhoog groeien, of in paddenstoelen.
- Schimmels kunnen ziekten veroorzaken (o.a. zwemmerseczeem).
- Schimmels worden door de mens gebruikt bij:
  - de bereiding van sommige voedingsmiddelen (o.a. brood, alcohol);
  - de productie van penicilline (een antibioticum).

**DOELSTELLING 5**

Je moet in een context aan de hand van afbeeldingen en gegevens een plant kunnen plaatsen in een van de vijf stammen van het plantenrijk.

- Planten worden ingedeeld in de volgende stammen:
  - Wieren (algen) worden ook tot de protisten gerekend. Bijv. boomalg (eencellig), blaaswier, zeesla (meercellig).
  - Mossen, bijv. steenlevermos, haarmos.
  - Paardenstaarten, bijv. heermoes.
  - Varens, bijv. mannetjesvaren.
  - Zaadplanten: naaktzadigen, bijv. naaldbomen en coniferen, en bedektzadigen, bijv. appelboom, paardenbloem en grassen.

**DOELSTELLING 6**

Je moet in een context aan de hand van afbeeldingen en gegevens een dier kunnen plaatsen in een van de acht stammen van het dierenrijk.

- Dieren worden ingedeeld in de volgende stammen:
  - Eencellige dieren worden ook tot de protisten gerekend. Bijv. amoëbe, pantoffeldiertje.
  - Sponzen, bijv. badspons.
  - Holtdieren, bijv. kwal, zeeanemoon.
  - Wormen, bijv. lintworm, regenworm.
  - Weekdieren, bijv. mossel, slak, inktvis.
  - Geleedpotigen worden verder ingedeeld in de volgende klassen: duizendpoten, kreeftachtigen, spinachtigen en insecten.
  - Stekelhuidigen, bijv. zeester, zee-egel.
  - Gewervelden worden verder ingedeeld in de volgende klassen: vissen (bijv. rietvoorn), amfibieën (bijv. kikker), reptielen (bijv. slang), vogels (bijv. meeuw) en zoogdieren (bijv. wild zwijn).

**DOELSTELLING 7**

Je moet in een context kunnen beschrijven wat de neodarwinistische evolutietheorie inhoudt.

- Evolutie is de ontwikkeling van het leven op aarde, waarbij soorten ontstaan, veranderen en/of verdwijnen.
  - De neodarwinistische evolutietheorie gaat uit van

genetische variatie (verscheidenheid in genotypen), natuurlijke selectie en soortvorming door reproductieve isolatie.

- Genetische variatie.
  - Door mutaties en recombinatie verschillen individuen van één soort van elkaar in genotype en in fenotype.
- Natuurlijke selectie.
  - Individuen met een betere adaptatie (aanpassing) aan het milieu hebben een grotere overlevingskans.
  - Van individuen met een gunstig genotype zullen meer nakomelingen in leven blijven en zich voortplanten dan van individuen met een minder gunstig genotype.
  - Fitness: van individuen met een gunstig genotype zullen meer nakomelingen in leven blijven en zich in de volgende generaties voortplanten dan van individuen met een minder gunstig genotype.
  - Soorten veranderen (evolueren) als door natuurlijke selectie de mutanten blijven voortbestaan en individuen van de oorspronkelijk vorm uitsterven.
- Soortvorming door reproductieve isolatie.
  - Isolatie: een deel van een populatie raakt gescheiden en vormt een nieuwe populatie.
  - Isolatie heeft meestal geografische oorzaken.
  - Reproductieve isolatie: er vindt gedurende lange tijd geen voortplanting plaats tussen individuen van de verschillende populaties.
  - Na verloop van tijd zijn er zoveel verschillen ontstaan dat individuen van de twee populaties zich niet meer onderling kunnen voortplanten. Er zijn dan twee soorten ontstaan.
- Andere theorieën over het ontstaan en de ontwikkeling van het leven:
  - creationisme: volgens het scheppingsverhaal soms gecombineerd met evolutie;
  - intelligent design: gaat ervan uit dat de ontwikkeling van de levende natuur niet door toeval alleen kan worden verklaard, maar ook door de aanname dat een intelligent wezen erbij betrokken is geweest.

**DOELSTELLING 8**

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe genen in een populatie overerven.

- Genenpool: de verzameling van alle allelen in een populatie.
  - De omvang van de genenpool is een maat voor de genetische variatie.
- Allelfrequentie (genfrequentie): het percentage waarmee een bepaald allel deel uitmaakt van de genenpool in een populatie.

- De allelfrequentie in een populatie kan veranderen.
  - Door selectiedruk: het effect dat de natuurlijke selectie uitoefent op de allelfrequentie binnen een bepaalde populatie. Door natuurlijke selectie van allelen met een selectievoordeel zal de allelfrequentie toenemen en door natuurlijke selectie van allelen met een selectienadeel zal de allelfrequentie afnemen. Als er geen selectiedruk is, blijft de allelfrequentie in een populatie gelijk.
  - Door mutaties: van nieuwe, dominante allelen die een selectievoordeel veroorzaken, zullen de allelfrequenties toenemen; dominante allelen die een selectienadeel veroorzaken, zullen snel verdwijnen.
  - Door genetic drift: het verschijnsel dat in kleine populaties door toeval grote verschuivingen in allelfrequenties kunnen optreden. Door bepaalde gebeurtenissen (bijv. door vestiging in een nieuw gebied) kan het aantal individuen van een soort sterk teruglopen; hierdoor kan de kleinere genenpool een andere samenstelling krijgen dan de oorspronkelijke genenpool.

#### DOELSTELLING 9

Je moet in een context manieren van reproductieve isolatie kunnen beschrijven.

- Reproductieve isolatie door geografische oorzaken.
  - Voorbeelden: een rivier deelt een populatie in tweeën, een groep vogels komt op een eiland terecht.
- Reproductieve isolatie door verschillen in gedrag.
  - Voorbeelden: leeuwen en tijgers hebben een verschillende levenswijze; dieren met verschillend baltsgedrag herkennen elkaar niet als voortplantingskandidaat.
- Eilandtheorie: de soortenrijkdom op een eiland wordt bepaald door de immigratie van nieuwe soorten naar het eiland en het uitsterven van soorten die het eiland reeds hebben bereikt.
  - Evenwicht: als de immigratie en het uitsterven even groot zijn.
  - De afstand van het eiland naar het vasteland beïnvloedt de immigratie. Wanneer de afstand groot is, zullen minder soorten het eiland bereiken.
  - Hoe kleiner het eiland hoe minder voedselbronnen het bevat en hoe groter de kans is dat een soort uitsterft.

#### DOELSTELLING 10

Je moet in een context enkele onderzoeksmethoden kunnen noemen.

- Vergelijking van fossielen.

- Fossielen zijn versteende overblijfselen van organismen, of afdrukken van organismen in gesteenten.
- Ze ontstaan als resten van organismen van de lucht worden afgesloten door sedimenten, zodat deze resten niet vergaan.
- Vergelijking van de bouw van organismen.
  - Homologe organen hebben veel overeenkomst in bouw en hebben een gelijke embryonale ontstaanswijze. Homologie duidt op verwantschap van organismen; de verschillen ontstaan door aanpassing aan verschillende milieus.
  - Analoge organen vertonen overeenkomst in functie. Analogie berust niet op verwantschap; overeenkomsten bij niet-verwante organismen ontstaan door aanpassing aan hetzelfde milieu.
- Rudimentaire organen.
  - Organen die geen functie meer hebben en niet of nauwelijks tot ontwikkeling komen.
  - Voorbeelden van rudimenten: het bekken bij een walvis, de pootresten bij reuzenslangen, de staartwervels en de blindedarm bij de mens.
  - Door rudimentaire organen wordt het aannemelijk dat verschillende soorten organismen een gemeenschappelijke voorouder hebben.
- Biochemie.
  - Verschillende soorten organismen vertonen grote overeenkomst in samenstelling van stoffen (bijv. van DNA en eiwitten).

#### DOELSTELLING 11

Je moet in een context een stamboom van organismen kunnen aflezen.

- Een stamboom geeft verwantschapsrelaties tussen soorten weer.
  - Soorten vertonen verwantschap als ze een gemeenschappelijke voorouder bezitten.
  - De mate van verwantschap tussen twee soorten is afhankelijk van het aantal generaties dat heeft geleefd sinds de gemeenschappelijke voorouder leefde.

#### COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt geoefend in:

- het onderzoeken van de lichaamsbouw van een dier;
- het evolutionair denken;
- het toepassen van kennis over evolutie in contexten.

Over de volgende vaardigheden/competenties zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt geoefend in:

- het werken met de microscoop;
- het maken van tekeningen.

# Diagnostische toets

## DOELSTELLING 1

Beantwoord de volgende vragen.

Vijf groepen organismen zijn archaea, bacteriën, dieren, planten en schimmels.

- 1 Bij welke groep(en) komen organismen voor zonder celkernen?
- 2 Bij welke groep(en) hebben de organismen celwanden?
- 3 Bij welke groep(en) komen meercellige organismen voor?
- 4 Van welke groep(en) worden sommige organismen ook wel tot de protisten gerekend?

Vraag 5 tot en met 8 gaan over organische en anorganische stoffen.

- 5 Welke stoffen zijn afkomstig van organismen of van producten van organismen?
- 6 Welke stoffen komen alleen in de levenloze natuur voor?
- 7 Welke stoffen hebben relatief grote, ingewikkeld gebouwde moleculen?
- 8 Van welke stof is in afbeelding 66 een molecuulmodel weergegeven?

Vraag 9 tot en met 11 gaan over autotrofe en heterotrofe organismen.

- 9 Welke organismen hebben andere organismen nodig voor hun voedsel?
- 10 Welke organismen kunnen organische stoffen maken uit alleen anorganische stoffen?
- 11 Welke organismen nemen organische en anorganische stoffen op uit hun milieu?

► Afb. 66



## DOELSTELLING 2

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Organismen behoren tot één soort als ze erg veel op elkaar lijken.
- 2 Een soort is een verzameling individuen die in staat zijn zich onderling voort te planten en daarbij vruchtbare nakomelingen voort te brengen.
- 3 Alle vogels in een bos vormen één populatie.
- 4 De geslachtsnaam van *Tilia cordata* Mill. (kleinbladlinde) is *cordata*.
- 5 De soort aanduiding van *Tilia cordata* Mill. is *cordata*.
- 6 De naam *Tilia cordata* is gegeven door Linnaeus.

## DOELSTELLING 3

Beantwoord de volgende tweekeuzevragen.

- 1 Wat voor chromosomen komen voor bij bacteriën?
  - A Kringvormige chromosomen.
  - B Langgerekte chromosomen.
- 2 Hoe planten bacteriën zich voornamelijk voort?
  - A Door deling.
  - B Door sporen.
- 3 Wat zijn plasmiden?
  - A Eencellige archaea.
  - B Kleine, kringvormige chromosomen bij bacteriën.
- 4 Wanneer noemen we bacteriën pathogeen?
  - A Als ze chlorofyl bevatten.
  - B Als ze ziekten kunnen veroorzaken.
- 5 Zijn cyanobacteriën autotroof of heterotroof?
  - A Autotroof.
  - B Heterotroof.
- 6 Worden bacteriën gebruikt bij de productie van alcohol of van yoghurt?
  - A Van alcohol.
  - B Van yoghurt.

## DOELSTELLING 4

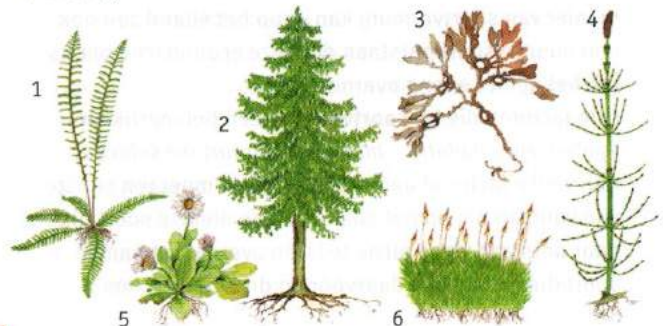
Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Sommige meercellige schimmels worden tot de protisten gerekend.
- 2 Meercellige schimmels planten zich voort door sporen.
- 3 Schimmels kunnen autotroof of heterotroof zijn.
- 4 Sporen ontstaan aan het uiteinde van schimmeldraden.
- 5 Schimmels worden gebruikt bij de bereiding van antibiotica.
- 6 Cholera wordt door een schimmel veroorzaakt.

## DOELSTELLING 5

In afbeelding 67 zijn zes planten getekend. Noteer tot welke stam van het plantenrijk elk van deze planten behoort.

▼ Afb. 67



DOELSTELLING 6

In afbeelding 68 zijn twaalf dieren getekend. Noteer tot welke stam van het dierenrijk elk van deze dieren behoort.

▼ Afb. 68



DOELSTELLING 7

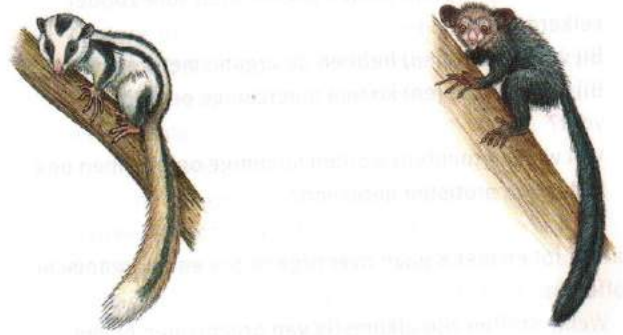
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Door welke twee factoren ontstaat genetische variatie in een populatie?
- 2 Op bepaalde eilandengroepen vindt men boombewonende insecteneters (zie afbeelding 69). De honingkruiper en de spechtvink behoren tot de vogels, de opossum tot de buideldieren en de aye-aye tot de placentale zoogdieren. Deze soorten hebben zich ontwikkeld uit voorouders op het vasteland. Naast deze manier van soortvorming kan er op het eiland zelf ook een nieuwe soort ontstaan die deze ecologische plaats (niche) op het eiland overneemt. Drie factoren die bij soortvorming een belangrijke rol spelen, zijn: *isolatie* – *mutatie* – *natuurlijke selectie*. Aan welke factor of aan welke factoren moet ten minste zijn voldaan om op het eiland zelf de nieuwe soort die daar ontstaat, deze niche te laten overnemen van de soort die deze niche daarvóór op dit eiland innam?

▼ Afb. 69



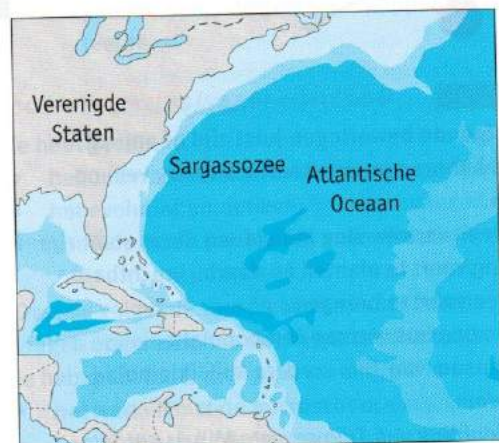
1 = honingkruiper (Galapagoseilanden)      2 = spechtvink (Hawaiï)



3 = gevlekte opossum (Nieuw-Guinea)      4 = aye-aye (Madagaskar)

- 3 Al lang is bekend dat de Europese paling (*Anguilla anguilla*) naar de Sargassozee zwemt om te paaien (zie afbeelding 70). Er zijn meer diersoorten die voor de voortplanting teruggaan naar de plaats waar zij hun leven begonnen. Zalmen bijvoorbeeld zwemmen voor hun voortplanting vanuit zee stroomopwaarts naar de beken waarin ze hun leven zijn begonnen. Palingen verzamelen zich voor de voortplanting op één plaats: de Sargassozee. Er blijkt een aantal zalmsoorten te bestaan terwijl er maar één palingsoort is. Verklaar waardoor het ontstaan van nieuwe palingsoorten vrijwel onmogelijk is en leg uit dat het ontstaan van nieuwe soorten bij zalmen wel mogelijk is.

▼ Afb. 70



Beantwoord vraag 4 en 5 met behulp van de volgende informatie.

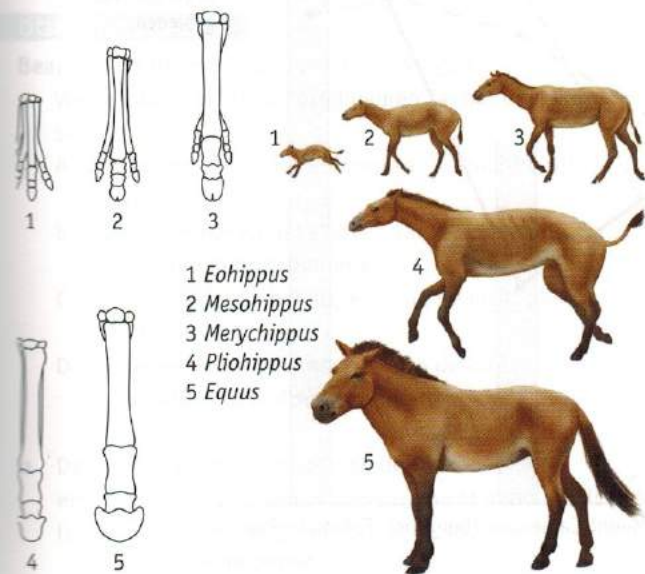
De eerste paarden werden zo'n 60 miljoen jaar geleden aangetroffen (zie afbeelding 71). In de afbeelding is de evolutie van het geslacht *Equus* (paard) weergegeven. Het oudst bekende paard dat is beschreven, is altijd ingedeeld bij de onevenhoevigen. In het Tertiair had het paard *Eohippus* aan de voorste ledematen vier en aan de achterbenen drie tenen, nu hebben de paarden nog slechts één teen, aan zowel voor- als achterbenen.

- 4 Over de ontwikkeling van het paard worden twee beweringen gedaan.
- 1 De vegetatie veranderde. Om zich snel te kunnen verplaatsen moesten de paarden hun tenen dicht bij elkaar houden. Daardoor vergroeiën deze tenen tot één teen. Omdat dit voordeel had, werden hun nakomelingen met één teen geboren.
  - 2 De vegetatie veranderde. Hierdoor kregen mutanten met minder tenen een grotere kans om zich in deze veranderde vegetatie te handhaven. Deze mutanten konden een grotere snelheid ontwikkelen en daardoor succesvol vluchten voor hun vijanden. Uiteindelijk heeft dit geleid tot paarden met slechts één teen.

Welke van deze beweringen is of zijn volgens de evolutietheorie van Darwin juist?

- 5 Door de hiervoor beschreven ontwikkeling kon het paard zich beter handhaven in zijn omgeving. Hoe noemen we dit verschijnsel?

▼ Afb. 71



- 1 *Eohippus*
- 2 *Mesohippus*
- 3 *Merychippus*
- 4 *Pliohippus*
- 5 *Equus*

DOELSTELLING 8

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Binnen een populatie komen allelen in bepaalde frequenties voor. Iemand beweert dat deze frequenties in de loop van de tijd kunnen veranderen door vier oorzaken:
- 1 door modificaties;
  - 2 door mutaties;
  - 3 door selectie;
  - 4 door migratie.

Door welke van de genoemde oorzaken kunnen deze frequenties veranderen?

- A Alleen door de oorzaken 1 en 2.
- B Alleen door de oorzaken 2 en 3.
- C Alleen door de oorzaken 3 en 4.
- D Door de oorzaken 2, 3 en 4.

- 2 De allelfrequentie in een populatie kan veranderen. Over deze verandering worden vier beweringen gedaan.

- 1 Nieuwe dominante allelen met een selectienadeel zullen snel verdwijnen.
- 2 Nieuwe dominante allelen met een selectievoordeel zullen snel toenemen.
- 3 Nieuwe recessieve allelen met een selectienadeel zullen snel verdwijnen.
- 4 Nieuwe recessieve allelen met een selectievoordeel zullen snel toenemen.

Welke van deze beweringen is of zijn juist?

- A Alleen bewering 1.
- B Alleen bewering 2.
- C Alleen bewering 1 en 2.
- D Alleen bewering 2 en 4.
- E Bewering 1, 2, 3 en 4.

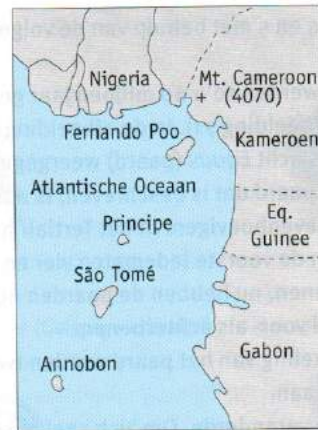
- 3 De Florida-panter (zie afbeelding 72) is een ondersoort van de poema, die een eeuw geleden in grote delen van het zuidoosten van de Verenigde Staten voorkwam. Als gevolg van de jacht en het verkeerde leven er tegenwoordig in het wild minder dan dertig dieren, allemaal in de Everglades in Florida. Tegenwoordig zijn het vooral erfelijke afwijkingen die de Florida-panter bedreigen. Er manifesteert zich een aangeboren hartafwijking en het dier wordt door talrijke parasieten verzwakt. Analyses van het DNA laten zien dat de Florida-panter de minste genetische variatie heeft van alle ondersoorten van de poema in Noord- en Zuid-Amerika. Hoe wordt het verschijnsel genoemd waardoor de genetische variatie bij de Florida-panter zo sterk is verminderd?

- A Genenpool.
- B Genetic drift.
- C Mutatie.
- D Selectiedruk.

▼ Afb. 72 Een Florida-panter.



► Afb. 73



**DOELSTELLING 9**

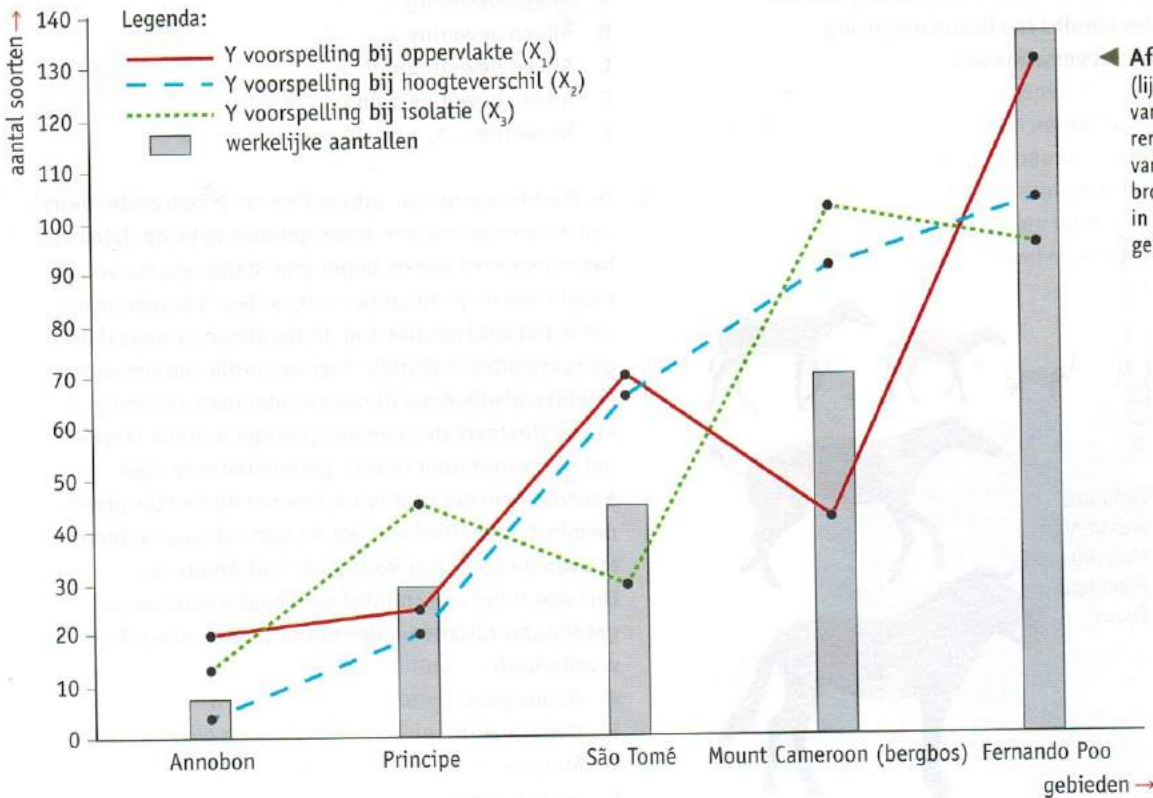
Beantwoord de volgende vragen.

In de eilandtheorie verstaat men onder een eiland een gebied dat voor bepaalde soorten geïsoleerd ligt ten opzichte van overeenkomstige andere gebieden. Voorbeelden van dit soort gebieden in Afrika zijn: de eilanden Annobon, São Tomé, Príncipe en Fernando Poo en het geïsoleerde berggebied Mount Cameroon (zie afbeelding 73).

In deze vijf gebieden voorspelde men het aantal soorten broedende landvogels met behulp van een model waarin drie omgevingsfactoren waren verwerkt:

$X_1$ : de oppervlakte van het gebied;  
 $X_2$ : het hoogteverschil in het gebied;  
 $X_3$ : de afstand van het gebied tot een gebied waar de dichtstbijzijnde populaties van de vogelsoorten leefden.  
 Vervolgens werden de werkelijke aantallen soorten bepaald. Zie voor de voorspellingen en de werkelijke aantallen afbeelding 74.

- 1 Uit afbeelding 74 kan worden afgeleid welke van de drie onderzochte factoren het meest geschikt is om het aantal soorten te voorspellen. Welke factor is dit? Leg je antwoord uit.
- 2 Leg uit dat dit model niet bruikbaar is voor zeevogels.



◀ Afb. 74 Voorspelling (lijnen) vanuit kennis van omgevingsfactoren en telling (staven) van het aantal soorten broedende landvogels in verschillende gebieden.



- 3 Mount Cameroon is een berg met daarop een vegetatie die 'bergbos' wordt genoemd. Deze berg ligt midden in het laagland, maar kan in bepaalde opzichten als een eiland worden beschouwd.

Leg uit dat voor broedvogels in het bergbos op Mount Cameroon dit gebied als eiland kan worden beschouwd.

- 4 Als enkele individuen van een roofdiersoort zich vestigen op een klein eiland met een overvloed aan voedsel, ontstaat van deze soort meestal toch geen levensvatbare populatie. Leg dit uit.

In Midden-Amerika komen futensoorten voor die niet kunnen vliegen. Eén daarvan was de Atitlánfuut, *Podylimbus gigas*. De Atitlánfuut is sinds 1990 niet meer waargenomen. Zijn verspreidingsgebied was beperkt tot het Atitlánmeer in Guatemala. Hij leefde er van vis. Er wordt aangenomen dat hij is uitgestorven.

In de jaren zestig werd de Atitlánfuut voor het eerst bedreigd met uitsterven. Oorzaak was toen het maaien van de rietvelden. De fuut had riet nodig, niet alleen om in te nestelen maar ook als beschutting tegen de wind. De indianen gebruikten het riet om er matten en meubels van te maken en maaiden het riet aanvankelijk op ieder moment. Toen ze overgingen tot het regelmatig, eens per jaar, maaien van het riet, herstelde de populatie zich weer.

- 5 Factoren die van invloed zijn op de omvang van populaties zijn:

- 1 emigratie;
- 2 immigratie;
- 3 geboortecijfer;
- 4 sterftcijfer.

Welke van deze factoren werd (werden) bevorderd toen de indianen overgingen van het op ieder willekeurig moment maaien naar het maaien eens per jaar?

#### DOELSTELLING 10

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Welke van de volgende organismen zal het best fossiliseren?
  - A Een worm die na het sterven aan de lucht blijft blootgesteld.
  - B Een worm die na het sterven van de lucht wordt afgesloten door sedimenten.
  - C Een kever die na het sterven aan de lucht blijft blootgesteld.
  - D Een kever die na het sterven van de lucht wordt afgesloten door sedimenten.
- 2 De voorpoot van een dolfin en de voorpoot van een chimpansee vertonen overeenkomst in bouw; de functie is verschillend.

Hoe wordt dit verschijnsel verklaard volgens de evolutietheorie?

- A Deze organismen hebben een gemeenschappelijke voorouder; het verschil in functie hangt samen met aanpassing aan een verschillend milieu.
- B Deze organismen hebben een gemeenschappelijke voorouder; de overeenkomst in bouw is veroorzaakt door een overeenkomstig milieu.
- C Deze organismen hebben verschillende voorouders; het verschil in functie is daar een overblijfsel van.
- D Deze organismen hebben verschillende voorouders; de overeenkomst in bouw is veroorzaakt door een overeenkomstig milieu.

- 3 De bouw en werking van een oog van een inktvis vertonen veel overeenkomst met de bouw en werking van een oog van een zoogdier (zie afbeelding 75). Is hier sprake van analogie of van homologie?

Berust de gelijkenis wel of niet op verwantschap?

*Er is sprake van      De gelijkenis berust*

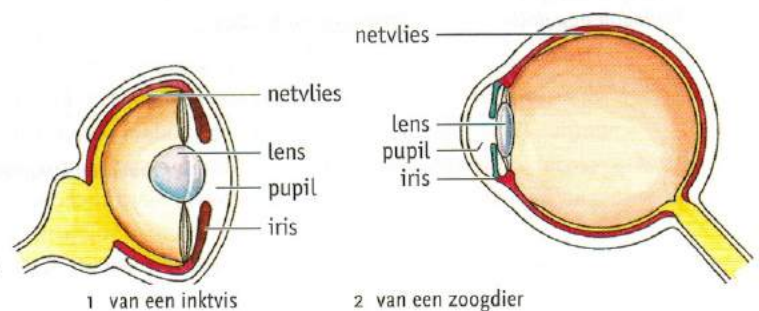
- A analogie      wel op verwantschap
- B analogie      niet op verwantschap
- C homologie      wel op verwantschap
- D homologie      niet op verwantschap

- 4 Welke van de volgende organen zijn rudimentair?

- A De staartwervels van een hagedis.
- B De staartwervels van een mens.
- C De vleugels van een vleermuis.
- D De vleugels van een insect.

- 5 Het verschil tussen het DNA van de chimpansee, de gorilla, de orang-oetan en de mens is onderzocht. Afbeelding 76 geeft in een driedimensionale figuur weer hoeveel procent het DNA van twee door een lijn verbonden soorten van elkaar verschilt. Chimpansee, gorilla, orang-oetan en mens worden gerekend tot twee subfamilies.

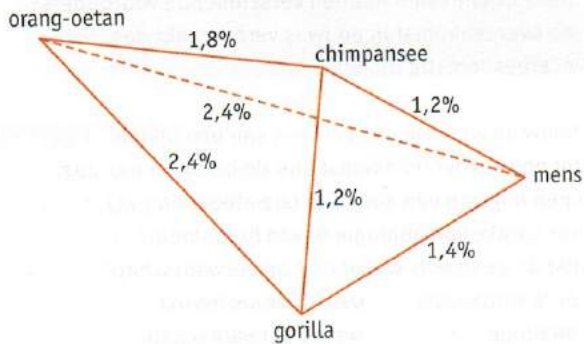
▼ **Afb. 75** Doorsneden van ogen (schematisch).



Hoe zijn deze primaten volgens deze gegevens over twee subfamilies verdeeld?

- |                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| <i>Subfamilie 1</i>   | <i>Subfamilie 2</i>       |
| A mens en chimpansee  | gorilla en orang-oetan    |
| B mens en gorilla     | chimpansee en orang-oetan |
| C mens en orang-oetan | chimpansee en gorilla     |
| D mens, chimpansee    | orang-oetan en gorilla    |

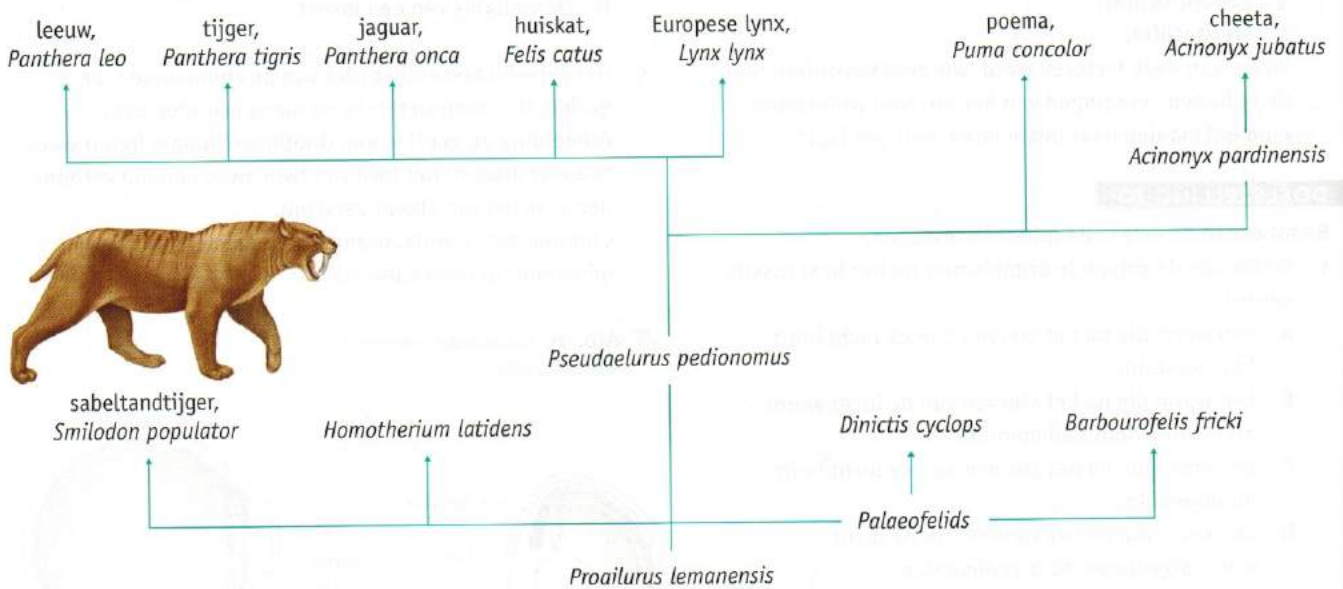
▼ Afb. 76



DOELSTELLING 11

Afbeelding 77 geeft de evolutionaire stamboom weer van zowel een aantal uitgestorven als van nu nog levende katachtigen. Niet alle voorouders zijn aangegeven in deze stamboom.

▼ Afb. 77



Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke soort is eerder ontstaan: *Acinonyx pardinensis* of *Acinonyx jubatus*?
- 2 Welke soort is uitgestorven: *Homotherium latidens* of *Acinonyx jubatus*?
- 3 Met welke nu nog levende soort vertoont de poema de meeste verwantschap?
- 4 Welke soorten zijn of welke soort is gemeenschappelijke voorouder van de huiskat en de leeuw?
- 5 Welke soorten zijn of welke soort is gemeenschappelijke voorouder van de tijger en de sabeltandtijger?

Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

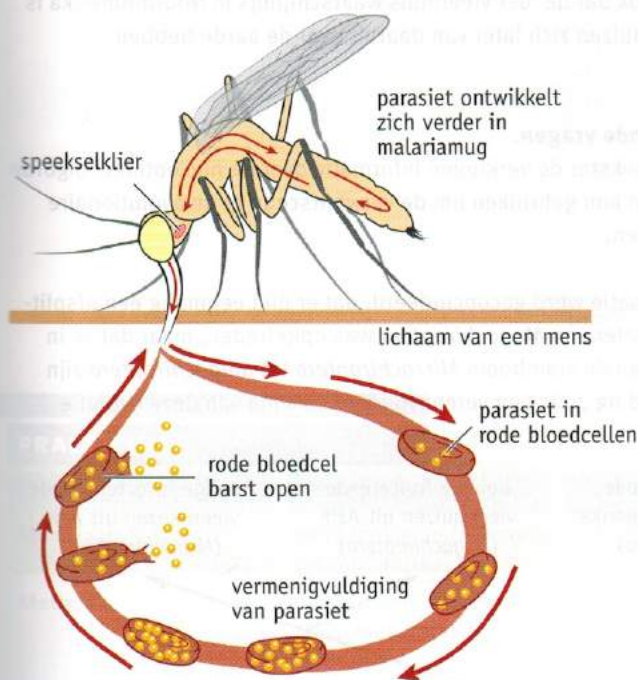
- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijkingstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijkingstof.

# Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

## opdracht 1

▼ **Afb. 78** De levenscyclus van de malariaparasiet.



Malaria wordt veroorzaakt door de malariaparasiet, een eencellig dier. Als een door malariaparasieten geïnfecteerd vrouwtje van de malariamug een mens prikt om bloed te zuigen, kunnen parasieten in het bloed van deze persoon terecht komen en binnendringen in rode bloedcellen. In de rode bloedcellen delen de malariaparasieten zich vele malen (zie afbeelding 78). Daarna barsten de bloedcellen open en komt een groot aantal parasieten in het bloedplasma terecht. Dit kan zich enkele malen herhalen, waardoor de persoon ernstig ziek wordt. Wanneer deze persoon opnieuw door een malariamugvrouwtje wordt geprikt, kunnen deze parasieten zich in de mug verder ontwikkelen. Deze geïnfecteerde malariamug kan de parasiet verder verspreiden. De muggenvrouwtjes hebben mensenbloed nodig voor de ontwikkeling van hun eitjes.

In basisstof 5 heb je geleerd dat mensen die heterozygoot zijn voor sikkelcelanemie een hogere weerstand hebben tegen malaria. Het allel voor sikkelcelhemoglobine ( $Hb^S$ ) verschilt op één plaats van dat voor normaal hemoglobine ( $Hb^A$ ). Doordat in het DNA bij een mutatie één thymine-base is vervangen door een adenine-base, is in het hemoglobine-molecuul op één plaats het aminozuur valine in de plaats gekomen van het aminozuur glutaminezuur. De gevolgen hiervan zijn in basisstof 5 besproken.

Malaria wordt vooral bestreden door de malariamug te bestrijden. Hierbij worden vaak insecticiden gebruikt, bijvoorbeeld in de vorm van muskietennetten (klamboes) die met insecticiden zijn geïmpregneerd. Een andere mogelijkheid is de drooglegging van ondiep water waarin de malariamuggen hun eitjes leggen.

### Beantwoord de volgende vragen.

- In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd dat in de biologie verschillende organisatieniveaus worden onderscheiden. In dit verband zijn rode bloedcellen bijzonder. Een rode bloedcel bevat geen organellen zoals een kern of mitochondriën. In de bloedvaten komen rode bloedcellen in een waterige oplossing (bloedplasma) voor, samen met andere bloedcellen. Leg voor de volgende organisatieniveaus kort uit op welke manier ze in bovenstaande tekst over malaria een rol spelen: *molecuul – cel – orgaan – organenstelsel – organisme – populatie – levensgemeenschap – ecosysteem*. Vergeet niet de betekenis van sikkelcelhemoglobine te noemen en de manieren om malaria te bestrijden.
- Veel populaties van de malariamug zijn resistent geworden tegen verschillende insecticiden. Leg uit hoe een populatie malariamuggen resistent wordt tegen een insecticide.

## opdracht 2

*Fossiele vleermuizen (naar: examen havo (pilot) 2010-1)*

Vleermuizen, voor de één angstaanjagend, voor de ander fascinerend. Deze vliegende zoogdieren bevolken de aarde al miljoenen jaren. Een vijfde van alle zoogdiersoorten is vleermuis. Volgens de klassieke indeling, gebaseerd op anatomische kenmerken, worden vleermuizen grofweg in twee groepen ingedeeld: de *Microchiroptera*, voornamelijk insectenetende vleermuizen met echolocatie en *Megachiroptera*, fruitetende vleermuizen zonder echolocatie.

Echolocatie is het vermogen om voorwerpen te lokaliseren en te herkennen door zelf geluid uit te zenden en na terugkaatsing weer op te vangen.

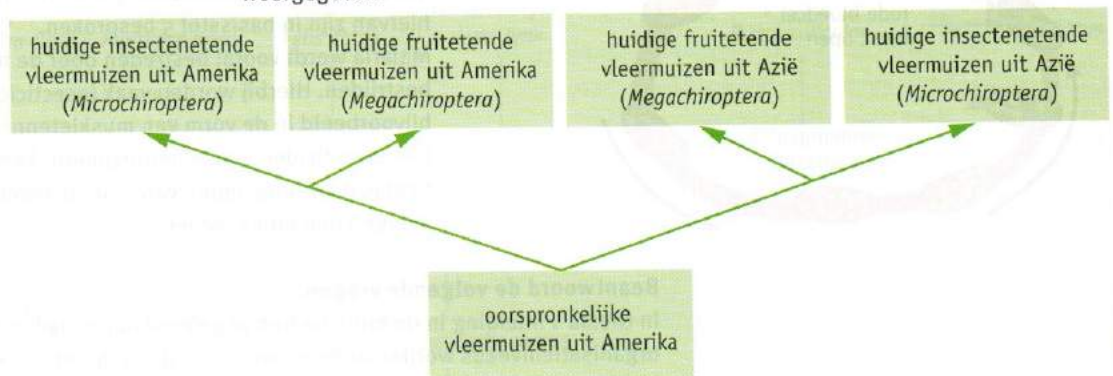
De *Megachiroptera* hebben goed ontwikkelde grote ogen. Lange tijd was de vraag of deze twee groepen onafhankelijk van elkaar zijn ontstaan of dat er sprake is van een gemeenschappelijke voorouder. Een onderzoekster heeft geen gebruik gemaakt van anatomische kenmerken, maar zij heeft het DNA van vleermuizen onderzocht. Zij vergeleek de nucleotidenvolgorde van zeventien genen bij verschillende vleermuissoorten. Uit de resultaten kon niet alleen worden geconcludeerd dat alle nu nog levende vleermuissoorten een gemeenschappelijke vleermuisvoorouder hebben, maar ook dat de 'oer'vleermuis waarschijnlijk in Noord-Amerika is ontstaan en dat vleermuizen zich later van daaruit over de aarde hebben verspreid.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Leg uit hoe de onderzoekster de verkregen informatie over de nucleotidenvolgorde van de zeventien genen kon gebruiken om de verwantschap in de evolutionaire stamboom vast te stellen.

Uit de gevonden informatie werd geconcludeerd, dat er niet eenmalig een afsplitsing tussen *Microchiroptera* en *Megachiroptera* was opgetreden, maar dat ze in verschillende takken van de stamboom *Microchiroptera* tot *Megachiroptera* zijn geëvolueerd. In afbeelding 79 is een vereenvoudigd schema van deze evolutie weergegeven.

► Afb. 79



- 2 Op grond van welke resultaten uit het DNA-onderzoek is men tot deze conclusie gekomen?
  - A Sommige *Megachiroptera* uit Amerika verschillen minder van *Megachiroptera* in Azië dan van *Microchiroptera* in Amerika.
  - B Sommige *Microchiroptera* uit Amerika verschillen minder van *Microchiroptera* in Azië dan van *Megachiroptera* in Amerika.
  - C Sommige *Microchiroptera* uit Amerika verschillen meer van *Megachiroptera* in Amerika dan van *Microchiroptera* in Azië.
  - D Sommige *Microchiroptera* uit Amerika verschillen meer van *Microchiroptera* in Azië dan van *Megachiroptera* in Amerika.

# 1 Fossielen

In de basisstof heb je geleerd wat fossielen zijn. Wellicht heb je zelf weleens fossielen gevonden, bijvoorbeeld op vakantie. In deze verrijkingstof ga je fossielen bekijken en tekenen.

► Afb. 80 Fossilengidsen.



## opdracht 1

### PRACTICUM

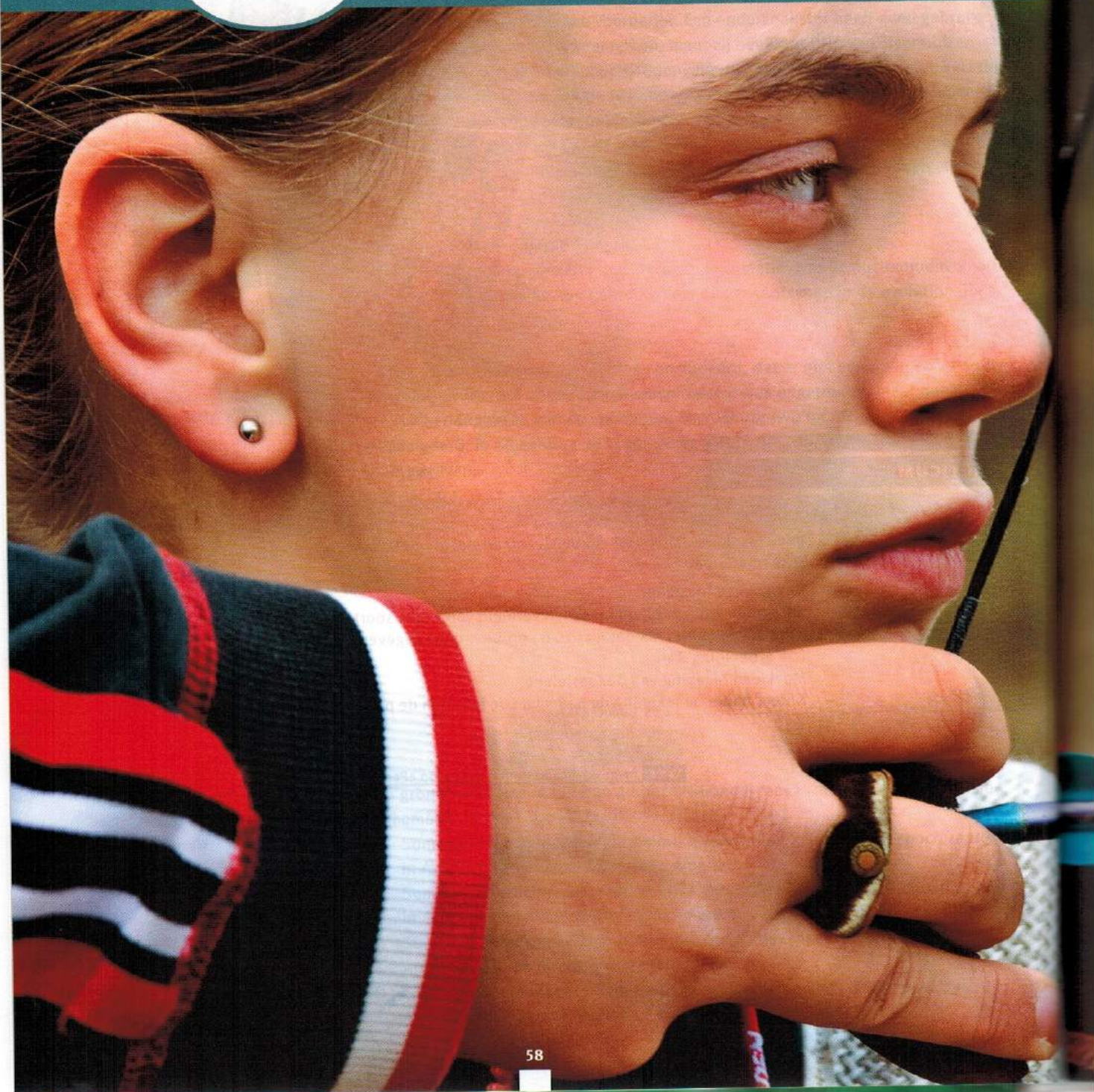
#### FOSSIELEN BEKIJKEN EN TEKENEN

<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- twee fossielen (bijvoorbeeld fossiel materiaal uit mergelgroeven)</li> <li>- tekenmateriaal</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bekijk twee fossielen.</li> <li>- Misschien staat er bij de fossielen vermeld van welke soort ze afkomstig zijn en in welke periode deze soort leefde. Als dat niet zo is, probeer deze gegevens dan op te zoeken in een fossilengids (zie afbeelding 80).</li> <li>- Maak een tekening van de fossielen.</li> <li>- Noteer onder de tekening de naam van de soort en de periode waarin deze soort voorkwam.</li> </ul>

**WEB** meer verrijkingstoffen vind je op [ePack](#)

# 6

## Regeling en waarneming



**BASISSTOF**

1	Regelkringen en homeostase	60
2	Hormonale regulatie	65
3	Het zenuwstelsel	72
4	Neurale regulatie	85
5	Spiereen en beweging	96
6	Het zintuigenstelsel	101
7	De bouw en werking van het oog	104

**SAMENVATTING**

118

**DIAGNOSTISCHE TOETS**

123

**EINDOPDRACHT**

133

**VERRIJKINGSSTOF**

136

## 1 Nabeelden

136



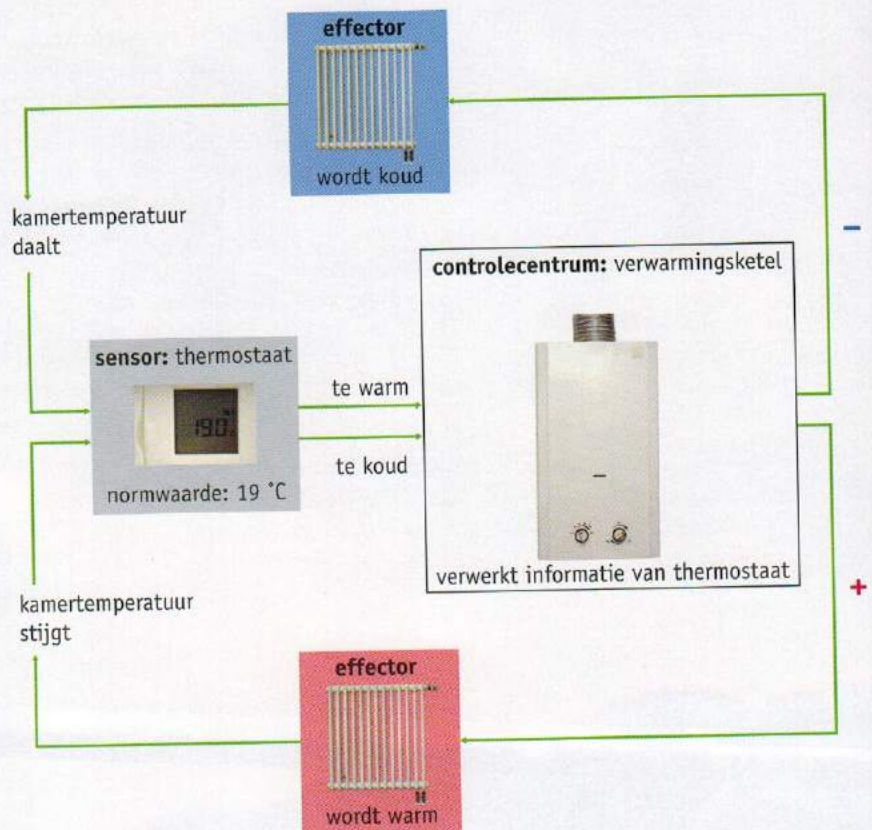
In je lichaam vinden vele processen tegelijkertijd plaats. Bovendien reageert je lichaam op gebeurtenissen (veranderingen) buiten je lichaam. Als je bijvoorbeeld hardloopt, beweeg je en reageer je op je omgeving. Allerlei processen, zoals je hartslag en ademhaling, worden aangepast aan deze activiteit. Dit wordt geregeld door het zintuigenstelsel, hormoonstelsel en zenuwstelsel. Zij werken samen om de omstandigheden in je lichaam min of meer constant te houden. Dit noemen we homeostase.

In dit thema besteden we aandacht aan de bouw, functie en samenwerking van de verschillende zintuigen, het hormoonstelsel en het zenuwstelsel.

## 1 Regelkringen en homeostase

Als de buitentemperatuur laag is, wordt het ook binnen koud. Je kunt je huis dan verwarmen met centrale verwarming. Dit verwarmingssysteem bestaat uit radiatoren, een thermostaat en een verwarmingsketel. Om een min of meer constante temperatuur in huis te kunnen handhaven, vormen deze delen samen een **regelkring** die bestaat uit een sensor, een controlecentrum en een effector (zie afbeelding 1).

► **Afb. 1** Een voorbeeld van een regelkring: het verwarmingssysteem in een huis.



De thermostaat is de sensor. Hij staat bijvoorbeeld afgesteld op 19 °C. Dit noemen we de **normwaarde**. De thermostaat geeft een signaal af aan de verwarmingsketel wanneer de temperatuur in de kamer lager wordt dan 19 °C.

De verwarmingsketel is het controlecentrum dat de informatie verwerkt.

Hij verwarmt water als de temperatuur in de kamer te laag is en pompt dat naar de effector: de radiator. De temperatuur in de kamer stijgt. Wanneer de temperatuur in



de kamer hoger is dan 19 °C, geeft de sensor geen signaal af aan de verwarmingsketel. Deze verwarmt dan geen water zodat de temperatuur van de radiator daalt en de kamertemperatuur omlaag gaat. Wanneer een toename van het resultaat (stijging van de temperatuur) een remming van het proces veroorzaakt, spreken we van **negatieve terugkoppeling** (negatieve feedback). Een afname van het resultaat (daling van de temperatuur) veroorzaakt een stimulering van het proces. In afbeelding 1 wordt dit aangegeven met – en +. Op deze manier blijft de temperatuur in de kamer ongeveer 19 °C.

Bij een regelkring waardoor een toename van het resultaat het proces versterkt, spreken we van **positieve terugkoppeling** (positieve feedback). Een voorbeeld hiervan is het versterkte broeikas effect. Hierdoor verdampt er meer water. Dit zorgt voor meer broeikasgas (waterdamp) in de atmosfeer waardoor de temperatuur nog verder zal stijgen en de verdamping nog meer zal toenemen.

Je lichaamstemperatuur is constant, ongeveer 37 °C. Dit is de normwaarde voor je lichaamstemperatuur. Zelfs als de omgevingstemperatuur onder het vriespunt daalt of als je 5 km hardloopt. De temperatuur blijft constant door regelkringen in je lichaam die zorgen voor warmteproductie als je afkoelt of door warmteafgifte als je lichaamstemperatuur stijgt.

Ook andere factoren zoals de zuurstofconcentratie, de glucoseconcentratie van het bloed en de osmotische waarde van lichaamsvloeistoffen worden in een organisme gehandhaafd rond een bepaalde normwaarde. Zintuigcellen zijn de sensoren die verandering van de normwaarde in een organisme waarnemen. Ze kunnen dan een signaal geven aan hormoonklieren en zenuwcellen. Dit zijn de controlecentra die de signalen verwerken en communiceren met verschillende weefsels en organen (effectoren) om de normwaarde te handhaven. Het inwendige milieu van een organisme blijft hierdoor min of meer constant. Dit noemen we **homeostase** (Grieks: homoios = gelijk, stasis = toestand). Het handhaven van homeostase vindt meestal plaats door regelkringen met negatieve terugkoppeling. Homeostase is een voorbeeld van zelfregulatie.

## ANABOLE STEROÏDEN

Doping is het gebruik van middelen of methoden die de sportieve prestaties van een sporter vergroten. Vrijwel alle grote sportorganisaties verbieden het gebruik van doping (zie afbeelding 2). Elk jaar publiceert het Wereld Anti-Doping Agentschap (WADA) een lijst met de middelen die onder doping vallen. Een middel of een methode wordt op deze lijst geplaatst als het:

- de sportieve prestaties bevordert;
- schadelijk kan zijn voor de gezondheid van de sporter;
- in strijd is met een eerlijke sportbeoefening in wedstrijdverband.

Doping wordt tegengegaan door dopingcontroles bij belangrijke wedstrijden en in de periode daaraan voorafgaand. Men onderzoekt de urine van sporters dan op de aanwezigheid van verboden stoffen. Wanneer men deze stoffen aantreft, volgt meestal diskwalificatie van de sporter.

### ▼ Afb. 2

#### Belgische voetballer geschorst wegens doping

De Belgische voetballer Sven Verdonck is door de KNVB voor twee jaar geschorst vanwege dopinggebruik. De 22-jarige verdediger werd in april in dienst van Fortuna Sittard betrapt op het gebruik van het spierversterkende middel stanozolol, dat valt onder de anabole steroïden. Fortuna Sittard heeft inmiddels al afscheid genomen van Verdonck, die eerder voor KRC Genk en FC Brussels speelde. De advocaat van de Belg zegt tegen *Het Nieuwsblad* dat zijn cliënt waarschijnlijk niet in beroep gaat. 'Als zijn straf pas later ingaat, riskeert hij nog langer aan de kant te moeten staan en wie het product in zijn lichaam heeft, is automatisch strafbaar.'

Bron: *Novum*, 2010.

De meest gebruikte doping zijn de anabole steroïden. Deze worden kunstmatig gesynthetiseerd. Hun werking is vergelijkbaar met de werking van testosteron. Dit hormoon beïnvloedt bij mannen de ontwikkeling van de secundaire geslachtskenmerken zoals de toename van de spiermassa. Ook stimuleert testosteron het beenmerg om meer rode bloedcellen aan te maken, waardoor het uithoudingsvermogen toeneemt. Verder stimuleert het de aanmaak van een groeihormoon, waardoor er meer calcium wordt opgenomen in het beenderstelsel. Vrouwen produceren ook testosteron, maar bij hen zijn de concentraties veel lager dan bij mannen.

In 1954 kwam de ploegarts van het Amerikaans gewichthefferteam John B. Ziegler erachter dat de Russische atleten, die steeds zijn team versloegen, niet meer gewoon konden urineren. Ze moesten eerst een katheter inbrengen. Als gevolg van dagelijkse injecties met testosteron kregen ze meer spierweefsel maar ook een opgezwollen prostaat en die blokkeerde de urinewegen. Ziegler heeft toen aan chemici van een farmaceutisch bedrijf gevraagd of zij iets konden maken waardoor het spierweefsel bij zijn atleten ook zou toenemen, maar dat wat minder bijwerkingen had. Het resultaat was 'Dianabol', de eerste effectieve anabole steroïde die je als pilletje kon innemen. Anabole steroïden die tegenwoordig vaak worden gebruikt, zijn metandienon, nadrolon, stanozolol en clenbuterol. Anabool betekent 'opbouwen'. Anabole steroïden zetten het lichaam aan om meer spierweefsel te vormen. Ook wordt het spierweefsel minder snel afgebroken. Hierdoor neemt de spiermassa van een sporter toe. Die kan daardoor beter presteren. Het komt bovendien steeds vaker voor dat anabole steroïden door gewone mannen, vrouwen en

jongeren worden gebruikt om er beter uit te zien. Je krijgt meer spierweefsel en het percentage lichaamsvet neemt af. Inmiddels is gebleken dat het gebruik van anabole steroïden grote medische risico's met zich meebrengt. Hoewel de werking van anabole steroïden overeenkomt met die van testosteron, kunnen mannen na inname 'vrouwelijker' worden. Dit gaat gepaard met een afname in seksuele activiteit. Verder zijn de mogelijke bijwerkingen: een verminderde productie van sperma, impotentie, ontwikkeling van borsten, krimpen van de teelballen en pijn bij het urineren door vergroting van de prostaat. Vrouwen krijgen door de inname van anabole steroïden vaak mannelijkere kenmerken. Zo kan de gezichtsbehaarung toenemen, de stem lager worden, de borstomvang afnemen en de menstruatiecyclus worden verstoord.

Bij langdurig gebruik van anabole steroïden kunnen voor zowel mannen als vrouwen de volgende bijwerkingen optreden: een vette huid met acne, het ontstaan van striae door de snel groeiende spiermassa (zie afbeelding 3), een opgeblazen gevoel, toename van het gewicht, bloedstollingsziekten, leverschade, een vergrote kans op hartaandoeningen of een beroerte, een hoger cholesterolgehalte van het bloed en zwakkere pezen. Bij jongeren kan door het gebruik van anabole steroïden de groei voortijdig stoppen, doordat de botten niet meer groeien.

▼ **Afb. 3** Striae door een snelgroeiende spiermassa.



#### opdracht 1

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is een regelkring?
- 2 Wanneer is er sprake van negatieve terugkoppeling?
- 3 Wat verstaan we onder homeostase?
- 4 Op welk organisatieniveau vindt homeostase plaats?
- 5 In thema 3 Voortplanting heb je geleerd hoe hormonen de vorming van zaadcellen bij de man regelen. Wanneer een man anabole steroïden gebruikt, kan zijn vruchtbaarheid afnemen. Hij produceert dan minder zaadcellen. Leg uit hoe dit komt. Je kunt bij het beantwoorden van deze vraag *Binas* of *BioData* gebruiken.
- 6 Is het gebruik van anabole steroïden een voorbeeld van negatieve of van positieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.
- 7 De wielrenner Contador beweert dat clenbuterol in zijn bloed is terechtgekomen door het eten van vervuild vlees (zie afbeelding 4). Waarom zou een veehouder clenbuterol aan zijn dieren toedienen?

## ▼ Afb. 4

## Sporttribunaal buigt zich over dopingzaak Contador

Lag het aan een besmet stuk vlees of was de positieve dopingtest ruim een jaar geleden het gevolg van bloed-doping? Die vraag staat deze week centraal in de dopingzaak rond wielrenner Alberto Contador voor het internationaal sporttribunaal CAS in Lausanne. De eerste van vier hoorzittingen ging maandag na maanden van uitstel van start.

De drievoudig Tourwinnaar werd tijdens de Ronde van Frankrijk van 2010, de derde die hij won, positief getest op een uiterst kleine hoeveelheid clenbuterol.

Niet genoeg om zijn prestaties te bevorderen, maar voldoende om geschorst te worden. Bij het minste spoor van het middel tegen astma is een sporter volgens de dopinglijst van het wereldantidopingbureau WADA in overtreding.

Volgens Contador kwamen de sporen van clenbuterol in zijn bloed via een vervuild stuk vlees, dat hij tijdens de bewuste Tour at. Geen onmogelijke gang

van zaken, want het overkwam ook de Nederlandse mountainbiker Rudi van Houts nadat hij in Mexico besmet vlees at.

Ook ruim de helft van de spelers op het wereldkampioenschap voetbal onder 17 in Mexico kreeg clenbuterol binnen via vlees. De voetballers werden niet vervolgd, Van Houts werd vrijgesproken. Mocht de clenbuterol inderdaad via vervuild vlees in Contadors bloed terecht zijn gekomen, dan wordt de Spanjaard vermoedelijk vrijgesproken.

Bron: de Volkskrant, 22-11-2011.

### HORMONEN

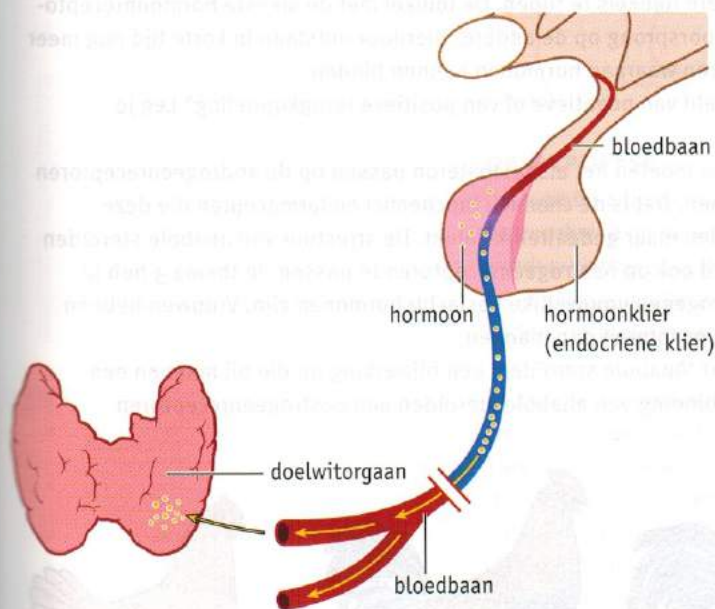
Voor homeostase is communicatie tussen cellen nodig. In meercellige organismen vindt communicatie tussen cellen plaats met **signaalmoleculen**. Deze worden door bepaalde cellen afgegeven en binden zich aan **receptoren** in het membraan van andere cellen: de **doelwitcellen**. De binding kan in deze cellen een reactie in gang zetten of een reactie stoppen. Zelfs over grote afstanden is met signaalmoleculen communicatie mogelijk tussen de cellen van een organisme.

Hormoonklieren geven signaalmoleculen af die we **hormonen** noemen. Hormoonklieren hebben geen afvoerbuis, maar geven de hormonen af aan het bloed dat door de hormoonklier stroomt. Klieren die hun product afgeven aan het bloed, noemt men ook wel **endocriene klieren** (zie afbeelding 5). De afgifte van hormonen door cellen van de hormoonklier heet secretie.

In thema 3 Voortplanting heb je geleerd dat bijvoorbeeld zweetklieren of speekselklieren hun product afgeven via een afvoerbuis. Dat heet excretie of uitscheiding. Klieren met een afvoerbuis noemen we **exocriene klieren**.

Het bloed transporteert de hormonen door heel het lichaam. Vanuit de bloedvaten gaan de hormonen via de weefselvloeistof naar alle cellen van een organisme. De hormonen zijn echter alleen werkzaam in organen waarvan de cellen **hormoonreceptoren** bezitten waaraan de hormonen kunnen binden. Deze organen noemen we **doelwitorganen**. Het aantal hormoonreceptoren kan per weefsel verschillen. Ook kunnen cellen van organen hormoonreceptoren bezitten voor verschillende hormonen. De mate van de reactie van een doelwitorgaan wordt onder andere bepaald door de concentratie van het hormoon in het bloed. We noemen deze concentratie de **hormoonspiegel**. Een hormoon kan processen in meerdere doelwitorganen regelen.

▼ Afb. 5 Een endocriene klier (hormoonklier).



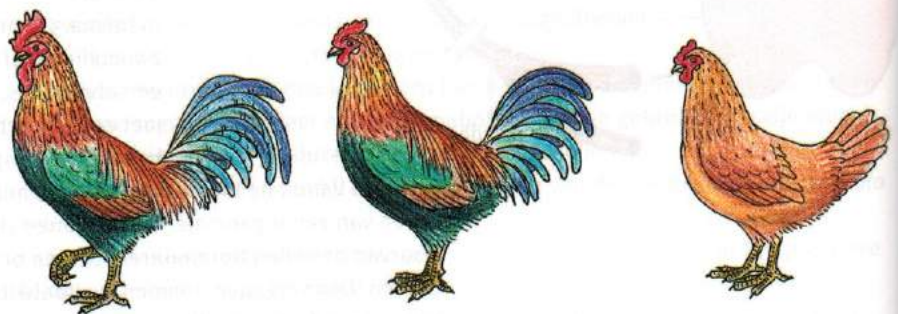
Bij communicatie met hormonen kan het even duren voordat de doelwitorganen zijn bereikt. Doordat hormonen vaak lang in het bloed en doelwitweefsel aanwezig blijven, houden de effecten lang aan. Hormonen reguleren onder andere geleidelijke veranderingen die uitwerking hebben op het hele lichaam zoals de groei en ontwikkeling, stofwisseling en voortplanting.

## opdracht 2

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoe maken signaalmoleculen communicatie tussen cellen mogelijk?
- 2 Is een traanklier een endocriene of een exocriene klier? Leg je antwoord uit.
- 3 Wat wordt bedoeld met een doelwitorgaan van een hormoon?
- 4 Waarvan is de mate van reactie van een doelwitorgaan afhankelijk?
- 5 Men heeft van veel hormonen de werking onderzocht door bij proefdieren hormoonklieren weg te nemen. Zo heeft men bij jonge haantjes de testes verwijderd (gecastreerd). Bij deze dieren bleek een aantal secundaire geslachtskenmerken zich minder te ontwikkelen (zie afbeelding 6). De haantjes kregen onder andere een veel kleinere kam en kleinere sporen aan hun poten dan normaal. Bovendien vertoonden ze een ander, minder 'hanig' gedrag. Als bij zo'n haantje een testis onder de huid op een goed doorbloede plaats wordt ingeplant, ontwikkelen de secundaire geslachtskenmerken zich normaal. Dit gebeurt ook als een haantje wordt ingespoten met een vloeistof verkregen door het fijnwrijven van een testis.  
Welke conclusie kun je trekken uit de proeven met gecastreerde hanen?
- 6 In thema 3 heb je geleerd dat er in de eierstok van een vrouw maandelijks een follikel rijp wordt onder invloed van bepaalde hormonen. Door de hormonen beginnen meerdere follikels te rijpen. De follikel met de meeste hormoonreceptoren bereikt een voorsprong op de andere. Hierdoor ontstaan in korte tijd nog meer hormoonreceptoren waaraan hormonen kunnen binden.  
Is dit een voorbeeld van negatieve of van positieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.
- 7 Anabole steroïden moeten net als testosteron passen op de androgeenreceptoren van doelwitorganen. Dat is de chemici, biochemici en farmaceuten die deze stoffen ontwikkelen maar gedeeltelijk gelukt. De structuur van anabole steroïden blijkt bijvoorbeeld ook op oestrogeenreceptoren te passen. In thema 3 heb je geleerd dat oestrogenen vrouwelijke geslachtshormonen zijn. Vrouwen hebben meer oestrogeenreceptoren dan mannen.  
Zoek in de context 'Anabole steroïden' een bijwerking op die bij mannen een gevolg is van de binding van anabole steroïden aan oestrogeenreceptoren.

► Afb. 6



1 haan

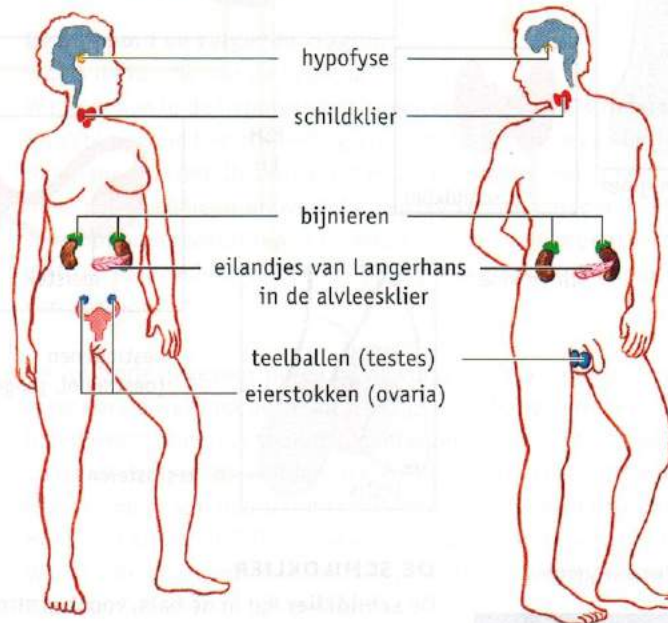
2 haan waarvan de testes zijn verwijderd

3 hen

## 2 Hormonale regulatie

Het hormoonstelsel bestaat uit een aantal hormoonklieren. In afbeelding 7 is de ligging van een aantal belangrijke hormoonklieren aangegeven. De werking van de hormoonklieren in de teelballen (testes) en eierstokken (ovaria) is behandeld in thema 3 Voortplanting.

► **Afb. 7** De ligging van enkele belangrijke hormoonklieren.



### DE HYPOFYSE

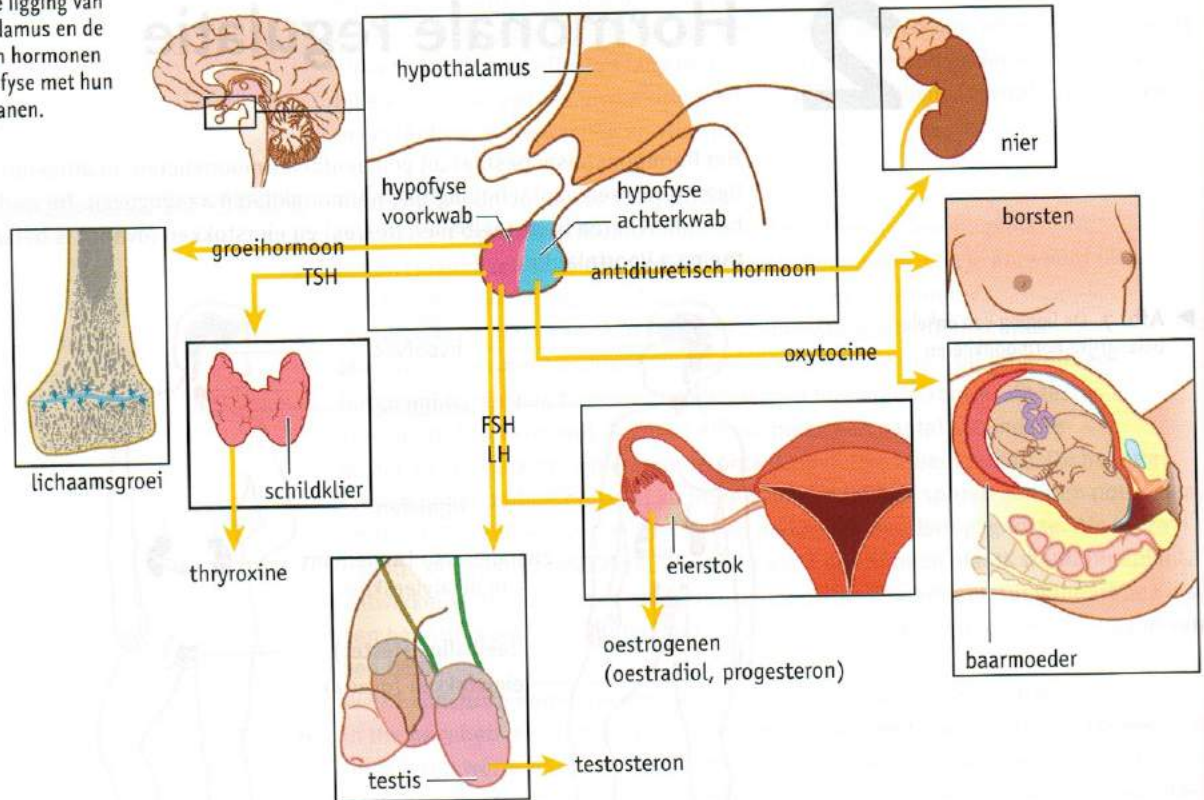
De **hypofyse** ligt tussen de beide hersenhelften in. Hij bestaat uit twee gedeelten: de **voorkwab** en de **achterkwab**. De secretie van hormonen door de hypofyse wordt geregeld door de **hypothalamus**. Dit is een deel van de hersenen dat boven de hypofyse ligt. De hypofyse produceert enkele hormonen die de werking van andere hormoonklieren beïnvloeden (zie afbeelding 8).

De hypofyse produceert onder andere FSH (follikelstimulerend hormoon) en LH (luteïniserend hormoon). Deze hormonen beïnvloeden de ovaria en testes. **TSH** (thyroïdstimulerend hormoon) uit de hypofyse beïnvloedt de schildklier. Het vrijkomen van **oxytocine** uit de achterkwab van de hypofyse stimuleert het ontstaan van weeën aan het einde van de zwangerschap en tijdens de geboorte. Na de geboorte zorgt oxytocine bij het zogen voor de melksecretie uit de melkklieren in de borsten. Oxytocine is ook verantwoordelijk voor het ontstaan van een band tussen moeder en kind en tussen partners. Het wordt daarom ook wel 'het hechtingshormoon' genoemd.

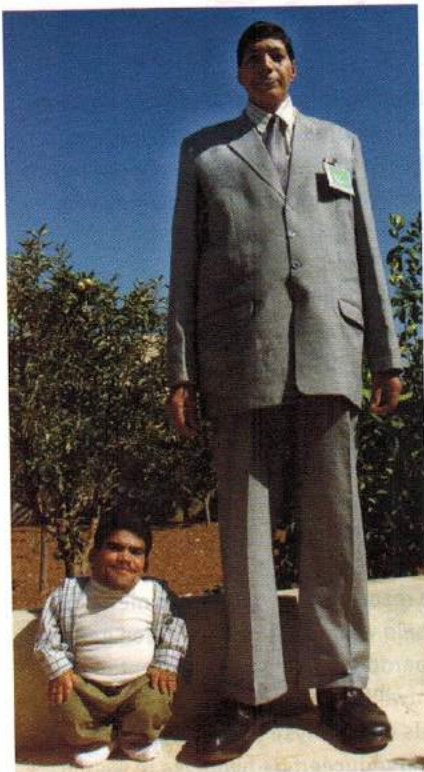
Het **antidiuretisch hormoon (ADH)** regelt de resorptie van water in de nieren bij de vorming van urine. Hierdoor kan de hoeveelheid water in de urine worden geregeld. De osmotische waarde van het bloed blijft daardoor min of meer constant.

Het **groeihormoon (GH)** regelt de groei en ontwikkeling. In de puberteit stimuleert het groeihormoon de groei van beenderen. Als de hypofyse te veel groeihormoon produceert, kan dat reuzengroei veroorzaken. Produceert de hypofyse te weinig groeihormoon, dan kan dwerggroei ontstaan (zie afbeelding 9).

► **Afb. 8** De ligging van de hypothalamus en de hypofyse en hormonen uit de hypofyse met hun doelwitorganen.



▼ **Afb. 9** Reuzengroei en dwerggroei.



#### DE SCHILDKLIJER

De **schildklier** ligt in de hals, voor het strottenhoofd, tegen de luchtpijp aan (zie afbeelding 10). De schildklier produceert onder andere **thyroxine**. Dit hormoon beïnvloedt de stofwisseling en bij kinderen ook de groei en ontwikkeling van het beenderstelsel en het centrale zenuwstelsel.

TSH uit de hypofyse stimuleert de secretie van thyroxine. Thyroxine remt de secretie van TSH. Als de concentratie van thyroxine in het bloed daalt, neemt de secretie van TSH toe. Doordat de concentratie van TSH stijgt, wordt de secretie van thyroxine gestimuleerd. Daardoor stijgt de concentratie van thyroxine in het bloed weer.

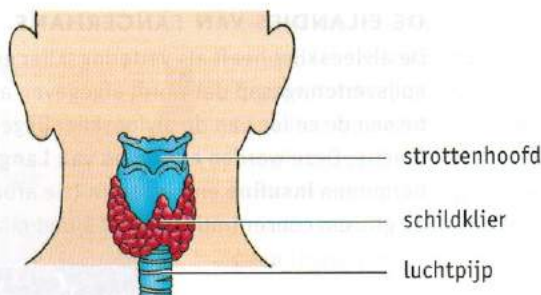
Als de schildklier te veel thyroxine produceert, neemt de intensiteit van de stofwisseling toe. Dat kan onder meer leiden tot gewichtsverlies, toename van de eetlust en rusteloosheid.

Als de schildklier te weinig thyroxine produceert, neemt de intensiteit van de stofwisseling af. Dat kan leiden tot gewichtstoename en vermoeidheid. Je krijgt het dan ook snel koud. Bij kinderen blijven de geestelijke en lichamelijke ontwikkeling achter.

Dwerggroei kan ook een gevolg zijn van een te lage productie van thyroxine vanaf de geboorte. Deze vorm van dwerggroei gaat vaak gepaard met een beperkte geestelijke ontwikkeling.

Een te lage productie van thyroxine kan komen doordat er te weinig jood in het voedsel voorkomt. Jood is noodzakelijk voor de vorming van thyroxine. Veel broodbakkers in Nederland gebruiken bij het bakken van brood zogenoemd bakkerszout. Dit is gewoon keukenzout waaraan een beetje jodiumzout is toegevoegd. Een tekort aan jodium komt in Nederland niet veel meer voor.

► **Afb. 10** De ligging van de schildklier.

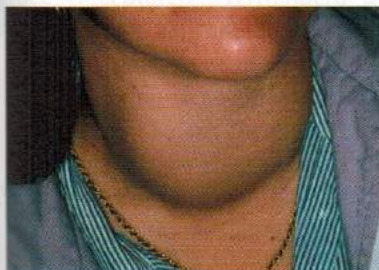


**opdracht 3**

▼ **Afb. 11** Een persoon met acromegalie.



▼ **Afb. 12** Een struma.



**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Wat is de functie van de hypothalamus?
- 2 Waarom kun je de hypofyse het 'regelcentrum' van het hormoonstelsel noemen?
- 3 Bij acromegalie (zie afbeelding 11) blijft de hypofyse van een persoon groeihormoon produceren. De oorzaak hiervan is meestal een goedaardig gezwel dat zich in de hypofyse heeft ontwikkeld. Een volwassen persoon heeft alleen nog maar groeihormoonreceptoren in de weefsels van zijn handen, voeten en gezicht. Wat zijn de gevolgen van een te hoge productie van groeihormoon bij een volwassen persoon?

De volgende gegevens horen bij de vragen 4 tot en met 7.

In de eerste week na de geboorte krijgt elke baby in Nederland een hielprik. Het bloed wordt onderzocht op een aantal zeldzame ziekten. Een van deze ziekten is congenitale hypothyreoïdie (CHT of CH). Een kind met CHT maakt te weinig schildklierhormoon aan doordat de schildklier afwezig is of niet goed werkt.

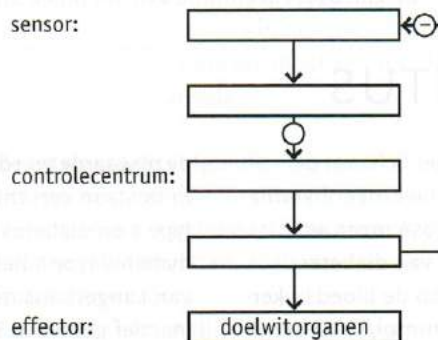
- 4 Heeft een kind met CHT veel of weinig TSH in zijn bloed? Leg je antwoord uit.
- 5 Wat zijn de gevolgen voor een kind als CHT niet wordt behandeld?
- 6 Hoe kan CHT worden behandeld?
- 7 Waarom verloopt de ontwikkeling van een baby met CHT vóór de geboorte normaal?
- 8 Een struma (krop) is een sterk vergrote schildklier bij een volwassen persoon (zie afbeelding 12). Dit kan het gevolg zijn van een te actieve schildklier, een te weinig actieve schildklier of een schildkliertumor. Vroeger werd een struma vaak veroorzaakt doordat er te weinig jood in het voedsel voorkwam. Hoe kan een struma ontstaan door een tekort aan jood in het voedsel?

**opdracht 4**

► **Afb. 13** Regeling van de thyroxineconcentratie in het bloed door negatieve terugkoppeling.

In afbeelding 13 is een schema van een regelkring getekend.

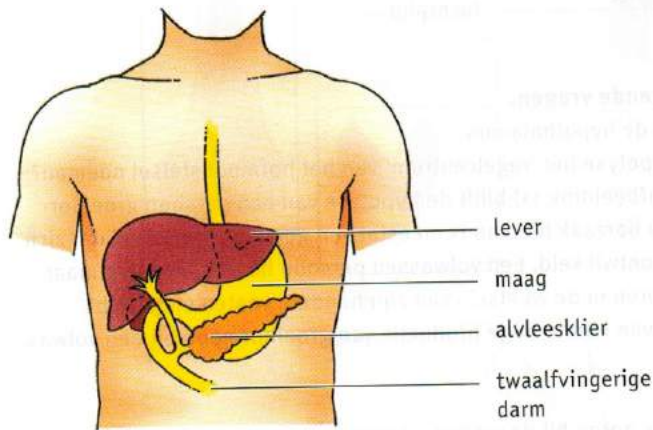
Neem het schema over en vul het in. Gebruik hierbij: *hypofyse – schildklier – TSH – thyroxine – +*.



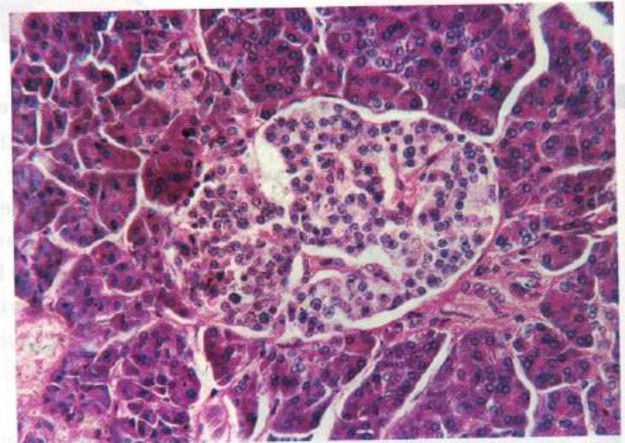
**DE EILANDJES VAN LANGERHANS**

De alvleesklier heeft als verteringsklier een exocriene functie. Hij produceert een spijsverteringssap dat wordt afgegeven aan de twaalfvingerige darm. Verspreid tussen de cellen van de alvleesklier liggen groepjes cellen met een endocriene functie. Deze worden **eilandjes van Langerhans** genoemd. Ze produceren de hormonen **insuline** en **glucagon** (zie afbeelding 14). Deze hormonen regelen dat de glucoseconcentratie van het bloed min of meer constant blijft.

▼ Afb. 14



1 de ligging van de alvleesklier



2 een eilandje van Langerhans (500x vergroot)

De glucoseconcentratie van het bloed noemt men ook wel de **bloedsuikerspiegel** (of bloedglucosespiegel). De glucoseconcentratie wordt bij een gezonde persoon gehandhaafd tussen de 4,0 en de 8,0 mmol/L. De normwaarde is 5,0 mmol/L (0,9 g/L).

In je voedsel komen vrijwel altijd koolhydraten voor. Die worden in je darmkanaal verteerd, vooral tot glucose. Glucose wordt in de dunne darm opgenomen in het bloed. De glucoseconcentratie van het bloed zal daardoor boven de normwaarde van 5,0 mmol/L stijgen. Cellen in de eilandjes van Langerhans gaan dan meer insuline produceren. Insuline stimuleert de cellen in het lichaam om meer glucose op te nemen uit het bloed. Cellen in de lever en in spieren zetten de glucose om in glycogeen. Glycogeen wordt in deze cellen opgeslagen. De glucoseconcentratie van het bloed zal hierdoor dalen.

Als je een tijdje niet hebt gegeten, kan de glucoseconcentratie van je bloed beneden de normwaarde van 5,0 mmol/L zakken. De eilandjes van Langerhans produceren dan glucagon. Dit stimuleert in de lever en in spieren de omzetting van glycogeen in glucose. Glucose wordt vervolgens afgegeven aan het bloed waardoor de glucoseconcentratie van het bloed stijgt.

**DIABETES MELLITUS**

Bij diabetes mellitus (suikerziekte) kan het lichaam de normwaarde voor de bloedsuikerspiegel niet meer handhaven doordat de lichaamscellen geen glucose meer uit het bloed kunnen opnemen. Er is sprake van diabetes mellitus wanneer bij een nuchtere persoon de bloedsuikerspiegel een waarde bereikt boven de 7,0 mmol/L. Bij een niet-nuchtere persoon is de bovengrens 11,0 mmol/L. Deze waarde noemt men de *nierdrempel*. Bij overschrijding van

deze waarde wordt glucose met de urine uitgescheiden. Er bestaan verschillende vormen van diabetes. Diabetes type 1 en diabetes type 2 komen het meest voor. Bij diabetes type 1 heeft het afweersysteem in de eilandjes van Langerhans de cellen die insuline maken vernietigd of inactief gemaakt. Er wordt dan helemaal geen insuline meer geproduceerd. De patiënt moet daardoor elke dag insuline inspuiten en meerdere malen zijn bloedsuikerspiegel



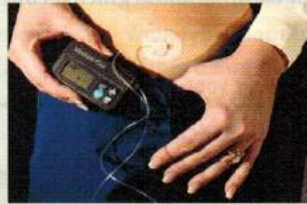
▼ Afb. 15



1 met een insulinepen kan een diabetespatiënt zelf insuline inspuiten



2 met een bloedglucosemeter kan een patiënt zelf zijn bloedglucosegehalte meten



3 een insulinepomp geeft vrijwel continu zeer kleine hoeveelheden insuline af

werd vroeger ook wel 'ouderdomsdiabetes' genoemd, omdat veel mensen deze vorm pas op latere leeftijd kregen. Tegenwoordig komt het steeds vaker bij jonge mensen voor. Diabetes type 2 kan worden behandeld met medicijnen die het glucosegehalte van het bloed omlaag brengen of die het lichaam weer gevoeliger maken voor insuline. Uiteindelijk moeten ook veel patiënten met diabetes type 2 insuline gaan inspuiten.

Het komt regelmatig voor dat mensen niet weten dat ze diabetes hebben. Ze hebben onduidelijke klachten die iedereen weleens heeft. Klachten die kunnen wijzen op diabetes zijn:

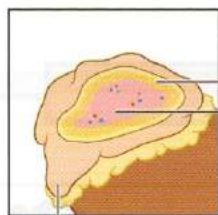
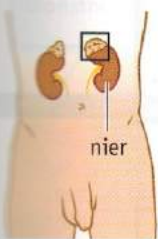
- bij type 1: veel dorst, veel plassen, oogklachten (bijvoorbeeld wazig zien), je ziek en beroerd voelen, afvallen zonder reden;
- bij type 2: veel dorst, veel plassen, wondjes genezen slecht, vermoeidheid, vaak terugkerende infecties. Vooral bij diabetes type 2 zijn de symptomen moeilijk te herkennen.

controleren. Een insulinepomp kan deze rol overnemen (zie afbeelding 15).

Ongeveer 90% van de diabetespatiënten heeft diabetes type 2. Bij dit type maken de cellen in de eilandjes van Langerhans te weinig insuline of reageert het lichaam niet goed meer op insuline, doordat de gevoeligheid van de glucosereceptoren is verminderd. Deze vorm van diabetes

In 2011 hadden ongeveer 1 miljoen mensen in Nederland diabetes. Daarvan wisten ongeveer 250 000 mensen niet eens dat zij de ziekte hebben. Als gevolg van diabetes kunnen mensen te maken krijgen met hart- en vaatziekten, oogproblemen, nierschade, aangetaste zenuwen, dementie, schade aan de hersenen en depressie.

▼ Afb. 16 De ligging van de bijnieren.



## DE BIJNIEREN

De bijnieren liggen als kapjes boven op de nieren. Een bijnier bestaat uit bijnierschors en **bijniermerg** (zie afbeelding 16). In stressvolle situaties produceert bijniermerg het hormoon **adrenaline**, bijvoorbeeld wanneer je woedend of angstig bent of wanneer je ergens enorm van schrikt. Het is een hormoon met een snelle, kortdurende werking. Onder invloed van adrenaline, zetten cellen in de lever en in spieren glycogeen om in glucose. Hierdoor stijgt de concentratie van glucose in het bloed. Ook gaat het hart sneller kloppen, ga je sneller ademen en verwijden de bloedvaten naar de spieren en de hersenen zich. Organen die niet belangrijk zijn voor een snelle reactie worden geremd, zoals de organen van het verteringsstelsel. Zo stelt adrenaline het lichaam in staat om in stressvolle situaties alert te zijn en snel te kunnen handelen.

### opdracht 5

#### Beantwoord de volgende vragen.

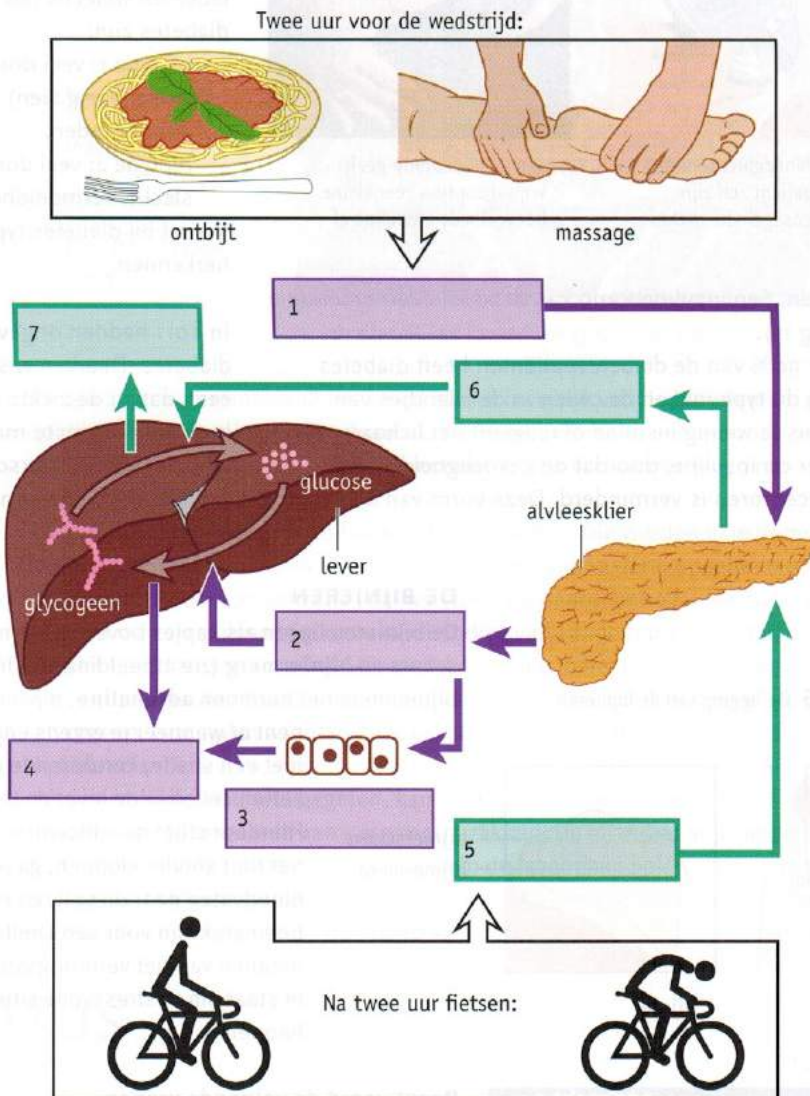
Het menu van een wielrenner die deelneemt aan de Tour de France is zorgvuldig samengesteld. Het bestaat voor ongeveer 70% uit voedingsmiddelen die veel koolhydraten bevatten, zoals aardappelen, rijst, pasta, cornflakes, volkorenbrood, fruit en groenten.

Een renner begint zijn dag twee of drie uur voor de start van een wedstrijd met een uitgebreid koolhydraatrijk ontbijt. Dat is voor zo'n zware sportinspanning het meest ideaal. De wielrenner zal dan niet snel honger krijgen en zijn lichaam heeft

voldoende tijd om het eten te verteren. Een bord spaghetti als ontbijt is dus heel gewoon.

- 1 Wat is de bloedsuikerspiegel?
- 2 Bevat je bloed na het eten van een bord spaghetti veel insuline of veel glucagon? Leg je antwoord uit.
- 3 Hoe zorgt insuline ervoor dat de glucoseconcentratie van het bloed na het eten van een bord spaghetti weer daalt tot de normwaarde?
- 4 Na twee uur fietsen daalt de bloedsuikerspiegel van de wielrenner. Bevat zijn bloed dan veel insuline of veel glucagon? Leg je antwoord uit.
- 5 Afbeelding 17 is een regelkring van de glucoseconcentratie van het bloed bij een wielrenner.

► **Afb. 17** De regelkring van de glucoseconcentratie van het bloed bij een wielrenner.



Noteer de cijfers 1 tot en met 7 onder elkaar in je schrift. Noteer achter elk nummer het juiste onderdeel van de regelkring. Gebruik hierbij: *bloedsuikerspiegel daalt – bloedsuikerspiegel stijgt – glucagon – hoge bloedglucoseconcentratie – insuline – lage bloedglucoseconcentratie – stimuleert de cellen om meer glucose op te nemen.*

## opdracht 6

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is er aan de hand bij diabetes mellitus?
- 2 Een niet-nuchtere persoon heeft een bloedglucosewaarde van 7,2 mmol/L. Kan er bij deze persoon sprake zijn van diabetes mellitus? Leg je antwoord uit.

Lisa is 17 jaar. Ze drinkt meer dan normaal, omdat ze altijd dorst heeft en ze moet tijdens de lessen vaak naar het toilet. Ook kan ze zich moeilijk concentreren, is ze gauw moe en heeft ze de laatste tijd vaak last van blaasontsteking. Haar huisarts ontdekt dat Lisa diabetes mellitus heeft.

De vragen 3 tot en met 5 gaan over de diabetes van Lisa.

- 3 Welk type diabetes heeft Lisa waarschijnlijk?
- 4 Wat is de oorzaak van diabetes type 2?
- 5 Waardoor is Lisa gauw moe?
- 6 Adrenaline wordt in het Engels het 'fight or flight'-hormoon genoemd. Leg dat uit.
- 7 Hormonen reguleren geleidelijke veranderingen en de effecten houden vaak lang aan. Geldt dit ook voor adrenaline? Leg je antwoord uit.
- 8 Het onweert. Bij een harde donderslag schrikt een paard en het slaat op hol. Wat gebeurt er met de hartslagfrequentie en met de ademfrequentie?
- 9 Wordt de doorbloeding van de spieren in de poten groter of kleiner?
- 10 Wat gebeurt er met de vertering bij het paard?

## ▼ Afb. 18

## Bronst

De bronsttijd is een periode waarin dieren drang hebben om te paren. De hypofyse van dieren gaat een hormoon afscheiden dat hormonale veranderingen veroorzaakt in het lichaam van het dier. Het dier wordt bronstig (of tochtig). De bronsttijd van een diersoort begint met het vruchtbaar worden van het wijfje. In de eierstokken wordt het bronsthormoon geproduceerd waardoor

in de baarmoeder veranderingen plaatsvinden in verband met een eventuele dracht (zwangerschap). De mannetjes reageren hierop. Bij zowel mannelijke als vrouwelijke dieren zijn tijdens de bronsttijd vaak veranderingen in gedrag en uiterlijk waar te nemen. Door een verhoogde hoeveelheid testosteron zijn mannelijke dieren beter in staat om te concurreren met andere mannetjes. Vrouwjes worden onrustiger. Zij zetten

geursporen uit als zij solitair leven zodat mannetjes ze op het spoor kunnen komen. Wanneer zij in groepen leven, zoeken ze toenadering tot de dominante mannetjes. De bronst van het vrouwtje eindigt als zij is bevrucht. Meestal is zij dan niet langer seksueel interessant voor partners of zal ze mannetjes afweren. Een vrouwelijk dier wordt niet bronstig als zij een jong zoogt.

## opdracht 7

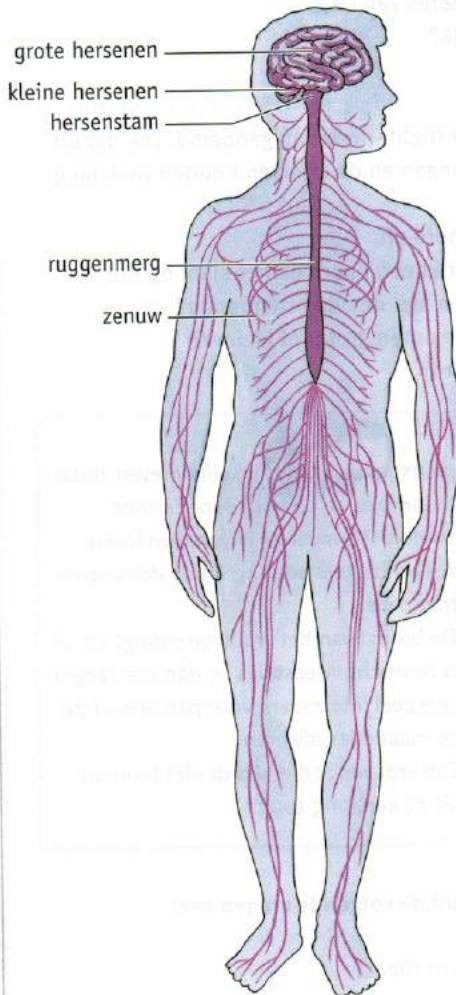
## Afbeelding 18 gaat over bronst. Beantwoord de volgende vragen over afbeelding 18.

Gebruik hierbij de gegevens over hormonen in *Binas*.

- 1 Welk hypofysehormoon bij de mens komt overeen met het hormoon dat bij dieren in de bronsttijd wordt afgescheiden door de hypofyse en dat hormonale veranderingen veroorzaakt in het lichaam van het dier?
- 2 Met welk hormoon bij de mens is het bronsthormoon te vergelijken?
- 3 Als een koe drachtig (zwanger) is, produceert ze het 'drachtigheidshormoon'. Dit hormoon stimuleert onder andere de ontwikkeling van de melkklieren in de uier. Ook de mens produceert een dergelijk hormoon. Welke delen van het lichaam van een drachtige koe produceren dit hormoon?
- 4 Bij een dier dat zoogt, komt een hormoon vrij dat de melkproductie in de melkklieren stimuleert. Het zorgt er ook voor dat er dan geen eicellen vrijkomen uit de eierstokken. Welk hormoon is dit?

# 3 Het zenuwstelsel

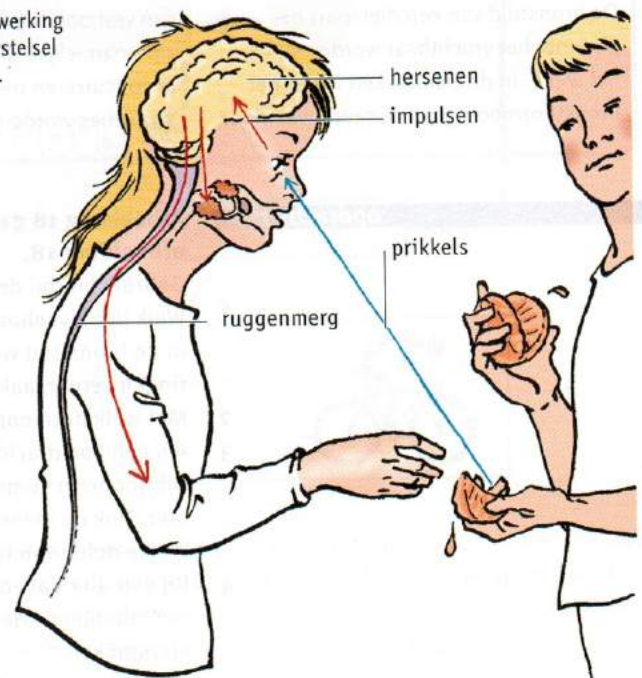
▼ Afb. 19 Het zenuwstelsel (schematisch).



Het zenuwstelsel bestaat uit het centrale zenuwstelsel en het perifere zenuwstelsel. Het **centrale zenuwstelsel** bestaat uit de **grote hersenen**, **kleine hersenen**, **hersenstam** en **ruggenmerg**. Het **perifere zenuwstelsel** bestaat uit **zenuwen** (zie afbeelding 19). De zenuwen verbinden het centrale zenuwstelsel met alle delen van het lichaam.

Het zenuwstelsel speelt een belangrijke rol bij het tot stand komen van gedrag. We leggen de werking van het zenuwstelsel uit aan de hand van een voorbeeld. Wanneer een klasgenoot in de pauze een sinaasappel pelt, zie en ruik je de sinaasappel. Je krijgt zin in een stukje sinaasappel en begint te watertanden. Je klasgenoot geeft je een stukje, je pakt het aan en stopt het in je mond. In afbeelding 20 is schematisch weergegeven welke processen daarbij in je lichaam plaatsvinden. Zintuigcellen in je ogen vangen lichtstralen op, afkomstig van de sinaasappel. Zintuigcellen in je neus nemen de geur van de sinaasappel waar. Lichtstralen en geuren zijn voorbeelden van **prikkels**. Een prikkel is een invloed uit het milieu op een organisme. Onder invloed van prikkels ontstaan in zintuigcellen **impulsen**. De impulsen die ontstaan in de zintuigcellen in je ogen en in je neus worden door zenuwen naar je hersenen geleid. Daar worden de impulsen verwerkt. De hersenen reageren door het afgeven van impulsen. Deze worden door zenuwen naar je speekselklieren en naar bepaalde spieren in je arm geleid. Je speekselklieren reageren op de impulsen door speeksel af te scheiden, waardoor je gaat watertanden. Spieren in je arm reageren op de impulsen door zich samen te trekken, waardoor je het stukje sinaasappel kunt aanpakken en in je mond kunt stoppen. Zintuigcellen worden **receptoren** genoemd (receptor = ontvanger). Ze vangen prikkels op uit het milieu en zetten deze om in impulsen. Doordat zenuwcellen

► Afb. 20 De werking van het zenuwstelsel (schematisch).



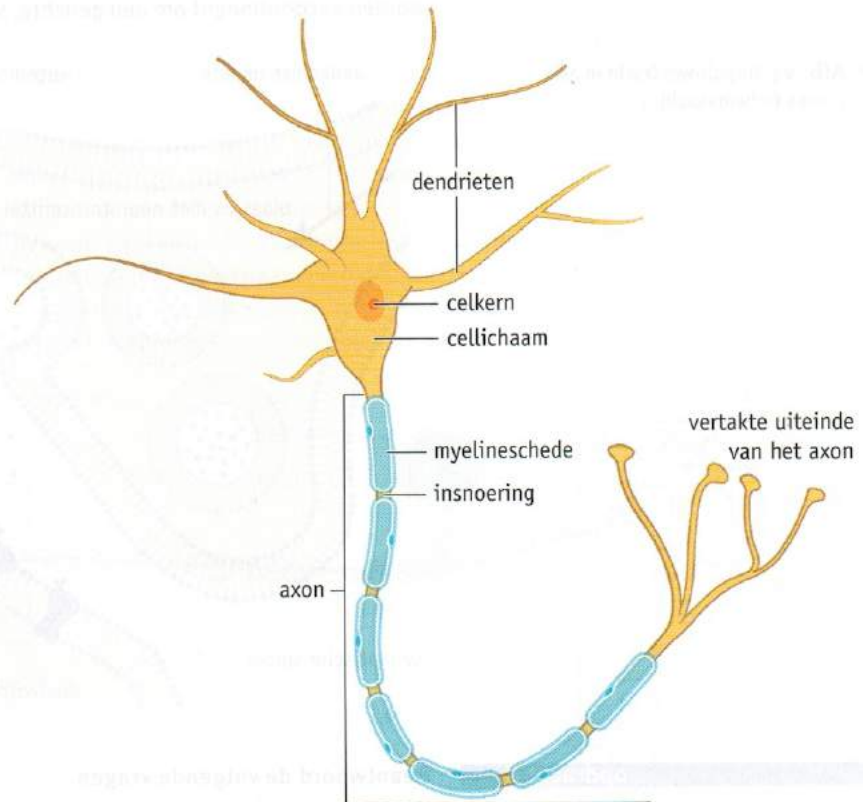
impulsen geleiden, worden zenuwcellen **conductoren** genoemd (conductor = geleider). Spieren reageren op impulsen door samen te trekken of te ontspannen. Klieren reageren op impulsen door stoffen af te scheiden. Spiercellen en kliercellen worden **effectoren** genoemd (effector = uitvoerder).

### ZENUWCELLEN

Het zenuwstelsel bestaat uit **zenuwcellen (neuronen)**. Zenuwcellen geven signaal-moleculen af die we **neurotransmitters** noemen. Een zenuwcel is opgebouwd uit een cellichaam met uitlopers (zie afbeelding 21).

In het cellichaam bevinden zich de kern en het grootste deel van het cytoplasma met mitochondriën, ribosomen en endoplasmatisch reticulum.

► Afb. 21 Een zenuwcel (schematisch).



▼ Afb. 22 Een foto van een cel met uiteinden van axonen (SEM, vergroting 6000x).



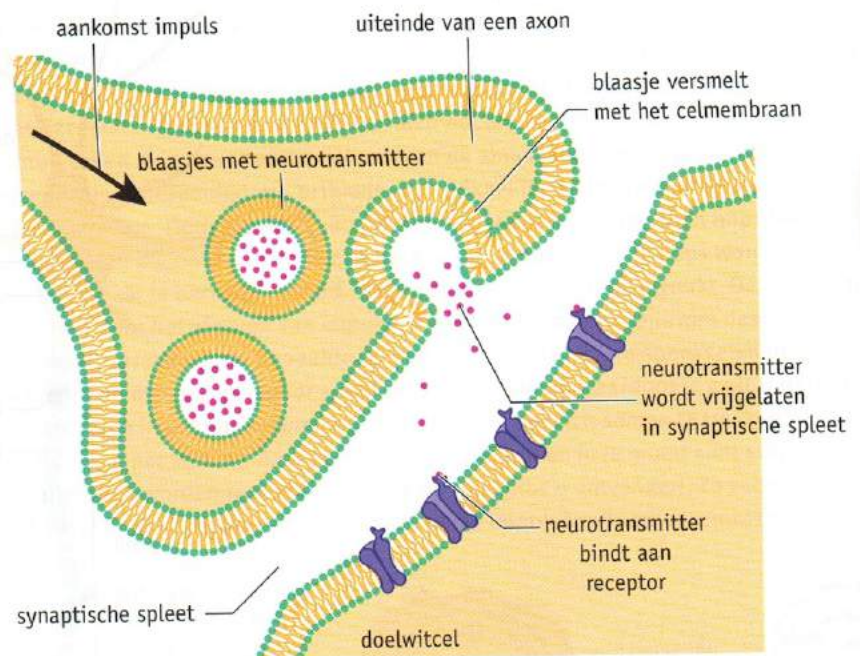
uiteinde van een axon

Uitlopers van bepaalde zenuwcellen zijn omgeven door een **myelineschede**. Een myelineschede bestaat uit **cellen van Schwann**. Tussen twee opeenvolgende cellen van Schwann zit een kleine onderbreking, een **insnoering**.

Zenuwcellen kunnen **impulsen** ontvangen en doorgeven. Impulsen zijn een soort elektrische signalen. Een uitloper die impulsen ontvangt en naar het cellichaam toe geleidt, heet een **dendriet**. Een uitloper die impulsen van het cellichaam af geleidt, heet een **axon** (of **neuriet**). De uiteinden van dendrieten en axonen zijn meestal sterk vertakt. Hierdoor kan een zenuwcel contact hebben met veel andere cellen. De vertakkingen van een axon eindigen in **synapsen** (zie afbeelding 22). Dat zijn plaatsen waar een impuls van de ene cel naar de andere cel wordt doorgegeven. Een synaps is een spleet tussen het uiteinde van een axon van een zenuwcel en een doelwitcel. Dat kan een andere zenuwcel, een spiercel, een endocriene cel of een exocriene cel zijn. Wanneer een impuls aankomt in het uiteinde van een

axon, versmelten blaasjes met neurotransmitters in het uiteinde van dit axon met het celmembran waardoor de inhoud in de synaptische spleet wordt vrijgelaten (zie afbeelding 23). De neurotransmitters binden zich vervolgens aan receptoren in het membraan van de doelwitcel en kunnen daardoor een reactie in deze cel in gang zetten of stoppen. Door de binding aan de receptoren, kunnen bijvoorbeeld impulsen aan een andere zenuwcel worden doorgegeven. Hierna laten de neurotransmitters los en worden ze weer door het axon opgenomen of door enzymen in de synaptische spleet afgebroken. Communicatie via zenuwcellen is snel en doelgericht, doordat de impulsen snel worden voortgeleid via uitlopers en de neurotransmitters vrijkomen bij de doelwitcel. Zo kan bijvoorbeeld het samentrekken van vele spiercellen tegelijkertijd worden gecoördineerd om een gerichte, snelle beweging mogelijk te maken.

► Afb. 23 Impulsoverdracht in een synaps (schematisch).



#### opdracht 8

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is een impuls?
- 2 Een zenuwcel bestaat uit verschillende delen. Hoe heten de uitlopers die impulsen naar het cellichaam toe geleiden? En hoe heten de uitlopers die impulsen van het cellichaam af geleiden?
- 3 Waardoor kunnen impulsen in synapsen maar in één richting worden doorgegeven?
- 4 Hormonen en neurotransmitters zijn signaalmoleculen. Welke van deze signaalmoleculen zijn het meest geschikt om snelle bewegingen te coördineren? Leg je antwoord uit.

#### opdracht 9

Neem het volgende schema over en vul het in. Gebruik hierbij:

- bij 1: *hormonen – neurotransmitters*;
- bij 2: *blaasjes in het uiteinde van een axon – een endocriene klier (hormoonklier)*;
- bij 3: *de synaptische spleet – het bloed*;
- bij 4: *geleidelijke veranderingen – snelle en doelgerichte reacties*.

	Hormoonstelsel	Zenuwstelsel
1 De signaalmoleculen die worden gebruikt zijn		
2 De signaalmoleculen zijn afkomstig uit		
3 De signaalmoleculen bereiken de receptoren van de doelwitcel via		
4 De vorm van regeling is vooral geschikt voor		

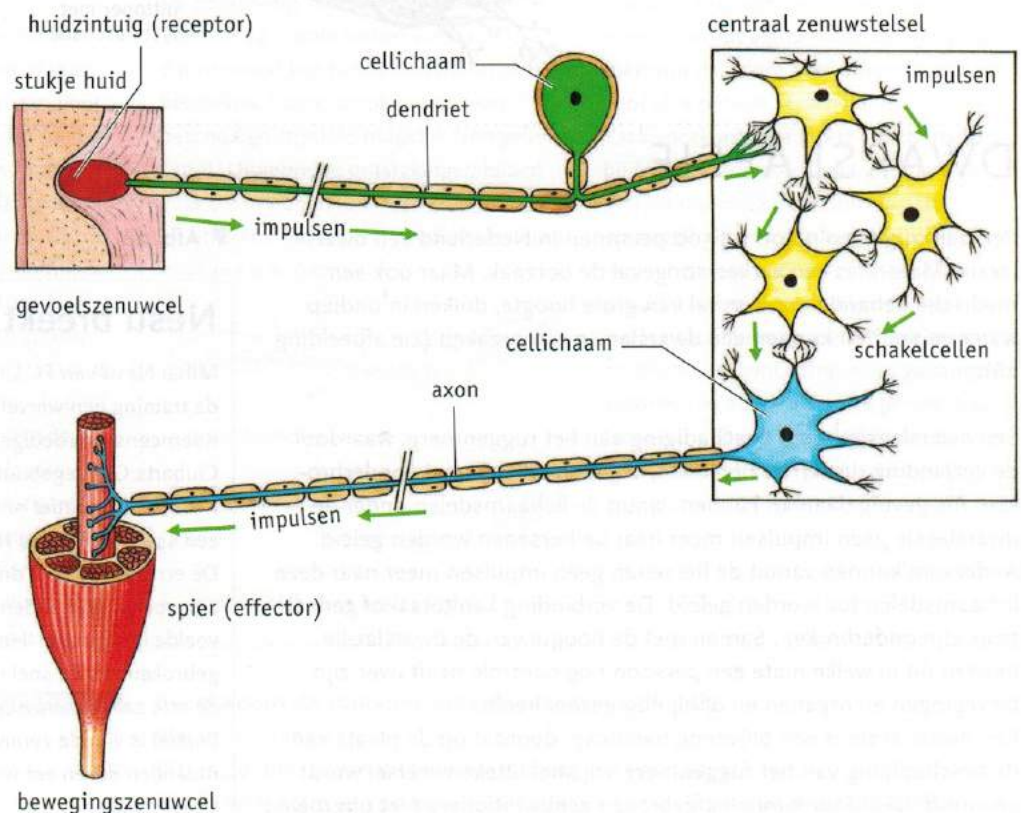
Er zijn drie typen zenuwcellen: gevoelszenuwcellen, schakelcellen en bewegingszenuwcellen (zie afbeelding 24).

**Gevoelszenuwcellen** (sensorische zenuwcellen) geleiden impulsen van zintuigcellen naar het centrale zenuwstelsel. De cellichamen van de meeste gevoelszenuwcellen liggen vlak bij het centrale zenuwstelsel. Een gevoelszenuwcel heeft één lange dendriet en een korte axon. Soms is de dendriet wel een meter lang.

**Schakelcellen** geleiden impulsen binnen het centrale zenuwstelsel. Schakelcellen kunnen impulsen ontvangen van gevoelszenuwcellen en deze doorgeven aan bewegingszenuwcellen. Ze kunnen ook impulsen ontvangen van andere schakelcellen of impulsen doorgeven aan andere schakelcellen. Schakelcellen liggen geheel binnen het centrale zenuwstelsel.

**Bewegingszenuwcellen** (motorische zenuwcellen) geleiden impulsen van het centrale zenuwstelsel naar spieren en klieren. De cellichamen van de meeste bewegingszenuwcellen liggen in het centrale zenuwstelsel. Een bewegingszenuwcel heeft meerdere korte dendrieten en één lang axon.

► **Afb. 24** Typen zenuwcellen (schematisch).



## ZENUWEN

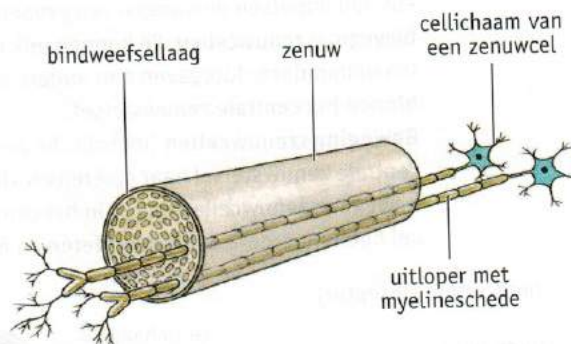
De uitlopers van gevoelszenuwcellen en bewegingszenuwcellen liggen bij elkaar in **zenuwen** (zie afbeelding 25). De myelineschede isoleert uitlopers in een zenuw van elkaar. Om een zenuw heen ligt een laag bindweefsel. Deze zorgt voor bescherming.

Er zijn drie typen zenuwen: gevoelszenuwen, bewegingszenuwen en gemengde zenuwen. Een **gevoelszenuw** bevat alleen uitlopers van gevoelszenuwcellen. Voorbeelden van gevoelszenuwen zijn de oogzenuwen. Deze geleiden impulsen van de zintuigcellen in je ogen naar het centrale zenuwstelsel.

Een **bewegingszenuw** bevat alleen uitlopers van bewegingszenuwcellen.

Een **gemengde zenuw** bevat zowel uitlopers van gevoelszenuwcellen als van bewegingszenuwcellen. De meeste zenuwen zijn gemengde zenuwen. Voorbeelden van gemengde zenuwen zijn de zenuwen die armen of benen verbinden met het ruggenmerg.

► Afb. 25 Een zenuw met enkele zenuwcellen (schematisch).



## DWARSLAESIE

Per jaar krijgen zo'n 400 tot 500 personen in Nederland een dwarslaesie. Meestal is een verkeersongeval de oorzaak. Maar ook een medische behandeling, een val van grote hoogte, duiken in ondiep water en sporten kunnen een dwarslaesie veroorzaken (zie afbeelding 26).

Een dwarslaesie is een beschadiging aan het ruggenmerg, waardoor de verbinding tussen de hersenen, organen en spieren is onderbroken. Als gevolg daarvan kunnen vanuit de lichaamsdelen onder de dwarslaesie geen impulsen meer naar de hersenen worden geleid. Andersom kunnen vanuit de hersenen geen impulsen meer naar deze lichaamsdelen toe worden geleid. De verbinding kan totaal of gedeeltelijk zijn onderbroken. Samen met de hoogte van de dwarslaesie bepaalt dit in welke mate een persoon nog controle heeft over zijn bewegingen en organen en of hij nog gevoel heeft.

Een dwarslaesie is een blijvende handicap, doordat op de plaats van de beschadiging van het ruggenmerg vrij snel littekenweefsel wordt gevormd. Daardoor kunnen afgebroken zenuwuitlopers niet uitgroeien naar het lagere deel van het ruggenmerg.

▼ Afb. 26

### Nesu breekt wervel

Mihai Nesu van FC Utrecht heeft dinsdag tijdens de training een wervel in zijn nek gebroken. De Roemeense verdediger is met spoed geopereerd. Clubarts Goedegebuure schrijft op de clubsite dat het om een relatief onschuldig duel ging, waarbij een speler boven op Nesu viel.

De ernst werd hem duidelijk toen Nesu zei dat hij zijn voeten en handen niet kon bewegen en pijn voelde in zijn nek. 'Het belangrijkste is dat de gebroken wervel snel wordt vastgezet.' Volgens de arts zal nog moeten blijken hoe het functioneel herstel is van de zenuwen. 'Het kan dagen, zelfs maanden duren eer we daarover een oordeel kunnen vellen.'

Bron: de Volkskrant, 11-05-2011.



## opdracht 10

## Beantwoord de volgende vragen over de context 'Dwarslaesie'.

Na drie maanden revalidatie vertelt Mihai Nesu in een interview dat alleen zijn rechterarm en zijn hoofd nog volledig functioneren. Als hij een douche neemt, voelt hij het water alleen over de rechterkant van zijn lichaam stromen.

- 1 Welke delen van het centrale zenuwstelsel functioneren nog volledig bij Mihai Nesu? Gebruik afbeelding 19 bij het beantwoorden van deze vraag.
- 2 Is de dwarslaesie in de nek van Nesu totaal of gedeeltelijk? Leg je antwoord uit.
- 3 Wat is een prikkel?
- 4 Wat zijn de receptoren als Mihai Nesu tijdens het douchen het water over de rechterkant van zijn lichaam voelt stromen? En wat zijn de conductoren?
- 5 Noem twee functies van het zenuwstelsel en geef aan welke functie bij Mihai Nesu het meest is verstoord.
- 6 Welke uitlopers kunnen bij gevoelszenuwcellen heel lang zijn? Geef een voorbeeld.
- 7 Mihai Nesu kan zijn rolstoel besturen met zijn rechterarm. Welke zenuwcellen geleiden impulsen om spieren in zijn hand te laten samentrekken?
- 8 Welke uitlopers geleiden impulsen naar spieren in zijn hand?
- 9 Wat is de functie van schakelcellen?

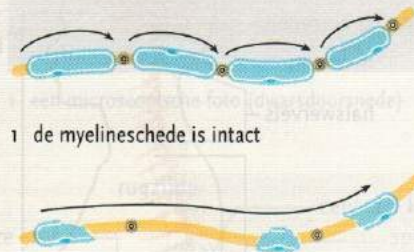
## ▼ Afb. 27

## Multiple sclerose (MS)

Multiple sclerose (MS) is een auto-immuunziekte. Hierbij ziet het afweersysteem eigen lichaamscellen aan voor vreemde cellen (auto = zelf). Bij mensen met MS ontstaat hierdoor een ontstekingsreactie in het zenuwstelsel waarbij de myelinedeinde om de axonen wordt aangetast. Op verschillende (multiple) plaatsen in het centrale zenuwstelsel wordt de myelinedeinde daardoor afgebroken (zie tekening 1 en 2). Ook de axonen zelf kunnen worden beschadigd. Door afbraak van de myelinedeinde rond de axonen blijven de uitlopers ontbloot achter. Hierdoor verloopt de geleiding van impulsen veel moeizamer, kunnen de impulsen 'weglekken' en kan zelfs een blokkade of 'kortsluiting' in de

informatieoverdracht optreden.

De ontsteking van de myeline neemt meestal na enkele weken weer af. Op dat moment kan het zenuwstelsel zich herstellen. Soms is ook herstel van beschadigd myeline mogelijk (remyelinisatie). Uitgebreide ontstekingen leiden vaak tot het ontstaan van verhardingen en littekens (sclerose). Vandaar de naam multiple sclerose.



1 de myelinedeinde is intact

2 de myelinedeinde is beschadigd

De klachten bij MS hangen af van de plaats in het centrale zenuwstelsel waar myeline wordt afgebroken. De symptomen zijn daardoor zeer uiteenlopend en voor elke patiënt verschillend. Vaak voorkomende ziekteverschijnselen bij MS zijn: vermoeidheid, problemen met de motoriek door spierzwakte, spierstijfheid en kramp in de spieren, evenwichts- en coördinatiestoornissen, pijn, blaas- en darmproblemen, seksuele problemen, gevoelsstoornissen, oogklachten, concentratie- en geheugenstoornissen en depressieve gevoelens. Door het gebruik van medicijnen kunnen de meeste van deze problemen onder controle worden gehouden.

## opdracht 11

## Beantwoord de volgende vragen over afbeelding 27.

- 1 Wat is een zenuw?
- 2 Wat is de functie van de bindweefsel laag om een zenuw?
- 3 Wat is de functie van de myelinedeinde om een uitloper van een zenuwcel?
- 4 Welke gevolgen heeft aantasting van de myelinedeinde?
- 5 Waarom denken veel mensen dat MS een spierziekte is?
- 6 Komen er in een zenuw die het ruggenmerg met een onderarm verbindt uitlopers van gevoelszenuwcellen voor? En uitlopers van bewegingszenuwcellen?

## opdracht 12

Neem het volgende schema over en vul het in.

Gebruik hierbij:

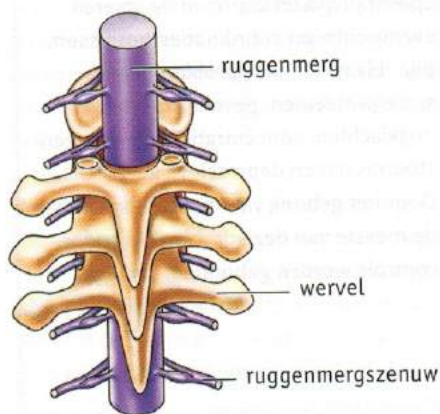
- bij 1: naar het centrale zenuwstelsel toe – van het centrale zenuwstelsel af;
- bij 2: conductoren (schakelcellen) – receptoren (zintuigcellen);
- bij 3: conductoren (schakelcellen) – effectoren (spiercellen of kliercellen);
- bij 4: in het centrale zenuwstelsel – vlak bij het centrale zenuwstelsel.

	Gevoelszenuwcellen	Bewegingszenuwcellen
1 De impulsrichting is		
2 Ontvangen impulsen van		
3 Geleiden impulsen naar		
4 De cellichamen liggen		

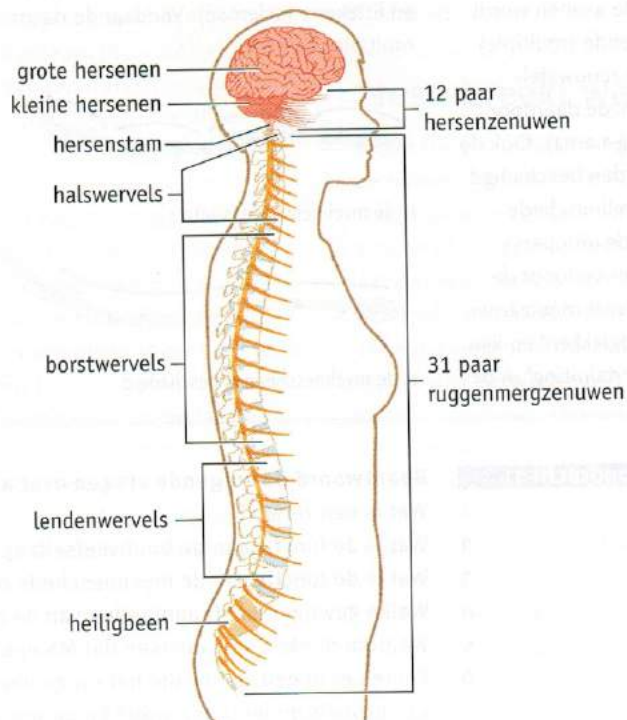
### HET RUGGENMERG

Het ruggenmerg ligt goed beschermd in het wervelkanaal, dat wordt gevormd door de gaten in de op elkaar liggende wervels (zie afbeelding 28). Om het ruggenmerg heen liggen drie **ruggenmergsvliezen** die bescherming bieden. Het ruggenmerg loopt vanaf de bovenste halswervel (de atlas) tot aan de tweede lendenwervel. Van de halswervels tot aan het staartbeen verlaten 31 paar **ruggenmergszenuwen** het wervelkanaal. Ze komen door openingen links en rechts tussen de wervels naar buiten. Vanaf de tweede lendenwervel loopt door het wervelkanaal een waaier van ruggenmergszenuwen (zie afbeelding 29). Ruggenmergszenuwen zijn gemengde zenuwen. Elke zenuw verbindt een bepaald gedeelte van de romp of de ledematen met het ruggenmerg.

▼ Afb. 28 Ligging van het ruggenmerg in de wervelkolom (schematisch).



▼ Afb. 29 Ruggenmergszenuwen en hersenzenuwen (schematisch).

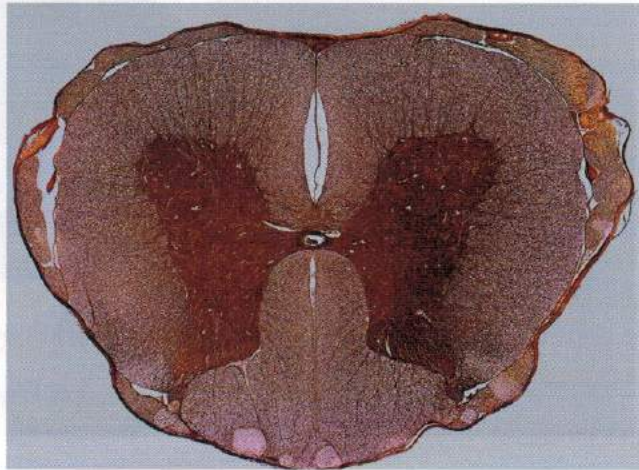


Aan de rugkant komen uitlopers van gevoelszenuwcellen bij elkaar in gevoelszenuwen. De verdikkingen in deze zenuwen worden gevormd door een opeenhoping van cellichamen van gevoelszenuwcellen. Ze heten **ruggenmergszenuwknoten** of **spinale ganglia** (enkelvoud: spinaal ganglion). De cellichamen in de ganglia zijn door axonen verbonden met het ruggenmerg. Uitlopers van bewegingszenuwcellen komen aan de buikkant bij elkaar in bewegingszenuwen. Een gevoelszenuw en een bewegingszenuw komen samen in een ruggenmergszenuw (zie afbeelding 30.2).

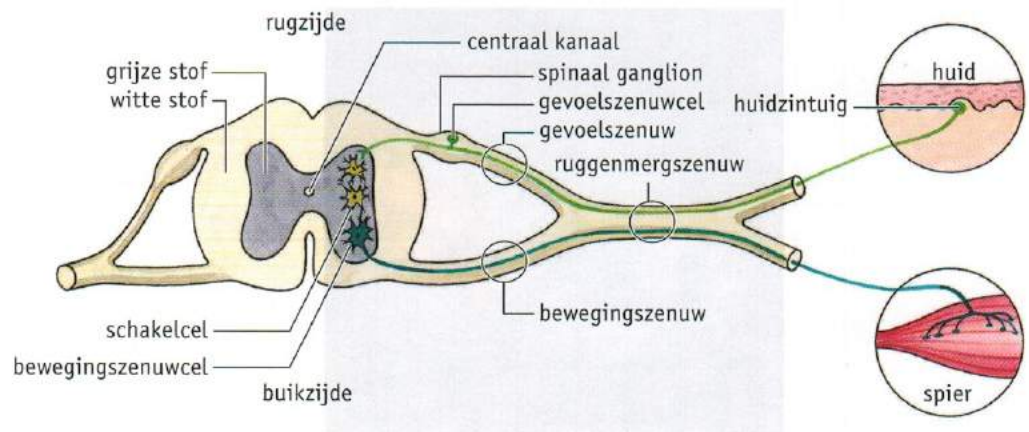
In afbeelding 30 zie je een foto en een schematische tekening van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg. In het buitenste gedeelte ligt de **witte stof**. Hierin liggen veel uitlopers van schakelcellen. Ze geleiden impulsen van en naar de hersenen, dus omlaag en omhoog. De witte kleur wordt veroorzaakt door de myelinescheden die om de uitlopers heen liggen.

In het midden bevindt zich een vlindervormig gedeelte dat donkerder van kleur is. Dit wordt de **grijze stof** genoemd. In het midden en aan de rugzijde in de grijze stof liggen de cellichamen van schakelcellen. Aan de buikzijde liggen de cellichamen van bewegingszenuwcellen.

▼ Afb. 30 Het ruggenmerg.



1 een microscopische foto (dwarsdoorsnede)



2 overzicht van de ligging van zenuwcellen in het ruggenmerg en ruggenmergszenuw (schematisch)

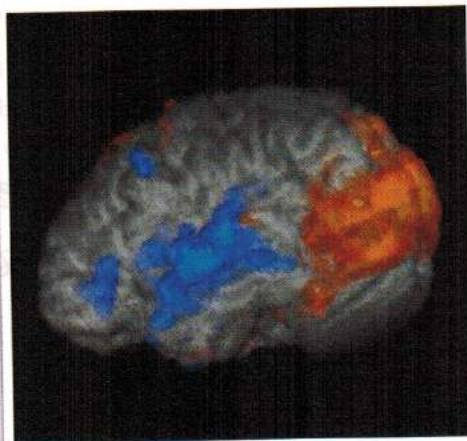
## ▼ Afb. 31

**BIOLOGISCHE TECHNIEK****BREINBEELDTECHNIEK: FMRI**

<b>Doel</b>	fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) is een methode om een scan te maken van de hersenen van een persoon waarbij hersenactiviteit kan worden weergegeven in een driedimensionaal beeld op een computerscherm. Onderzoekers kunnen zo nagaan welke gebieden van de hersenen betrokken zijn bij het verrichten van bepaalde taken zoals praten, een hand bewegen en naar foto's kijken.
<b>Werkwijze</b>	Om een fMRI te kunnen maken, ligt een proefpersoon op een lange, smalle tafel. Hij krijgt een headcoil om zijn hoofd, een koptelefoon op en een knoppenkast in zijn hand. De tafel met de proefpersoon wordt dan de tunnel van een MRI-scanner ingeschoven (zie de afbeelding). Dit is een holle, cilindrische magneet. Op de headcoil is een spiegeltje bevestigd waarmee de proefpersoon door de tunnel naar buiten kan kijken. Daar ziet hij een scherm waarop beelden worden geprojecteerd. Met behulp van de knoppenkast kan de proefpersoon reageren op de geluiden en beelden die worden aangeboden. De activiteit in de hersenen van de proefpersoon kan men ondertussen op een computerscherm volgen. Wanneer de activiteit van de hersenen in een bepaald gebied toeneemt, wordt er meer zuurstof verbruikt. Hierdoor kan worden weergegeven waar de hersenen actief zijn.



**Resultaat** Een afbeelding of computermodel van de hersenen waarop de activiteit van de hersenen is weergegeven. Met fMRI kan men aandoeningen of afwijkingen aantonen of uitsluiten.



Bij een fMRI-scan van de hersenen tijdens horen en zien zijn de gebieden voor horen en zien door de computer verschillend ingekleurd.

## opdracht 13

## PRACTICUM

## DE STROOPTEST

<b>Inleiding</b>	De meesten van ons zijn zo getraind in het lezen van gedrukte woorden dat we ze niet kunnen negeren, zelfs niet als we dat proberen. We lezen woorden automatisch en veel sneller dan dat we de kleur van een woord kunnen noemen. Wanneer de naam van een kleur wordt weergegeven met een andere kleur (bijvoorbeeld <b>blauw</b> ), duurt het nog langer voordat het ons lukt om de kleur te noemen doordat er een conflict ontstaat in de hersenen. De hersenen zijn eerder geneigd om het woord te lezen dan om de kleur van het woord te noemen. De impuls om het woord te lezen, moet dus worden onderdrukt. Dit effect is genoemd naar J. Ridley Stroop, die dit in 1930 ontdekte. De Strooptest gebruikt men in de psychologie om een indruk te krijgen van de reactietijd bij iemand voor een bepaalde taak. De Strooptest is bewerkt om te kunnen gebruiken voor onderzoek met fMRI. Praten is namelijk niet mogelijk in de MRI-scanner omdat je hoofd dan beweegt. Met behulp van de bewerkte Strooptest is het mogelijk om meer te weten te komen over het functioneren van de hersenen. In dit practicum ontdek je zelf hoe de Strooptest werkt. Doe dit experiment met zijn tweeën.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een horloge of mobiele telefoon met stopwatch of een stopwatch</li> <li>– de afbeeldingen 32.1 en 32.2</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dek afbeelding 32.2 af met een vel blanco, wit papier.</li> <li>– De proefpersoon noemt zo snel mogelijk achter elkaar de kleuren van de woorden van afbeelding 32.1 op, terwijl de ander de tijd opneemt.</li> <li>– De eindtijd van de proefpersoon noteer je in je schrift.</li> <li>– Dek vervolgens afbeelding 32.1 af.</li> <li>– De proefpersoon noemt zo snel mogelijk achter elkaar de kleuren van de woorden van afbeelding 32.2 op, terwijl de ander de tijd opneemt.</li> <li>– Vergelijk de resultaten met elkaar.</li> <li>– Herhaal het experiment. Nu is de andere leerling de proefpersoon.</li> <li>– Vergelijk de resultaten met elkaar.</li> </ul>
<b>Resultaten</b>	Geef je resultaten schematisch weer. Leerling 1: Afleren afbeelding 32.1: ... s                      Afleren afbeelding 32.2: ... s Leerling 2: Afleren afbeelding 32.1: ... s                      Afleren afbeelding 32.2: ... s
<b>Conclusie</b>	Noteer de conclusie.

## ▼ Afb. 32 De Strooptest.

<b>Rood</b>	<b>Roze</b>	<b>Oranje</b>	<b>Zwart</b>
<b>Groen</b>	<b>Paars</b>	<b>Blauw</b>	<b>Rood</b>
<b>Blauw</b>	<b>Bruin</b>	<b>Groen</b>	<b>Grijs</b>
<b>Geel</b>	<b>Rood</b>	<b>Roze</b>	<b>Paars</b>

<b>Rood</b>	<b>Roze</b>	<b>Oranje</b>	<b>Zwart</b>
<b>Groen</b>	<b>Paars</b>	<b>Blauw</b>	<b>Rood</b>
<b>Blauw</b>	<b>Bruin</b>	<b>Groen</b>	<b>Grijs</b>
<b>Geel</b>	<b>Rood</b>	<b>Roze</b>	<b>Paars</b>

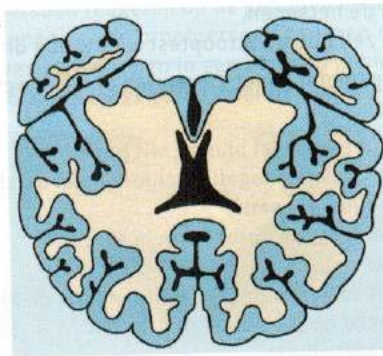
## DE HERSENEN

De hersenen bestaan uit de grote hersenen, de kleine hersenen en de hersenstam. Twaalf paar **hersenzenuwen** verbinden de hersenen met receptoren en effectoren in hoofd en hals.

De grote en de kleine hersenen bestaan elk uit een linkerhelft en een rechterhelft. Vooral de grote hersenen zijn sterk geplooid. De hersenen zijn omgeven door drie **hersenvliezen**. Deze beschermen de hersenen.

In de **schors** (het buitenste gedeelte) van de grote en de kleine hersenen ligt de grijze stof. Hierin liggen de cellichamen van schakelcellen. In het **merg** (het binnenste gedeelte) ligt de witte stof. Hierin liggen de uitlopers van schakelcellen (zie afbeelding 33).

► **Afb. 33** Dwarsdoorsnede van de grote hersenen (schematisch).



De **hersenstam** ligt in het verlengde van het ruggenmerg. Ze geleidt impulsen van het ruggenmerg naar de grote en kleine hersenen en omgekeerd. Op de overgang van ruggenmerg naar hersenstam kruisen de impulsbanen elkaar. De impulsen van de linkerhelft van het lichaam worden naar de rechterhersenhelft geleid en de impulsen van de rechterhelft van het lichaam worden naar de linkerhersenhelft geleid. De hersenstam geleidt ook impulsen van het hoofd en de hals naar de grote en kleine hersenen en in omgekeerde richting.

In de **grote hersenen** komen zeer veel impulsen aan van receptoren die prikkels hebben opgevangen. Pas als deze impulsen zijn verwerkt in de grote hersenen word je je bewust van een prikkel. De plaats waar impulsen in de grote hersenen aankomen en worden verwerkt, bepaalt de aard van de waarnemingen die je doet. De cellichamen van de schakelcellen liggen in groepen bij elkaar in de hersenschors: de **hersencentra** (zie afbeelding 34). We onderscheiden centra voor gevoel en centra voor beweging. De linkerhersenhelft heeft een gevoelscentrum en een bewegingscentrum voor alle lichaamsdelen aan de rechterkant van het lichaam en andersom. Toch hebben de hersenhelften geen identieke functie. Zo kun je beter gezichten herkennen met je rechterhersenhelft en blijkt taalproductie meer vanuit je linkerhersenhelft te komen.

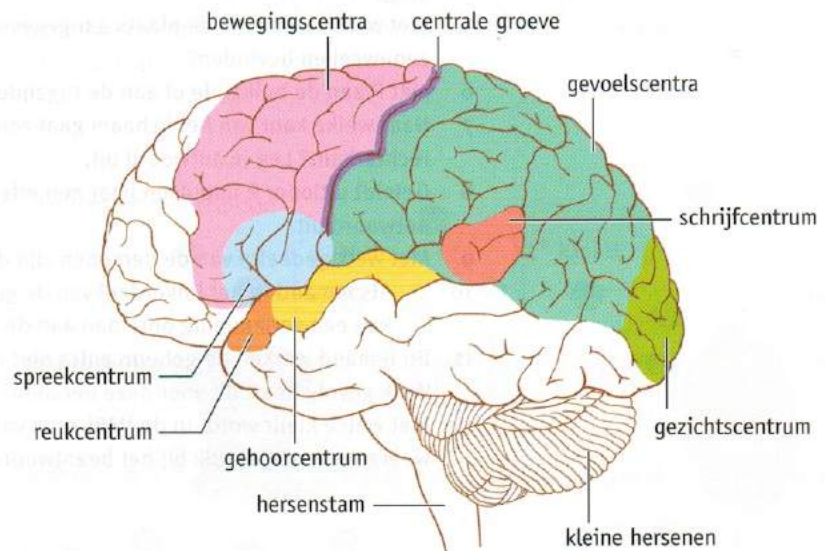
De meeste **gevoelscentra** liggen bij elkaar in de hersenschors achter de **centrale groeve**. De gevoelscentra voor ruiken, horen en zien liggen apart in de hersenschors. In een gevoelscentrum worden binnenkomende impulsen verwerkt. In het **centrum voor zien (gezichtscentrum)** komen bijvoorbeeld impulsen aan die afkomstig zijn van je ogen. Doordat de impulsen daar worden verwerkt, zie je iets. Als er een storing optreedt in het centrum voor zien, kun je blind zijn terwijl je ogen goed functioneren.

De meeste **bewegingscentra** liggen bij elkaar in de hersenschors vóór de centrale groeve. Een bewegingscentrum voor een bepaald lichaamsdeel ligt vlak voor het

gevoelcentrum voor dat lichaamsdeel. De bewegingscentra voor schrijven en spreken liggen apart in de hersenschors.

In de bewegingscentra kunnen impulsen ontstaan. Deze kunnen via de hersenstam en bewegingszenuwcellen naar spieren in hoofd en hals worden geleid of via het ruggenmerg en bewegingszenuwcellen naar spieren in de romp en de ledematen. De impulsen veroorzaken bewegingen die je bewust maakt (**gewilde bewegingen**). Vaak voer je vele bewegingen tegelijkertijd uit. De **kleine hersenen** coördineren alle bewegingen van je lichaam. Als je bijvoorbeeld iets wilt pakken en je arm uitsteekt, neem je ondertussen met je zintuigen (vooral je ogen) allerlei veranderingen waar. In je kleine hersenen worden deze waarnemingen gecombineerd met je beweging. Hierdoor kun je met je arm het voorwerp inderdaad vastpakken. Ook zorgen de kleine hersenen voor het handhaven van je evenwicht.

► **Afb. 34** De hersenen met de ligging van de hersencentra (schematisch).



#### opdracht 14

#### PRACTICUM

#### HET RUGGENMERG

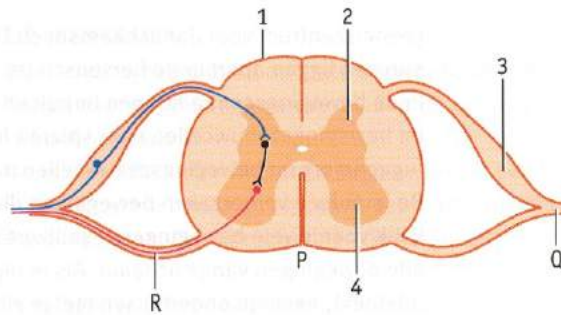
<b>Inleiding</b>	In deze opdracht ga je met een microscoop een klaargemaakt preparaat van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg bekijken en tekenen. Gebruik hierbij afbeelding 30. Het doel van deze opdracht is dat je de delen van het ruggenmerg kunt herkennen.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een klaargemaakt preparaat van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg</li> <li>– een microscoop (eventueel kun je een loep gebruiken)</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bekijk het preparaat bij de kleinste vergroting.</li> <li>– Maak een tekening van het ruggenmerg en zet de namen bij de delen. Geef ook aan op welke plaatsen zich de cellichamen van schakelcellen en bewegingszenuwcellen bevinden.</li> </ul>

#### opdracht 15

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat zijn de functies van de ruggenmergsvliezen?
- 2 Waaruit bestaat de witte stof van het ruggenmerg?
- 3 Wat veroorzaakt de witte kleur van de witte stof?
- 4 Wat is een ruggenmergszenuwknop of spinaal ganglion?

► **Afb. 35** Dwarsdoorsnede van het ruggenmerg (schematisch).



In afbeelding 35 is een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg met aangesloten zenuwen schematisch getekend. De vragen 5 tot en met 8 gaan over deze afbeelding.

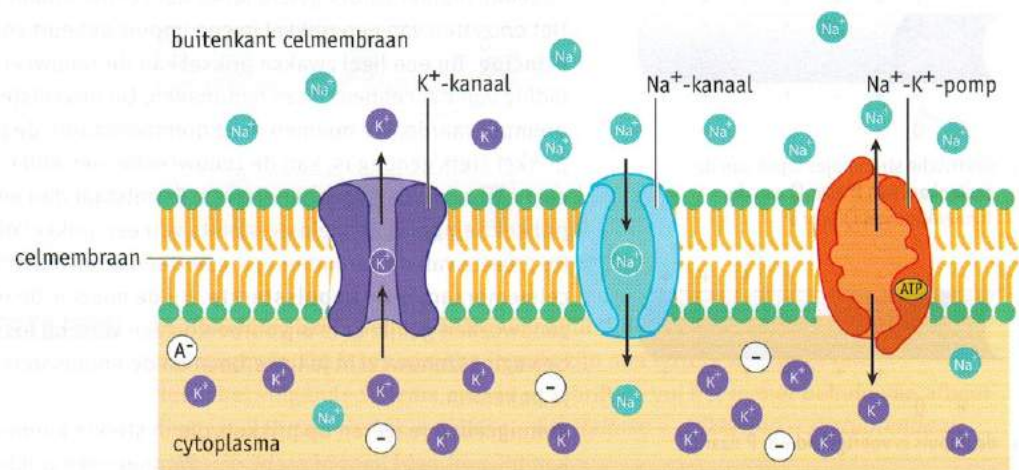
- 5 Met welk nummer is de plaats aangegeven waar zich cellichamen van bewegingszenuwcellen bevinden?
- 6 Ligt P aan de buikzijde of aan de rugzijde? Leg je antwoord uit.
- 7 Naar welke kant van het lichaam gaat zenuw Q: naar de linkerkant of naar de rechterkant? Leg je antwoord uit.
- 8 Geleidt uitloper R impulsen naar een effector of naar een receptor? Leg je antwoord uit.
- 9 Met welk gedeelte van de hersenen zijn de meeste hersenzenuwen verbonden?
- 10 Als iemand in het linkerdeel van de grote hersenen een hersenbloeding krijgt, kan een verlamming ontstaan aan de rechterzijde van het lichaam. Leg dat uit.
- 11 Bij iemand werken de gehoorcentra niet meer. Welk gevolg heeft dit voor deze persoon?
- 12 Met welke kleur wordt in de fMRI-scan van afbeelding 31.2 het gezichtscentrum weergegeven? Gebruik bij het beantwoorden van deze vraag ook afbeelding 34.



# 4 Neurale regulatie

Bij een zenuwcel die geen impuls geleidt, heeft het cytoplasma een negatieve elektrische lading ten opzichte van de buitenkant van de zenuwcel. Dit verschil in elektrische lading is bij alle zenuwcellen die geen impuls geleiden ongeveer even groot ( $-70$  mV). We noemen dit de **rustpotential**. Het verschil in elektrische lading ontstaat doordat de ionenconcentratie aan beide kanten van het celmembran niet gelijk is. Aan de buitenkant bevinden zich meer  $\text{Na}^+$ -ionen dan  $\text{K}^+$ -ionen. In het cytoplasma bevinden zich meer  $\text{K}^+$ -ionen dan  $\text{Na}^+$ -ionen (zie afbeelding 36). Ook bevinden zich in het cytoplasma meer negatief geladen ionen. Dit verschil in ionenconcentratie wordt gehandhaafd door **actief transport** van ionen door het celmembran.

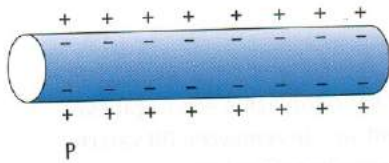
- **Afb. 36** De ionenconcentratie tijdens de rustpotential.



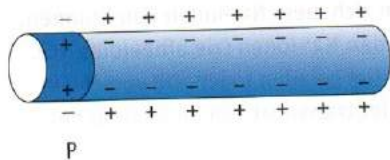
## IMPULSGELEIDING

Door een prikkel op een bepaalde plaats van het celmembran toe te dienen, kan daar de doorlaatbaarheid voor ionen veranderen. Op deze plaats openen zich  **$\text{Na}^+$ -kanalen** in het celmembran waardoor er  $\text{Na}^+$ -ionen de cel in gaan. Hierdoor verandert de elektrische lading van het cytoplasma in de zenuwcel. Wanneer het verschil in elektrische lading afneemt tot de **drempelwaarde** (ongeveer  $-50$  mV), kan er een impuls ontstaan. Bij een impuls krijgt de binnenkant van het celmembran door het ionentransport ongeveer 1 milliseconde een positieve lading ten opzichte van de buitenkant. We noemen dit de **actiefase** van een impuls. Na de actiefase sluiten de  $\text{Na}^+$ -kanalen en openen de  **$\text{K}^+$ -kanalen**. Door het transport van  $\text{K}^+$ -ionen wordt de binnenkant van het celmembran weer negatief ten opzichte van de buitenkant. Het celmembran kan dan gedurende korte tijd geen impulsen geleiden. We noemen dit de **herstelfase**. Deze duurt ook ongeveer 1 milliseconde. Wanneer de rustpotential weer is bereikt, kan de zenuwcel opnieuw impulsen geleiden.

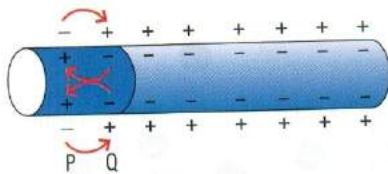
▼ **Afb. 37** Impulsgeleiding in een uitloper van een zenuwcel (schematisch).



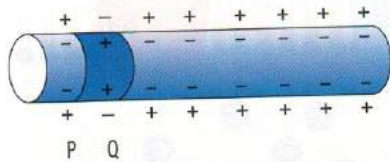
1 elektrische lading van het celmembraan zonder impulsgeleiding



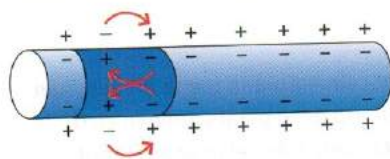
2 op plaats P verandert de elektrische lading



3 elektrische stroompjes lopen aan de buitenkant van P naar Q aan de binnenkant van Q naar P

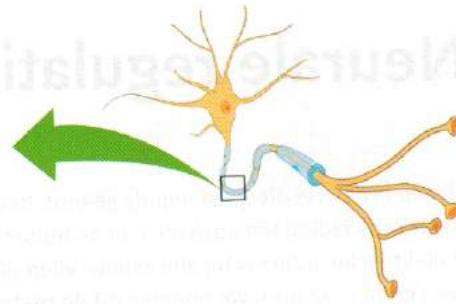


4 de impuls is voortgeleid van P naar Q

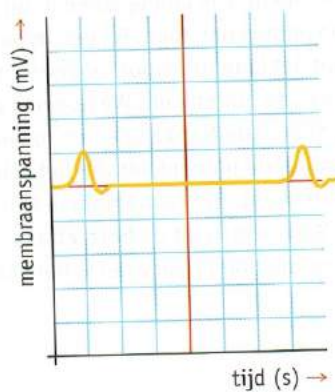


5 de impuls wordt verder voortgeleid

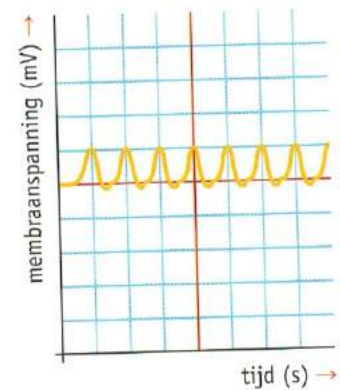
► **Afb. 38** Impulsgeleiding in een zenuwcel.



In afbeelding 37 is weergegeven hoe een impuls door een zenuwceluitloper wordt voortgeleid. Afbeelding 37.1 stelt de uitloper in rust voor. In afbeelding 37.2 is de elektrische lading van plaats P veranderd waardoor deze plaats in de actiefase van een impuls verkeert. De verandering van elektrische lading heeft tot gevolg dat er kleine elektrische stroompjes lopen aan de binnen- en buitenkant van het celmembraan (zie afbeelding 37.3). Hierdoor keert de oorspronkelijke elektrische lading op plaats P terug en verandert de elektrische lading op plaats Q (zie afbeelding 37.4). De impuls verplaatst zich van P naar Q. Hierna wordt de impuls vanaf plaats Q op dezelfde manier verder geleid langs het celmembraan (zie afbeelding 37.5). Het omzetten van een prikkel in een impuls gebeurt volgens het **alles-of-niets-principe**. Bij een heel zwakke prikkel kan de zenuwcel het verschil in elektrische lading van het celmembraan handhaven. De prikkelsterkte ligt dan onder de drempelwaarde. We noemen deze drempelwaarde de **prikkeldrempel**. Als een prikkel sterk genoeg is, kan de zenuwcel het verschil in elektrische lading van het celmembraan niet meer handhaven. Er ontstaat dan een impuls in de zenuwcel. De prikkel drempel is de kleinste sterkte van een prikkel die een impuls veroorzaakt. De grootte van de verandering die optreedt in de elektrische lading van het celmembraan, is de **impulssterkte**. Bij de mens is de impulssterkte voor alle zenuwcellen gelijk. Er is bijvoorbeeld geen verschil tussen de impulssterkte in een bewegingszenuwcel in je linkerbeen en de impulssterkte in een gevoelszenuwcel in je linkerarm. Zintuigcellen reageren op prikkels die in sterkte kunnen verschillen. Een geluid kan bijvoorbeeld hard of zacht zijn. Wanneer een prikkel sterker is, ontstaan er meer impulsen. Het aantal impulsen dat per tijdseenheid (bijvoorbeeld per seconde) door een zenuwcel wordt voortgeleid is de **impulsfrequentie**. Wanneer je oren een hard geluid opvangen, worden veel impulsen per seconde door de gevoelszenuwcellen in je gehoorzenuwen geleid. De impulsfrequentie is dan hoog. Wanneer je oren een zacht geluid opvangen, is deze impulsfrequentie laag. Hoe sterker de prikkel, des te hoger is de impulsfrequentie (zie afbeelding 38).



1 impulsfrequentie na een zwakke prikkel



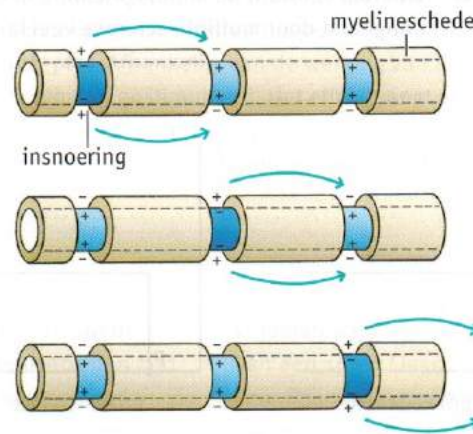
2 impulsfrequentie na een sterke prikkel

Ook in bewegingszenuwcellen kan de impulsfrequentie variëren. Hoe hoger de impulsfrequentie in bewegingszenuwcellen, des te krachtiger de samentrekking van spieren of des te groter de afgifte van stoffen door klieren.

**SPRONGGEWIJZE IMPULSGELEIDING**

Wanneer een uitloper is omgeven door een myelineschede, kan alleen bij de insnoeringen ionentransport plaatsvinden. Daardoor kan alleen op deze plaatsen de elektrische lading van het celmembraan heel even veranderen. Hierdoor springt een impuls als het ware van insnoering naar insnoering. We noemen deze manier van impulsgeleiding **spronggewijze impulsgeleiding** (zie afbeelding 39). Deze impulsgeleiding verloopt wel 50x zo snel als de impulsgeleiding in een uitloper zonder myelineschede.

► **Afb. 39** Spronggewijze impulsgeleiding.

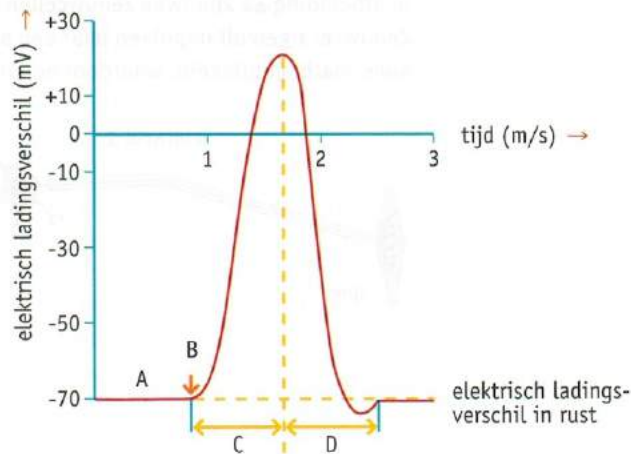


**opdracht 16**

In afbeelding 40 is het spanningsverschil tijdens een impuls in een axon weergegeven. De fasen van een impuls zijn met letters weergegeven. Neem het volgende schema over in je schrift en vul het in met behulp van afbeelding 40. Gebruik hierbij: *actiefase* – *herstelfase* – *prikkeling* – *rustpotentiaal*.

Letter	Fase
A	
B	
C	
D	

► **Afb. 40** Verschil in elektrische lading tussen het cytoplasma en de buitenkant van het celmembraan in een zenuwcel.



## opdracht 17

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Voor een bepaalde zenuwcel duren zowel de actiefase als de herstelfase 2 milliseconde.  
Hoe groot is de maximale impulsfrequentie in deze zenuwcel per seconde?
- 2 Gebruikt een zenuwcel die geen impuls geleidt energie?
- 3 Waarom kan in afbeelding 37 de impuls niet van Q naar P worden geleid?
- 4 Iemand balt zijn rechtervuist.  
Verandert hierdoor de impulssterkte in de motorische zenuwcellen in de rechterarm van deze persoon? En de impulsfrequentie?
- 5 Iemand steekt in het donker een kaars aan.  
Wordt hierdoor de impulsfrequentie in de sensorische zenuwcellen in de oogzenuwen van deze persoon verhoogd of verlaagd?
- 6 Waarom verloopt de impulsgeleiding in een axon waarvan de myelinschede is aangetast door multiple sclerose veel langzamer (zie afbeelding 27 en 39)?

## ▼ Afb. 41

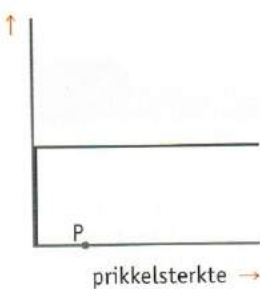


diagram 1

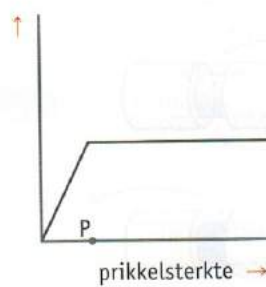


diagram 2

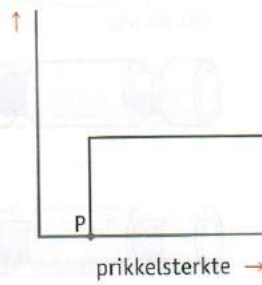


diagram 3

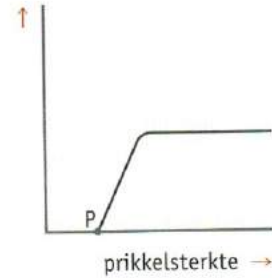


diagram 4

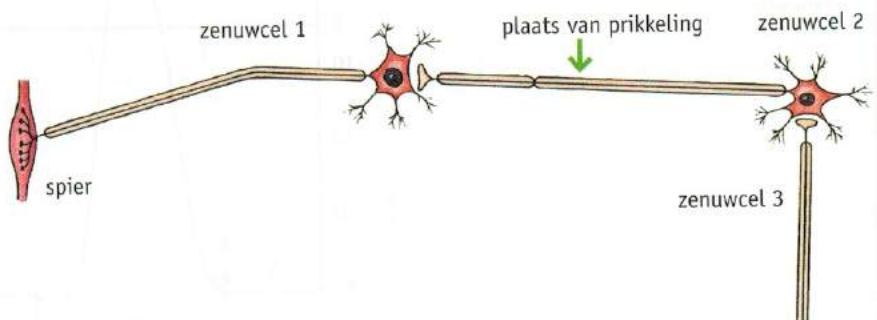
Aan een zenuwcel wordt kunstmatig een serie prikkels met toenemende prikkelsterkte toegediend. Bij deze zenuwcel worden de impulssterkte en de impulsfrequentie gemeten. De resultaten worden in diagrammen weergegeven.

In afbeelding 41 zijn vier diagrammen getekend. Op de horizontale as is telkens de prikkelsterkte weergegeven. P is de prikkel drempel.

- 7 In welk diagram is het verband tussen prikkelsterkte en impulssterkte juist weergegeven?
- 8 In welk diagram is het verband tussen prikkelsterkte en impulsfrequentie juist weergegeven?

In afbeelding 42 zijn twee zenuwcellen geheel en één gedeeltelijk getekend. Zenuwcel 1 geleidt impulsen naar een spier. De axon van zenuwcel 2 wordt kunstmatig geprikkeld, waardoor een impuls ontstaat.

## ► Afb. 42



- 9 Is zenuwcel 1 een sensorische zenuwcel, een motorische zenuwcel of een schakelcel?
- 10 Kan de impuls aankomen in het cellichaam van zenuwcel 1? Leg je antwoord uit.
- 11 En kan de impuls aankomen in het cellichaam van zenuwcel 2? Leg je antwoord uit.
- 12 En kan de impuls aankomen in het cellichaam van zenuwcel 3? Leg je antwoord uit.



### VERSTORING VAN DE IMPULSOVERDRACHT

De impulsoverdracht door neurotransmitters kan door bepaalde stoffen worden beïnvloed. Zo kan de aanmaak of de afgifte van neurotransmitters in het uiteinde van een axon worden gestimuleerd of geremd. Sommige stoffen zorgen ervoor dat neurotransmitters langer aanwezig blijven in de synaptische spleet, doordat de neurotransmitters niet worden afgebroken of niet terug worden opgenomen in het axon. Er zijn ook stoffen die een neurotransmitter imiteren en binden aan dezelfde receptor. Afhankelijk van de werking van een stof kan de impulsoverdracht worden geremd of gestimuleerd. Het effect hangt af van het type neurotransmitter dat een stof beïnvloedt en van de gebieden in de hersenen waar deze neurotransmitter voorkomt en de functie die dit hersengebied vervult.

## NEUROTOXINEN

*Clostridium tetani* en *Clostridium botulinum* zijn bodembacteriën die neurotoxinen produceren. Neurotoxinen zijn stoffen die de werking van het zenuwstelsel beïnvloeden. Ze kunnen afkomstig zijn van dieren, planten, schimmels en bacteriën.

*C. botulinum* komt onder andere voor in dode vogels en vissen (vooral als ze in water liggen), in de modder van sloten en plassen en in voedsel. In warm, vervuild water kan *C. botulinum* zich snel vermenigvuldigen. De bacteriën produceren de neurotoxine botuline en geven die af aan hun omgeving. Botuline veroorzaakt de ziekte botulisme. Bij voedselbotulisme is voedsel besmet met *C. botulinum* doordat er niet hygiënisch is gewerkt of niet goed is gesteriliseerd toen de voedingsmiddelen werden verwerkt. Hierdoor kunnen ingeblikte voedingsmiddelen, kippaté, worst, kreeft en gerookte en gezouten vis soms botuline bevatten. Door het eten van besmette voedingsmiddelen kan botuline in je lichaam terechtkomen. Bij wondbotulisme is een wond geïnfecteerd met *C. botulinum*. Botuline wordt dan via het bloed door het lichaam verspreid. Botuline is een van de meest toxische stoffen die bekend zijn. Deze neurotoxine zorgt ervoor dat in uiteinden van axonen van bewegingszenuwcellen, blaasjes met de neurotransmitter acetylcholine niet versmelten met het celmembraan als er een impuls aankomt. Hierdoor kan acetylcholine niet in de synaptische spleet worden

vrijgelaten en kan de impuls niet worden doorgegeven aan een spier. Daardoor zal een spier niet samentrekken. Besmetting met botuline uit zich meestal in een toenemende verlamming van spieren. Uiteindelijk kunnen ademhalingsproblemen en ontregeling van het hartritme leiden tot de dood.

*C. tetani* komt voor in aarde en straatvuil. Wanneer je valt en een wond hebt, kan de bacterie in je lichaam terechtkomen en zich daar gaan vermenigvuldigen. Dat gebeurt vooral in kleine en diepe wonden.

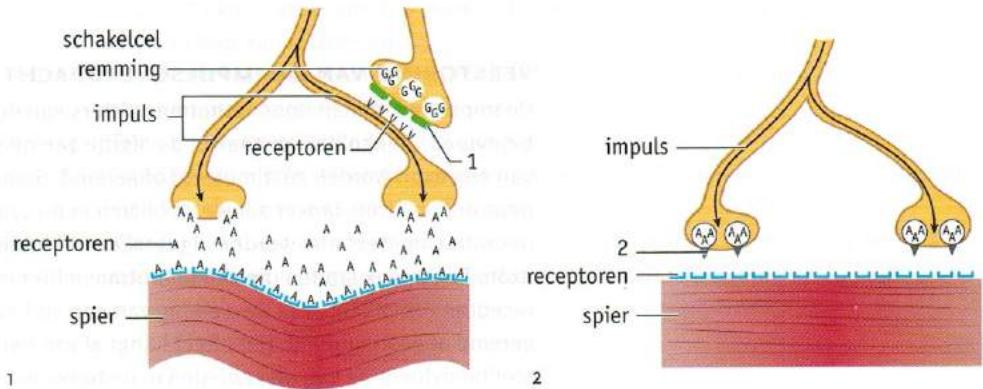
De bacteriën produceren tetanustoxine. Tetanustoxine is een neurotoxine die tetanus veroorzaakt. De eerste symptomen van tetanus zijn stijfheid die optreedt in de kaakspieren, slikproblemen en nekstijfheid. Wanneer de ziekte niet wordt behandeld, kunnen er krampaanvallen over het hele lichaam optreden en kan de afloop dodelijk zijn. Wanneer een impuls aankomt in het uiteinde van een axon van een bewegingszenuwcel die een spier laat samentrekken, zal deze blaasjes met de neurotransmitter acetylcholine vrijlaten in de synaptische spleet. Glycine uit schakelcellen remt de afgifte van blaasjes met acetylcholine waardoor een spier die is samengetrokken zich kan ontspannen. Tetanustoxine blokkeert het vrijkomen van de neurotransmitter glycine uit een schakelcel. Hierdoor blijft het uiteinde van een axon van een bewegingszenuwcel blaasjes met acetylcholine afgeven in de synaptische spleet. De spier blijft hierdoor samengetrokken.

## opdracht 18

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Afbeelding 43 laat zien hoe tetanustoxine en botuline de afgifte van de neurotransmitter acetylcholine kunnen beïnvloeden. Welke afbeelding geeft de werking van de neurotoxine botuline weer? Leg je antwoord uit.

► Afb. 43



- 2 Wat stelt nummer 1 in afbeelding 43.1 voor? En wat nummer 2 in afbeelding 43.2?
- 3 Botox is een verdunning van botuline, menselijke eiwitten (albuminen) en een NaCl-oplossing. Het wordt onder andere gebruikt voor cosmetische toepassingen om bijvoorbeeld rimpelvorming in het gezicht te voorkomen. Rimpels in het gezicht kunnen ontstaan doordat iemand vaak bepaalde gelaatsspieren gebruikt, bijvoorbeeld bij fronsen. Hoe kan het gebruik van botox rimpelvorming in het gezicht voorkomen?
- 4 Curare is een verzamelnaam voor neurotoxinen die afkomstig zijn van planten en binden aan de receptoren voor acetylcholine. Tetanus kan worden behandeld met curare. Leg dit uit.
- 5 Waarom moet een patiënt met tetanus die curare krijgt toegediend, altijd worden beademd?

Ook geneesmiddelen, genotmiddelen en drugs beïnvloeden of imiteren de impuls-overdracht door neurotransmitters in synapsen.

**Morfine** verhindert bijvoorbeeld de impuls-overdracht in bepaalde synapsen door bepaalde receptoren te bezetten. Het kan daardoor worden gebruikt bij pijnbestrijding, doordat impulsen die in de hersenen pijngewaarwording veroorzaken daar niet aankomen. Ook **alcohol** vermindert de impuls-overdracht in bepaalde synapsen in de hersenen. Daardoor wordt de remmende werking van bepaalde hersendelen minder. Dit verklaart waardoor je wat meer ontspannen en vrolijker wordt van een glas alcoholhoudende drank. **Nicotine** in tabak stimuleert de impuls-overdracht in bepaalde synapsen.

Het gebruik van veel geneesmiddelen, genotmiddelen en drugs kan leiden tot **verslaving**. De gebruiker wordt geestelijk, en vaak ook lichamelijk, afhankelijk van deze stof. Wanneer iemand van alcohol, tabak of een drug steeds meer moet gebruiken om hetzelfde effect te bereiken, spreken we van **gewenning**. Veelvuldig gebruik van alcohol, tabak en drugs kan de gezondheid ernstig schaden, onder andere doordat ze bepaalde vormen van kanker veroorzaken.

## opdracht 19

**Beantwoord de volgende vragen.**

Gebruik hierbij de informatie over de effecten van enkele drugs op het ePack.

- 1 Alcohol vermindert de impulsoverdracht in bepaalde synapsen in de hersenen. Hierdoor wordt de remming van bepaalde hersendelen minder. Welk effect heeft het drinken van een glas alcohol hierdoor op het gedrag van een persoon?
- 2 Endorfinen zijn neurotransmitters die bij de mens pijn onderdrukken en zorgen voor een gevoel van euforie. Morfine is een stof die endorfinen imiteert. Leg uit dat morfine wordt gebruikt als pijnbestrijder.
- 3 In landen waar de cocoplant (*Erythroxylum coca*) van nature groeit (Peru, Equador, Bolivia) worden de bladeren gekauwd. Men kauwt een aantal cocablaadjes tot een prop of pruim en stopt die tussen de wang en het tandvlees. Daar blijft zo'n pruim wel twee à drie uur zitten. Bij het kauwen komt sap vrij met cocaïne. Na het inslikken wordt de cocaïne opgenomen in het bloed. Via het bloed bereikt cocaïne de hersenen. Men kauwt op cocabladeren om minder te hoeven eten en om lange afstanden te kunnen lopen. Leg dat uit.
- 4 De Inca's waren de allereerste gebruikers van plaatselijke verdoving. Ze kauwden op cocabladeren en spuwden de sappen in de wond om die te verdoven. Daardoor konden ze zelfs schedeloperaties uitvoeren. Leg uit hoe de Inca's met de sappen iemand plaatselijk konden verdoven.
- 5 Ook op de verse blaadjes en zachte stengeldelen van de plant *Catha edulis* wordt gekauwd. Men noemt de blaadjes qat. Door erop te kauwen komt cathinone vrij. De werking hiervan is te vergelijken met de werking van amfetaminen. Wat zijn de effecten van het kauwen op qat?
- 6 Bij langdurig en intensief gebruik van qat, verlangt de gebruiker er steeds sterker naar. Zonder het middel voelt hij zich eigenlijk niet meer prettig. Om welke vorm van verslaving gaat het hier?

**BEWUSTE REACTIES EN REFLEXEN**


Bij een beweging die je bewust wilt maken, ontstaan er impulsen in bewegingscentra van de grote hersenen. Deze impulsen gaan via schakelcellen naar cellen in de kleine hersenen en vervolgens naar schakelcellen in de hersenstam en het ruggenmerg. Vanaf daar kunnen de impulsen naar spieren gaan waardoor deze zich samentrekken en je een beweging maakt. Dit is een **bewuste reactie**.

Je zintuigen verwerken ook voortdurend allerlei prikkels uit je omgeving, waar je je niet bewust van wordt.

## opdracht 20

## PRACTICUM

## DE KNIEPEESREFLEX

<b>Inleiding</b>	In deze opdracht onderzoek je een reactie op een prikkel. Je moet bij dit practicum met zijn tweeën werken. Het doel van deze opdracht is je te laten kennismaken met een prikkel waar een vaste reactie op volgt.
<b>Materiaal</b>	– een houten hamertje of een liniaal (je kunt ook de zijkant van je hand gebruiken)
<b>Methode</b>	<p>► Afb. 44</p>  <p>– Leg je rechterbeen over je linker knie. Zorg ervoor dat je rechervoet de grond niet raakt en dat je onderbeen ontspannen hangt.</p> <p>– Laat je klasgenoot voelen waar de onderkant van je knieschijf zit. Hieronder bevindt zich de aanhechtingsplaats van de kniepees.</p> <p>– Vervolgens geeft je klasgenoot op deze plaats een zachte tik met het hamertje, de liniaal of de zijkant van de hand.</p>
<b>Resultaat</b>	<p>Beantwoord de volgende vragen.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Hoe reageerde je onderbeen op de tik?</li> <li>2 Heb je deze beweging bewust willen maken?</li> <li>3 Voelde je de tik vóór of na het begin van de reactie?</li> </ol>

De reactie van je onderbeen op de tik is een voorbeeld van een reflex. Een **reflex** is een vaste, snelle, onbewuste reactie op een bepaalde prikkel.

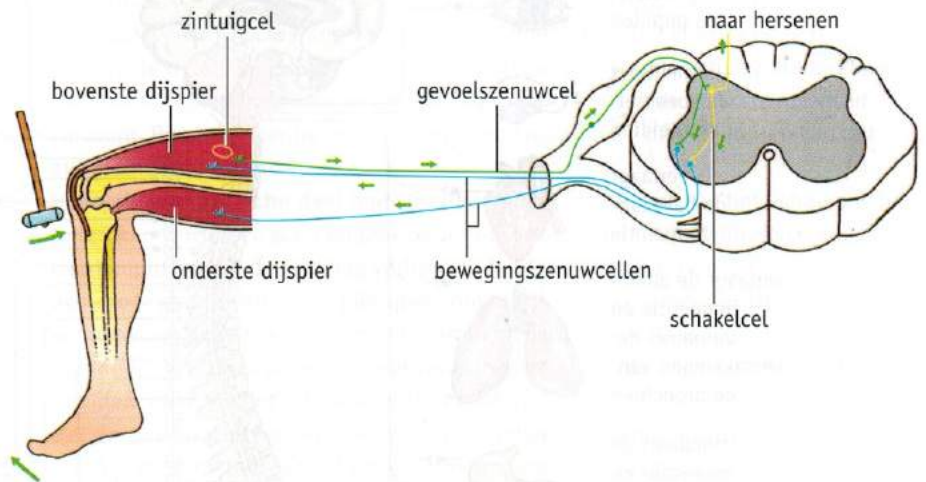
Door de tik op de kniepees rekt de bovenste dijspier (de strekspier) een klein beetje uit. Onder invloed van deze prikkel ontstaan in zintuigcellen in deze dijspier impulsen. Gevoelszenuwcellen geleiden deze impulsen naar het ruggenmerg (zie afbeelding 45). Daar vertakken de uitlopers van de gevoelszenuwcellen zich. Het ene deel van de vertakkingen van de uitlopers geleiden impulsen naar bepaalde bewegingszenuwcellen. Zij geleiden deze impulsen vervolgens naar de bovenste dijspier, waardoor deze zich samentrekt. Het andere deel van de vertakkingen geleidt impulsen naar schakelcellen. Deze geleiden impulsen naar andere bewegingszenuwcellen. De impulsen verhinderen dat de bewegingszenuwcellen impulsen naar de onderste dijspier (de buigspier) geleiden. Hierdoor ontspant deze spier zich.

Ook worden er impulsen naar de hersenen geleid. Hierdoor word je je kort na de tik bewust van de tik en van je reactie.



Bij de meeste reflexen zijn de gevoelszenuwcellen alleen via schakelcellen verbonden met bewegingszenuwcellen. De impulsgeleiding bij de kniepeesreflex is bijzonder, doordat gevoelszenuwcellen via een deel van de vertakkingen van de uitlopers direct zijn verbonden met bewegingszenuwcellen.

► **Afb. 45** De weg van impulsen bij de kniepeesreflex.



De weg die impulsen bij een reflex afleggen, noemen we een **reflexboog**. Een reflexboog bestaat uit een receptor, conductoren in delen van het zenuwstelsel en een effector.

De reflexbogen van hoofd en hals verlopen via de hersenstam. De reflexbogen van romp en ledematen verlopen via het ruggenmerg. De grote hersenen maken geen deel uit van reflexbogen. Wel komen bij reflexen ook impulsen in de grote hersenen aan.

Sommige reflexen zijn betrokken bij het beschermen van je lichaam. Een voorbeeld hiervan is de terugtrekreflex, die optreedt als je met je hand een heet voorwerp aanraakt. De meeste reflexen hebben een functie bij het handhaven van bepaalde houdingen van je lichaam en bij bewegingen. Voorbeelden van reflexen zijn de hoestreflex, de slikreflex, de pupilreflex, de ooglidreflex, de voetzoolreflex en de zuigreflex.

#### opdracht 21

▼ **Afb. 46**



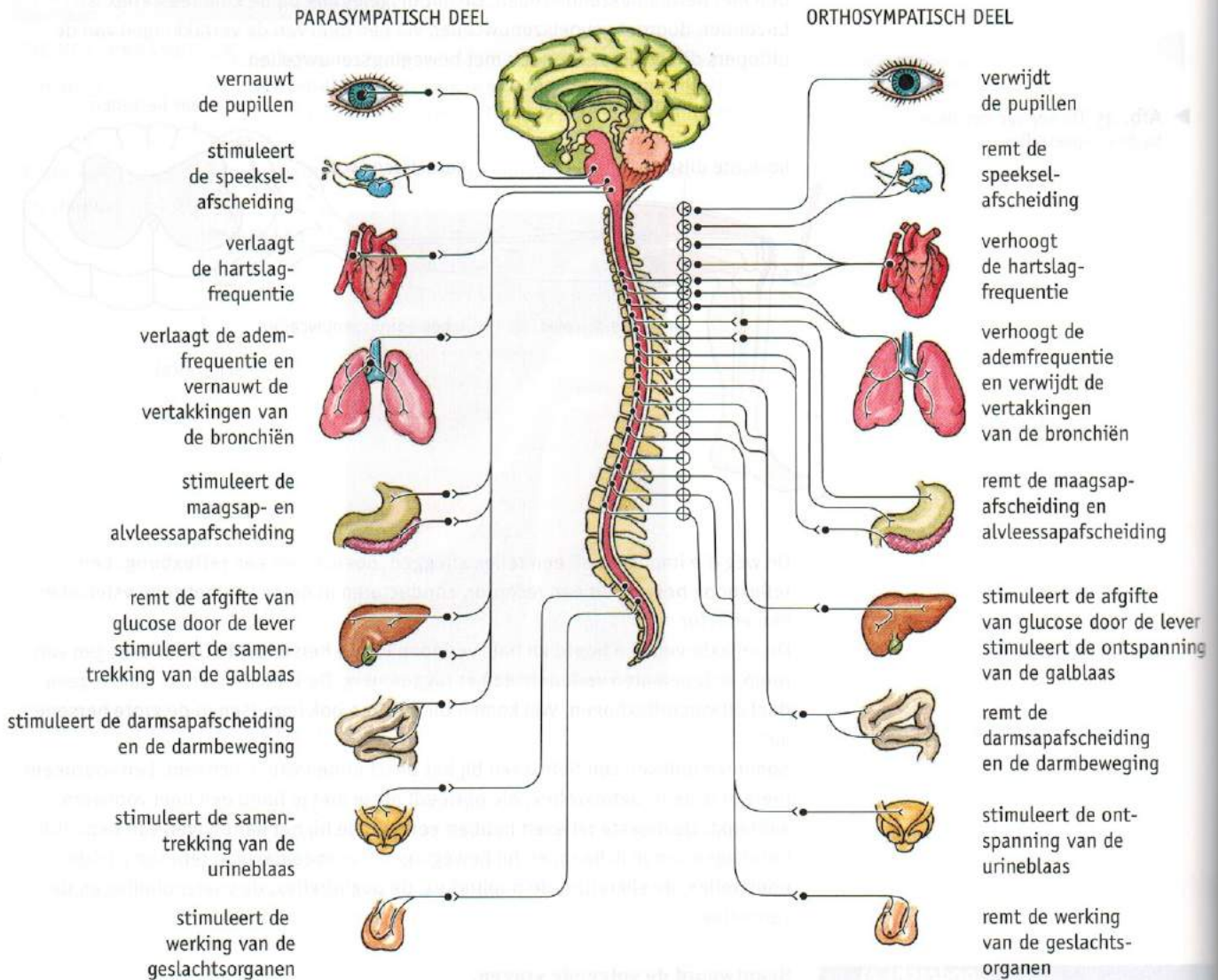
#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Iemand duwt je opzij. Je voelt de duw, kijkt opzij en duwt terug. Is deze handeling een bewuste reactie of een reflex? Leg je antwoord uit.
- 2 Beschrijf de weg waarlangs bij deze handeling impulsen naar gevoelscentra in de grote hersenen worden geleid.
- 3 Wat is bij deze handeling de functie van de gevoelscentra in de grote hersenen?
- 4 Wat is bij deze handeling de functie van de bewegingscentra in de grote hersenen?

Iemand trapt in een punaise. Hierop volgt een reflex: zij trekt haar been omhoog (zie afbeelding 46). De vragen 5 en 6 gaan hierover.

- 5 Wat is de prikkel voor de reflex?
- 6 Beschrijf de reflexboog waarlangs bij deze reflex impulsen worden voortgeleid.
- 7 Afbeelding 26 gaat over de gevolgen van een dwarslaesie bij Mihai Nesu. Kan bij Mihai Nesu de kniepeesreflex nog plaatsvinden?
- 8 Kan Mihai Nesu de tik tegen de kniepees nog voelen? Leg je antwoord uit.
- 9 Een hete lepel laat je vallen. Een hete pan soep niet zo snel. Kun je reflexen onderdrukken? Leg je antwoord uit.

▼ Afb. 47 Het autonome zenuwstelsel.



### HET AUTONOME ZENUWSTELSEL

In basisstof 3 is behandeld dat het zenuwstelsel kan worden ingedeeld in het centrale zenuwstelsel en het perifere zenuwstelsel. Deze indeling is gebaseerd op de bouw van het zenuwstelsel. Je kunt het zenuwstelsel ook indelen op grond van de functie. We onderscheiden daarbij het animale zenuwstelsel en het autonome of vegetatieve zenuwstelsel.

Het **animale zenuwstelsel** regelt vooral bewuste reacties. Het reageert daarbij op prikkels uit de omgeving. Bij het tot stand komen van de reacties zijn zintuigen en skeletspieren betrokken. Skeletspieren zitten vast aan de botten van je skelet. Wanneer je een beweging wilt maken, geleidt het animale zenuwstelsel impulsen naar deze spieren. Hierdoor worden de houding en beweging van je lichaam geregeld.

Het animale zenuwstelsel is ook verantwoordelijk voor onbewuste reacties, doordat het de reflexen in je lichaam regelt.

Het **autonome (of vegetatieve) zenuwstelsel** regelt vooral de werking van inwendige organen. Het regelt onder andere de hartslag, de vertering, de werking

van de nieren, de ademhaling en de werking van hormoonklieren en exocriene klieren. Het autonome zenuwstelsel staat niet onder invloed van de wil en werkt nauw samen met het hormoonstelsel.

Het autonome zenuwstelsel wordt onderverdeeld in het orthosympatische deel en het parasympatische deel (zie afbeelding 47). Deze delen hebben een tegen-gestelde werking. Ze werken samen om de homeostase in het lichaam te handha-ven. Beide delen van het autonome zenuwstelsel zijn steeds actief. Het hangt van de omstandigheden af welk deel op een bepaald moment de sterkste activiteit vertoont. Bepaalde centra in de hersenstam coördineren de activiteiten van het autonome zenuwstelsel.

Het **orthosympatische deel** beïnvloedt de organen zodanig, dat het lichaam activi-teiten kan verrichten waar energie voor nodig is. Via het orthosympatische deel gaan impulsen die de hartslag verhogen, de bloedvaten naar de spieren verwij-den, de lever aanzetten om glycogeen om te zetten in glucose, de ademfrequentie verhogen en de vertakkingen van de bronchiën verwijden. Ook impulsen die andere organen, zoals de organen van het verteringsstelsel en de nieren, in hun werking remmen, gaan via het orthosympatische deel.

Het **parasympatische deel** beïnvloedt de organen zodanig, dat het lichaam in een toestand van rust en herstel kan komen. Impulsen die via het parasympatische deel gaan, stimuleren de productie van verteringssappen, de darmbeweging, de omzetting van glucose in glycogeen in de lever, de verwijding van de bloedvaten naar het verteringsstelsel en de werking van de nieren. Ze verlagen onder andere de hartslag- en de ademfrequentie.

Een orgaan dat door een bepaald deel van het centrale zenuwstelsel wordt beïnvloed, noemen we een **doelwitorgaan**. De voorziening van een orgaan met zenuwen heet **innervatie**. Elk doelwitorgaan wordt geïnnerveerd door twee zenuwen van het autonome zenuwstelsel: een orthosympatische en een parasympatische zenuw. We noemen dit **dubbele innervatie**. Hierdoor kan de werking van een orgaan worden gestimuleerd of geremd.

### opdracht 22

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Bevinden zich in je arm uitlopers van het animale zenuwstelsel? Leg je antwoord uit.
- 2 Bevinden zich in je arm uitlopers van het autonome zenuwstelsel? Leg je antwoord uit.
- 3 Welk deel van het autonome zenuwstelsel bevordert vooral de activiteit in een organisme?
- 4 Welk deel van het autonome zenuwstelsel is 's nachts het meest actief?
- 5 Wat gebeurt er met je hartslagfrequentie als je medicijnen moet slikken die het parasympatische deel van het autonome zenuwstelsel remmen? Leg je antwoord uit.
- 6 Sommige vrachtwagenchauffeurs slikken amfetaminen om op lange ritten niet in slaap te vallen. Van welk deel van het autonome zenuwstelsel wordt de activiteit gestimuleerd door het gebruik van amfetaminen?
- 7 Behoort een zenuwcel die verbonden is met een zweetklier tot het animale zenuwstelsel of tot het autonome zenuwstelsel? Leg je antwoord uit.
- 8 Een zenuwcel die behoort tot het parasympatische deel van het autonome zenuwstelsel is verbonden met spierweefsel in de darmwand. In welke situatie is de impulsfrequentie in deze zenuwcel het hoogst: als je hardloopt of als je na een maaltijd televisie zit te kijken? Leg je antwoord uit.

# 5 Spieren en beweging

▼ Afb. 48 Spierweefsel.



1 glad spierweefsel



2 dwarsgestreept spierweefsel

Spieren reageren op de impulsen van bewegingszenuwcellen. Als impulsen via bewegingszenuwcellen aankomen bij een spier, trekt deze samen en komt beweging tot stand.

We onderscheiden glad spierweefsel en dwarsgestreept spierweefsel.

**Glad spierweefsel** bestaat uit langwerpige spiercellen, elk met een celkern (zie afbeelding 48.1). Glad spierweefsel komt voor in de wand van buisvormige of holle organen zoals het darmkanaal, de bloedvaten en de vertakkingen in de longen. Glad spierweefsel wordt geïnnerveerd door het autonome zenuwstelsel. De samentrekking van glad spierweefsel verloopt trager dan de samentrekking van dwarsgestreept spierweefsel. Daar staat tegenover dat de spiercellen van glad spierweefsel niet snel vermoeid raken.

**Dwarsgestreept spierweefsel** bestaat uit **spiervezels**. Elke spiervezel is ontstaan door versmelting van vele spiercellen. Een spiervezel bevat daardoor veel celkernen. Met een microscoop zijn bij de spiervezels dwarse strepen te zien (zie afbeelding 48.2). De meeste dwarsgestreepte spieren zitten vast aan delen van het skelet. Sommige dwarsgestreepte spieren zitten met een of beide uiteinden vast aan de huid, zoals de gelaatsspieren.

Dwarsgestreept spierweefsel wordt geïnnerveerd door het animale zenuwstelsel. Het samentrekken verloopt snel. De spiervezels van dwarsgestreept spierweefsel raken snel vermoeid.

## opdracht 23

### PRACTICUM

#### GLAD EN DWARSGESTREEPT SPIERWEEFSEL

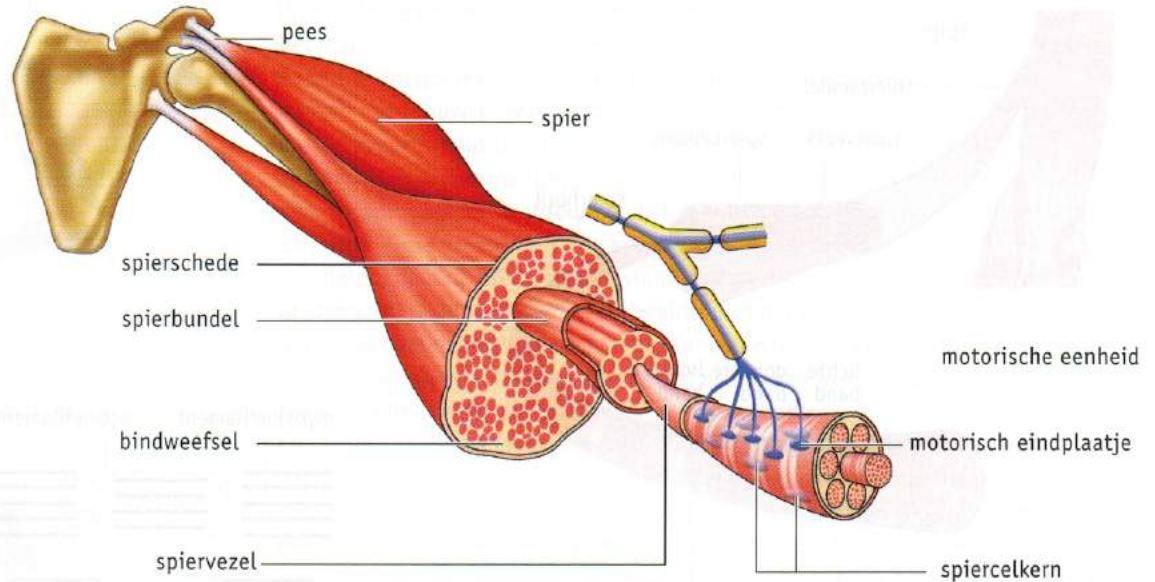
<b>Inleiding</b>	In deze opdracht ga je met een microscoop klaargemaakte preparaten van glad spierweefsel en van dwarsgestreept spierweefsel bekijken en tekenen. Het doel van deze opdracht is dat je de verschillende soorten spierweefsels kunt herkennen.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– klaargemaakte preparaten van glad en dwarsgestreept spierweefsel</li> <li>– een microscoop</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bekijk de preparaten bij een vergroting van 400×.</li> <li>– Maak van elk weefsel een tekening van enkele spiercellen of spiervezels.</li> </ul>

#### DE BOUW EN WERKING VAN SKELETSPIEREN

In afbeelding 49 is de bouw van een skeletspier schematisch getekend. Een skeletspier is omgeven door bindweefsel: de **spierschede**. Aan de uiteinden van een spier gaat het bindweefsel van de spierschede over in het bindweefsel van pezen. Met de **pezen** zijn skeletspieren bevestigd aan delen van het skelet.

Een skeletspier bestaat uit een aantal **spierbundels** die elk ook weer worden omgeven door een laag bindweefsel. Een spierbundel bestaat uit een aantal **spiervezels**. Het axon van een bewegingszenuwcel is aan het eind vertakt. Iedere vertakking eindigt in een **motorisch eindplaatje**. Dit brengt impulsen van de bewegingszenuwcel over op een spiervezel. De vertakkingen van een axon kunnen naar eindplaatjes op verschillende spiervezels lopen. Eén bewegingszenuwcel vormt een **motorische eenheid** met alle spiervezels die via motorische eindplaatjes in verbinding staan met deze zenuwcel. De vezels van zo'n motorische eenheid

▼ Afb. 49 De bouw van een skeletspier.



trekken allemaal samen wanneer er een impuls wordt afgegeven door de motorische zenuwcel.

Spiervezels hebben net als zenuwcellen een prikkeldempel. Als de prikkeldempel is overschreden, trekken alle spiervezels van een motorische eenheid zich samen. Deze samentrekking is altijd maximaal. Afhankelijk van het aantal motorische eenheden dat zich tegelijkertijd samentrekt, kan de samentrekking van een hele spier krachtig of minder krachtig zijn.

Met een elektronenmicroscop is te zien dat een spiervezel uit een groot aantal **spierfibrillen** bestaat (zie afbeelding 50). Tussen de spierfibrillen bevinden zich veel mitochondriën en **glycogeenkorrels**. In glycogeenkorrels ligt glycogeen opgeslagen.

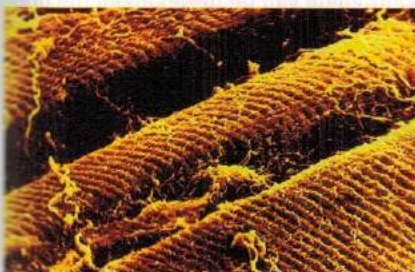
Elke spierfibril bestaat uit een groot aantal **filamenten**. Dat zijn eiwitdraden die uit **actine** of uit **myosine** bestaan. De dunne actinefilamenten en de dikke myosinefilamenten liggen in een regelmatig patroon (zie afbeelding 51). Hierdoor is in een spiervezel onder de microscoop een dwarse streping zichtbaar van lichte banden en donkere banden.

Als impulsen via een motorisch eindplaatje in een spiervezel aankomen, schuiven de actine- en myosinefilamenten in elkaar. Hierdoor wordt de spiervezel korter. De lichte banden van de dwarse streping worden dan zeer smal. De donkere banden blijven even breed.

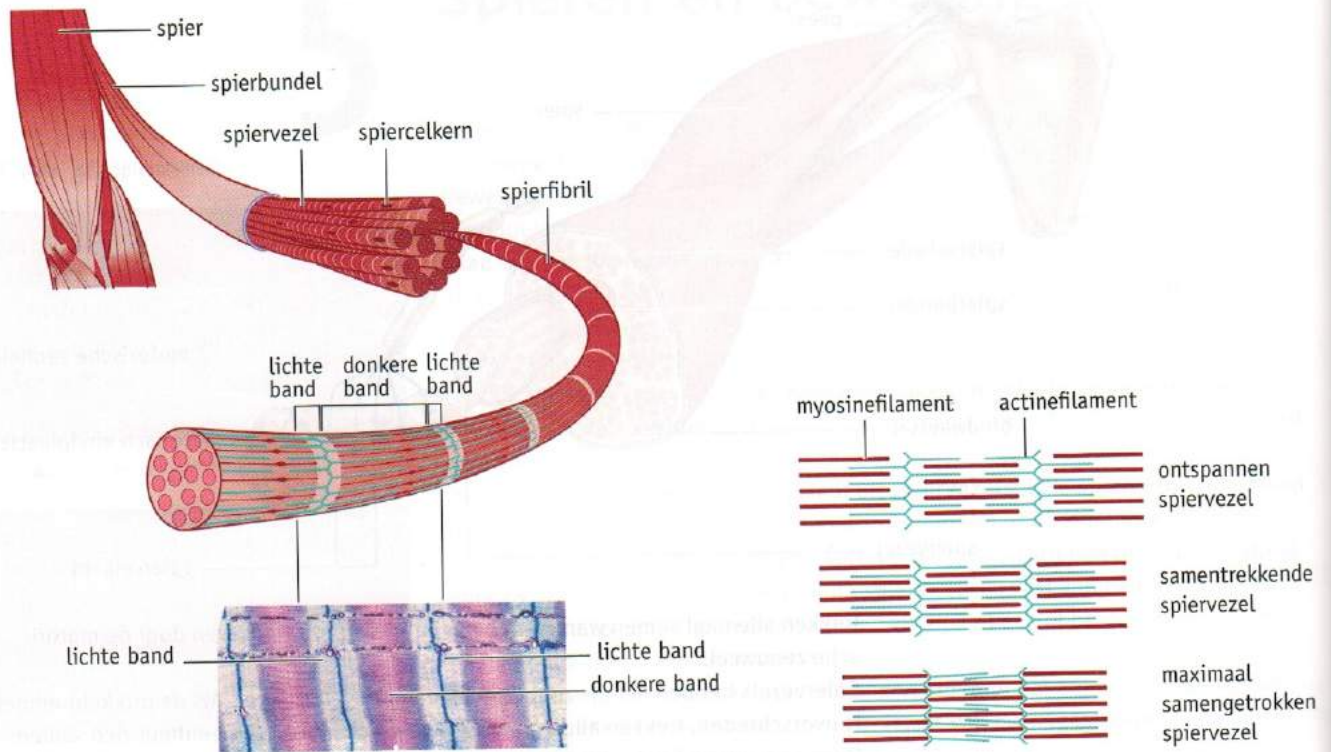
Voor het in elkaar schuiven van de actine- en myosinefilamenten is energie nodig. Die energie komt vooral vrij door verbranding van glucose. Het glycogeen dat is opgeslagen in de glycogeenkorrels, wordt onder invloed van glucagon omgezet in glucose.

Naar elke spier loopt een groot aantal motorische zenuwcellen. Deze geleiden hun impulsen niet gelijktijdig. Terwijl sommige motorische eenheden zich samentrekken, ontspannen andere zich juist. Hierdoor raakt de spier niet snel vermoeid.

▼ Afb. 50 Spierfibrillen (EM-foto, vergroting 35 000x).



▼ Afb. 51 Het samentrekken van een spier.

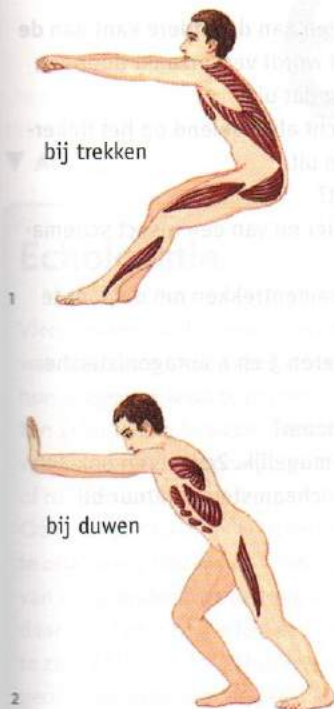


## opdracht 24

## Beantwoord de volgende vragen.

- Welk deel van het zenuwstelsel innerveert spierweefsel in de wand van bloedvaten? Leg je antwoord uit.
- Welk deel van het zenuwstelsel innerveert dijspiers? Leg je antwoord uit.
- Zet de volgende begrippen in de juiste volgorde van klein naar groot: *filament – spier – spierbundel – spierfibril – spiervezel*.
- Wat is de functie van een motorisch eindplaatje?
- Waaruit bestaat de motorische eenheid in afbeelding 49?
- Met een microscoop is te zien dat een dwarsgestreepte spiervezel bestaat uit afwisselend lichte en donkere banden. Bevinden zich in de lichte banden actine- of myosinefilamenten? En in de donkere banden?
- Het aantal spiervezels dat deel uitmaakt van één motorische eenheid is per spier verschillend. Dit hangt samen met de nauwkeurigheid van de bewegingen die door de spier worden uitgevoerd. Hebben de motorische eenheden in een spier meer of minder spiervezels wanneer de spier fijne bewegingen moet uitvoeren? Leg je antwoord uit.
- Is het aantal spiervezels in één motorische eenheid in een oogspier groter of kleiner dan in één motorische eenheid in een dijspier? Leg je antwoord uit.
- ALS (amyotrofe laterale sclerose) is een vrij zeldzame ziekte waarbij de bewegingszenuwcellen in het ruggenmerg, de hersenstam en de bewegingscentra van de hersenen afsterven. Doordat deze bewegingszenuwcellen de gewilde bewegingen van spieren regelen, kunnen spieren dan geen impulsen meer ontvangen. Hierdoor worden ze dunner en treedt er krachtverlies op (spieratrofie). Uiteindelijk leidt dit tot verlamming. Waardoor worden het spierweefsel van het hart, de blaas en de darmen bij ALS niet aangetast?

▼ **Afb. 52** De werking van spieren bij een lichaamshouding.



## HOUDING EN BEWEGING

Bij elke lichaamshouding zijn vele spieren betrokken (zie afbeelding 52). Ook bij het maken van een beweging zijn meestal meerdere spieren betrokken. In een normale, ontspannen toestand is een skeletspier niet maximaal ontspannen. Elke motorische zenuwcel geleidt zo nu en dan een impuls waardoor de aangesloten motorische eenheid zich samentrekt. Maar het aantal motorische eenheden dat zich tegelijkertijd samentrekt, is te klein om een beweging van de spier te veroorzaken. De spier oefent daardoor een lichte kracht uit op de aanhechtingsplaatsen van de pezen. Deze kracht wordt de **spierspanning** genoemd. De spierspanning speelt een belangrijke rol bij de handhaving van de lichaamshouding, zoals bij zitten of staan. Bij rechtop staan bijvoorbeeld wordt het evenwicht gehandhaafd door middel van reflexen. Zo gauw je iets naar voren helt, trekken de kuitspieren zich in een reflex samen. Daardoor wordt het naar voren hellen van het lichaam direct gecorrigeerd, zonder dat je je daarvan bewust bent.

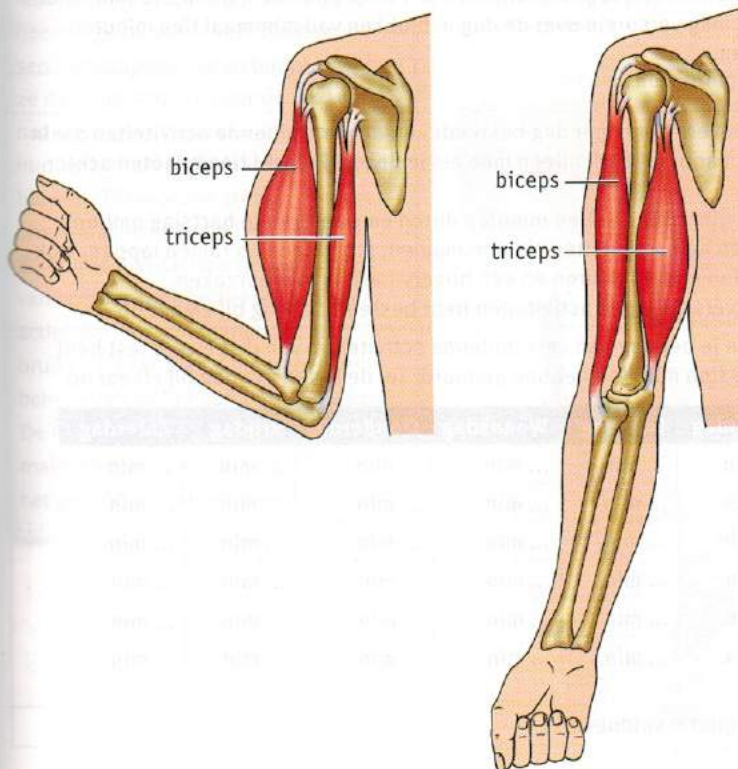
Een spier kan alleen maar samentrekken. Daardoor kan het bot waar hij aan vastzit, maar in één richting bewegen. Er is een andere spier nodig voor de tegengestelde beweging. Spieren waarvan de samentrekking een tegengesteld effect heeft, noemen we **antagonisten**. Voorbeelden van antagonisten zijn de **biceps** en de **triceps** in de bovenarm (zie afbeelding 53). Als de biceps zich samentrekt, buigt de arm. Tegelijkertijd verlaagt de spierspanning in de triceps waardoor deze zich ontspant. De biceps ondervindt zo minder weerstand bij het buigen van de arm. Als de triceps zich samentrekt, strekt de arm.

Regelmatige lichaamsbeweging houdt je spieren in een goede conditie. Je spieren raken daardoor minder snel **geblesseerd** en de kans op bepaalde ziekten (bijvoorbeeld hart- en vaatziekten, diabetes mellitus en sommige vormen van kanker) wordt kleiner. Lichaamsbeweging helpt ook om een gezond lichaamsgewicht te krijgen en te behouden. En doordat bewegen ontspannend werkt, helpt het bij het tegengaan van stress.

Veel mensen leiden echter een zittend bestaan. Daarom heeft het Nederlands Instituut voor Sport en Bewegen (NISB) een bewegnorm vastgesteld. Voor volwassenen geldt dat zij vijf dagen in de week ten minste dertig minuten moeten bewegen. Voor kinderen, jongeren en mensen met overgewicht geldt een ander advies. Om gezond te blijven moeten zij dagelijks ten minste zestig minuten bewegen. Activiteiten tellen alleen mee als ze minimaal tien minuten duren en als je voelt dat je hart er sneller van gaat kloppen en je er licht van gaat zweten. Rustig wandelen, de trap oplopen of de vuilnisbak buiten zetten, tellen dus niet mee. Stevig doorwandelen, fietsen of sporten wel.

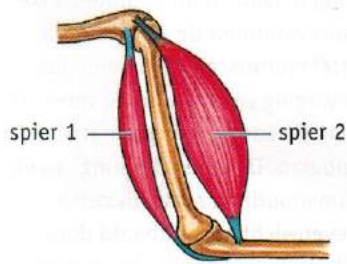
Door **training** kunnen de skeletspieren betere prestaties leveren. Als je op kracht traint, worden de spieren zwaarder. De spieren krijgen dan meer spiervezels en het aantal filamenten in de spierfibrillen neemt toe. Als je op uithoudingsvermogen traint, neemt vooral de doorbloeding van de spieren toe. De spieren worden dan niet zwaarder.

▼ **Afb. 53** Antagonisten in de bovenarm.

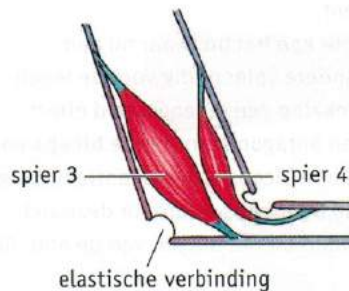


## opdracht 25

## ▼ Afb. 54



1 poot van een zoogdier



2 poot van een insect

## Beantwoord de volgende vragen.

- Hoe ontstaat de spierspanning in een skeletspier die in een normale, ontspannen toestand verkeert?
- Gelaatsspieren zitten aan één kant vast aan het bot en aan de andere kant aan de gezichtshuid. Je kunt er uitgerust of moe uitzien. Dit wordt veroorzaakt door een verschil in spierspanning van de gelaatsspieren. Leg dat uit.
- Als je lange tijd moet staan, laat je je lichaamsgewicht afwisselend op het linker- en op het rechterbeen rusten. Leg de functie hiervan uit.
- Hoe verandert je biceps als je je gestrekte arm buigt?
- In afbeelding 54 zijn pootgewrichten van een zoogdier en van een insect schematisch getekend. De spieren zijn genummerd. Welke spier moet zich bij de poot van het zoogdier samentrekken om de poot te strekken? En welke spier bij de poot van het insect?
- In afbeelding 54 vormen de spieren 1 en 2 en de spieren 3 en 4 antagonistische paren. Waarom zijn antagonistische paren nodig in een lichaam?
- Spieren handhaven je houding en maken beweging mogelijk. Ze leveren ook een belangrijke bijdrage aan het op peil houden van de lichaamstemperatuur bij warmbloedige organismen. Leg dat uit.

## opdracht 26

## PRACTICUM

## BEWEEGETEST

<b>Inleiding</b>	In deze opdracht onderzoek je of je aan de beweegnorm voldoet. Je voldoet aan de norm als je minimaal zestig minuten per dag beweegt. Dit mag verspreid over de dag in blokken van minimaal tien minuten. Daarbij moet je hartslag omhooggaan.																																																								
<b>Materiaal</b>	– de beweegtest																																																								
<b>Methode</b>	Noteer een week lang in je schrift hoeveel tijd je per dag besteedt aan de verschillende activiteiten die in de beweegtest worden genoemd. Een activiteit telt alleen mee als je deze minimaal tien minuten achter elkaar doet. Actiemomenten zijn alle activiteiten die minimaal tien minuten duren en waardoor je hartslag omhooggaat. Bij 'Huis en tuin' moet je denken aan activiteiten als grasmaaien, stofzuigen en ramen lappen. Ook deze activiteiten moeten minimaal tien minuten duren en een hogere hartslag veroorzaken. Tel het aantal minuten dat je aan de verschillende activiteiten hebt besteed per dag bij elkaar op.																																																								
<b>Resultaten</b>	Vul in het schema in hoeveel minuten je per dag aan verschillende activiteiten van de beweegtest hebt besteed. De activiteit moet minstens tien minuten hebben geduurd. Tel de tijden per dag bij elkaar op.																																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Activiteiten</th> <th>Zondag</th> <th>Maandag</th> <th>Dinsdag</th> <th>Woensdag</th> <th>Donderdag</th> <th>Vrijdag</th> <th>Zaterdag</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fietsen</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> </tr> <tr> <td>Lopen</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> </tr> <tr> <td>Actiemomenten</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> </tr> <tr> <td>Huis en tuin</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> </tr> <tr> <td>Sporten</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> </tr> <tr> <td>Totaal</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> <td>... min</td> </tr> </tbody> </table>	Activiteiten	Zondag	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag	Fietsen	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min	Lopen	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min	Actiemomenten	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min	Huis en tuin	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min	Sporten	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min	Totaal	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min
Activiteiten	Zondag	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag																																																		
Fietsen	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min																																																		
Lopen	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min																																																		
Actiemomenten	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min																																																		
Huis en tuin	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min																																																		
Sporten	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min																																																		
Totaal	... min	... min	... min	... min	... min	... min	... min																																																		
<b>Conclusie</b>	Noteer of je wel of niet aan de beweegnorm voldoet.																																																								



# 6 Het zintuigenstelsel

## ▼ Afb. 55

### Echolocatie

Vleermuizen, dolfinen en sommige walvissen gebruiken echolocatie om hun omgeving waar te nemen. Ze maken geluiden en luisteren naar de echo van bijvoorbeeld voorwerpen, prooi of roofdieren.

Ook mensen kunnen leren om zich te oriënteren met geluid. Het maken van klikgeluiden met de tong blijkt daarvoor het meest effectieve geluid te zijn. Met deze klikgeluiden kan een geoefende gebruiker de positie, de afstand en zelfs de vorm van voorwerpen bepalen.

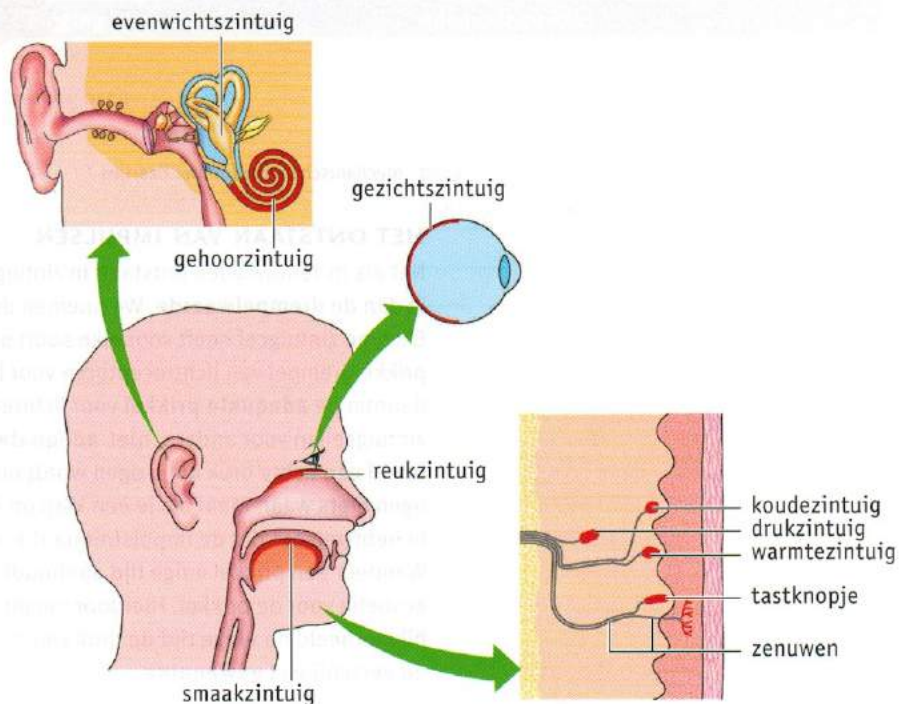
Door echolocatie kunnen blinde mensen zelfstandiger leven, doordat hun leefwereld groter wordt. Om ergens heen te gaan, tellen veel blinde mensen hun stappen. Ze weten precies hoe ze naar het station, naar de bakker of naar hun werk moeten wandelen. Maar hun leefwereld blijft daardoor vaak vrij beperkt. Echolocatie stelt ze in staat om overal zelfstandig heen te gaan. Bij blinde mensen die gebruikmaken van echolocatie zijn hersengebieden actief die niet-blinde mensen gebruiken bij het zien. Onderzoek met behulp van fMRI heeft dat uitgewezen. De hersengebieden die met gehoor te maken hebben, waren niet actiever bij het gebruik van echolocatie.

Bij echolocatie (zie afbeelding 55) gebruiken mensen de zintuigcellen in hun oren. Zintuigcellen zijn **receptoren**. Het zijn vaak gespecialiseerde zenuwcellen. Onder invloed van prikkels ontstaan er impulsen in zintuigcellen, waardoor de zintuigcellen neurotransmitters afgeven aan gevoelszenuwcellen.

De meeste zintuigcellen reageren op prikkels uit de omgeving zoals licht, warmte, druk en geur. Bepaalde zintuigcellen reageren op prikkels in het lichaam zoals de bloeddruk, de lichaamstemperatuur en het zuurstofgehalte van het bloed. We bespreken hier de zintuigcellen die reageren op prikkels uit de omgeving. Sommige zintuigcellen werken alleen, andere zintuigcellen liggen bij elkaar in zintuigen, bijvoorbeeld in de oren en de ogen. Gevoelszenuwcellen geleiden impulsen van zintuigcellen naar het centrale zenuwstelsel. De grote hersenen verwerken de impulsen. Er vindt dan gewaarwording van de prikkel plaats. Dit kan leiden tot een reactie.

In afbeelding 56 is de ligging van enkele zintuigen weergegeven. In je oren liggen de **gehoorreceptoren** en de **evenwichtsreceptoren** en in je ogen liggen **lichtreceptoren**. **Reukreceptoren** liggen in je reukzintuig boven in de neusholte en **smaakreceptoren** liggen in de smaakknopjes in je tong. In je huid liggen verschillende receptoren waarmee je iets kunt voelen. Je kunt tast waarnemen met **tastreceptoren**, druk met **drukreceptoren**, temperatuurverschillen met **koude- en warmtereceptoren** en pijn met **pijnreceptoren**.

## ▼ Afb. 56 De ligging van enkele zintuigen. In de met rood aangegeven gebieden liggen zintuigcellen.



Afhankelijk van het type prikkel waar zintuigcellen op reageren, onderscheiden we verschillende groepen receptoren.

**Mechanische receptoren** reageren op uiteenlopende vormen van mechanische energie, zoals aanraking, druk, beweging en geluid. Er ontstaat een impuls in een mechanische receptor wanneer het celmembraan buigt of uitrekt. Gehoorreceptoren en evenwichtsreceptoren zijn mechanische receptoren met zeer fijne haartjes. Als de vloeistof waarin zij zich bevinden beweegt, buigen de haartjes en vervormt het celmembraan (zie afbeelding 57.1). Hierdoor ontstaat een impuls. Tastreceptoren en drukreceptoren zijn mechanische receptoren waarin een impuls ontstaat als het celmembraan wordt vervormd door lichte aanraking of druk (zie afbeelding 57.2). Tastreceptoren liggen vlak onder de opperhuid. Drukreceptoren liggen dieper in de huid.

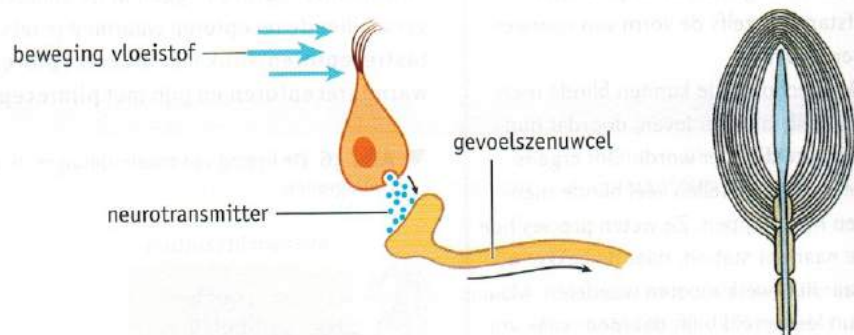
**Chemische receptoren** kunnen bepaalde moleculen uit de omgeving binden. Smaakreceptoren binden opgeloste moleculen en reukreceptoren binden moleculen uit de lucht. Hierdoor ontstaat een impuls in deze zintuigcellen.

**Temperatuurreceptoren** in de huid reageren op warmte en kou. Wanneer de temperatuur in zo'n receptor boven of onder een bepaalde normwaarde komt, ontstaat er een impuls.

**Pijnreceptoren** bevinden zich in het hele lichaam. Er ontstaat een impuls in deze receptoren door extreme druk, door extreme temperaturen of door chemische stoffen die vrijkomen bij beschadiging of ontsteking van weefsel.

**Lichtreceptoren (fotoreceptoren)** zijn zintuigcellen waarin een impuls ontstaat door zichtbaar licht.

► Afb. 57 Mechanische receptoren.



1 mechanische receptor met haartjes

2 drukreceptor

### HET ONTSTAAN VAN IMPULSEN

Net als in zenuwcellen ontstaan in zintuigcellen impulsen als een prikkel sterker is dan de **drempelwaarde**. We noemen deze drempelwaarde de **prikkeldrempel**. Elk type zintuigcel heeft voor elke soort prikkel een bepaalde **prikkeldrempel**. De prikkeldrempel van lichtreceptoren voor lichtprikkel is erg laag. We noemen licht daarom de **adequate prikkel** voor lichtreceptoren. De prikkeldrempel van deze zintuigcellen voor andere, **niet-adequate prikkels** is veel hoger. Als er bijvoorbeeld een lichte druk op je ogen wordt uitgeoefend, nemen de lichtreceptoren in je ogen niets waar. Maar als je een klap op je ogen krijgt, zie je 'sterretjes'. Je hebt geleerd dat de impulsfrequentie hoger is naarmate de prikkel sterker is. Wanneer een prikkel enige tijd aanhoudt, worden veel typen zintuigcellen minder gevoelig voor de prikkel. Hierdoor neemt de impulsfrequentie af. Daardoor voel je bijvoorbeeld na enige tijd de druk van de kleren op je huid niet meer. We noemen dit verschijnsel **gewening**.

## opdracht 27

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat gebeurt er in een zintuigcel als deze wordt geprikkeld?
- 2 Welke zintuigcel is het gevoeligst voor een bepaalde prikkel: een zintuigcel met een hoge prikkel drempel of een zintuigcel met een lage prikkel drempel voor die prikkel?
- 3 Is de prikkel drempel voor een adequate prikkel hoog of laag?
- 4 In afbeelding 58 zijn twee diagrammen afgebeeld waarin de impulsfrequentie wordt weergegeven in een gevoelszenuwcel die is verbonden met een smaakreceptor.

Afb. 58



diagram 1



diagram 2

Een halve liter cola bevat 13,5 klontjes suiker. Een halve liter tomatenketchup bevat 5 klontjes suiker.

Welk diagram geeft de impulsfrequentie in een gevoelszenuwcel weer, als de smaakreceptor wordt geprikkeld door suiker in tomatenketchup? Leg je antwoord uit.

- 5 Capsaïcine is een chemische stof die de chilipeperplant aanmaakt in het vruchtvlees van de vruchten (de pepers). Hierdoor worden de vruchten minder vaak door planteneters aangevreten. Bepaalde warmtereceptoren die reageren op temperaturen van 42 °C of hoger, reageren ook op capsaïcine. Welke waarneming doe je als je een gerecht eet waarin chilipepers zijn verwerkt?
- 6 Sommige vogels eten de pepers zonder dat ze last hebben van de capsaïcine. De zaden verteren niet en de vogels verspreiden de zaden via hun uitwerpselen. Wat kan een verklaring zijn dat de vogels geen last hebben van de capsaïcine in de vruchten?
- 7 Als je iets wilt ruiken, adem je kort maar krachtig in. Waarom doe je dat?
- 8 Bij welke organismen hebben de reukzintuigen de laagste prikkel drempel voor geuren: bij honden of bij mensen?
- 9 Je duikt in een zwembad met koud water. Na een tijdje voel je niet meer dat het water koud is. Leg uit hoe dat komt.

## opdracht 28

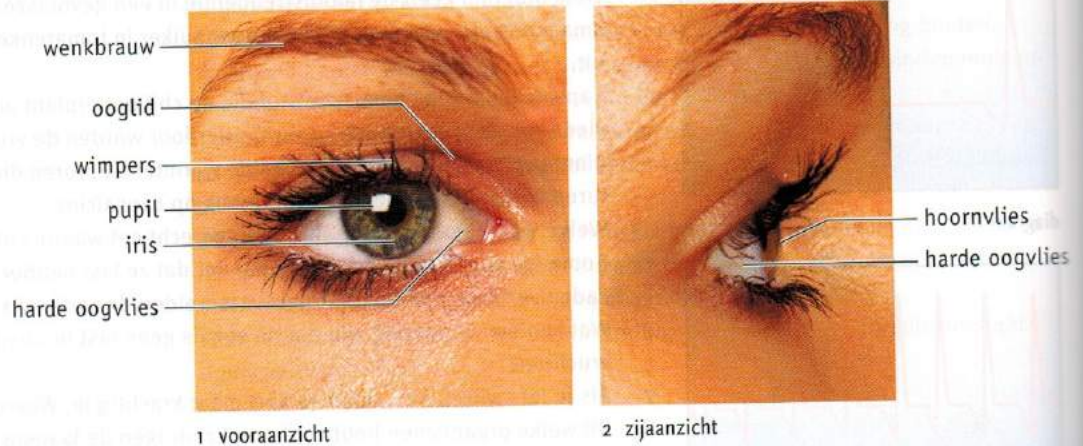
## Neem het volgende schema over en vul het in.

Zintuigen	Ligging	Adequate prikkel
<b>MECHANISCHE RECEPTOREN:</b>		
	in de oren	
evenwichtsreceptoren		
		druk
		lichte aanraking
<b>CHEMISCHE RECEPTOREN:</b>		
reukreceptoren		opgeloste moleculen
<b>TEMPERATUURRECEPTOREN:</b>		
		kou
warmtereceptoren		
<b>PIJNRECEPTOREN:</b>		
<b>LICHTRECEPTOREN:</b>		

# 7 De bouw en werking van het oog

Je ogen zijn tere organen. Ze liggen goed beschermd in je oogkassen. De **wenkbrauwen** zorgen ervoor dat zweet of ander vocht niet in de ogen loopt, maar erlangs. De **wimpers** beschermen de ogen tegen vuil en te fel licht (zie afbeelding 59).

► **Afb. 59** Een oog en een gedeelte van het gezicht.



1 vooraanzicht

2 zijaanzicht

## DE UITWENDIGE BOUW VAN DE OGEN

Het witte gedeelte van een oog heet het **harde oogvlies**. Dit is een stevig vlies dat het binnenste van een oog bescherming geeft. Het gekleurde gedeelte van een oog heet **iris** of **regenboogvlies**. In de iris zit een opening, de **pupil**. Deze is te zien als een zwarte ronde vlek. Over de iris en de pupil heen ligt het **hoornvlies** (zie afbeelding 59.2).

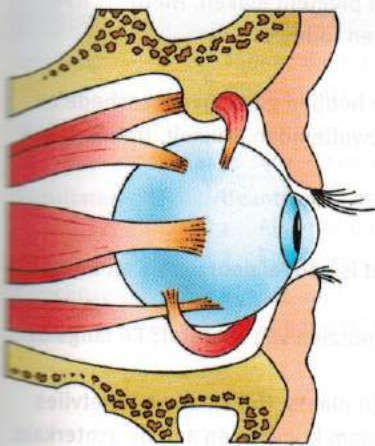
Onder de huid boven de ogen liggen **traanklieren**. Deze produceren **traanvocht**. Als je met je ogen knippert, verspreiden de **oogleden** het traanvocht over de ogen. Het traanvocht beschermt de ogen tegen uitdroging. Ook reinigt het de ogen door kleine stofjes of prikkelende stoffen weg te spoelen. Dat merk je bijvoorbeeld als je aan een ui ruikt. De geur van de ui prikkelt de traanklieren, die daardoor meer traanvocht produceren. In de ooghoeken zitten twee kleine openingen. Hierdoor komt het traanvocht terecht in de **traanbuizen** en wordt het afgevoerd naar de neusholte.

## DE INWENDIGE BOUW VAN DE OGEN

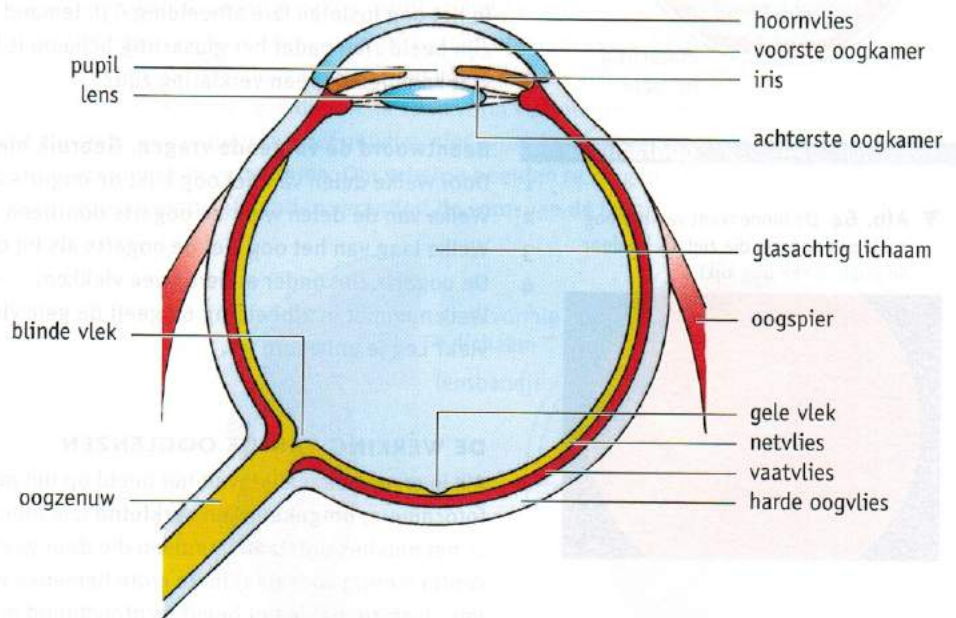
In beide oogkassen zijn verschillende **oogspieren** aan het harde oogvlies bevestigd (zie afbeelding 60). De oogspieren draaien de ogen in de gewenste richting.

In afbeelding 61 is een doorsnede van het oog schematisch getekend. Een oog is voor het grootste deel gevuld met een geleachtige massa, het **glasachtig lichaam**. De wand van een oog bestaat uit drie lagen. De buitenste laag is het **harde oogvlies**. Dit is wit van kleur. Aan de voorkant van het oog gaat het harde oogvlies over in het **hoornvlies**. Dit is doorzichtig, zodat licht het oog binnen kan vallen. De middelste laag is het **vaatvlies**. Deze laag bevat veel bloedvaten en zorgt voor de voeding van een groot deel van het oog. Aan de voorkant van het oog gaat het

▼ Afb. 60 De oogspieren (schematisch).



► Afb. 61 Schematische tekening van een horizontale doorsnede van een oog.



vaatvlies over in de iris (regenboogvlies). Tussen het hoornvlies en de iris bevindt zich de **voorste oogkamer**. Tussen de iris en de lens ligt de **achterste oogkamer**. Beide kamers zijn gevuld met vocht. De iris regelt de hoeveelheid licht die door de pupil het oog binnenvalt, door de pupil groter of kleiner te maken. Achter de iris en de pupil bevindt zich de **lens**. Rondom de lens zit het **straalvormig lichaam**. Het straalvormig lichaam en de lens zorgen ervoor dat op het netvlies een scherp beeld ontstaat van wat je wilt zien.

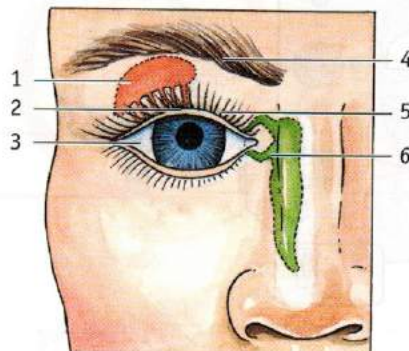
De binnenste laag van de wand van een oog heet **netvlies**. Het wordt door het glasachtig lichaam op zijn plaats gehouden. In het netvlies liggen de lichtreceptoren. Deze worden geprikkeld wanneer er licht op valt. In de lichtreceptoren ontstaan dan impulsen die via de **oogzenuw** naar de hersenen worden geleid. In het centrum van het netvlies ligt de **gele vlek**. Met de lichtreceptoren in de gele vlek kun je het scherpst zien. Als je naar iets kijkt, draai je je ogen zó dat je vooral de gele vlek gebruikt bij het kijken. De plaats van het netvlies waar de oogzenuw het oog verlaat, heet **blinde vlek**. Deze plaats is ook de ingang en uitgang voor bloedvaten.

opdracht 29

In afbeelding 62 is een gedeelte van het gezicht schematisch getekend. Enkele delen zijn genummerd.

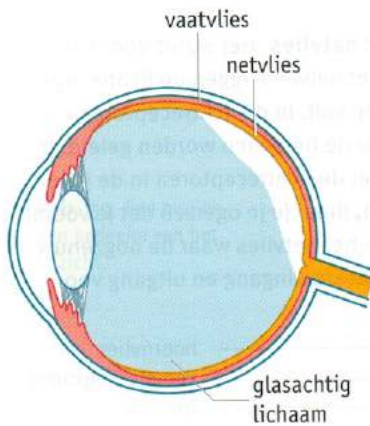
Noteer de namen en de functies van de genummerde delen.

► Afb. 62



## opdracht 30

▼ **Afb. 63** Loslating van het glasachtig lichaam achter in het oog.

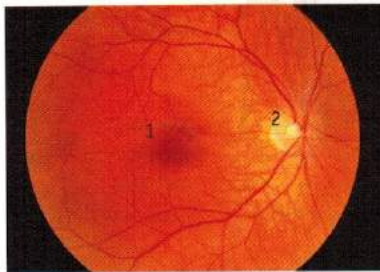


**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Waardoor gaat iemand die huilt 'snotteren'?
- 2 Een albino kan door een erfelijke afwijking geen pigment maken. Hierdoor heeft een albino een heel witte huid, witte haren en een rode iris. Waardoor is de iris van een albino rood?
- 3 Het hoornvlies bevat veel zenuwuiteinden. Deze hebben geen myelineschede en zijn daardoor zeer gevoelig. Wanneer je de zenuwuiteinden prikkelt, treedt er een reflex op. Welke reflex treedt dan op?
- 4 Wat is het nut van deze reflex?
- 5 Het hoornvlies bestaat uit dekweefselcellen. Het is geheel doorzichtig en bevat geen bloedvaten. Hoe wordt het hoornvlies langs de buitenkant voorzien van zuurstof? En langs de binnenkant?
- 6 Het glasachtig lichaam houdt het netvlies op zijn plaats. Het zit aan het netvlies vast. Bij oudere mensen kan het glasachtig lichaam krimpen en aan de achterkant in het oog loslaten (zie afbeelding 63). Iemand kan een wazige of zwarte vlek in zijn beeld zien nadat het glasachtig lichaam is losgelaten van het netvlies. Wat kan hiervoor een verklaring zijn?

## opdracht 31

▼ **Afb. 64** De binnenkant van het oog zoals een oogarts ziet als hij door de pupil in een oog kijkt.



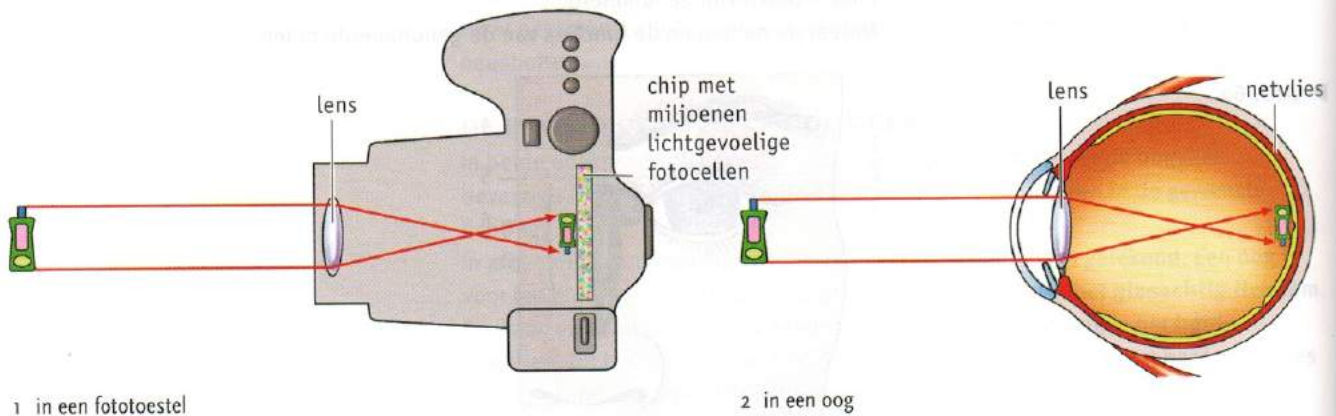
**Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij afbeelding 64.**

- 1 Door welke delen van het oog kijkt de oogarts achtereenvolgens heen?
- 2 Welke van de delen waar de oogarts doorheen kijkt zijn doorzichtig?
- 3 Welke laag van het oog ziet de oogarts als hij door de pupil kijkt?
- 4 De oogarts ziet onder andere twee vlekken. Welk nummer in afbeelding 64 geeft de gele vlek aan en welk nummer de blinde vlek? Leg je antwoord uit.

## DE WERKING VAN DE OOGLENZEN

Als je ergens naar kijkt, valt het beeld op het netvlies. Dit beeld is, net als in een fotocamera, **omgekeerd** en **verkleind** (zie afbeelding 65). In de lichtreceptoren in het netvlies ontstaan impulsen die door gevoelszenuwcellen naar de gezichtscentra (centra voor zien) in de grote hersenen worden geleid. Deze verwerken de impulsen zo, dat je het beeld rechtopstaand en op de juiste grootte waarneemt.

▼ **Afb. 65** Beeldvorming door lenzen (schematisch).



## opdracht 32

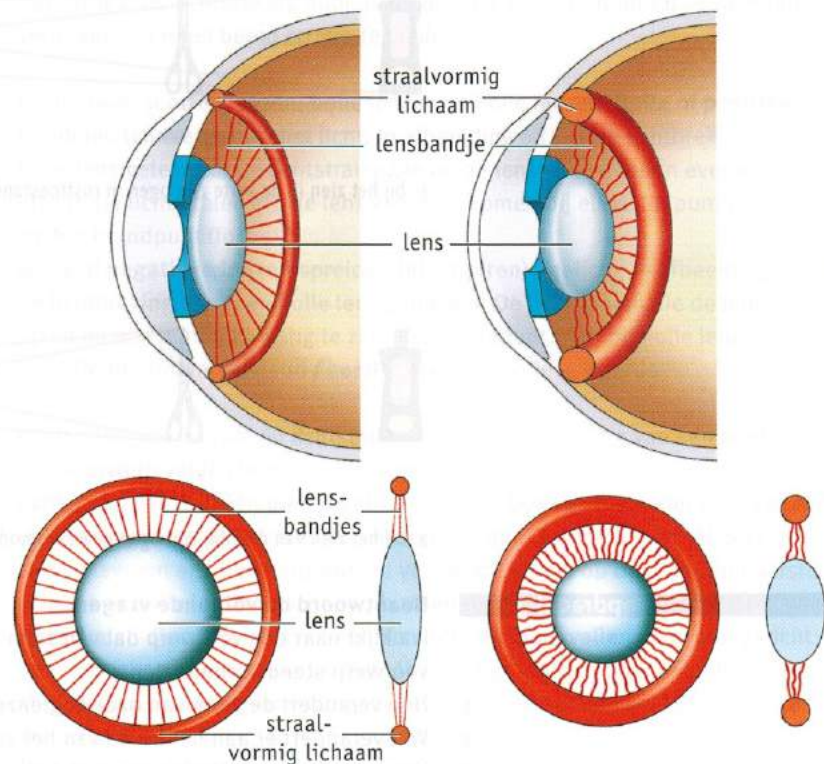
## PRACTICUM

## SCHERP ZIEN

Inleiding	Tijdens dit practicum ontdek je dat je het ene moment iets van dichtbij scherp kunt zien en het andere moment iets van veraf.
Methode	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Houd een vinger op ongeveer 25 cm afstand voor je ogen.</li> <li>– Kijk vervolgens scherp naar een voorwerp in de verte. Kijk daarna weer scherp naar je vinger.</li> </ul>
Resultaten	Beantwoord de volgende vragen. <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Als je scherp naar een voorwerp in de verte kijkt, zie je dan je vinger scherp?</li> <li>2 En als je scherp naar je vinger kijkt, zie je dan de achtergrond scherp?</li> </ol>
Conclusie	Beantwoord de volgende vraag. <ol style="list-style-type: none"> <li>3 Kun je gelijktijdig dichtbij en in de verte scherp zien?.</li> </ol>

Je kunt het ene moment iets van dichtbij scherp zien en het andere moment iets van veraf. In beide gevallen wordt op het netvlies een scherp beeld gevormd. Bij veel soorten vissen en bij inktvissen ontstaat een scherp beeld op het netvlies, doordat de lens door spieren naar voren of naar achteren wordt bewogen. De ooglenzen van deze dieren niet van vorm veranderen. Bij mensen kan de afstand tussen de ooglenzen en het netvlies niet veranderen. Wel kan een ooglenzen gemakkelijk van vorm veranderen. Om scherpe beelden te krijgen van voorwerpen op verschillende afstanden verandert de vorm van de lens.

► Afb. 66 De ooglenzen en de bevestiging van de ooglenzen in het straalvormig lichaam (schematisch).



1 zien in de verte

2 zien van dichtbij

Een ooglenzen hangt met behulp van lensbandjes in het **straalvormig lichaam** (zie afbeelding 66). In het straalvormig lichaam liggen kringspieren. Als je kijkt naar een voorwerp in de verte (op meer dan 5 m afstand), zijn de kringspieren in de

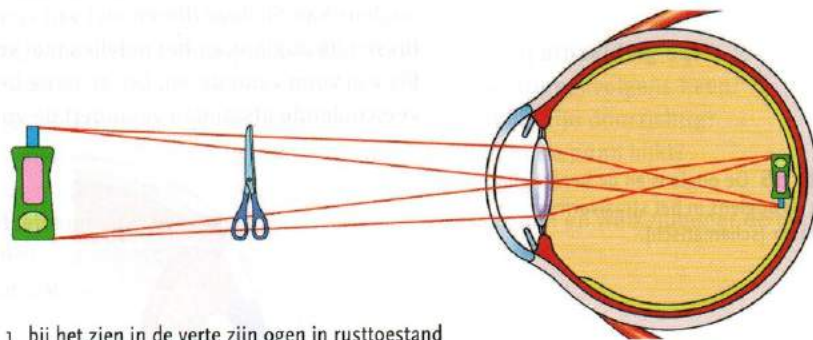
straalvormige lichamen ontspannen. Je ogen zijn in rusttoestand. Door de druk van de glasachtige lichamen wordt de doorsnede van de straalvormige lichamen groot. Daardoor worden de lensbandjes strak gespannen, waardoor ze aan de ooglenzen trekken. De ooglenzen worden hierdoor platter. Het beeld van het voorwerp op het netvlies is scherp (zie afbeelding 66.1).

Als je vervolgens naar een voorwerp dichtbij kijkt (op minder dan 5 m afstand), ontstaat er een onscherp beeld op je netvlies. De kringspieren in de straalvormige lichamen trekken zich samen. Hierdoor wordt de doorsnede van de straalvormige lichamen kleiner. Het gevolg is dat de lensbandjes minder strak gespannen worden, waardoor ze minder aan de ooglenzen trekken. De ooglenzen kunnen hierdoor boller worden (zie afbeelding 66.2).

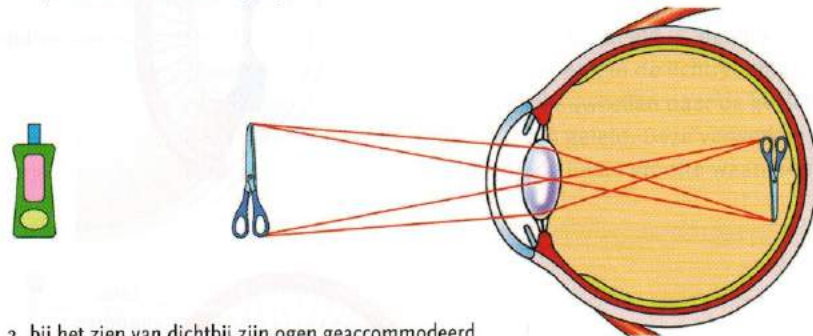
Het boller en platter worden van de lens noemen we **accommoderen**: de vorm van de lens wordt aangepast wanneer het waargenomen voorwerp zich op een afstand van minder dan 5 m bevindt. Hierdoor ontstaat ook bij het zien van dichtbij een scherp beeld op het netvlies (zie afbeelding 67).

We noemen de kringspieren in de straalvormige lichamen **accommodatiespieren**. Als reactie op een onscherp beeld op het netvlies, trekken deze spieren zich reflexmatig samen. De zenuwcellen van deze reflexboog behoren tot het autonome zenuwstelsel.

► Afb. 67 Accommoderen.



1 bij het zien in de verte zijn ogen in rusttoestand



2 bij het zien van dichtbij zijn ogen geaccommodeerd

### opdracht 33

#### Beantwoord de volgende vragen.

Iza kijkt naar een voorwerp dat van 10 m afstand dichterbij komt. Ze blijft het voorwerp steeds scherp zien.

- 1 Hoe verandert de vorm van haar ooglenzen?
- 2 Wat verandert er aan het beeld van het voorwerp op haar netvlies?
- 3 Koen houdt met gestrekte arm een potlood voor zich. 10 m achter het potlood hangt een schilderij aan de muur. Zal hij het potlood scherp waarnemen als de accommodatiespieren in zijn ogen ontspannen zijn?
- 4 Wanneer je lang naar een computerscherm kijkt, kun je last krijgen van vermoeide, brandende ogen. Leg uit hoe dat komt.



- 5 Hoe kun je je accommodatiespieren even laten ontspannen als je lang achter een computer moet werken?

## opdracht 34

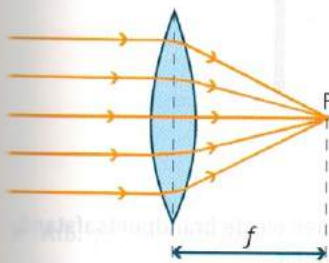
Neem het schema over en vul het in.

Gebruik daarbij:

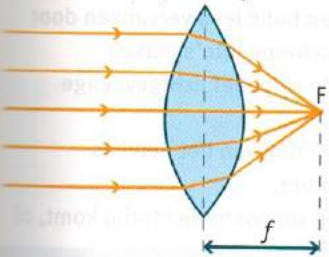
- bij 1: *ontspannen – samengetrokken*;
- bij 2: *groot – klein*;
- bij 3: *minder strak gespannen – strak gespannen*;
- bij 4: *boller – zo plat mogelijk*;
- bij 5: *geaccommodeerd – in rusttoestand*.

Zintuigen	Bij het zien in de verte	Bij het zien van dichtbij
1 De accommodatiespieren zijn		
2 De diameter van de straalvormige lichamen is		
3 De lensbandjes zijn		
4 De lenzen zijn		
5 De ogen zijn		

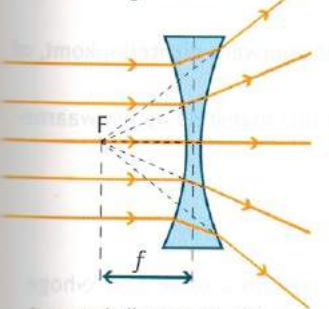
▼ Afb. 68 Lichtbreking door lenzen.



1 door een bolle (positieve) lens



2 door een nog bollere lens



3 door een holle (negatieve) lens

### LICHTBREKING DOOR LENZEN

Lichtstralen die je ogen binnenvallen, worden gebroken: ze worden in een andere richting gebogen door het hoornvlies en de ooglenzen. Dit gebeurt vooral door het hoornvlies. De lichtbreking door de ooglenzen varieert, doordat ze van vorm veranderen om het beeld scherp te stellen.

Er zijn twee soorten lenzen: bolle lenzen en holle lenzen. **Bolle** of **positieve lenzen** bundelen (**convergeren**) het licht. In afbeelding 68.1 is de lichtbreking door een bolle lens getekend. De lichtstralen die op de lens vallen, lopen evenwijdig aan elkaar. De lichtstralen die de lens verlaten, komen bij elkaar in punt F. Dit noemen we het brandpunt (focus).

**Holle** of **negatieve lenzen** spreiden (**divergeren**) het licht. In afbeelding 68.3 is de lichtbreking door een holle lens getekend. De lichtstralen die de lens verlaten, lijken uit één punt afkomstig te zijn. Het brandpunt F ligt bij holle lenzen vóór de lens. De brandpuntsafstand  $f$  heeft dan een negatieve waarde.

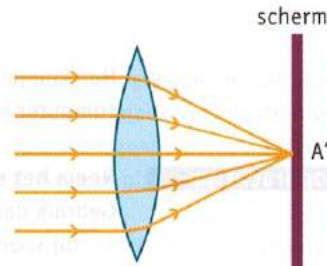
In afbeelding 69.1 zijn vijf lichtstralen getekend, afkomstig van één punt van een voorwerp veraf. Om een scherp beeld van dit punt te krijgen, moeten deze lichtstralen weer in één punt bij elkaar komen. Ook van elk ander punt van het voorwerp moeten de lichtstralen weer in één punt samenkomen. Al deze punten samen leveren een beeld op van het voorwerp. Als we op de brandpuntsafstand achter een bolle lens een scherm plaatsen, kunnen we dit beeld zichtbaar maken. Lichtstralen die afkomstig zijn van een punt dichtbij, vallen uit elkaar gericht op een lens (zie afbeelding 69.2). Deze lichtstralen worden door de bolle lens minder sterk gebroken. De plaats waar deze stralen bij elkaar komen, valt daardoor achter het scherm.

Op het scherm ontstaat een onscherp beeld. Om het beeld scherp te krijgen, kun je het scherm naar achteren verplaatsten. Ook kun je de lens vervangen door een bollere lens. Door de bollere lens worden de lichtstralen sterker gebroken, zodat een scherp beeld wordt gevormd op het scherm (zie afbeelding 69.3).

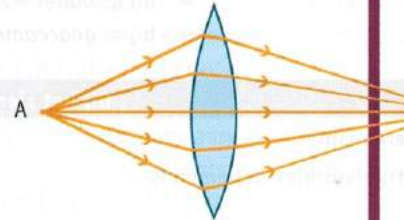
► **Afb. 69** Lichtbreking door een bolle lens.

A = punt van een voorwerp  
 A' = beeld van dit punt

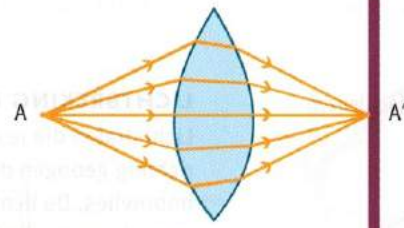
A  
 (ver verwijderd)



1 een voorwerp veraf geeft een scherp beeld



2 een voorwerp dichtbij geeft een onscherp beeld



3 een voorwerp dichtbij geeft een scherp beeld, wanneer een bollere lens wordt gebruikt

**opdracht 35**

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 De afstand vanaf het brandpunt tot aan de lens noemen we de brandpuntsafstand. Iemand heeft een bolle lens en een lens die minder bol is. Welke van beide lenzen heeft de grootste brandpuntsafstand?
- 2 In een fotoestel met verwisselbare lenzen wordt een bolle lens vervangen door een lens die minder bol is. Met beide lenzen kun je scherpe foto's maken. Welke van beide lenzen bevindt zich het dichtst bij de chip met lichtgevoelige fotocellen?
- 3 Beenvissen kunnen hun lenzen door spieren in de richting van het netvlies trekken. De afstand lens-netvlies wordt daardoor kleiner. Zullen deze spieren zich samentrekken naarmate een voorwerp dichterbij komt, of naarmate het verderaf gaat? Leg je antwoord uit.
- 4 Amfibieën kunnen hun lenzen door spieren naar de voorkant van de ogen trekken. De afstand lens-netvlies wordt daardoor groter. Zullen deze spieren zich samentrekken naarmate een voorwerp dichterbij komt, of naarmate het verderaf gaat? Leg je antwoord uit.
- 5 Bij welke van deze twee diergroepen zijn de ogen in rust ingesteld op het waarnemen van voorwerpen dichtbij? Leg je antwoord uit.

**DE PUPILREFLEX**

De intensiteit van het licht dat je ogen binnenvalt, is niet altijd gelijk. Een te hoge lichtintensiteit kan de lichtreceptoren in je netvlies beschadigen. Je wimpers vormen een eerste bescherming tegen te fel licht. Maar de pupilreflex is de belangrijkste bescherming. Deze regelt de hoeveelheid licht die op het netvlies valt.

## opdracht 36

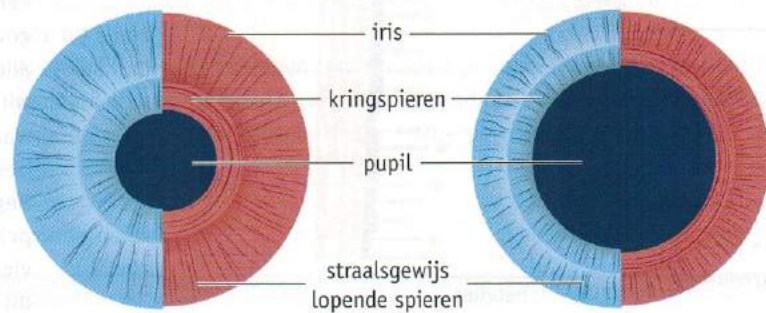
## PRACTICUM

## DE PUPILREFLEX

<b>Inleiding</b>	In dit practicum ga je de werking van de pupilreflex onderzoeken. Je kunt deze proef alleen uitvoeren of met zijn tweeën.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een spiegel (eventueel)</li> <li>– een horloge of mobiele telefoon met stopwatch of een stopwatch</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Houd een minuut lang een hand voor één van je ogen. Haal dan je hand weg van dit oog.</li> <li>– Als je alleen werkt, kijk je in de spiegel naar wat er gebeurt met de pupilgrootte van beide ogen direct na het wegnemen van je hand.</li> <li>– Als je met zijn tweeën werkt, kijkt de ander wat er met de pupilgrootte gebeurt, direct na het wegnemen van je hand.</li> </ul>
<b>Resultaten</b>	Beantwoord de volgende vraag. 1 Welke veranderingen van de pupilgrootte heb je waargenomen?
<b>Conclusie</b>	Beantwoord de volgende vragen. 2 Hoe regelt de iris de hoeveelheid licht die op het netvlies valt? 3 Is de reflexboog van de pupilreflex voor beide ogen gescheiden of valt deze gedeeltelijk samen? Leg je antwoord uit.

In de iris bevinden zich **kringspielen** en **straalsgewijs lopende spieren** (zie afbeelding 70). Zij bepalen de pupilgrootte. De kringspielen lopen in het binnenste deel van de iris rondom de pupil. Als ze zich samentrekken, wordt de pupil kleiner. De straalsgewijs lopende spieren bevinden zich aan de buitenzijde van de iris. Ze lopen vanaf de kringspielen naar de buitenrand van de iris. Als ze zich samentrekken, wordt de pupil groter. Het groter of kleiner worden van de pupil heeft geen invloed op het oppervlak van het netvlies dat wordt geprikkeld.

► **Afb. 70** De pupilreflex.



## opdracht 37

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke spieren in de iris trekken zich samen als er fel licht in de ogen valt?
- 2 In welke receptoren ontstaan impulsen die leiden tot de pupilreflex?
- 3 Via welk deel van het centrale zenuwstelsel verloopt de reflexboog van de pupilreflex?
- 4 Iriscopisten beweren dat zij afwijkingen en ziekten bij de mens terug kunnen vinden in de vorm, de kleur en de bouw van de iris. Een iriscopist wil de iris van iemand bekijken. Kan hij dan het beste fel licht of zwak licht op het oog laten vallen? Leg je antwoord uit.
- 5 Als binnenshuis een foto wordt gemaakt met behulp van flitslicht, hebben de mensen op de afdruk vaak rode ogen. Hoe komt dat?
- 6 Sommige fototoestellen geven vlak voor het maken van de opname een extra flits. Daarna wordt nogmaals geflitst en gelijktijdig de foto gemaakt. Leg uit waardoor er dan minder kans is dat de ogen op de foto er rood uitzien.

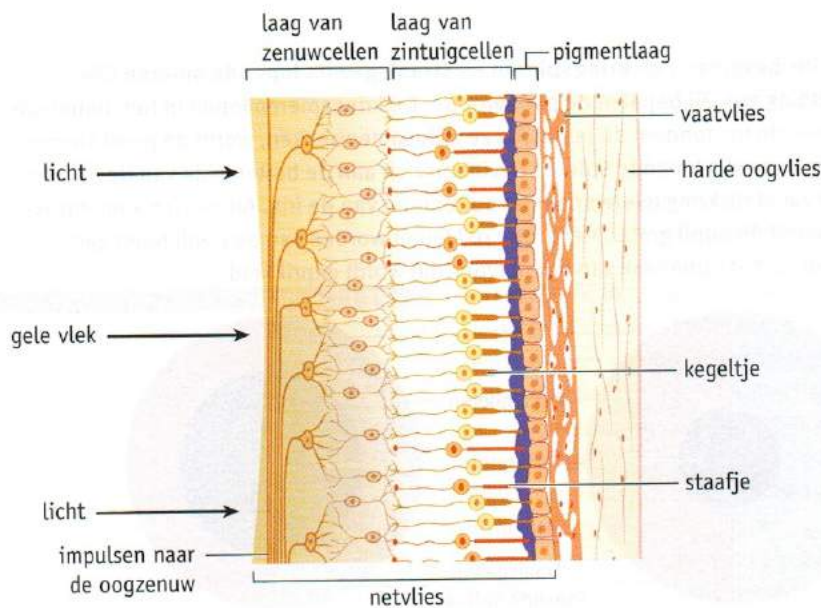
### DE BOUW EN WERKING VAN HET NETVLIES

Het netvlies vormt de binnenbekleding van het oog. In het netvlies liggen lichtreceptoren die lichtprikkels omzetten in impulsen. Deze worden via uitlopers van zenuwcellen naar de hersenen geleid. In afbeelding 71 is een deel van de wand van een oog vergroot getekend bij de gele vlek. Je ziet het netvlies, het vaatvlies en het harde oogvlies.

Vanaf het glasachtig lichaam bestaat het netvlies uit een laag **zenuwcellen**, een laag **lichtreceptoren** en een laag **pigmentcellen**. De laag pigmentcellen ligt tegen het vaatvlies aan. Door het pigment wordt licht geabsorbeerd. Het pigment beschermt de zintuigcellen tegen te sterke lichtprikkels.

Licht dat een oog binnenvalt, gaat in het netvlies eerst door de laag van zenuwcellen heen voordat het de lichtreceptoren bereikt. De zenuwcellen en zintuigcellen zijn transparant. De impulsen die in de lichtreceptoren ontstaan, worden naar de zenuwcellen geleid. Uitlopers van de zenuwcellen verlaten het oog via de oogzenuw. In de blinde vlek gaan de uitlopers door het netvlies, het vaatvlies en het harde oogvlies heen. Het netvlies wordt op deze plaats onderbroken. In de blinde vlek liggen geen lichtreceptoren.

▼ **Afb. 71** De bouw van het netvlies bij de gele vlek (schematisch).



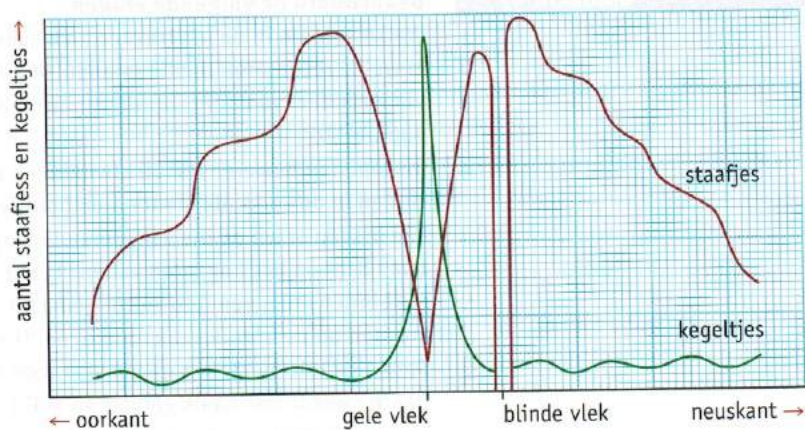
### LICHTRECEPTOREN

In het netvlies liggen twee soorten lichtreceptoren die we vanwege hun vorm staafjes en kegeltjes noemen. In afbeelding 71 kun je deze lichtreceptoren zien liggen in de laag van zintuigcellen.

**Staaftjes** liggen verspreid over het hele netvlies, maar niet in de gele vlek en de blinde vlek (zie afbeelding 72). Ze hebben een lage prikkeldrempel en zijn dus erg gevoelig voor licht. Je kunt met staafjes alleen contrasten waarnemen in zwart-grijs-wit. Je kunt er geen kleuren en details mee waarnemen. 95% van de lichtreceptoren bestaat uit staafjes.

**Kegeltjes** hebben een hogere prikkeldrempel dan staafjes. Ze liggen vooral in de gele vlek en de directe omgeving daarvan. Met dit deel van het netvlies kun je het scherpst zien.

► **Afb. 72** De verdeling van staafjes en kegeltjes over het netvlies.

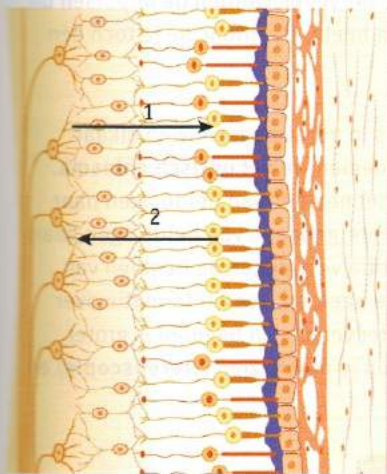


Wanneer je naar een voorwerp kijkt, fixeer je je ogen zo dat het beeld van dat voorwerp precies op de gele vlek valt. Aan de rand van het netvlies komen geen kegeltjes voor. Er zijn drie typen kegeltjes die elk gevoelig zijn voor een andere kleur van het licht. Eén type kegeltjes is gevoelig voor rood licht, een ander type voor groen licht en het derde type voor blauw licht.

In de laag zenuwcellen komen meerdere typen zenuwcellen voor. De cellichamen van deze zenuwcellen liggen in het netvlies. Staafjes en kegeltjes staan via synapsen in contact met deze zenuwcellen. De impulsen van elk kegeltje worden apart doorgegeven aan één zenuwcel. De impulsen van vele kegeltjes worden daardoor in het gezichtscentrum vertaald in een gedetailleerd en scherp beeld. Bij staafjes worden de impulsen van zo'n vijftig tot honderd staafjes aan één zenuwcel doorgegeven. Het beeld van staafjes is daardoor minder scherp en bevat geen details.

## opdracht 38

## ▼ Afb. 73



## Beantwoord de volgende vragen.

- In afbeelding 73 zie je een stukje van de wand van een oog bij de gele vlek. Welke pijl geeft de richting aan waarin impulsen worden geleid in het netvlies? Wat geeft de andere pijl aan?
- Albino's hebben heel weinig pigment in de laag pigmentcellen van hun netvlies. Welke gevolgen kan dit hebben voor de lichtreceptoren?
- Inktvissen hebben in het netvlies ook een laag zenuwcellen en een laag zintuigcellen. Bij inktvissen ligt de laag zintuigcellen tegen het glasachtig lichaam aan en de laag zenuwcellen tegen het vaatvlies. Leg uit dat daardoor in het oog van een inktvis geen blinde vlek voorkomt.
- Hoe nemen wij groen licht waar dat staafjes absorberen? Leg je antwoord uit.
- Veel nachtdieren hebben alleen staafjes in het netvlies. Leg dat uit.
- Als je 's nachts naar een zwakke ster wilt kijken, kun je deze het beste zien door ernaast te kijken. Als je naar zo'n zwakke ster kijkt, zie je hem niet meer. Leg uit hoe dit komt.
- Als je bij het maken van een foto flitst, zie je enkele seconden na het flitsen een donkere vlek op de plaats waar de flits vandaan kwam. Leg uit hoe dit komt.
- Waardoor neem je in de gele vlek het scherpste beeld waar?

## opdracht 39

## PRACTICUM

## DE BLINDE VLEK

Inleiding	De blinde vlek is de plaats in het netvlies waar uitlopers van zenuwcellen het oog verlaten en bloedvaten het oog binnenkomen of uitgaan. Ze doorbreken daardoor de laag lichtreceptoren, de laag pigmentcellen, het vaatvlies en het harde oogvlies. Je gaat in dit practicum de blinde vlek in je rechteroog aantonen.
Materiaal	▼ Afb. 74 Het aantonen van de blinde vlek. 
Methode	<ul style="list-style-type: none"> <li>Houd je boek op armlengte voor je ogen en bekijk afbeelding 74. Sluit je linkeroog en fixeer met je rechteroog het vierkantje. Je ziet dan zijdelings het driehoekje.</li> <li>Blijf het vierkantje fixeren en breng langzaam deze bladzijde naar je toe.</li> </ul>
Resultaten	Beantwoord de volgende vraag. 1 Wat gebeurt er op een gegeven moment met het driehoekje?
Conclusie	Beantwoord de volgende vragen. 2 Op welke plaats van het netvlies wordt dan het beeld van het driehoekje gevormd? 3 Op welke plaats van het netvlies wordt het beeld van het vierkantje gevormd? 4 Hoe komt het dat je onder normale omstandigheden niets merkt van de blinde vlek in je ogen?

**DIEPTE ZIEN (STEREOSCOPIE)**

Als je naar een voorwerp kijkt, valt het beeld hiervan zowel in het linkeroog als in het rechteroog op het netvlies. Met je linkeroog bekijk je het voorwerp uit een iets andere hoek dan met je rechteroog.

## opdracht 40

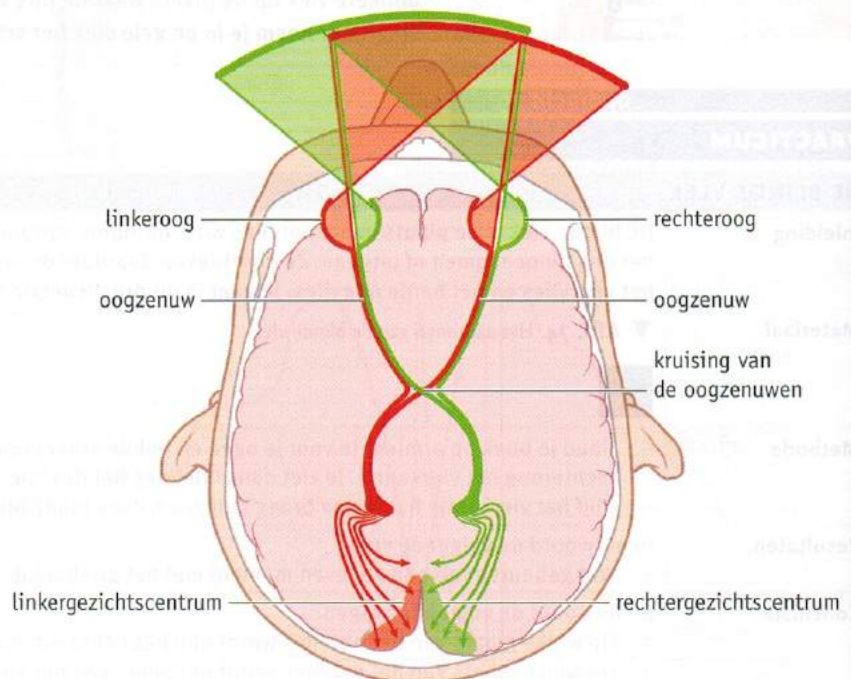
**PRACTICUM****DIEPTE ZIEN**

<b>Inleiding</b>	Bij dit practicum ga je zelf ontdekken dat je een voorwerp met je linkeroog vanuit een andere hoek bekijkt dan met je rechteroog.
<b>Materiaal</b>	– een potlood (of een pen)
<b>Methode</b>	Houd een potlood op ongeveer 30 cm afstand rechtop voor je ogen. Sluit nu afwisselend je linkeroog en je rechteroog.
<b>Conclusie</b>	Wat gebeurt er met het beeld van het potlood?

Je hebt kunnen waarnemen dat de beelden van een voorwerp dichtbij, in je linkeroog en je rechteroog iets verschillen. In de grote hersenen worden de impulsen uit beide ogen in de gezichtscentra verwerkt tot één beeld. Daardoor zie je toch één voorwerp.

Net boven de hypothalamus kruisen de uitlopers in beide oogzenuwen elkaar gedeeltelijk (zie afbeelding 75). Deze kruising noemen we het **optisch chiasma**. Hier gaan impulsen van het linkergedeelte van het netvlies van beide ogen naar het linker gezichtscentrum. Impulsen van het rechter gedeelte van beide ogen gaan naar het rechter gezichtscentrum. De gezichtscentra vergelijken de beelden van beide ogen met elkaar. Het verschil tussen beide beelden levert informatie over de afstand waarop een voorwerp zich bevindt. Het verschil in beelden is groter naarmate het voorwerp dichterbij is. Hierdoor kun je diepte zien (**stereoscopie**) en afstanden schatten.

► **Afb. 75** De oogzenuwbanen en de gezichtscentra (schematisch).

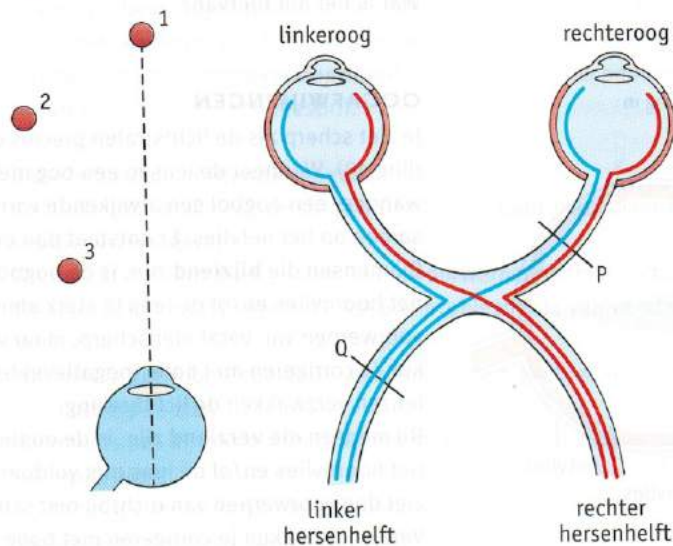


## opdracht 41

## Beantwoord de volgende vragen.

1. Waarom kun je met één oog niet zo goed diepte zien?

## ► Afb. 76

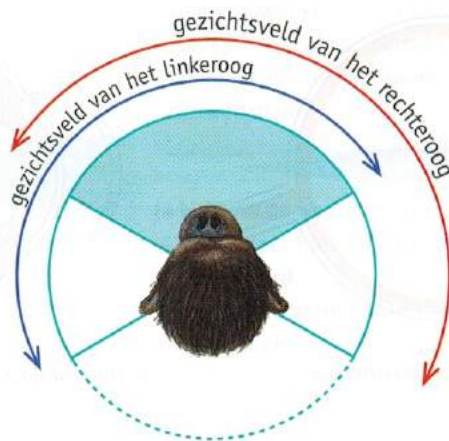


Een proefpersoon bevindt zich in een donkere ruimte. In het gezichtsveld van zijn rechteroog bevinden zich drie felrode punten (1, 2 en 3 in afbeelding 76). Deze lichtpunten veroorzaken impulsen. De proefpersoon kijkt naar punt 1 en houdt het linkeroog gesloten.

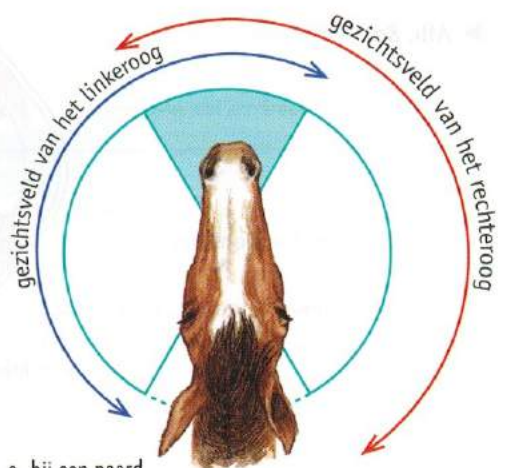
De vragen 2 tot en met 4 gaan over afbeelding 76.

2. Ontstaan er in het linkerdeel van het netvlies van zijn rechteroog impulsen? En in het rechterdeel van het netvlies van dit oog?
3. Welk deel van het gezichtsveld zou deze persoon niet meer waarnemen als de oogzenuw op plaats Q wordt doorgesneden?
4. En wat zou het gevolg zijn als de oogzenuw op plaats P wordt doorgesneden?
5. Bij een chimpansee staan de ogen voor in de kop (zie afbeelding 77.1). Een groot gedeelte van zijn gezichtsveld ziet hij daardoor met beide ogen. Leg uit welk voordeel dit heeft bij het klimmen in bomen en het springen naar takken.
6. Bij een paard staan de ogen opzij van het hoofd (zie afbeelding 77.2). Een paard kan daardoor bijna 360° rondom zien zonder zijn hoofd te draaien. Leg uit welk voordeel dit heeft voor het dier.

## ► Afb. 77 Gezichtsvelden.



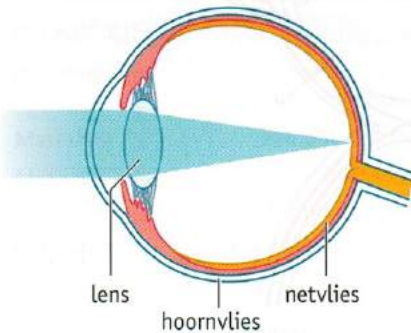
1 bij een chimpansee



2 bij een paard

- 7 Een paard kan slechts in een klein deel van het gezichtsveld diepte zien. Als een paard ergens naar kijkt, beweegt het soms met zijn hoofd. Wat is het nut hiervan?

▼ **Afb. 78** Lichtbreking in een normaal oog.



### OOGAFWIJKINGEN

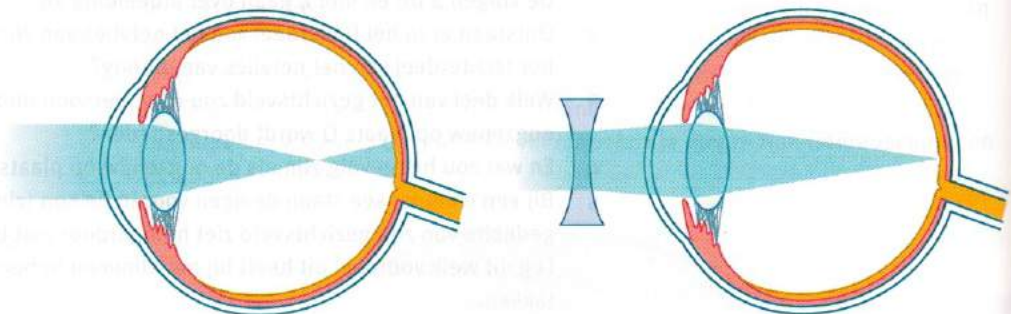
Je ziet scherp als de lichtstralen precies op het netvlies samenvallen (zie afbeelding 78). Wanneer de lens in een oog niet bol of plat genoeg kan worden of wanneer een oogbol een afwijkende vorm heeft, vallen de lichtstralen niet precies samen op het netvlies. Er ontstaat dan een onscherp beeld.

Bij mensen die **bijziend** zijn, is de oogbol te lang of worden de lichtstralen door het hoornvlies en/of de lens te sterk afgebogen (zie afbeelding 79.1). Je ziet dan voorwerpen van veraf niet scherp, maar voorwerpen van dichtbij wel. Bijziendheid kun je corrigeren met holle (negatieve) lenzen (zie afbeelding 79.2). De holle lenzen verzwakken de lichtbreking.

Bij mensen die **verziend** zijn, is de oogbol te kort of worden de lichtstralen door het hoornvlies en/of de lens niet voldoende afgebogen (zie afbeelding 80.1). Je ziet dan voorwerpen van dichtbij niet scherp, maar voorwerpen van veraf wel. Verziendheid kun je corrigeren met bolle (positieve) lenzen (zie afbeelding 80.2). De bolle lenzen versterken de lichtbreking.

De kleinste afstand waarop je een voorwerp scherp kunt waarnemen, noemt men het nabijheidspunt. Voor volwassenen ligt dit punt niet verder weg dan circa 30 cm. Bij jonge mensen kan het nog dichterbij liggen en bij kinderen zelfs rond de 10 cm of nog minder.

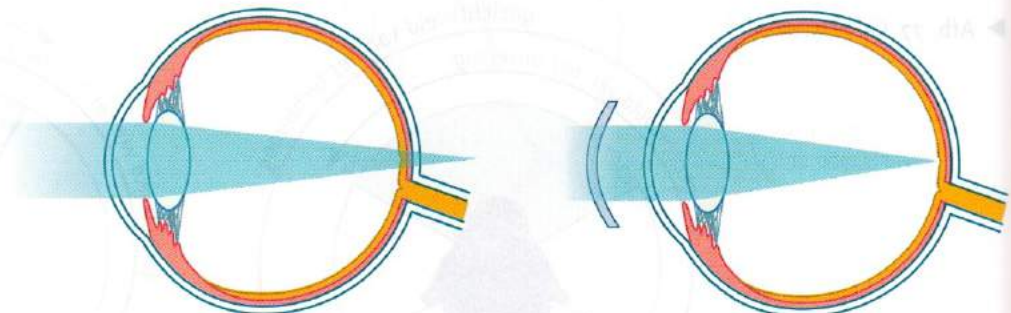
► **Afb. 79**



1 lichtbreking in een bijziend oog

2 correctie door een negatieve lens

► **Afb. 80**



1 lichtbreking in een verziend oog

2 correctie door een positieve lens



Bij het ouder worden neemt de elasticiteit van de ooglenzen af, waardoor ze niet zo goed meer bol kunnen worden. Het nabijheidspunt komt steeds verder weg te liggen. Dit begint gemiddeld na het 42e levensjaar. Doordat het accommodatievermogen afneemt, wordt het steeds lastiger om van dichtbij scherp te zien. We noemen dit **ouderdomsverziendheid**. Het tekort aan accommodatievermogen kun je compenseren met een leesbril.

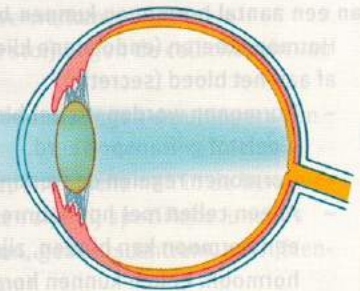
**opdracht 42****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Bij bijziendheid worden de lichtstralen te veel gebroken, waardoor ze vóór het netvlies convergeren.  
Waarom is het dan geen probleem om voorwerpen dichtbij scherp te zien?
- 2 Waarom is het bij bijziendheid wel een probleem om van veraf voorwerpen scherp te zien?
- 3 Waarom is het voor iemand die verziend is geen probleem om voorwerpen van veraf scherp te zien?
- 4 Waarom is het bij verziendheid wel een probleem om voorwerpen van dichtbij scherp te zien?
- 5 Bij sommige mensen zijn de hoornvliesen te bol.  
Veroorzaakt deze afwijking bijziendheid of verziendheid?
- 6 Ouderdomsverziendheid kun je corrigeren met een leesbril.  
Heeft een leesbril bolle (positieve) lenzen of holle (negatieve) lenzen? Leg je antwoord uit.
- 7 Bij staar (zie afbeelding 81) wordt de kern van een ooglenzen verwijderd en vervangen door een kunstlens.  
Welk vermogen zal het oog daarna missen?

## ► Afb. 81

**Staar**

Staar is een vertroebeling van de ooglenzen en treedt vaak pas op oudere leeftijd op. Door de vertroebeling verspreiden de lichtstralen zich in de ogen en ontstaat er een onscherp beeld op het netvlies en lijkt de omgeving grauwer en minder kleurrijk. Een troebele ooglenzen kan operatief worden vervangen door een kunstlens.



waarneming met een troebele ooglenzen

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het uitwerkingenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

# Samenvatting

## DOELSTELLING 1

Je moet in een context homeostase bij de mens kunnen beschrijven.

- Homeostase: het min of meer constant houden van de omstandigheden (het interne milieu) in een organisme door middel van regelkringen.
  - Een regelkring bestaat uit een sensor, een controlecentrum en een effector.
  - Via een regelkring worden bepaalde normwaarden gehandhaafd.
- Homeostase in het inwendige milieu van een organisme wordt meestal gehandhaafd door negatieve terugkoppeling.
- Homeostase is een voorbeeld van zelfregulatie op het organisatieniveau organisme.
- Bij homeostase in een meercellig organisme zorgen signaalmoleculen voor celcommunicatie.
  - Voorbeelden van signaalmoleculen: hormonen en neurotransmitters.
- Systemen voor celcommunicatie:
  - het hormoonstelsel;
  - het zenuwstelsel.

## DOELSTELLING 2

Je moet in contexten de kenmerken van communicatie en coördinatie met hormonen kunnen noemen en de werking van een aantal hormonen kunnen beschrijven.

- Hormoonklieren (endocriene klieren) geven hormonen af aan het bloed (secretie).
  - Hormonen worden via het bloed en via de weefselvloeistof getransporteerd.
  - Hormonen regelen de werking van doelwitorganen.
  - Alleen cellen met hormoonreceptoren waaraan een hormoon kan binden, zijn gevoelig voor dat hormoon. Cellen kunnen hormoonreceptoren bezitten voor verschillende hormonen.
  - Een hormoon kan processen in meerdere doelwitorganen regelen.
  - De hormoonspiegel is de concentratie van een hormoon.
  - Hormonen zijn vooral geschikt om geleidelijke veranderingen te reguleren (bijv. groei, ontwikkeling, stofwisseling en voortplanting).
- De hypofyse produceert o.a. hormonen die de werking van andere hormoonklieren beïnvloeden.
  - De secretie van hormonen door de hypofyse wordt geregeld door de hypothalamus.

- Voorbeelden van hormonen die de hypofyse afgeeft: FSH, LH, TSH, oxytocine, ADH, groeihormoon.
- De schildklier produceert thyroxine.
  - Thyroxine stimuleert de stofwisseling en bij kinderen ook de groei en ontwikkeling van het beenderstelsel en het centrale zenuwstelsel.
  - Thyroxine remt de productie van TSH door negatieve terugkoppeling.
- De eilandjes van Langerhans in de alvleesklier produceren insuline en glucagon.
  - Insuline en glucagon regelen de glucoseconcentratie van het bloed.
  - Insuline verlaagt de glucoseconcentratie van het bloed, doordat onder invloed van insuline cellen glucose opnemen. In levercellen en spiercellen wordt glucose omgezet in glycogeen.
  - Glucagon verhoogt de glucoseconcentratie van het bloed doordat onder invloed van glucagon levercellen en spiercellen glycogeen omzetten in glucose en afgeven aan het bloed.
- Het bijniemerg produceert adrenaline.
  - Adrenaline komt vrij bij stressvolle situaties.
  - Adrenaline stelt het lichaam in staat om alert te zijn en snel te kunnen handelen.
  - Adrenaline heeft een snelle, kortdurende werking.
  - Adrenaline bevordert in de lever en in spieren de omzetting van glycogeen in glucose en de afgifte van glucose aan het bloed.
  - Adrenaline verhoogt de hartslag en de ademfrequentie en zorgt voor het verwijden van bloedvaten. Tegelijk remt het de vertering.

## DOELSTELLING 3

Je moet in een context de bouw, functies en werking van het zenuwstelsel kunnen beschrijven.

- Indeling op grond van de bouw:
  - het centrale zenuwstelsel: grote hersenen, kleine hersenen, hersenstam en ruggenmerg;
  - het perifere zenuwstelsel: zenuwen.
- Indeling op grond van de functie:
  - het animale zenuwstelsel: regelt vooral gewilde bewegingen (bewuste reacties) en reflexen;
  - het autonome zenuwstelsel: regelt vooral de werking van inwendige organen.
- Werking van het zenuwstelsel:
  - Zintuigcellen (receptoren) vangen prikkels op en zetten deze om in impulsen.
  - Een prikkel is een invloed uit het milieu op een organisme.
  - Zenuwcellen (conductoren) geleiden impulsen naar het centrale zenuwstelsel.

- Spieren of klieren (effectoren) reageren op impulsen afkomstig van het centrale zenuwstelsel.

**DOELSTELLING 4**

Je moet in een context de functies en kenmerken van de delen van een zenuwcel kunnen herkennen en je moet de kenmerken van communicatie met neurotransmitters kunnen beschrijven.

- **Bouw van een zenuwcel (neuron):**
  - Een zenuwcel bestaat uit een cellichaam met uitlopers.
  - Dendrieten: uitlopers die impulsen naar het cellichaam toe geleiden.
  - Axonen (neurieten): uitlopers die impulsen van het cellichaam af geleiden.
  - Myelineschede: isolerende laag om sommige uitlopers die wordt onderbroken door insnoeringen.
  - De myelineschede wordt gevormd door cellen van Schwann. Tussen de cellen bevinden zich ruimtes: de insnoeringen.
  - Synaps: een spleet tussen het uiteinde van een axon en een doelwitcel, waar impulsen worden doorgegeven.
- **Communicatie met neurotransmitters.**
  - Een axon geeft neurotransmitters af in de synaptische spleet tussen een zenuwcel en een doelwitcel.
  - De neurotransmitters binden aan receptoren in het membraan van de doelwitcel.
  - Communicatie via impulsen en neurotransmitters is snel.

**DOELSTELLING 5**

Je moet in een context verschillende typen zenuwcellen en zenuwen kunnen onderscheiden.

- **Gevoelszenuwcellen (sensorische zenuwcellen).**
  - Geleiden impulsen van zintuigcellen (receptoren) naar het centrale zenuwstelsel.
  - De cellichamen liggen meestal vlak bij het centrale zenuwstelsel in spinale ganglia (ruggenmergs-zenuwknopen).
  - Ze hebben één lange dendriet.
- **Bewegingszenuwcellen (motorische zenuwcellen).**
  - Geleiden impulsen van het centrale zenuwstelsel naar spieren of klieren (effectoren).
  - De cellichamen liggen in het centrale zenuwstelsel.
  - Ze hebben één lang axon.
- **Schakelcellen.**
  - Geleiden impulsen binnen het centrale zenuwstelsel.
  - Ze liggen geheel binnen het centrale zenuwstelsel (in ruggenmerg, hersenstam, grote hersenen en kleine hersenen).

- **Zenuw: een bundel uitlopers van zenuwcellen, omgeven door een beschermende laag bindweefsel.**
  - Zenuwen verbinden het centrale zenuwstelsel met alle lichaamsdelen.
  - Drie typen zenuwen: gevoelszenuwen, bewegingszenuwen, gemengde zenuwen.

**DOELSTELLING 6**

Je moet in een context de kenmerken en functies van het ruggenmerg kunnen beschrijven.

- **Aan de rugzijde komen gevoelszenuwen het ruggenmerg binnen en aan de buikzijde verlaten bewegingszenuwen het ruggenmerg.**
- **Het buitenste deel van het ruggenmerg heet de witte stof.**
  - De witte stof bevat uitlopers van schakelcellen.
  - De witte kleur wordt veroorzaakt door de myelinescheden om de uitlopers.
- **In het midden ligt een vlindervormig gedeelte dat de grijze stof wordt genoemd.**
  - De grijze stof bevat cellichamen van schakelcellen en cellichamen van bewegingszenuwcellen.
- **Functie van het ruggenmerg:**
  - impulsen geleiden van zenuwen in de romp en de ledematen naar de hersenen en omgekeerd.

**DOELSTELLING 7**

Je moet in een context de functies en kenmerken van de delen van de hersenen kunnen toelichten.

- **Grote hersenen.**
  - Functie: impulsen verwerken.
  - In de schors (grijze stof) liggen de cellichamen van hersencellen.
  - In het merg (de witte stof) liggen de uitlopers van hersencellen.
  - Hersencentra: groepen cellichamen in de hersenschors die betrokken zijn bij specifieke functies (bijv. gehoorcentrum, gezichtscentrum, schrijfcentrum, spreekcentrum).
- **Kleine hersenen.**
  - Functie: bewegingen coördineren en het evenwicht handhaven.
- **Hersenstam: geleiden van:**
  - impulsen van het ruggenmerg naar de grote en kleine hersenen en omgekeerd;
  - impulsen van zenuwen in hoofd en hals naar de grote en kleine hersenen en omgekeerd;
  - impulsen in reflexbogen van hoofd en hals.
  - In de hersenstam bevinden zich centra die de activiteiten van het autonome zenuwstelsel coördineren.

**DOELSTELLING 8**

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe impulsgeleiding en impulsoverdracht plaatsvinden en wat er gebeurt bij kunstmatige prikkeling van een zenuwcel.

- Bij een zenuwcel die geen impuls geleidt, heeft het cytoplasma een negatieve elektrische lading ten opzichte van de buitenkant: de rustpotentialiaal.
  - De rustpotentialiaal wordt gehandhaafd door actief transport van ionen door het celmembraan.
- Impulsgeleiding is de voortgeleiding van impulsen langs het celmembraan.
  - Wanneer het verschil in elektrische lading de drempelwaarde (de prikkel drempel) bereikt, kan er volgens het alles-of-nietsprincipe een impuls ontstaan.
  - De prikkel drempel is de kleinste prikkelsterkte die een impuls veroorzaakt.
  - Bij prikkeling boven de prikkel drempel ontstaat een impuls.
- Impulssterkte: de grootte van de verandering in elektrische lading van het celmembraan.
  - Bij de mens is de impulssterkte voor alle zenuwcellen gelijk.
- Impulsfrequentie: het aantal impulsen dat per tijdseenheid door een zenuwcel wordt voortgeleid.
  - Hoe sterker de prikkeling van een zintuigcel is, des te hoger is de impulsfrequentie in de sensorische zenuwcel die erop is aangesloten.
- Sprongsgewijze impulsgeleiding: bij zenuwceluitlopers met een myelineschede 'springen' de impulsen van insnoering naar insnoering. Dit vergroot de impulsgeleidingssnelheid.
- Impulsoverdracht: doordat alleen het uiteinde van een axon neurotransmitters kan afgeven in de synaptische spleet, wordt een impuls slechts in één richting doorgelaten.
  - Bepaalde stoffen (o.a. geneesmiddelen en drugs) kunnen de impulsoverdracht beïnvloeden of imiteren.
- Bij kunstmatige prikkeling van een zenuwcel worden impulsen in twee richtingen voortgeleid.

**DOELSTELLING 9**

Je moet in een context de werking van reflexen en een reflexboog kunnen beschrijven.

- Reflex: een vaste, snelle, onbewuste reactie op een bepaalde prikkel.
  - De snelheid is vaak nodig om het lichaam te beschermen.
- Een reflexboog geeft de weg aan die impulsen bij een reflex afleggen: zintuig → gevoelszenuwcel → schakelzenuwcel → bewegingszenuwcel → spier of klier.

- De grote hersenen maken geen deel uit van de reflexbogen. Toch komen bij veel reflexen ook impulsen in de grote hersenen aan.

**DOELSTELLING 10**

Je moet in een context de werking van het autonome (of vegetatieve) zenuwstelsel kunnen toelichten.

- Het orthosympatische deel:
  - beïnvloedt organen zodanig dat het lichaam arbeid kan verrichten waarvoor energie nodig is;
  - effecten: o.a. verhoging van de hartslag- en ademfrequentie en vertraging van de vertering.
- Het parasympatische deel:
  - beïnvloedt organen zodanig dat het lichaam in een toestand van rust en herstel kan komen;
  - effecten: o.a. verlaging van de hartslag- en ademfrequentie en versnelling van de vertering.
- Het autonome zenuwstelsel staat niet onder invloed van de wil en werkt nauw samen met het hormoonstelsel.

**DOELSTELLING 11**

Je moet in een context de werking van spieren kunnen beschrijven.

- Twee typen spierweefsel zijn glad spierweefsel en dwarsgestreept spierweefsel.
  - Glad spierweefsel komt voor in buisvormige of holle organen, zoals de darmen en longen. Glad spierweefsel wordt geïnnerveerd door het autonome zenuwstelsel of door hormonen.
  - Dwarsgestreept spierweefsel komt voor in skeletspieren en in huidspieren. Bestaat uit spiervezels die elk zijn ontstaan door versmelting van vele spiercellen. Wordt geïnnerveerd door het animale zenuwstelsel en is daarom te beïnvloeden door de wil.
- Bouw van een skeletspier:
  - Een skeletspier is omgeven door een spierschede die uitloopt in de pezen.
  - Een skeletspier bestaat uit spierbundels, die op hun beurt bestaan uit spiervezels.
  - Spiervezels bestaan uit spierfibrillen.
  - Motorisch eindplaatje: het uiteinde van een vertakte axon van een bewegingszenuwcel.
  - Motorische eenheid: alle spiervezels die via motorische eindplaatjes in verbinding staan met één bewegingszenuwcel.
- Werking van een skeletspier:
  - Via de motorische eindplaatjes worden impulsen van een bewegingszenuwcel overgebracht op de spiervezels waardoor de actine- en myosinefilamenten in elkaar schuiven. Hierdoor worden de spiervezels korter.

- De kracht die een spier levert, is afhankelijk van het aantal motorische eenheden dat zich gelijktijdig samentrekt.
- Antagonisten: spieren waarvan de samentrekking een tegengesteld effect heeft, bijv. biceps en triceps.

**DOELSTELLING 12**

Je moet in een context de effecten van training en van dopinggebruik kunnen toelichten.

- Door regelmatige lichaamsbeweging:
  - raken spieren minder snel geblesseerd;
  - is de kans op bepaalde ziekten kleiner;
  - kun je een gezond lichaamsgewicht krijgen en behouden;
  - kun je stress tegengaan.
- Door training neemt het aantal vezels en fibrillen per vezel toe, waardoor skeletspieren betere prestaties leveren.
  - Door training op uithoudingsvermogen ontstaat een betere doorbloeding van de spieren.
- Bij sport wordt soms doping (vaak anabole steroïden) gebruikt om de prestaties te verhogen.
  - Doping kan bijwerkingen hebben.

**DOELSTELLING 13**

Je moet in een context de werking van zintuigen kunnen beschrijven.

- In zintuigen (receptoren) ontstaan onder invloed van prikkels impulsen.
  - Prikkel drempel (drempelwaarde): de kleinste prikkelsterkte die een impuls veroorzaakt.
  - De impulsfrequentie is hoger naarmate de prikkel sterker is.
  - Gewenning: wanneer een prikkel enige tijd aanhoudt, neemt de impulsfrequentie af.
  - Adequate prikkel: de soort prikkel waarvoor de prikkel drempel van een zintuigcel het laagst is.

**DOELSTELLING 14**

Je moet in een context de delen van een oog kunnen beschrijven en hun functie toelichten.

- Wenkbrauwen: zorgen ervoor dat zweet (vocht) langs de ogen loopt.
- Wimpers: beschermen de ogen tegen vuil en te fel licht.

- Traanklieren: produceren traanvocht.
  - Traanvocht reinigt de ogen en beschermt de ogen tegen uitdroging.
- Oogleden: verspreiden traanvocht over de ogen en beschermen de ogen.
- Traanbuizen: voeren traanvocht af naar de neusholte.
- Oogspieren: draaien het oog in de gewenste richting.
- Harde oogvlies (wit): stevig; geeft bescherming.
- Hoornvlies (doorzichtig): de voortzetting van het harde oogvlies aan de voorkant.
- Vaatvlies: bevat veel bloedvaten.
  - Het vaatvlies zorgt voor de voeding van een groot deel van het oog.
- Iris (regenboogvlies): de gekleurde voortzetting van het vaatvlies aan de voorkant.
  - Pupil: opening in de iris.
- Netvlies: binnenste laag van de wand van een oog die lichtreceptoren en zenuwcellen bevat.
- Gele vlek: plaats in het centrum van het netvlies.
- Oogzenuw: geleidt impulsen naar de hersenen.
- Blinde vlek: plaats in het netvlies waar de oogzenuw het oog verlaat.
  - De blinde vlek bevat geen lichtreceptoren.
  - De blinde vlek is ook de ingang en uitgang voor bloedvaten.
- Glasachtig lichaam (geleiachtig): houdt het netvlies op zijn plaats.
- Lens: achter de iris en de pupil.
- Straalvormig lichaam: hierin liggen kringspieren (de accommodatiespieren).
  - De lenzen hangen met behulp van lensbandjes in de straalvormige lichamen.
  - Lens en straalvormig lichaam zorgen ervoor dat er een scherp beeld op het netvlies ontstaat.
- Accommoderen: de vorm van de ooglenzen wordt aangepast wanneer de afstand waarop een voorwerp zich bevindt minder is dan ongeveer 5 m.

**DOELSTELLING 15**

Je moet in een context de beeldvorming door de ooglenzen kunnen beschrijven en de pupilreflex kunnen toelichten.

- Lichtstralen die een oog binnenvallen, worden gebroken door het hoornvlies en de ooglenzen.

	Bij het zien in de verte	Bij het zien van dichtbij
De accommodatiespieren zijn	ontspannen	samengetrokken
De diameter van de straalvormige lichamen is	groot	klein
De lensbandjes zijn	strak gespannen	minder strak gespannen
De lenzen zijn	zo plat mogelijk	boller
De ogen zijn	in rusttoestand	geaccomodeerd

- Op het netvlies wordt een omgekeerd, verkleind beeld gevormd.
  - In de gezichtscentra in de grote hersenen wordt dit beeld 'vertaald' in een normale waarneming.
- Bij lenzen wordt de ligging van het brandpunt (focus) bepaald door de vorm van de lens.
  - Holle (negatieve) lenzen spreiden het licht.
  - Bolle (positieve) lenzen bundelen het licht.
 Naarmate een lens boller is, is de brandpuntsafstand kleiner.
- De pupilreflex beschermt de zintuigcellen in het netvlies tegen een te hoge lichtintensiteit.
  - Als er fel licht op het netvlies valt, trekken de kringspieren zich samen en ontspannen de straalsgewijs lopende spieren zich. Hierdoor wordt de pupil kleiner.
  - Als er zwak licht op het netvlies valt, ontspannen de kringspieren zich en trekken de straalsgewijs lopende spieren zich samen. Hierdoor wordt de pupil groter.

**DOELSTELLING 16**

Je moet in een context de bouw en de werking van het netvlies kunnen beschrijven en toelichten hoe je diepte kunt zien (stereoscopie).

- Het netvlies bestaat uit drie lagen:
  - een laag zenuwcellen: geleiden impulsen naar het centrale zenuwstelsel;
  - een laag lichtreceptoren (staafjes en kegeltjes): hierin ontstaan impulsen;
  - een laag pigmentcellen: absorbeert schadelijk licht.
- Gele vlek: het centrum van het netvlies.
  - Bij het kijken naar een voorwerp worden de ogen zo gericht (gefixeerd), dat het beeld van dat voorwerp op de gele vlek valt.
  - In de gele vlek wordt het scherpste beeld waargenomen.
- Blinde vlek: de plaats waar de oogzenuw het oog verlaat.
  - De uitlopers van zenuwcellen gaan door het netvlies, het vaatvlies en het harde oogvlies heen.
- Staafjes en kegeltjes bevatten lichtgevoelige pigmenten.
  - Onder invloed van licht wordt pigment afgebroken, waardoor impulsen ontstaan.
- Met staafjes kun je geen kleuren en details waarnemen.
- Met kegeltjes kun je kleuren en details waarnemen.
  - Er zijn drie typen kegeltjes die gevoelig zijn voor rood licht, groen licht of blauw licht.
  - De impulsen van elk kegeltje wordt apart doorgegeven aan één zenuwcel. Dat levert een gedetailleerd beeld op.

- Diepte zien (stereoscopie):
  - Optisch chiasma: de oogzenuwen kruisen elkaar gedeeltelijk. De impulsen van het linkergeedeelte van het netvlies van beide ogen worden naar het linkergezichtscentrum geleid en die van het rechtergeedeelte naar het rechtergezichtscentrum.
  - Door de vergelijking van de beelden van beide ogen in de gezichtscentra wordt diepte waargenomen.

**DOELSTELLING 17**

Je moet in een context kunnen toelichten hoe oogafwijkingen worden veroorzaakt en hoe ze kunnen worden verholpen.

- Bijziendheid: voorwerpen van dichtbij worden scherp waargenomen, voorwerpen van veraf niet.
  - Dit is te corrigeren met holle (negatieve) lenzen.
- Verziendheid: voorwerpen van veraf worden scherp waargenomen, voorwerpen van dichtbij niet.
  - Dit is te corrigeren met bolle (positieve) lenzen.

**COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN**

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd informatie te selecteren en te interpreteren;
- geoefend in het selecteren en interpreteren van een model.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het maken van onderscheid tussen verschillende organisatieniveaus;
- inzicht gekregen in het functioneren van de hersenen;
- inzicht gekregen in de norm voor dagelijks bewegen en onderzocht of je daaraan voldoet.

# Diagnostische toets

## DOELSTELLING 1

Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik daarbij de context 'Honger'.

## HONGER

Ghreline is een hormoon dat wordt geproduceerd door endocriene cellen in de maagwand. Het hormoon speelt onder andere een rol bij het opwekken van het honger-gevoel. Wanneer je maag leger wordt, stijgt de ghreline-spiegel. Wanneer je eet, daalt de ghrelinespiegel. Ghreline prikkelt de zenuwcellen van het hongercentrum in de hypothalamus. Deze produceren hierdoor een stof die wordt aangeduid met neuropeptide Y. Neuropeptide Y brengt informatie over de energietoestand van het lichaam over naar de hersenen. Wanneer de hypothalamus veel neuropeptide Y produceert, krijg je honger en wil je eten.

1. Waarom is het noodzakelijk om de voedselinname van een organisme te reguleren?
2. Wanneer je maag leger wordt, stijgt de ghrelinespiegel. Wanneer je eet, daalt de ghrelinespiegel. Is dit een voorbeeld van positieve of van negatieve terugkoppeling?
3. Door een maagverkleining kun je minder voedsel opnemen, zodat je afvalt. Door welke andere reden val je ook af bij een maagverkleining?
4. Waar bevinden zich ghrelinereceptoren?
5. Waardoor is het moeilijk om af te vallen door je aan een dieet te houden waarbij je weinig voedsel in je maag krijgt?
6. Is neuropeptide Y, dat wordt geproduceerd in de hypothalamus, een neurotransmitter of een hormoon? Leg je antwoord uit.

## DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

Hierbij kun je gebruikmaken van de informatie in *Binas*.

1. Als een baby aan de borst ligt, komt er bij de moeder een hormoon vrij dat ervoor zorgt dat de spiertjes rond de melkklieren samentrekken. Daardoor wordt de melk naar voren gedrukt en komt deze voor de baby beschikbaar.

Dit wordt de toeschietreflex genoemd. Deze reflex komt eigenlijk altijd vanzelf. Wanneer dat niet gebeurt, kan een vrouw neusspray gebruiken die het hormoon bevat.

Welk hormoon bevat de neusspray?

Waar wordt dit hormoon in het lichaam van de moeder aangemaakt?

*De neusspray bevat*      *Dit hormoon wordt aangemaakt in*

- |              |                |
|--------------|----------------|
| A prolactine | de hypofyse    |
| B prolactine | de melkklieren |
| C oxytocine  | de hypofyse    |
| D oxytocine  | de melkklieren |

2. Verschillende cellen bij vrouwen zijn:

1. cellen van de borsten;
2. cellen van de hypofyse;
3. cellen van het baarmoederslijmvlies.

Welke van deze cellen bevatten hormoonreceptoren voor oestradiol?

- A Alleen 2.
- B Alleen 3.
- C Alleen 2 en 3.
- D 1, 2 en 3.

3. Bij kinderen met afwijkingen in de productie van hormonen kunnen in vergelijking met kinderen zonder deze afwijkingen onder andere de volgende verschijnselen optreden:

1. achterstand in groei en een beperkte geestelijke ontwikkeling;
2. snelle vermoeidheid;
3. verhoogde intensiteit van de stofwisseling;
4. toename van de eetlust.

Welk(e) van deze verschijnselen kan (kunnen) worden veroorzaakt door een verhoogde thyroxineproductie?

- A Alleen 3.
- B Alleen 1 en 2.
- C Alleen 3 en 4.
- D 2, 3 en 4.

4. Een leerling doet de volgende uitspraken:

1. De mate van reactie van een doelwitorgaan op een hormoon wordt bepaald door het aantal hormoonreceptoren dat de cellen van het orgaan heeft voor dat hormoon.
2. Een hormoon kan processen in één bepaald doelwitorgaan regelen.
3. Cellen kunnen hormoonreceptoren bezitten voor verschillende hormonen.

Welke uitspraken zijn juist?

- A Alleen de uitspraken 1 en 2 zijn juist.
- B Alleen de uitspraken 1 en 3 zijn juist.
- C Alleen de uitspraken 2 en 3 zijn juist.
- D Alle uitspraken zijn juist.

5 In 2011 was er in Japan een aardbeving, waardoor radioactieve straling vrijkwam uit de kerncentrale van Fukushima. De stoffen die bij een kernongeval vrijkomen, kunnen radioactief jood bevatten. Dit radioactieve jood wordt na inademing opgenomen in de schildklier en daarin opgeslagen. Dit vergroot de kans op kanker en andere aandoeningen van dit orgaan. Door tabletten te slikken met niet-radioactief jood neemt de schildklier minder van het radioactieve jood op. Veel Finnen waren bang dat deeltjes van de lekkages in de Japanse reactoren Finland zouden bereiken. Zij gingen massaal jodiumpillen hamsteren. Voor de vorming van welk hormoon is het noodzakelijk dat er jood in het voedsel voorkomt? Zal de productie van TSH toenemen of afnemen wanneer een Fin jodiumpillen slikt?

▼ Afb. 82

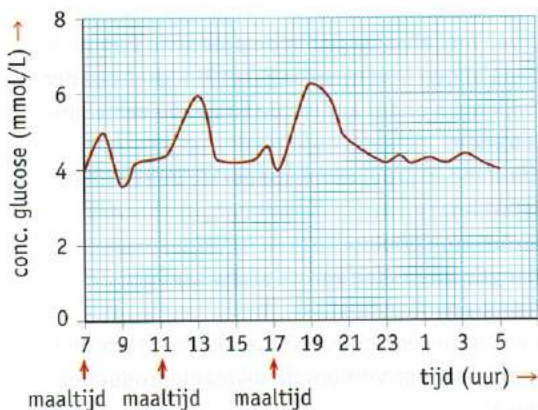


diagram 1

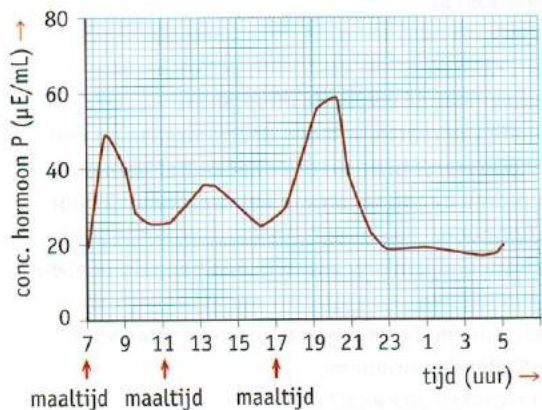


diagram 2

- |                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| Voor de vorming van | De productie van TSH zal |
| A thyroxine         | afnemen                  |
| B thyroxine         | toenemen                 |
| C TSH               | afnemen                  |
| D TSH               | toenemen                 |

6 In diagram 1 van afbeelding 82 is weergegeven hoe het glucosegehalte van het bloed van iemand varieerde gedurende één etmaal. Tevens is aangegeven op welke tijden deze persoon een maaltijd nuttigde. Gedurende hetzelfde etmaal is de concentratie van hormoon P in het bloed van deze persoon gemeten. Hormoon P speelt een rol bij de regeling van het glucosegehalte van het bloed. In diagram 2 zijn de gemeten waarden uitgezet. Ook hier is weergegeven op welke tijden deze persoon een maaltijd nuttigde. Welk hormoon is P? Zal het glucosegehalte van het bloed onder invloed van hormoon P dalen of stijgen?

Hormoon P is Het glucosegehalte van het bloed zal

- |            |         |
|------------|---------|
| A glucagon | dalen   |
| B glucagon | stijgen |
| C insuline | dalen   |
| D insuline | stijgen |

7 Terwijl een leerling een spreekbeurt houdt, krijgt hij een rode kleur. Zijn hartslag- en ademprequentie nemen toe. Bij meting zou blijken dat ook de concentratie glucose in zijn bloed is gestegen. Welk hormoon veroorzaakt deze effecten?

- A Adrenaline.
- B Luteïniserend hormoon.
- C Thyreotroop hormoon.
- D Thyroxine.

**DOELSTELLING 3**

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Het zenuwstelsel kan op grond van de bouw worden ingedeeld in het centrale zenuwstelsel en het perifere zenuwstelsel.
- 2 Het autonome zenuwstelsel regelt gewilde bewegingen.
- 3 Het centrale zenuwstelsel bevindt zich in hoofd, romp en ledematen.
- 4 De secretie van darmsap door darmsapklieren wordt geregeld door het animale zenuwstelsel.
- 5 Receptoren zijn zintuigcellen die prikkels opvangen uit het milieu en deze omzetten in impulsen.
- 6 Conductoren zijn zenuwcellen.
- 7 Door effectoren worden impulsen naar conductoren geleid.
- 8 Kliercellen die stoffen produceren onder invloed van impulsen zijn effectoren.



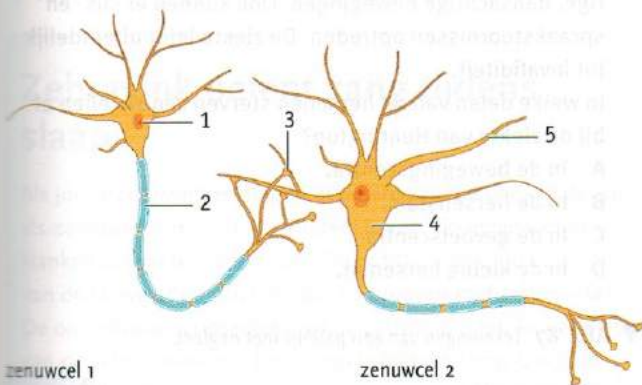
**DOELSTELLING 4**

Beantwoord de volgende vragen.

In afbeelding 83 zijn twee zenuwcellen schematisch getekend. Enkele delen zijn genummerd.

- 1 In welk deel bevinden zich de meeste organellen?
- 2 Met welk nummer is een dendriet aangegeven?
- 3 Met welk nummer is de myelineschede aangegeven?
- 4 Waaruit bestaat de myelineschede?
- 5 Hoe heet een uitloper die impulsen van het cellichaam af geleidt?
- 6 Wat is de naam van het deel dat met 3 is aangegeven?
- 7 Met nummer 3 is de verbinding aangegeven tussen zenuwcel 1 en zenuwcel 2. Wanneer een impuls bij deel 3 aankomt, worden stoffen afgegeven waardoor de impuls verder wordt geleid. Hoe heten deze stoffen?

▼ Afb. 83 Twee zenuwcellen (schematisch).



**DOELSTELLING 5**

Beantwoord de volgende vragen.

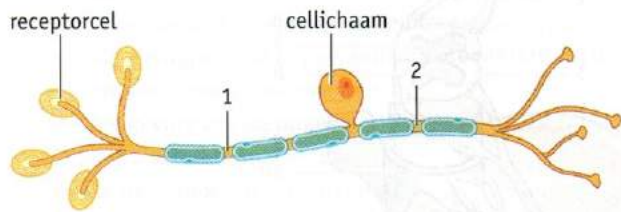
De vragen 1 tot en met 5 gaan over de context 'CIAP'.

**CIAP**

Chronische idiopathische axonale polyneuropathie (CIAP) is een aandoening van zenuwcellen waarbij de axonen worden aangetast. De oorzaak hiervan is niet bekend. De aandoening treedt meestal op bij mensen die ouder zijn dan 45 jaar. Mannen hebben er vaker last van dan vrouwen. Naar schatting hebben ongeveer 10 000 mensen in Nederland deze aandoening. Door de vergrijzing zal dit aantal gaan toenemen. De eerste symptomen van CIAP zijn een vermindering of een verandering van gevoel. Een patiënt kan last hebben van tintelingen. Na verloop van tijd ontstaan er ook verlammingen. Een patiënt kan dan bijvoorbeeld zijn voet niet meer opheffen. De meeste patiënten komen niet in een rolstoel terecht.

- 1 Van welk type zenuwcellen worden de axonen het eerst aangetast bij CIAP?

▼ Afb. 84 Een zenuwcel.



In afbeelding 84 is een zenuwcel schematisch getekend.

- 2 Welke uitloper in afbeelding 84 is beschadigd bij een patiënt met CIAP?
- 3 Welke uitloper is meestal het langst bij een gevoelszenuwcel?
- 4 Welk type zenuwcellen wordt aangetast als er bij een patiënt met CIAP verlammingen ontstaan?
- 5 Van welk type zenuwcellen liggen zowel het cellichaam als de uitlopers geheel binnen het centrale zenuwstelsel?

De vragen 6 en 7 gaan over de volgende tekst.

De bekendste vorm van regionale anesthesie is spinale anesthesie ofwel 'de ruggenprik'. Bij regionale anesthesie worden de zenuwen in een deel van het lichaam verdoofd. De ruggenprik wordt toegepast bij operaties die beneden het navelgebied plaatsvinden. Vanaf de navel tot en met de tenen is hierdoor bij een patiënt het pijngevoel afwezig. Ook kan deze zijn benen niet meer optillen of bewegen.

- 6 Welk type zenuwen wordt verdoofd bij een ruggenprik?
- 7 Met welk deel van het centrale zenuwstelsel zijn deze zenuwen verbonden?

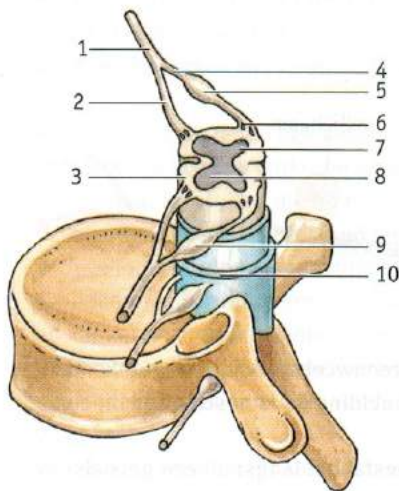
**DOELSTELLING 6**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

In afbeelding 85 zijn een borstwervel en een deel van het ruggenmerg met zenuwen schematisch getekend. Enkele delen zijn genummerd.

- 1 Bij iemand is een zenuw doorgesneden. Ze kan daardoor een van haar vingers niet meer bewegen, terwijl ze er nog wel gevoel in heeft. Op welke van de volgende genummerde plaatsen is haar zenuw doorgesneden?
  - A Op plaats 1.
  - B Op plaats 2.
  - C Op plaats 4.
  - D Op plaats 6.

▼ Afb. 85



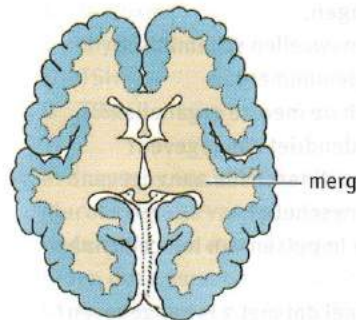
- 2 De huid van haar linkerhand wordt geprikkeld. Hierdoor ontstaan impulsen. Op welke van de volgende genummerde plaatsen zullen deze impulsen de eerste cellichamen van zenuwcellen bereiken?
  - A Op plaats 5.
  - B Op plaats 7.
  - C Op plaats 8.
  - D Op plaats 9.
- 3 Een uitloper van een schakelcel in de grote hersenen gaat naar het ruggenmerg beneden deze borstwervel. Door welk van de volgende genummerde delen kan deze uitloper gaan?
  - A Door deel 3.
  - B Door deel 8.
  - C Door deel 9.
  - D Door deel 10.

**DOELSTELLING 7**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

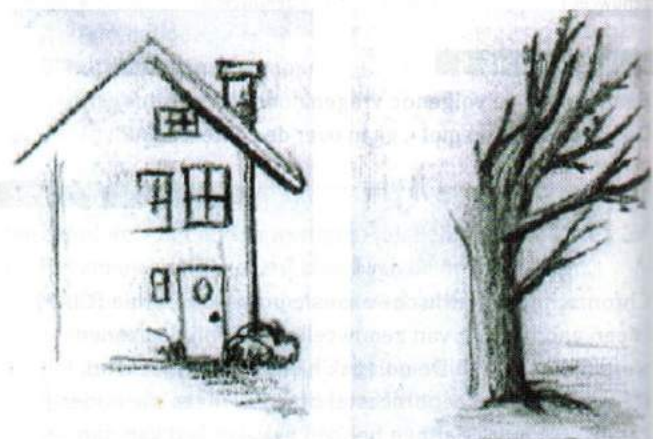
- 1 In afbeelding 86 is een horizontale doorsnede van de grote hersenen schematisch getekend. Over het merg worden de volgende beweringen gedaan:
  - 1 In het merg komt myeline voor.
  - 2 Via het merg worden impulsen naar de kleine hersenen geleid.
  - 3 In het merg vindt verwerking van impulsen plaats, waardoor je je bewust wordt van prikkels.
 Welke van deze beweringen is (zijn) juist?
  - A Alleen bewering 1.
  - B Alleen bewering 2.
  - C De beweringen 1 en 2.
  - D De beweringen 1 en 3.

▼ Afb. 86



- 2 De ziekte van Huntington is een erfelijke hersenaandoening, die wordt veroorzaakt door het geleidelijk afsterven van zenuwcellen in bepaalde delen van de hersenen. De ziekte openbaart zich vaak na het dertigste levensjaar met klachten als spierstijfheid en bewegingsarmoede. Patiënten maken onwillekeurige, dansachtige bewegingen. Ook kunnen er slik- en spraakstoornissen optreden. De ziekte leidt uiteindelijk tot invaliditeit. In welke delen van de hersenen sterven zenuwcellen af bij de ziekte van Huntington?
  - A In de bewegingscentra.
  - B In de hersenstam.
  - C In de gevoelscentra.
  - D In de kleine hersenen.

▼ Afb. 87 Tekeningen van een patiënt met neglect.



- 3 Neglect is een hersenbeschadiging die meestal ontstaat door een beroerte. Bij neglect verwaarloost iemand één lichaamshelft of een deel van de ruimte om zich heen. Een patiënt met neglect doet bijvoorbeeld maar één sok aan en eet zijn bord maar half leeg. Ook wordt het gezicht maar voor de helft geschoren of opgemaakt. Een patiënt met neglect heeft geen visuele stoornis, maar de hersenen verwerken wat hij aan één kant

hoort, ziet of voelt niet goed. De patiënt kan dus wel zien, maar is zich er niet van bewust dat hij iets ziet. In afbeelding 87 zijn twee tekeningen te zien van een patiënt met neglect.

In welke hersenhelft heeft deze patiënt een beschadiging?

- A In de linkerhersenhelft.
- B In de rechterhersenhelft.
- C In beide hersenhelften.

4 In afbeelding 88 is een krantenartikel weergegeven. In welk deel van de hersenen leggen de jonge zebra-vinken het gezang vast dat zij van hun ouders hebben gehoord?

- A In de grote hersenen.
- B In de hersenstam.
- C In de kleine hersenen.

▼ Afb. 88

## Zebra-vink oefent zang tijdens slaap

Als jonge zebra-vinken slapen, repeteren zij het gezang dat zij, als ze wakker zijn, van hun ouders horen. Zo leggen zij deze klanken in hun hersenen vast. Dit concluderen onderzoekers van de Universiteit van Chicago na proeven met zebra-vinken. De onderzoekers observeerden de activiteit in het hersendeel van de zebra-vinken dat betrokken is bij hun zang. Overdag vertoonden de neuronen in dit gebied een regelmatige, relatief zwakke activiteit. Tijdens de slaap waren echter plotseling uitbarstingen van grote activiteit waar te nemen van dezelfde neuronen.

5 Speeksel smeert de keel, breekt zetmeel af, vergemakkelijkt het doorslikken van voedsel en bevat eiwitten die zijn betrokken bij de bescherming van tanden, kiezen en zachte weefsels in de mond. De afgifte van speeksel varieert sterk gedurende een etmaal. Een gezond mens produceert ongeveer 1,2 à 1,5 liter speeksel per dag. De hoeveelheid speeksel varieert naar gelang de behoefte. Tijdens de slaap is dat nauwelijks meer dan een milliliter per uur, terwijl voedsel of andere prikkels overdag de afgifte stimuleren.

In welk deel van de hersenen wordt de activiteit van de speekselklieren geregeld?

- A In de grote hersenen.
- B In de hersenstam.
- C In de kleine hersenen.

## DOELSTELLING 8

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

1 Een zintuigcel in de huid wordt zodanig geprikkeld dat er impulsen worden voortgeleid in de sensorische zenuwcel die ermee is verbonden. De prikkelsterkte wordt opgevoerd. Er worden twee beweringen gedaan:

- 1 Als gevolg van de opgevoerde prikkelsterkte zal de impulsfrequentie toenemen.
- 2 Als gevolg van de opgevoerde prikkelsterkte zal de impulssterkte toenemen.

Welke bewering(en) is (zijn) juist?

- A Geen van beide.
- B Alleen bewering 1.
- C Alleen bewering 2.
- D Beide beweringen.

2 Bij impulsgeleiding worden actiefasen en herstelfasen onderscheiden. Hierover worden drie beweringen gedaan.

- 1 Het cytoplasma van de zenuwcel krijgt tijdens de actiefase gedurende heel korte tijd een negatieve lading ten opzichte van de buitenkant.
- 2 Tijdens de herstelfase gaan  $K^+$ -ionen de cel uit.
- 3 Tijdens de herstelfase kan het celmembraan gedurende korte tijd geen impulsen geleiden.

Welke bewering(en) is (zijn) juist?

- A Alleen de beweringen 1 en 2.
- B Alleen de beweringen 1 en 3.
- C Alleen de beweringen 2 en 3.
- D De beweringen 1, 2 en 3.

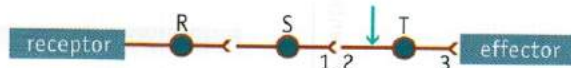
3 In afbeelding 89 is een reflexboog met de zenuwcellen R, S en T schematisch weergegeven.

Op de plaats van de pijl wordt een stroomstoot toegediend, waardoor er impulsen ontstaan.

Welke van de genummerde plaatsen kan (kunnen) deze impulsen bereiken?

- A Alleen plaats 2.
- B Alleen plaats 3.
- C Alleen de plaatsen 2 en 3.
- D De plaatsen 1, 2 en 3.

▼ Afb. 89



4 In de myelineschede van een uitloper bevinden zich insnoeringen (zie afbeelding 90). De afstand tussen twee insnoeringen noemen we een segment. Tijdens de embryonale ontwikkeling en gedurende het eerste levensjaar neemt de lengte van de segmenten toe. Na het eerste levensjaar worden alleen nog nieuwe

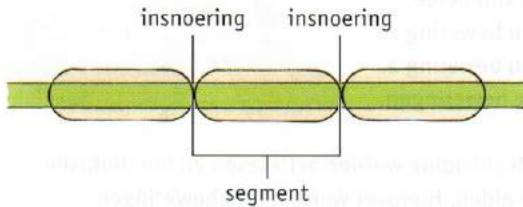
segmenten gevormd na verwondingen.

De impulsgeleidingssnelheid van een zenuwuitloper bij een pasgeboren baby wordt vergeleken met die van een man van 30 jaar.

Is de impulsgeleidingssnelheid bij deze baby langzamer dan, even snel als of sneller dan bij deze man?

- A Langzamer.
- B Even snel.
- C Sneller.

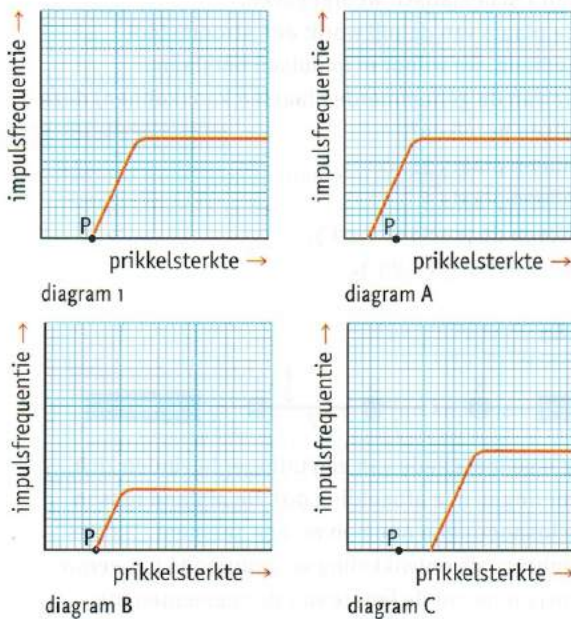
▼ Afb. 90



5 In diagram 1 van afbeelding 91 is voor een bepaalde zenuwceluitloper het verband tussen de prikkelsterkte en de impulsfrequentie weergegeven. Voor drie andere zenuwceluitlopers wordt dit verband eveneens bepaald. In welk van de andere diagrammen van afbeelding 91 is het verband tussen de prikkelsterkte en de impulsfrequentie juist weergegeven voor een zenuwceluitloper met een lagere prikkeldrempel?

- A In diagram A.
- B In diagram B.
- C In diagram C.

▼ Afb. 91



DOELSTELLING 9

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Bij bepaalde oogbehandelingen wordt vocht op het oog gedrupt om ooglidbewegingen te voorkomen. Via welk deel van het centrale zenuwstelsel verlopen de impulsen bij de ooglidreflex?
  - A Via de grote hersenen.
  - B Via de hersenstam.
  - C Via de kleine hersenen.
  - D Via het ruggenmerg.

2 Wanneer iemand staat, kan een geringe beweging tot gevolg hebben dat het lichaam iets naar voren helt. Dan worden de kuitspieren, die aan de achterkant van de onderbenen liggen, iets uitgerekt. Deze uitrekking veroorzaakt een reflex die leidt tot het samentrekken van deze kuitspieren. Hierdoor wordt de oorspronkelijke houding van het lichaam hersteld. Deze reflex heet de kuitspierreflex.

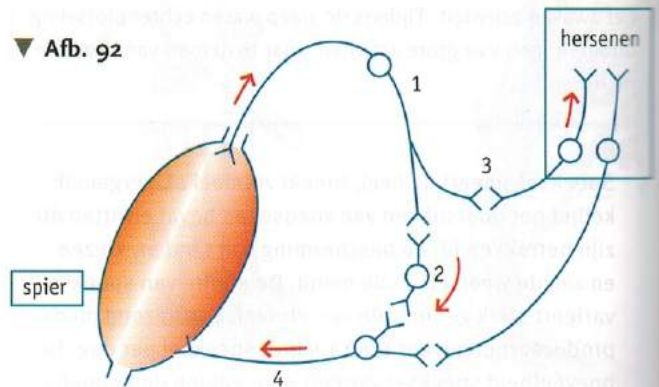
Vijf delen van de reflexboog van de kuitspierreflex zijn:

- 1 een motorische zenuwcel;
- 2 een schakelcel;
- 3 een sensorische zenuwcel;
- 4 een spier;
- 5 een spierzintuig.

In welke volgorde zijn deze delen bij het optreden van de kuitspierreflex betrokken?

- A 3 - 5 - 4 - 2 - 1.
- B 4 - 1 - 2 - 3 - 5.
- C 5 - 1 - 3 - 2 - 4.
- D 5 - 3 - 2 - 1 - 4.

▼ Afb. 92



3 In afbeelding 92 zijn schematisch de zenuwbaan tussen de hersenen en een spier in een been getekend. Met pijlen is de richting aangegeven waarin impulsen zijn verlopen. In deze tekening zijn vier delen met cijfers aangegeven.

Is hier sprake van een reflex of van een bewuste reactie? Welk type zenuwcel is weergegeven door cijfer 1?

- Er is sprake van een      Cijfer 1 is een
- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| A reflex          | sensorische zenuwcel |
| B reflex          | motorische zenuwcel  |
| C bewuste reactie | sensorische zenuwcel |
| D bewuste reactie | motorische zenuwcel  |

**DOELSTELLING 10**

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

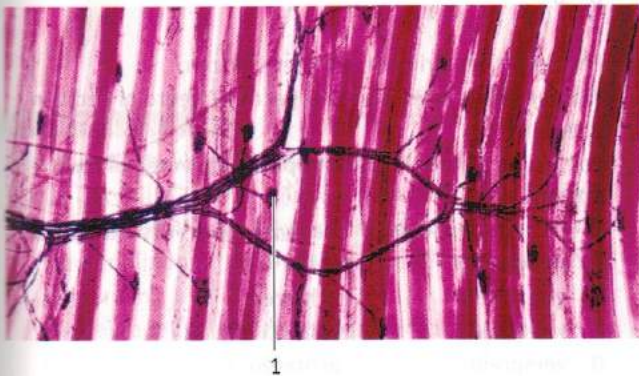
- 1 Samentrekking van spieren in de wand van vertakkingen van de bronchiën wordt gestimuleerd door het parasympatische deel van het autonome zenuwstelsel.
- 2 Toename van de hartslagfrequentie wordt gestimuleerd door het parasympatische deel van het autonome zenuwstelsel.
- 3 Tijdens sporten vindt in het autonome zenuwstelsel vooral impulsoverdracht plaats in het orthosympatische deel, waardoor minder bloed naar de verteringsorganen stroomt.
- 4 Tijdens sporten vindt vooral impulsoverdracht plaats in het animale stelsel, terwijl er nauwelijks impulsoverdracht plaatsvindt in het autonome zenuwstelsel.
- 5 Bij iemand die na het eten een uurtje de krant leest en vervolgens opstaat om te gaan joggen, neemt de impulsfrequentie in de zenuwen van het parasympatische deel af en in de zenuwen van het orthosympatische deel toe.
- 6 Wanneer iemand medicijnen gebruikt die het parasympatische deel van het autonome zenuwstelsel remmen, neemt de hartslag toe.

**DOELSTELLING 11**

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

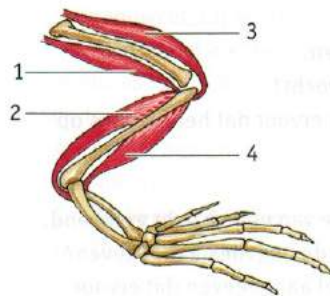
- 1 Spieren van de darm zijn dwarsgestreept.
- 2 Spieren in de vertakkingen van de longen worden aangestuurd door het autonome zenuwstelsel.
- 3 Een skeletspier en spierbundels worden beide omgeven door bindweefsel.

▼ Afb. 93 Microscopische foto van een motorische eenheid in spierweefsel.



- 4 Nummer 1 in afbeelding 93 is een motorisch eindplaatje op een spierfibril.
- 5 Ieder motorisch eindplaatje van de motorische eenheid in afbeelding 93 kan een andere prikkel drempel hebben.
- 6 Bij het samentrekken van een spier worden de myosinefilamenten korter.
- 7 De kracht die een spier levert, is afhankelijk van het aantal motorische eenheden dat zich gelijktijdig samentrekt.
- 8 Spierspanning in een ontspannen spier wordt veroorzaakt doordat bewegingszenuwcellen zo nu en dan impulsen voortgeleiden.

▼ Afb. 94 De achterpoot van een kikker.



- 9 Om de achterpoot van de kikker in afbeelding 94 te laten strekken, moeten de spieren 2 en 3 zich samentrekken.
- 10 Spier 2 in afbeelding 94 is de antagonist van spier 3.

**DOELSTELLING 12**

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke positieve invloed heeft regelmatige lichaamsbeweging op spieren?
- 2 Welke beweegnorm heeft het NISB voor jongeren opgesteld zodat ze gezond blijven?
- 3 Waarom telt een activiteit als de vuilnisbak buitenzetten niet mee voor de beweegnorm?
- 4 Bij welke vorm van training krijg je beter doorbloede spieren?
- 5 Waarom gebruiken sporters die topsport bedrijven vaak anabole steroïden?

**DOELSTELLING 13**

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 De prikkel drempel van zintuigcellen in het netvlies voor lichtprikkel is gelijk aan die voor drukprikkel.
- 2 Er ontstaat een impuls in een zintuigcel wanneer de prikkel drempel is overschreden.
- 3 Naarmate een prikkel sterker wordt, geven zintuigcellen meer neurotransmitters af aan gevoelszenuwcellen.

- 4 Wanneer een prikkel enige tijd aanhoudt, neemt de impulsfrequentie af. Dit verschijnsel noemen we perceptie.
- 5 Een harder geluid leidt tot een hogere impulsfrequentie in je gehoorzenuwen dan een zachter geluid.
- 6 In de huid bevinden zich mechanische receptoren, chemische receptoren, temperatuurreceptoren en pijnreceptoren.
- 7 Chemische receptoren binden moleculen uit de omgeving.
- 8 De adequate prikkel voor een receptor heeft een hogere prikkeldrempel dan een niet-adequate prikkel.
- 9 Alleen in de huid bevinden zich pijnreceptoren die reageren op chemische stoffen die vrijkomen bij beschadiging of ontsteking van weefsel.

**DOELSTELLING 14**

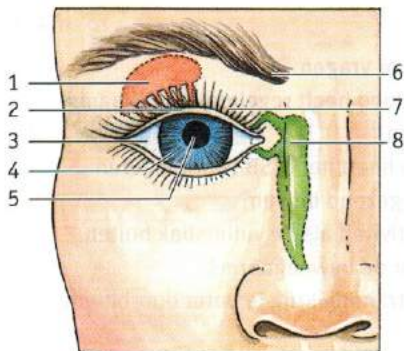
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is de functie van traanvocht?
- 2 Welk deel van het oog zorgt ervoor dat het netvlies op zijn plaats blijft?

In afbeelding 95 is een gedeelte van een gezicht getekend.

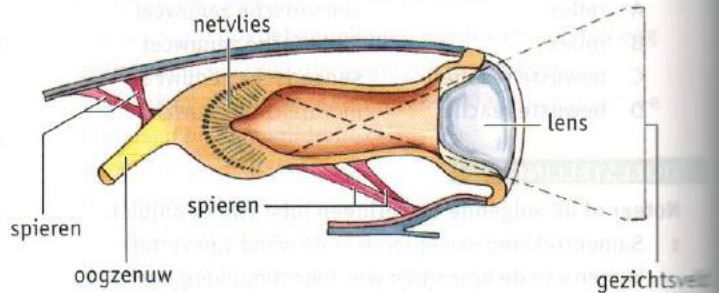
- 3 Met welk nummer is het harde oogvlies aangegeven?
- 4 Met welk nummer is het deel aangegeven dat ervoor zorgt dat zweet langs het oog loopt?
- 5 Met welk nummer is de voortzetting van het vaatvlies aan de voorkant aangegeven?

**▼ Afb. 95**



- 6 In afbeelding 96 is een lengtedoorsnede van het oog van een spin getekend. In dit oog kan het netvlies met behulp van spieren naar de lens toe en van de lens af worden bewogen. De lens van dit oog kan niet worden vervormd.  
Een prooi loopt naar de spin toe. De spin blijft onbeweeglijk zitten en blijft de prooi scherp zien. Wordt het netvlies dan naar achteren of naar voren bewogen?

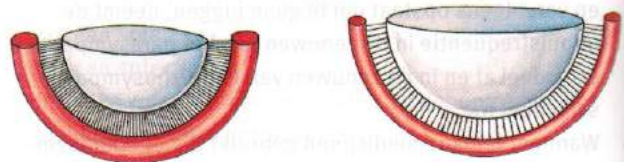
**▼ Afb. 96**



Iemand kijkt op een torenklok hoe laat het is.

- 7 Op welk deel van het netvlies valt het licht van de torenklok als ze ernaar kijkt?
- 8 In afbeelding 97 is een deel van de lens en van het straalvormig lichaam van een van haar ogen schematisch getekend. In welke figuur is de situatie bij het kijken naar de torenklok juist getekend?

**▼ Afb. 97**



figuur 1

figuur 2

**DOELSTELLING 15**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Paul heeft steeds meer moeite om voorwerpen van veraf scherp waar te nemen. Bij de oogarts moet hij naar een bord met letters van verschillende grootte kijken. Welk beeld wordt er op zijn netvlies gevormd van de letter b?  
A b  
B q  
C p  
D d
- 2 Paul krijgt een bril met negatieve lenzen. Worden lichtstralen hierdoor geconvergeerd of gedivergeerd? Verschuift hierdoor het brandpunt naar voren of naar achteren?  
*Lichtstralen worden*      *Het brandpunt verschuift naar*  
A gebundeld                      voren  
B gebundeld                      achteren  
C verspreid                        voren  
D verspreid                        achteren

- 3 Wanneer een oogarts zoveel mogelijk van het netvlies van een patiënt wil bekijken, kan hij gebruikmaken van oogdruppels om bepaalde spieren in de iris tijdelijk te verlammen.

Welke spieren worden door de oogdruppels tijdelijk verlamd?

Wordt de pupil hierdoor groter of kleiner?

*Tijdelijk verlamd zijn* Hierdoor wordt de pupil

- A de kringspieren in de iris kleiner
- B de kringspieren in de iris groter
- C de straalsgewijs lopende spieren in de iris kleiner
- D de straalsgewijs lopende spieren in de iris groter

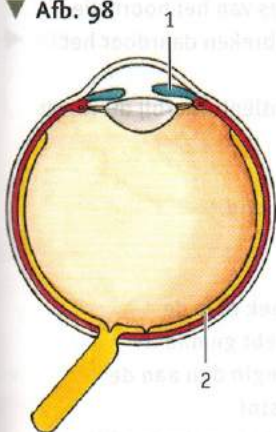
- 4 In afbeelding 98 is een doorsnede van een oog schematisch getekend.

Ontstaan impulsen die tot de pupilreflex leiden op plaats 1 of op plaats 2?

Verlopen deze impulsen via de gezichtscentra in de grote hersenen of via de hersenstam?

- A Deze impulsen ontstaan op plaats 1 en verlopen via de gezichtscentra in de grote hersenen.
- B Deze impulsen ontstaan op plaats 1 en verlopen via de hersenstam.
- C Deze impulsen ontstaan op plaats 2 en verlopen via de gezichtscentra in de grote hersenen.
- D Deze impulsen ontstaan op plaats 2 en verlopen via de hersenstam.

▼ Afb. 98



**DOELSTELLING 16**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Op het Stille Zuidzee-eiland Pingelap komt de aandoening 'maskun' voor. Bij deze aandoening treedt totale kleurenblindheid op. De maskunpatiënten zien alles in grijstinten. Bij kleurenblinde Pingelapezen werken bepaalde cellen van het netvlies niet goed.

Welk cellen in het netvlies werken bij maskun niet goed?

- A De kegeltjes.
- B De pigmentcellen.
- C De staafjes.

- 2 De mens kan met behulp van de kegeltjes in zijn ogen voorwerpen gedetailleerder waarnemen dan met behulp van de staafjes.

Hieronder staan drie beweringen ter verklaring van dit verschijnsel.

- 1 De kegeltjes hebben een hogere prikkelrempel dan de staafjes.
- 2 De kegeltjes bevatten andere lichtgevoelige pigmenten dan de staafjes.
- 3 Bij kegeltjes is één kegeltje verbonden met één zenuwcel; bij staafjes is een groter aantal staafjes verbonden met één zenuwcel.

Welke van deze beweringen geeft (geven) een juiste verklaring?

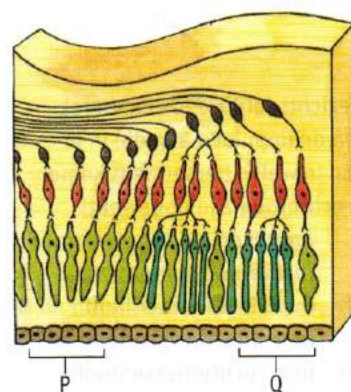
- A Alleen bewering 1.
- B Alleen bewering 3.
- C De beweringen 1 en 2.
- D De beweringen 2 en 3.

- 3 In afbeelding 99 is een stukje van het netvlies in een oog van de mens schematisch getekend. Twee delen van het netvlies zijn aangegeven met P en Q. Is P een deel van de blinde vlek of van de gele vlek? Kan iemand in de schemering met deel Q zien of een vlak rood of blauw is?

*P is een deel van* *Men kan zien dat een vlak rood of blauw is*

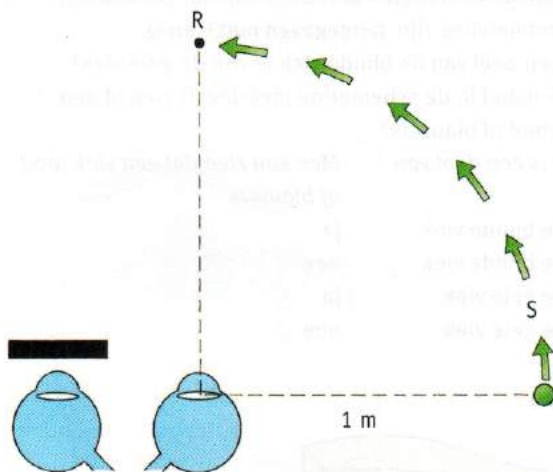
- A de blinde vlek ja
- B de blinde vlek nee
- C de gele vlek ja
- D de gele vlek nee

▼ Afb. 99



- 4 Een proefpersoon doet mee aan een experiment over kleurwaarneming. Hij zit in een egaal verlichte ruimte. Zijn linkeroog is afgedekt en met zijn rechteroog fixeert hij een punt R. Hij houdt zijn hoofd rechtop en stil, terwijl de onderzoeker een groen balletje op ooghoogte van de proefpersoon in een horizontaal vlak beweegt. Het balletje wordt volgens het aangegeven traject bewogen (zie afbeelding 100). Op plaats S wordt het balletje voor de proefpersoon zichtbaar. Vervolgens beweegt de onderzoeker het balletje verder naar punt R.
- Zal de proefpersoon het balletje en de groene kleur ervan in het gehele traject SR waarnemen?
- A Hij neemt het balletje en de kleur van het balletje in het gehele traject SR waar.
  - B Hij neemt het balletje in het gehele traject SR waar, maar eerst ziet hij de kleur wel, dan even niet en vervolgens weer wel.
  - C Hij neemt het balletje niet in het gehele traject SR waar. Als hij het balletje waarneemt, ziet hij ook de kleur.
  - D Hij neemt het balletje niet in het gehele traject SR waar. Als hij het balletje waarneemt, ziet hij niet altijd de kleur.

▼ Afb. 100



- 5 Aan de linkerkant van je gezichtsveld zie je een merel. In welke hersenhelft komen de impulsen aan die in je linkeroog zijn opgewekt? En in welke hersenhelft komen de impulsen aan die in je rechteroog zijn opgewekt?
- |  |   |
|--|---|
| <i>Impulsen uit je linkeroog komen aan</i> | <i>Impulsen uit je rechteroog komen aan</i> |
| A in je rechterhersenhelft                 | in je linkerhersenhelft                     |
| B in je linkerhersenhelft                  | in je linkerhersenhelft                     |
| C in je rechterhersenhelft                 | in je rechterhersenhelft                    |
| D in je linkerhersenhelft                  | in je rechterhersenhelft                    |

**DOELSTELLING 17**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 De volgende oogafwijkingen kunnen bij de mens voorkomen:
  - 1 De afstand tussen lens en gele vlek is te groot.
  - 2 De afstand tussen lens en gele vlek is te klein.
  - 3 De lens kan niet bol genoeg worden.
  - 4 De lens kan niet plat genoeg worden.
 Mike draagt een bril met positieve lenzen. Welke van de genoemde afwijkingen kunnen er de oorzaak van zijn dat hij deze bril moet dragen?
  - A De afwijkingen 1 en 3.
  - B De afwijkingen 1 en 4.
  - C De afwijkingen 2 en 3.
  - D De afwijkingen 2 en 4.
  
- 2 Oudere mensen kunnen dikwijls alleen zonder bril de krant lezen als ze deze met gestrekte armen voor zich houden. Wat is daarvan de oorzaak?
  - A Het verminderen van de elasticiteit van de lenzen, waardoor ze niet voldoende bol worden.
  - B Het verminderen van de elasticiteit van de lenzen, waardoor ze niet voldoende plat worden.
  - C Het troebel worden van het hoornvlies.
  
- 3 De hoornvliezen spelen een belangrijke rol bij de lichtbreking. Een bepaalde oogafwijking kan worden veroorzaakt doordat de hoornvliezen te bol zijn. Dit kan men verhelpen door met laserstralen stukjes van het hoornvlies weg te slijpen. De hoornvliezen breken daardoor het licht minder sterk. Welke oogafwijking heeft een patiënt waarbij dit wordt toegepast?
  - A De patiënt is bijziend.
  - B De patiënt is ouderdomsverziend.
  - C De patiënt is verziend.

Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijksstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijksstof.



# Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

## opdracht 1

*Botox (naar: examen havo 2009-2)*

Je hebt in de basisstof kunnen lezen dat *Clostridium botulinum* een bacterie is die botuline kan produceren, een van de giftigste stoffen op aarde. Het is een langwerpige, sporenvormende bacterie. De sporen van deze bacterie zijn bestand tegen zowel vocht als droogte, en kunnen ook goed tegen hitte. Wanneer er geen zuurstof aanwezig is, verandert de spore in een bacterie en deze produceert grote hoeveelheden van de neurotoxine botuline.

*Clostridium botulinum* behoort tot de grampositieve bacteriën. Door de bouw van het celmembran kunnen grampositieve bacteriën gemakkelijk een violette kleurstof absorberen. Gramnegatieve bacteriën kunnen dit niet. Dit verschil wordt in laboratoria veel gebruikt.

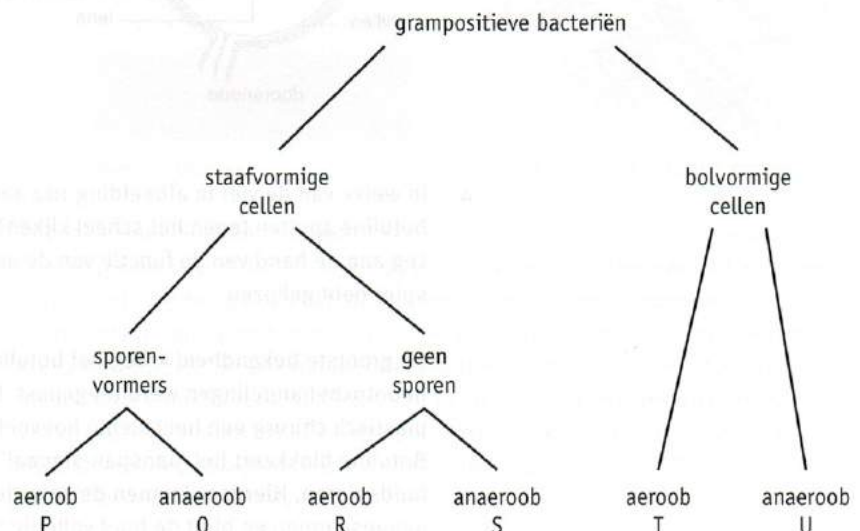
- 1 In afbeelding 101 is een vereenvoudigde determinatietabel weergegeven, waarmee microbiologen kunnen bepalen met welke groepen (P tot en met U) van grampositieve bacteriën ze te maken hebben.

In welke groep hoort *Clostridium botulinum* thuis?

- A P.
- B Q.
- C R.
- D S.
- E T.



Afb. 101



Het botuline beïnvloedt de impulsoverdracht van bewegingszenuwcellen. Een van de mogelijke gevolgen is dat het zien slechter wordt.

- 2 Leg uit dat het bij een botulinevergiftiging vooral moeilijker wordt om dingen van dichtbij scherp te zien.

Door de Amerikaanse onderzoeker Swaminathan is de structuur van het botuline-molecuul onderzocht. Hij bracht een verandering aan in het gen voor het botuline. Hij ontdekte dat door de verandering van slechts één aminozuur in het botuline, er een niet-giftig product ontstaat. De op deze manier geproduceerde stof geeft niet alleen inzicht in de werking van het botuline, maar kan misschien ook worden gebruikt in de bestrijding van botulisme; een ziekte die bij waterdieren optreedt als zij het botuline binnenkrijgen.

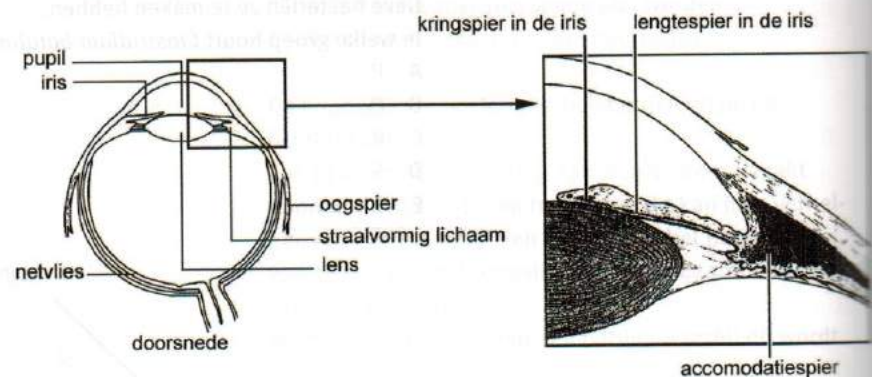
Om de verandering aan te brengen moet eerst het oorspronkelijke botuline-gen worden geïsoleerd uit de bacterie.

- 3 Waar in deze bacterie is dit gen aan te treffen?
- In het cytoplasma.
  - In een kern.
  - In een ribosoom.
  - Op het celmembraan.

Sinds 1970 zijn er ook medische toepassingen van het giftige botuline. De Amerikaanse oogarts Scott spoot kleine hoeveelheden ervan in de oogspieren van scheelziende patiënten. Vanaf 1980 voorzag hij ook therapeutische toepassingen van het gif bij allerlei neurologische ziekten. De stof wordt de laatste jaren inderdaad bij steeds meer aandoeningen gebruikt, waaronder overmatig zweten, spierspasmen en oorsuizen.

In afbeelding 102 is het oog schematisch weergegeven met daarin een viertal verschillende spieren die een rol spelen bij de functie van het oog.

► Afb. 102



- 4 In welke van de vier in afbeelding 102 aangegeven spieren zal een oogarts botuline spuiten tegen het scheel kijken? Leg aan de hand van de functie van de aangegeven spier uit waarom je voor deze spier hebt gekozen.

De grootste bekendheid kreeg het botuline toen het door de cosmetische chirurgie in botoxbehandelingen werd toegepast. Bij een botoxbehandeling injecteert de plastisch chirurg een heel kleine hoeveelheid botuline in de aangezichtsspierjes. Botuline blokkeert het 'aanspan-signaal' tussen de zenuwcellen in de huid en de huidspieren. Hierdoor kunnen de spierjes in de huid niet meer worden aangespannen en blijft de huid volledig 'glad'.

- 5 Een persoon die een botoxbehandeling overweegt, is bang voor bijwerkingen. Zij verwacht dat de huid op de behandelde plek minder gevoelig zal worden. Leg uit of dit een gegronde angst is.

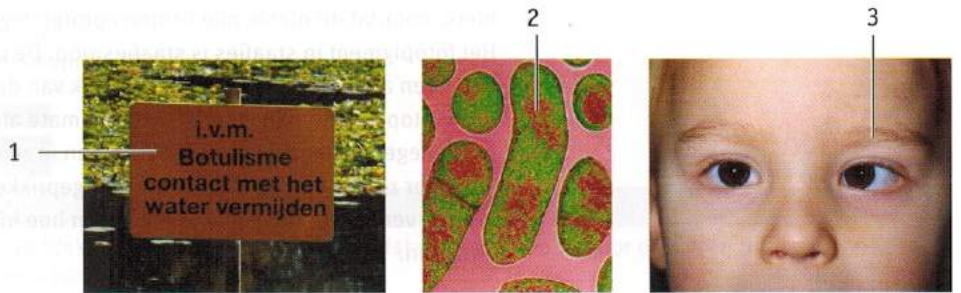
**opdracht 2**

In afbeelding 103 is een aantal foto's en tekeningen weergegeven die te maken hebben met botulisme.

- 1 Noteer van elk nummer in de afbeelding het organisatieniveau dat invloed heeft op of dat wordt beïnvloed door botulisme.
- 2 Tussen welke twee organenstelsels vindt er interactie plaats in afbeelding 103.4?
- 3 Tussen de foto's en tekeningen van afbeelding 103 bestaan relaties. Neem de volgende tekst over en vul de nummers van de afbeeldingen in waarvoor de uitspraak geldt.

De stof botuline (...) wordt geproduceerd door (...). Botuline voorkomt de afgifte van acetylcholine waardoor spieren niet meer samen kunnen trekken (...). Hierdoor kunnen mensen en dieren ziek worden (...). In verdunde vorm (botox) kan botuline onder andere worden gebruikt om (...) te verhelpen.

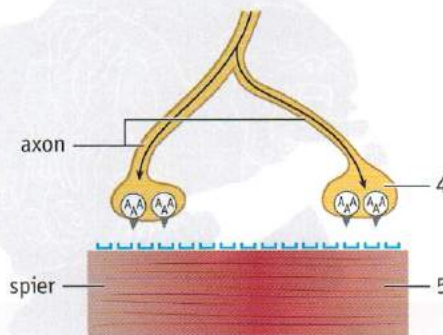
► Afb. 103



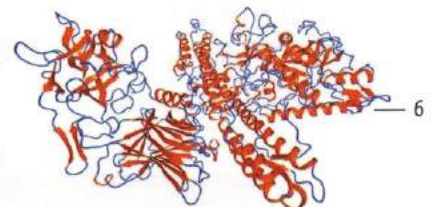
1 waarschuwbord voor botulisme

2 de bacterie *Clostridium botulinum*

3 scheelzien



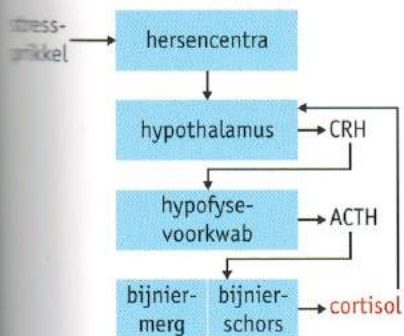
4 de werking van botuline



5 de chemische structuur van botuline

**opdracht 3**

▼ Afb. 104



Rimpelvorming van de huid wordt niet alleen veroorzaakt door veroudering. Zon, roken en stress hebben ook een grote invloed. Bij stress komt het hormoon cortisol vrij. Onder invloed van dit hormoon delen cellen minder snel. Corticotropin-releasing hormone (CRH) is een molecuul dat een rol speelt bij de signaaloverdracht tussen zenuwcellen. CRH wordt geproduceerd door de hypothalamus. CRH stimuleert de aanmaak van ACTH (adrenocorticotroop hormoon). ACTH werkt in op de bijnierschors en stimuleert de aanmaak van corticosteroiden zoals cortisol en ook androgenen (sekssteroiden). Cortisol remt op zijn beurt weer de afgifte van ACTH (negatieve feedback).

- 1 Tot welke groep van signaalmoleculen behoort CRH?
- 2 Hoe kan de aanmaak van cortisol worden geremd door negatieve feedback?
- 3 Wat is in het schema van afbeelding 104 het controlecentrum?

# 1 Nabeelden

Je hebt in de basisstof geleerd dat de impulsfrequentie afneemt wanneer een prikkel enige tijd aanhoudt. Je hebt ook geleerd dat er in het netvlies twee soorten lichtreceptoren voorkomen: staafjes en kegeltjes. Staafjes en kegeltjes bevatten **lichtgevoelige pigmenten (fotopigmenten)**. Onder invloed van licht worden deze lichtgevoelige pigmenten afgebroken, waardoor er impulsen in de lichtreceptoren ontstaan. Deze worden doorgegeven aan zenuwcellen. De lichtgevoelige pigmenten worden na de afbraak weer teruggevormd. Als dat gebeurt, is een lichtreceptor tijdelijk ongevoelig voor licht. Hiervan merk je onder normale omstandigheden niets, doordat dit niet in alle lichtreceptoren tegelijk plaatsvindt.

Het fotopigment in staafjes is staafjesrood. De drie typen kegeltjes bevatten ieder een ander fotopigment. Afhankelijk van de golflengte van het licht worden deze fotopigmenten in meer of mindere mate afgebroken. Doordat dit in de drie typen kegeltjes tegelijkertijd gebeurt, kun je zeer veel verschillende kleuren zien. Wanneer ze alle drie even sterk worden geprikkeld, neem je wit licht waar. In deze verrijkingstof ga je onderzoeken hoe hierdoor nabeelden kunnen ontstaan.



► Afb. 105 Twee apen.



## opdracht 1

## PRACTICUM

## WAT IS EEN NABEELD?

<b>Doel</b>	Met dit onderzoek ontdek je wat een nabeeld is. Je kijkt daarvoor eerst een tijdje naar de afbeelding met twee apen en daarna naar een wit vlak.
<b>Methode</b>	Fixeer je ogen op het centrum van afbeelding 105 en kijk er 30 seconden lang naar, zonder met je ogen te knipperen. Kijk vervolgens naar een witte achtergrond, terwijl je met je ogen knippert om het nabeeld te zien.
<b>Resultaat</b>	Beantwoord de volgende vragen. <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Wat zie je?</li> <li>2 Kon je deze persoon ook al in afbeelding 105 herkennen?</li> <li>3 Hoe zie je de zwarte delen van afbeelding 105 in het nabeeld? En de witte?</li> <li>4 Hoe lang duurt een nabeeld?</li> </ol>
<b>Conclusie</b>	Beantwoord de volgende vraag. <ol style="list-style-type: none"> <li>5 Wat is een nabeeld?</li> </ol>

## opdracht 2

## PRACTICUM

## HOE ONTSTAAT EEN NABEELD?

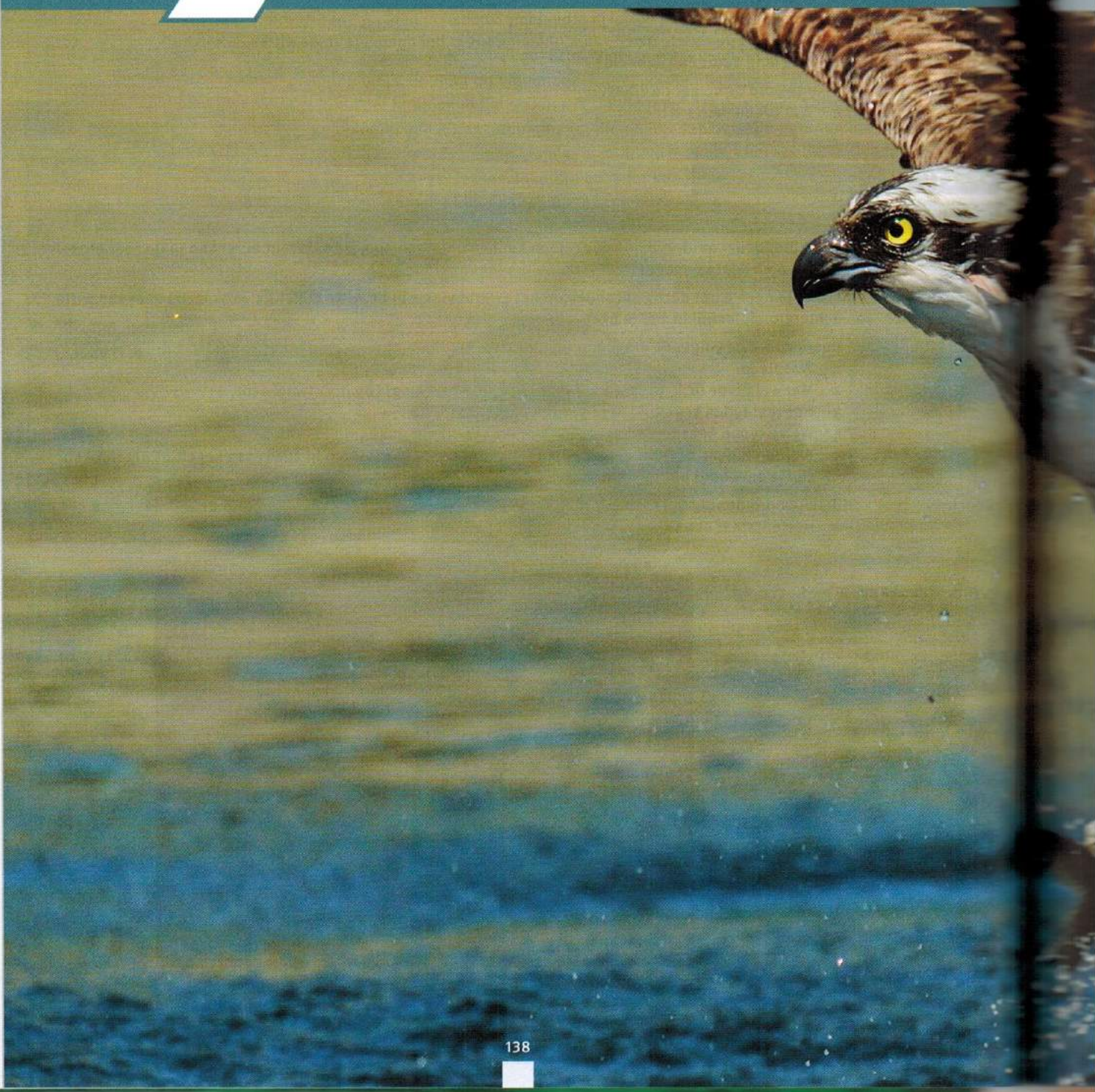
<b>Doel</b>	In dit practicum ontdek je hoe nabeelden kunnen ontstaan. Je kijkt daarvoor eerst een tijdje naar afbeelding 106 en daarna naar een wit vlak.
<b>Methode</b>	Fixeer je ogen eerst dertig seconden op het zwarte vlekje in de witte duif. Kijk vervolgens naar een witte achtergrond, terwijl je met je ogen knippert.
<b>Resultaat</b>	Beantwoord de volgende vragen. <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Wat zie je?</li> <li>2 Met welk type lichtreceptoren kijk je naar de afbeelding? Leg je antwoord uit.</li> <li>3 Hoeveel typen kegeltjes liggen er in het netvlies?</li> <li>4 Welke typen kegeltjes zijn gevoelig voor wit licht?</li> <li>5 Worden tijdens het staren naar afbeelding 106 de fotopigmenten in alle typen kegeltjes afgebroken? Leg je antwoord uit.</li> </ol>
<b>Conclusie</b>	Beantwoord de volgende vraag. <ol style="list-style-type: none"> <li>6 Hoe ontstaat een nabeeld?</li> </ol>

► Afb. 106 Een duif in rood.



# 7

# Ecologie



## BASISSTOF

1	Een ecooloog aan het werk	140
2	De organisatieniveaus van de ecologie	145
3	Individueen	147
4	Populaties	152
5	Ecosystemen	159
6	Piramides en stromen in ecosystemen	166
7	Veranderingen in ecosystemen	169
8	Modelleren van de natuur	175

## SAMENVATTING

### DIAGNOSTISCHE TOETS

### EINDOPDRACHT

### VERRIJKINGSSTOF

#### 1 Populatie-dichtheid bepalen

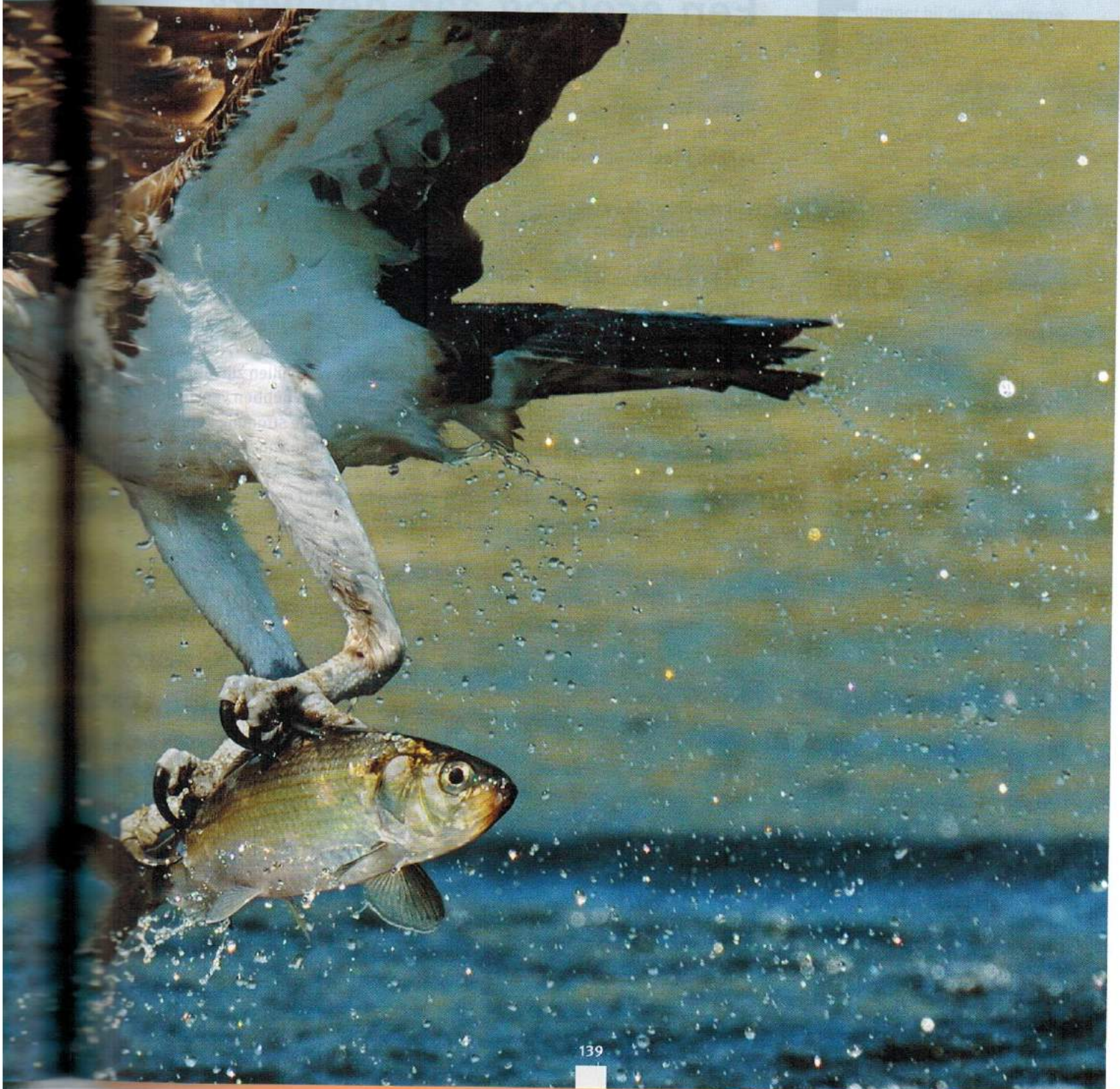
179

182

190

194

194



Het milieu heeft invloed op alle organismen. Organismen hebben ook invloed op het milieu. Een konijn eet van planten en graaft hopen in de grond. Organismen en het milieu beïnvloeden elkaar dus wederzijds.

Ecologie is de tak van de biologie waarin de relaties tussen organismen en hun milieu worden bestudeerd. Ecologen onderzoeken bijvoorbeeld hoe het komt dat er op de ene plaats op de wereld veel soorten zijn en op andere plaatsen weinig en vaak ook heel andere. Zij gebruiken hun kennis onder andere om te adviseren bij landinrichtingsplannen, zodat een nieuw aangelegde weg zo weinig mogelijk schade aan de natuur oplevert.

## 1 Een ecooloog aan het werk

Herman Wanningen is ecooloog, met als specialisme zoetwatergebieden zoals rivieren, meren, beken, sloten en plassen. Sinds 1996 werkt hij aan het waterbeheer, zowel in Nederland als over de grens. Hij heeft aan heel veel projecten gewerkt, zoals een herinrichtingsproject van de rivier de Drentsche Aa, problemen van vissen uit de IJssel om via een gemaal een beek te bereiken en een routeplanner voor vissen zoals de paling en de zalm, die tussen zoet water en de zee pendelen.

Om dit werk te kunnen doen, moet Herman Wanningen heel veel weten van de vissen waarmee hij werkt. Maar ook van het water waarin die vissen leven. In een rivier zijn de omstandigheden vaak heel verschillend van die in een beek of in de zee. Er zijn bijvoorbeeld verschillen in stroomsnelheid, temperatuur, lichtinval en chemische samenstelling van het water. De genoemde verschillen zijn **abiotische factoren** (a = zonder; bios = leven). Die abiotische factoren hebben veel invloed op levende organismen. Organismen die niet goed tegen snelle stroming kunnen, vind je niet in een rivier. En organismen die een voorkeur hebben voor schaduw, vind je niet op door de zon beschenen plekken in een beek.

Abiotische factoren beïnvloeden dieren, maar op hun beurt oefenen dieren ook invloed uit op de abiotische factoren. Zulke dieren noemt men 'ecosystem

▼ Afb. 1 Herman Wanningen.

### Mijn reis naar Wanningen Water Consult

Sinds mijn studie milieuchemie (1993) en aquatische ecologie (1995) reis ik door de wereld van het waterbeheer. Een reis met inspirerend werk en persoonlijke groei waarin ik, als ecooloog, bijdraag aan het bereiken van het schoon en gezond oppervlaktewater. Inmiddels ben ik ook buiten de Nederlandse grenzen actief en geef ik advies. En dat wil ik de komende jaren meer gaan doen.

Mijn reis begint in 1996 in Middelburg bij Rijkswaterstaat, Directie Zeeland waar ik een evaluatie verzorg van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer en meewerk aan herinrichtingsprojecten in de Westerschelde.

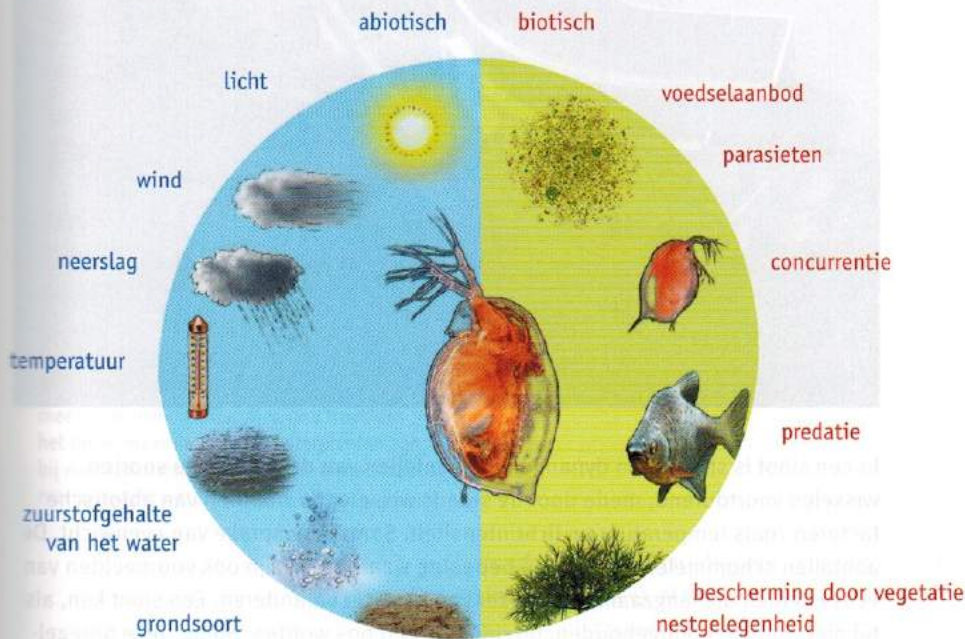
In 1997 stap ik over naar het Zuiveringsschap Drenthe waar ik als waterkwaliteitsdeskundige diverse evaluaties verzorg en verantwoordelijk ben voor de jaarverslagen. Bij het Zuiveringsschap ontdek ik het wonderschone en inspirerende stroomgebied van de Drentsche Aa. De beken kronkelen hier nog als vanouds door het landschap.



Als adviseur draag ik in die periode bij aan diverse herinrichtingsprojecten en werk ik samen met verschillende organisaties in dit stroomgebied. De Drentsche Aa is inmiddels weer een stuk schoner en ik ben trots dat ik daaraan heb bijgedragen.



▼ **Afb. 2** Biotische en abiotische factoren van invloed op een watervlo.



engineers'. Zo woelt een brasem per dag wel vijf keer zijn eigen lichaamsgewicht aan bodemslib om. Dit heeft een sterke invloed op de abiotische factor 'helderheid van het water'.

De abiotische factoren bepalen de randvoorwaarden voor het leven van allerlei soorten. Maar daarmee is niet alles gezegd. Als een watervlo in een sloot kan leven, ontmoet hij daar soortgenoten, dieren van andere soorten en planten. Die bepalen bijvoorbeeld of deze watervlo zich kan voortplanten, de kans loopt te worden opgegeten of voldoende voedsel kan vinden. Voor de watervlo zijn de andere organismen **biotische factoren**.

Levende organismen (die dus zelf biotische factoren zijn) ondergaan invloed van

de abiotische en biotische factoren in het gebied om hen heen (zie afbeelding 2). Maar ook het omgekeerde is het geval. Er is sprake van een systeem: een min of meer begrensde eenheid, waarin een wisselwerking tussen de verschillende onderdelen (factoren) optreedt. Die begrensde eenheid is bijvoorbeeld een beek of sloot. Zo'n systeem wordt een **ecosysteem** genoemd.

### opdracht 1

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Enkele factoren zijn: *bodemgesteldheid – licht – lucht – predatoren (roofdieren) – soortgenoten – struikgewas – temperatuur – voedsel – water – ziekteverwekkers*. Welke van deze factoren zijn abiotisch?
- 2 Waarom noemt men een regenworm wel een 'ecosystem engineer'?
- 3 Leg uit dat dieren die in de monding van een rivier leven goed tegen variaties in stroming en zoutgehalte kunnen.
- 4 Gemaal Middelbeek (zie afbeelding 3 op de volgende bladzijde) pompt bij hoge rivierstanden het teveel aan water weg uit de Voorsterbeek en loost op de IJssel. Leg uit dat het gemaal een hindernis is voor vissen die vanuit de IJssel de Voorsterbeek in willen zwemmen.
- 5 Een ecosysteem is min of meer begrensd. Wat zijn de grenzen van het ecosysteem sloot?
- 6 Zijn de grenzen van het ecosysteem sloot voor alle factoren volledig gesloten, zodat er geen uitwisseling optreedt tussen de sloot en zijn omgeving? Leg je antwoord uit.

► **Afb. 3** Gemaal Middelbeek.

In een sloot is sprake van dynamiek: de aantallen van de aanwezige soorten wisselen voortdurend, mede door de steeds wisselende waarden van abiotische factoren zoals temperatuur en lichtintensiteit. Soms is er sprake van evenwicht. De aantallen schommelen dan tussen bepaalde waarden. Er zijn ook voorbeelden van ecosystemen die langzaam maar zeker van karakter veranderen. Een sloot kan, als hij niet wordt schoongehouden, uiteindelijk een bos worden. Soms zie je onregelmatige schommelingen in aantallen: een chaotisch patroon. De ecooloog Marten Scheffer toonde aan dat er in sloten en meren ook twee redelijk stabiele evenwichten kunnen zijn in plaats van slechts één.

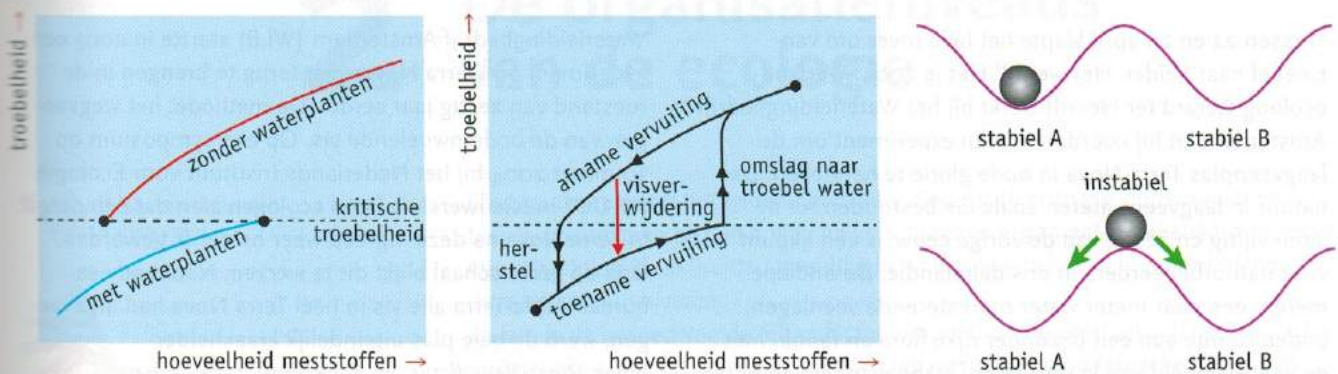
▼ **Afb. 4** Brasem (*Abramis brama*).▼ **Afb. 5** Snoek (*Esox lucius*).

In de jaren zeventig van de vorige eeuw bleken veel sloten en plassen te zijn vervuild met fosfaten en nitraten. Fosfaten en nitraten zijn voedingsstoffen voor planten. Op een gegeven moment werden die sloten en plassen troebel, terwijl ze eerder helder waren. Het aantal waterplanten bleek enorm te zijn afgenomen, evenals de dieren die van die planten leefden, en de vogels die weer van die dieren of ook van de planten leefden. Groenwieren en in warme zomers ook cyanobacteriën (blauwwieren) waren juist sterk in aantal toegenomen. Hierdoor werd het water ongeschikt om in te zwemmen of om drinkwater van te maken.

Men besloot het probleem aan te pakken. Er werd veel minder fosfaat en nitraat geloosd. Ook werd de vervuilde bodem, waar veel van die stoffen zich hadden opgehoopt, uitgebaggerd. Die maatregelen bleken weinig te helpen, het water bleef troebel. Een troebel systeem bleek een stabiel evenwicht: bij verandering van bepaalde factoren veranderde het niet gemakkelijk. Marten Scheffer en zijn medewerkers bedachten toen dat het misschien zou helpen om flink wat brasems uit het systeem te verwijderen. Ze hadden een Tsjechisch artikel gelezen, waarin werd beschreven hoe een kweekvijver helderder werd nadat er een groot aantal vissen was geoogst.

Bij proeven in kweekvijvers leek de verwijdering van 75% van de brasems te werken. Uit verder onderzoek van Scheffer bleek dat in troebel water veel kleine algen leven en dat er veel bodemmateriaal wordt opgewerveld. Door een grote hoeveelheid nitraat en fosfaat zijn eerst de algen toegenomen. Hun aantal bleef hoog door de activiteit van brasems (zie afbeelding 4). Die wervelen slib op, op zoek naar voedsel in de bodem. De algen nemen toe doordat ze niet vaak worden opgegeten door hun vijanden, de watervlooien. Die worden namelijk in grote hoeveelheden opgegeten door de brasems. En die brasems hebben zelf geen

Afb. 6



1 de effecten van meststoffen (nitraten en fosfaten) op de evenwichtstoestand in een meer (hoe meer meststoffen hoe troebeler het meer, maar meren met waterplanten zijn bij evenveel meststoffen minder troebel dan meren zonder waterplanten)

2 door een ingreep is het mogelijk snel van het ene evenwicht naar het andere te komen

3 de relatie tussen twee evenwichten (schematisch)

vijanden (predatoren) die hen in toom houden. In helder water zijn dat snoeken (zie afbeelding 5). Maar die jagen op het oog, dus in troebel water kunnen ze de brasems niet goed zien.

Na het eerste succes was iedereen bang dat de ingreep maar tijdelijk zou werken. Het onderzoek in proefvijvers werd daarom over een langere periode voortgezet. Het water bleef helder. Scheffer stelde vast dat hierbij een zeer belangrijke rol was weggelegd voor de waterplanten. In helder water krijgen die weer genoeg licht om te groeien. Zij concurreren een groot aantal algen weg en zorgen er ook voor dat de bodem minder gemakkelijk wordt opgewerveld. Als de snoek in het heldere water weer brasem kan vangen, ontstaat een tweede stabiel evenwicht, het heldere ecosysteem.

In afbeelding 6.1 en 6.2 zijn twee grafieken van Scheffer weergegeven. Hierin zie je de relatie tussen beide evenwichtstoestanden en de mogelijkheid om via een ingreep het systeem te veranderen. In afbeelding 6.1 zie je ook dat de overgang van een helder naar een troebel systeem, en omgekeerd (de kritische troebelheid), niet bij dezelfde hoeveelheid meststoffen (nitraten en fosfaten) ligt. Zo'n overgang wordt aangeduid met de term **kantelpunt**. Het kantelpunt met waterplanten ligt bij een hogere hoeveelheid meststoffen. Het ecosysteem van sloot en plas heeft dus twee evenwichtstoestanden. Bevindt een systeem zich in een van beide toestanden, dan houdt het zichzelf in stand. Het zal niet zomaar bij een kleine verstoring compleet veranderen, maar terugkeren naar de evenwichtstoestand waarin het zich bevond. Dit wordt vaak weergegeven met een balletje in een landschap van twee dalen met daartussen een heuvel. Als het balletje in een dal ligt dan is de toestand stabiel. Een klein duwtje tegen het balletje zal ertoe leiden dat het balletje iets de helling oprolt, maar vanzelf weer terug naar het dal rolt. De instabiele toestand is de heuvel. Ligt het balletje hierop, dan zal het bij de kleinste verandering naar beneden rollen en tot stilstand komen in een van de twee dalen. Pas bij een flinke duw gaat het balletje van het ene dal over de heuvel naar het andere dal (zie afbeelding 6.3).

Na de eerste publicatie van Scheffer in 2001 werden zijn ideeën in verschillende meren en plassen getest. Het blijkt dat de ontdekkingen ook in de praktijk werken (zie de context 'Het wegvangen van de bodemwoelende vis').

# HET WEGVANGEN VAN DE BODEMWOELENDEN VIS

'Tussen 22 en 26 april klapte het héle meer om van troebel naar helder. Het werkt!' Het is 2004. Wetland-ecoloog Gerard ter Heerdt werkt bij het Waterleidingbedrijf Amsterdam en hij coördineert een experiment om de laagveenplas Terra Nova in oude glorie te herstellen. De natuur in laagveenwateren zoals die bestonden tot de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw, is een ijkpunt voor natuurbeheerders in ons deltalandje. De ondiepe meren, een paar meter water op resterende veenlagen, boden ruimte aan een bijzonder rijke flora en fauna, met de aanwezigheid van kranswieren, krabbenscheer en bittervoorn als maatstaf.

Tot de catastrofe. Met het op gang komen van de intensieve landbouw in de tweede helft van de twintigste eeuw, neemt de concentratie voedingsstoffen in het milieu langzaam toe. Op het eerste gezicht verandert er niets aan veenplassen en andere wateren. Maar onzichtbaar voor de oppervlakkige waarnemer, raakt het ecosysteem uit balans en klapte het plotseling om. Eerst rot de veenbodem weg en ontstaat een nutriëntenrijke sliblaag. Vervolgens transformeert de nog heldere plas met roofvis en witvis en waterplanten in luttele maanden tot een soortenarm troebel meertje waar brasems de bodem omwoelen en algen welig tieren. Het

Waterleidingbedrijf Amsterdam (WLB) startte in 2003 een experiment om Terra Nova weer terug te brengen in de toestand van zestig jaar eerder. De methode: het wegvangen van de bodemwoelende vis. Op een symposium op 30 maart 2004 bij het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) in Nieuwersluis laten ecologen zien dat één petgat in Terra Nova na deze ingreep weer helder is geworden. Ook op grote schaal blijkt dit te werken. Nadat adviesbureau Aqua-Terra alle vis in héél Terra Nova had afgevangen, werd de hele plas uiteindelijk kraakhelder. Naar: Rinze Benedictus, in: Kennislink, 7 mei 2004.

▼ **Afb. 7** De Loenderveense plassen: een gebied met laagveenplassen waarvan Terra Nova het noordwestelijke deel vormt.



## opdracht 2

### Beantwoord de volgende vragen.

- In de context 'Het wegvangen van de bodemwoelende vis' zijn twee stadia van het ecosysteem beschreven die beide een tijd in evenwicht zijn. Waarin verschillen de stadia van elkaar?
- Leg uit dat Terra Nova weer helder werd na de verwijdering van veel brasems.
- Als je het verhaal over het onderzoek van Scheffer leest, kun je er het wetenschappelijke onderzoeksschema in terugvinden. Neem het volgende schema over en vul het in.

Onderzoek	Slootwateronderzoek
Waarneming	
Probleemstelling	
Hypothese	
Experiment	
Resultaat	
Conclusie	

- Leg uit dat tussen brasem en troebelheid sprake is van positieve terugkoppeling.
- Volgens Marten Scheffer kan het idee van kantelpunten ook worden toegepast op klimaatverandering. Leg uit dat als Marten Scheffer gelijk heeft dit een groot probleem voor de mensheid kan opleveren.

## 2 De organisatieniveaus van de ecologie

▼ Afb. 8 De verschillende organisatieniveaus.



1 individu



2 populatie



3 ecosysteem



4 biosfeer

Elk organisme wordt beïnvloed door zijn milieu. In de ecologie worden relaties tussen organismen en hun milieu op verschillende **organisatieniveaus** bestudeerd (zie afbeelding 8). In thema 1 Inleiding in de biologie heb je al iets geleerd over deze organisatieniveaus.

Zo kun je de invloed van de milieufactor temperatuur op de groei van één watervlo onderzoeken. Je kunt ook de invloed van de temperatuur onderzoeken op al het leven op aarde, zoals mensen doen die de effecten van de opwarming van de aarde proberen te voorspellen. Je doet dan onderzoek op het niveau van de biosfeer. De **biosfeer** is het deel van de aarde en de dampkring dat door organismen wordt bewoond. In de biosfeer komen grote gebieden voor waarin het klimaat sterk bepalend is voor de soorten organismen die daar kunnen leven. Voorbeelden daarvan zijn tropische regenwouden, woestijnen en toendra's. Binnen zulke gebieden komen min of meer natuurlijk begrensde gebieden voor, elk met kenmerkende biotische en abiotische factoren. Deze gebieden worden **ecosystemen** genoemd. Voorbeelden daarvan zijn een bos, een duingebied, een stuk grasland en een meer.

Je kunt dus vanaf verschillende niveaus (gezichtspunten) naar organismen in een bepaald gebied kijken. Het eerste organisatieniveau is het individu. Een **individu** is voor iedereen goed zichtbaar, al heb je voor een watervlo wel een loep nodig. Dat individu leeft in wisselwerking met de omringende biotische en abiotische factoren.

De verzameling van watervlooiën in een meer vormt het tweede organisatieniveau: de **populatie**. Een populatie is minder gemakkelijk te herkennen dan een individu: overall in het meer zwerven watervlooiën rond, ze zitten niet voortdurend bij elkaar. Toch is het een echte groep met een onderling verband. Ze hebben elkaar nodig voor de voortplanting; daarnaast concurreren ze om voedsel. Bij bepaalde populaties is ook sprake van gezamenlijke verdediging tegen predatoren of

juist van samenwerking om een prooi te vangen.

Een populatie heeft **emergente** eigenschappen. Zoals je al hebt geleerd in thema 1 zijn dat eigenschappen die wel gelden op het organisatieniveau van de populatie, maar niet op dat van het individu. De populatie heeft bijvoorbeeld als emergente eigenschappen dichtheid (aantal per vierkante meter of aantal per liter), geslachtsverhouding, geboortecijfer of sterftcijfer.

In een meer leven meerdere populaties, die invloed hebben op elkaar via voedselrelaties of concurrentie. Het totaal van de populaties in een bepaald duidelijk begrensde gebied, zoals een meer, vormt het derde organisatieniveau: het **ecosysteem**. Veel ecologen onderscheiden ook nog het niveau van de **levensgemeenschap** (de verzameling van alle organismen die in het ecosysteem leven).

- ▼ **Afb. 9** Muskusossen in een kring bij een aanval door wolven.



- ▼ **Afb. 10** Jachtluipaarden (cheeta's) die gezamenlijk een gnoe aanvallen.



Ook op dit derde niveau vind je emergente eigenschappen, zoals **biodiversiteit** (de verscheidenheid aan soorten) en **complexiteit** (de ingewikkeldheid van de relaties tussen die soorten). Als vierde en laatste organisatieniveau gebruiken we voor alle ecosystemen bij elkaar het al genoemde begrip **biosfeer**. Voor biosfeer wordt ook wel het begrip **stelsel aarde** gebruikt.

De laatste jaren is er bij ecologen interesse ontstaan in een heel ander organisatie-niveau. Daarbij zoom je vanuit het individu niet uit, maar juist in. Daarbij kom je via orgaan, weefsel, cel en organel uit bij het molecuul. Een van de belangrijkste moleculen is het DNA-molecuul dat zich, met een laagje eiwit eromheen, in een chromosoom bevindt. De verzameling van alle verschillende DNA-moleculen in een cel noemt men het **genoom**. Dit heb je in thema 4 Erfelijkheid geleerd.

In de bodem leven heel veel verschillende organismen: schimmels, mollen, wormen, maar vooral bacteriën. In een gram vruchtbare bodem komen 5 tot 6 miljard bacteriën voor, die tot meer dan tienduizend verschillende soorten behoren. Veel van deze soorten zijn nog onbekend (ze zijn nog niet bestudeerd en op naam gebracht). Door specifiek onderzoek (ecogenomics) weten we dat er zoveel soorten zijn. In ecogenomics (Nederlands: ecogenomica) zoekt men in een schep grond naar specifieke genen die informatie geven over het aantal soorten in het ondergrondse ecosysteem. Vervolgens begint dan het moeizame werk van het vaststellen van de ecologie van al die soorten. Hun onderlinge relatie en hun relatie met biotische en abiotische factoren worden onderzocht.

### opdracht 3

#### Beantwoord de volgende vragen.

- In een vijver leven onder andere algen, waterplanten, watervlooien, waterkevers en stekelbaarsjes.  
Maken deze organismen deel uit van dezelfde populatie? En maken ze deel uit van dezelfde levensgemeenschap?
- Wat is het verschil tussen een ecosysteem vijver en de levensgemeenschap van die vijver?
- Ook binnen een individu vinden we organisatieniveaus, zoals orgaan, weefsel en cel.  
Noem een emergente eigenschap van de watervlo als individu.
- Uit hoeveel verschillende DNA-moleculen bestaat het menselijke genoom? En het bacteriële genoom?
- Stel dat er een nieuwe bacteriesoort wordt gevonden die concurreert met andere soorten bacteriën door stoffen in het milieu te brengen die giftig zijn voor deze andere bacteriën.  
Hoe zouden wij deze giftige stoffen medisch kunnen toepassen?



# 3 Individuen

Elk individu is op meerdere manieren aangepast aan het milieu waarin het voorkomt. Deze aanpassingen zijn erfelijk bepaald. IJsberen bijvoorbeeld hebben aanpassingen tegen de kou en cactussen tegen de droogte.

In woestijnen kan de temperatuur overdag wel vijftig graden Celsius verschillen van de temperatuur 's nachts. Woestijnplanten moeten zulke sterke schommelingen kunnen verdragen; woestijndieren kunnen de sterkste schommelingen vermijden door op beschutte plekken weg te kruipen. Onder **tolerantie** verstaan we het vermogen van organismen om schommelingen in een abiotische factor te verdragen.

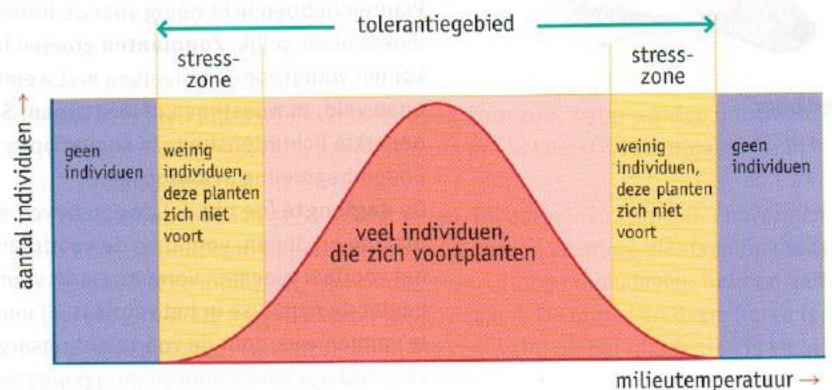
Iedere soort heeft op aarde een bepaald **verspreidingsgebied (areaal)**. Dat is dus het gebied waar de soort voorkomt. Dieren kunnen zich tot buiten het verspreidingsgebied verplaatsen. Zaden van planten kunnen ook buiten het verspreidingsgebied terechtkomen en daar ontkiemen. Toch zullen de dieren en planten zich buiten hun eigen gebied niet altijd kunnen handhaven. In dat geval is van ten minste één abiotische factor een **tolerantiegrens** overschreden: een uiterste waarde waarbij individuen van de soort kunnen overleven. Deze abiotische factor werkt dan als **beperkende factor**.

Guppy's bijvoorbeeld kunnen niet in leven blijven beneden een temperatuur van 5 °C of boven een temperatuur van 38 °C (zie afbeelding 11). Tussen 5 °C en 38 °C ligt het **tolerantiegebied** van guppy's voor de temperatuur. Als het aantal guppy's in een diagram wordt uitgezet tegen de milieutemperatuur, ontstaat een **optimumkromme** (zie afbeelding 12). In dit diagram zie je twee trajecten waarin sprake is van **stress**. Bij temperaturen vlak boven 5 °C of vlak onder 38 °C kunnen guppy's overleven, maar ze zullen bij deze temperaturen al hun energie nodig hebben om in leven te blijven. Ze hebben dan geen energie over om te groeien of om zich voort te planten. In de natuur zullen guppy's deze temperaturen dan ook zoveel mogelijk vermijden.

▼ Afb. 11 Guppy.



► Afb. 12 Optimumkromme voor de temperatuur.



## KLIMAAT

Het verspreidingsgebied van een soort die op het land leeft, hangt samen met het klimaat in dat gebied. Het **klimaat** is een combinatie van verschillende abiotische factoren zoals temperatuur, licht, wind en water (neerslag). Voor waterorganismen spelen abiotische factoren zoals temperatuur, zuurstofgehalte, zoutgehalte, licht en stroming een belangrijke rol.

Er zijn op aarde grote gebieden waarbinnen (vrijwel) hetzelfde klimaat heerst.

▼ Afb. 13 Vossen.



1 uit de gematigde gebieden



2 poolvos



3 woestijnvos

We spreken dan van **macroklimaat**. In een gebied met hetzelfde macroklimaat kunnen echter op verschillende plaatsen grote verschillen bestaan in temperatuur, licht, wind en neerslag. Zelfs binnen één ecosysteem zijn die verschillen er. De abiotische factoren in de strooisellaag van een bos verschillen sterk van de factoren op een boomstam of in de top van een boom. Elk plekje van een ecosysteem heeft zijn eigen **microklimaat**.

### TEMPERATUUR

De temperatuur heeft een grote invloed op de verspreiding van planten en dieren over de wereld. Het leven van de meeste planten en van dieren met een wisselende lichaamstemperatuur, zoals insecten, vissen, amfibieën en reptielen, speelt zich af bij milieutemperaturen tussen 0 °C en 45 °C. Vogels en zoogdieren hebben een constante lichaamstemperatuur. Zij kunnen milieutemperaturen beneden 0 °C verdragen.

Chemische processen in organismen worden geregeld door enzymen. De enzymactiviteit is afhankelijk van de temperatuur. Bij een lage omgevingstemperatuur kunnen dieren met een wisselende lichaamstemperatuur niet erg actief zijn, doordat de enzymactiviteit bij deze dieren dan laag is. De tolerantiegrenzen voor de temperatuur kunnen bij verschillende soorten sterk uiteenlopen. In woestijnen komen andere plantensoorten voor dan in toendra's.

Dieren met een constante lichaamstemperatuur hebben in het algemeen een groot tolerantiegebied voor de temperatuur. Bij hoge milieutemperaturen moeten zij warmte kwijtraken. Dit gaat gemakkelijker als de lichaamsuitsteeksels (oorschelpen, poten) groot zijn. Dieren in een koude omgeving hebben kleine lichaamsuitsteeksels, zodat ze zo weinig mogelijk lichaamswarmte verliezen (zie afbeelding 13).

In de winter is het voor deze dieren moeilijk om aan voldoende voedsel te komen om hun lichaamstemperatuur op peil te houden. Veel vogels (bijvoorbeeld zwaluwen) trekken in de herfst weg naar warmere streken. Veel zoogdieren (bijvoorbeeld egels) houden een winterslaap.

### LICHT

Planten hebben licht nodig voor de fotosynthese. De behoefte aan licht is niet voor iedere plant gelijk. **Zonplanten** groeien het best bij een hoge lichtintensiteit. Ze komen vooral voor op plaatsen met weinig of geen schaduw, bijvoorbeeld in het open veld, in woestijnen of in steppen. **Schaduwplanten** groeien het best bij een beperkte lichtintensiteit. Ze komen op schaduwrijke plaatsen voor, bijvoorbeeld als bodembegroeiing in loofbossen.

De **daglengte** (de tijd dat de zon boven de horizon staat) heeft grote invloed op planten en dieren, vooral op de voortplanting. Het tijdstip waarop veel planten in het voorjaar bloemen vormen, wordt vooral bepaald door de daglengte. Bij vogels begint de hypofyse in het voorjaar bij een bepaalde daglengte een hormoon te vormen waardoor de voortplantingsorganen gaan groeien. In het najaar verschrompelen de voortplantingsorganen weer. Vogels worden ieder jaar opnieuw 'geslachtsrijp'. Bij vissen, amfibieën en vogels worden het tijdstip van paring en van de eileg beïnvloed door de daglengte. Bij vogels is de daglengte ook van invloed op het tijdstip waarop de vogeltrek begint.

In zeeën en oceanen dringt licht alleen door in de bovenste waterlagen. In het plantaardige plankton vindt fotosynthese plaats. Vanaf tweehonderd meter diepte heerst volkomen duisternis. De meeste organismen die op grotere diepte leven, voeden zich met omlaag zakkende dode resten van organismen uit de bovenste waterlagen.





## LUCHT

De beweging van de lucht (de wind) is vooral van invloed op planten. Bij **windbloemen** zorgt de wind voor de bestuiving. De wind kan ook zorgen voor de verspreiding van zaden. En door de wind verdampt water sneller uit de bladeren. In gebieden waar het erg waait, bezitten de planten aanpassingen om uitdroging tegen te gaan.

De samenstelling van de lucht is van levensbelang voor alle organismen. Zuurstof is belangrijk voor de aerobe dissimilatie die bij vrijwel alle organismen zorgt voor het vrijmaken van energie. Planten hebben koolstofdioxide nodig voor de fotosynthese. Ook de vervuiling van de lucht is van invloed op organismen.

## WATER

Voor organismen die in zee leven, geldt dat de abiotische factoren vrij constant zijn. Organismen in **oppervlaktewateren** (rivieren, sloten, meren en plassen) kunnen te maken krijgen met sterke schommelingen in de temperatuur of in de samenstelling van het water, bijvoorbeeld het gehalte aan zuurstof, aan zouten of aan organische stoffen. Planten zijn sterk aangepast aan de beschikbare hoeveelheid water.

**Landplanten** hebben aan de buitenkant van de bladeren een **cuticula** (waslaagje). Vaak hebben ze alleen aan de onderkant van de bladeren huidmondjes.

Landplanten die in een vochtig milieu leven, hebben bladeren met veel huidmondjes en een dunne cuticula. Hun wortelstelsels zijn klein. Naarmate het milieu droger is, hebben planten beter ontwikkelde wortelstelsels die dieper de grond in groeien. Landplanten die in een droog milieu leven, hebben weinig huidmondjes en een dikke cuticula. Een cactus heeft doornvormige bladeren, zonder huidmondjes. In speciale weefsels in de stengels wordt water opgeslagen.

**Waterplanten** hebben weinig stevige delen. Het wortelstelsel is klein of afwezig. Een waterlelie heeft zeer grote, slappe bladeren die op het water drijven. De huidmondjes bevinden zich aan de bovenkant van de bladeren. In de stengels bevinden zich luchtkanalen. Waterplanten die in een zout milieu leven (bijvoorbeeld in het Waddengebied), hebben een vergelijkbare bouw als planten in een droog milieu.

Voor **waterdieren** zijn het zuurstofgehalte en het zoutgehalte van het water belangrijk. Stromend water heeft een hoger zuurstofgehalte dan stilstaand water. Dieren die leven op de overgang van zout naar zoet water kunnen door de eb- en vloedbewegingen afwisselend door zout en door zoet water worden omspoeld. Deze dieren hebben speciale aanpassingen om het verschil in zoutgehalte in hun milieu op te vangen.

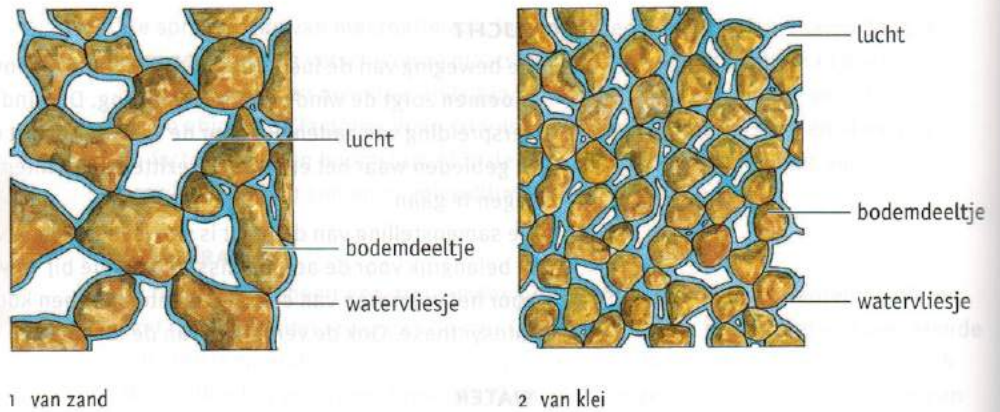
Veel **landdieren** leven in een vochtig milieu. Bij amfibieën, slakken en wormen kan water door de huid verdampen. Deze dieren zoeken vochtige plaatsen op om te voorkomen dat ze uitdrogen. Dieren die in een droog milieu leven, hebben aanpassingen om zo weinig mogelijk water kwijt te raken. De urine van deze dieren is sterk geconcentreerd. Ook de verdamping van water bij het uitademen is klein. Bij sommige dieren is het waterverlies zo klein dat ze geen water hoeven te drinken om in leven te blijven. Dit geldt bijvoorbeeld voor de woestijnspringmuis.

## BODEMGESTELDHEID

Elke bodem bestaat uit een mengsel van bodemdeeltjes van verschillende grootte. Zand heeft grotere bodemdeeltjes dan klei (zie afbeelding 14).

Elk bodemdeeltje is omgeven door een dun watervliesje. Bij klei zijn de holtes tussen de bodemdeeltjes klein, waardoor klei water goed kan vasthouden. Water loopt sneller door zand dan door klei. Klei is vruchtbaarder dan zand, doordat klei

Afb. 14 Bodemdeeltjes.



1 van zand

2 van klei

zouten beter vasthoudt. Maar door de kleine holtes tussen de bodemdeeltjes is het voor de wortels van planten moeilijker om erin door te dringen.

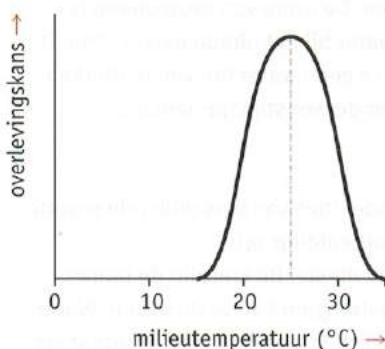
Voor planten is het gehalte aan **humus** in de bodem van belang. Humus is een mengsel van organische en anorganische stoffen en micro-organismen. Door activiteiten van de **reducenten** (bacteriën en schimmels) ontstaan uit humus voedingszouten (mineralen) voor planten. Bovendien verbetert humus de structuur van de bodem. Hoe meer humus er in zand voorkomt, hoe beter het zand water kan vasthouden. Hoe meer humus er in klei voorkomt, hoe makkelijker de wortels van planten erin kunnen doordringen.

De meeste humus bevindt zich in de bovenste laag van de bodem. In een humusarme bodem zakt het regenwater (met de mineralen) snel weg naar diepere lagen. Dit heet **uitspoeling**. De bovenste bodemlagen worden daardoor voedselarm. In een humusrijke bodem wordt het regenwater (met de mineralen) beter in de bovenste bodemlagen vastgehouden. Humus gaat uitspoeling tegen.

Er zijn nog meer eigenschappen van de bodem die invloed hebben op de soortensamenstelling van een ecosysteem. De grondwaterstand is in veel landbouwgebieden door ingrijpen van de mens lager geworden. In weilanden bijvoorbeeld heeft dit geleid tot de verdwijning van bepaalde soorten planten en weidevogels. Ook de pH (zuurgraad) van de bodem is van invloed. Dennen bijvoorbeeld groeien het best op een licht zure grond. In sommige gebieden komen bepaalde mineralen in hogere concentraties voor dan normaal. Dit is van invloed op de planten die er groeien. Brandnetels bijvoorbeeld groeien alleen op een bodem die rijk is aan nitraatzouten. Duindoornstruiken groeien alleen op een bodem die rijk is aan calciumzouten (kalk). In het Geuldal in Zuid-Limburg komen veel zinkzouten in de bodem voor. Daardoor groeien er heel speciale soorten, zoals het zinkvioltje.

## opdracht 4

Afb. 15 De tolerantie van een vis.



## Beantwoord de volgende vragen.

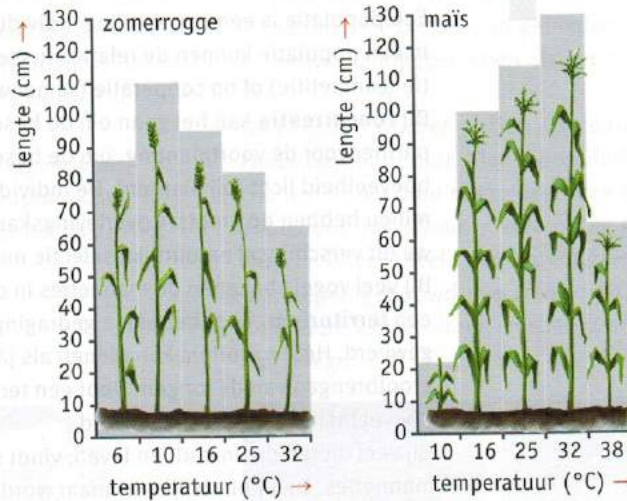
- 1 Welk verband is er tussen de grootte van de tolerantie en de grootte van het verspreidingsgebied van een soort?

In afbeelding 15 is de tolerantie weergegeven van een bepaalde vissoort. De vragen 2 tot en met 6 gaan over deze afbeelding.

- 2 Wat zijn de minimum-, de maximum- en de optimumtemperatuur van deze vissoort?
- 3 Komt deze vissoort voor in de tropen of in de gematigde gebieden?
- 4 Heeft deze vissoort een groter of een kleiner tolerantiegebied dan een guppy (zie afbeelding 12)?

- 5 Heeft deze vissoort een groter of een kleiner verspreidingsgebied dan een guppy?
- 6 In een bepaald ecosysteem schommelt de watertemperatuur regelmatig tussen 12 en 27 °C.  
Zal deze vissoort in dit ecosysteem voor kunnen komen?

► **Afb. 16** Invloed van de temperatuur op de lengtegroei. Verschillende planten werden bij verschillende temperaturen gekweekt. Tijdens de kweek werd de temperatuur constant gehouden.



In afbeelding 16 is de invloed van de temperatuur op de lengtegroei van zomerrogge en van maïs weergegeven. De vragen 7 tot en met 9 gaan over deze afbeelding.

- 7 Wat is de optimumtemperatuur voor zomerrogge? En wat is de optimumtemperatuur voor maïs?
- 8 Wanneer wordt zomerrogge geoogst? En wanneer maïs?
- 9 Leg uit dat de optimumtemperatuur logisch overeenkomt met het tijdstip van oogsten.
- 10 Leg uit dat kikkers bij een milieutemperatuur van ongeveer 0 °C niet actief kunnen zijn en konijnen wel.
- 11 Wat is het verschil tussen microklimaat en macroklimaat?
- 12 In afbeelding 17 zie je twee kamerplanten: de sansevieria en de gatenplant. Welke van deze planten is een zonplant en welke een schaduwplant? Waaraan kun je dit zien?

► **Afb. 17** Kamerplanten.



1 sansevieria



2 gatenplant

# 4 Populaties



Een populatie is een verzameling individuen van één soort in een bepaald gebied. In een populatie kunnen de relaties tussen de individuen gericht zijn op concurrentie (competitie) of op coöperatie (samenwerking).

Bij **concurrentie** kan het gaan om de beschikbare hoeveelheid voedsel, om een partner voor de voortplanting, om de beschikbare ruimte of om de beschikbare hoeveelheid licht (bij planten). De individuen die het best zijn aangepast aan het milieu hebben de grootste overlevingskans. In thema 5 Evolutie heb je geleerd dat we dit verschijnsel natuurlijke selectie noemen.

Bij veel vogels bakenen de mannetjes in de voortplantingstijd een eigen gebied af: een **territorium**. Door bepaalde gedragingen worden soortgenoten uit het gebied geweerd. Het territorium kan dienen als jachtgebied, maar ook als ruimte voor het grootbrengen van de jongen. Door een territorium te vormen, wordt vaak een zekere hoeveelheid voedsel veiliggesteld.

Bij veel dieren die in kudden leven, vindt competitie plaats tussen de sterkste mannetjes. De uiteindelijke winnaar wordt de leider van de kudde en heeft het 'recht' om met de vrouwtjes in de kudde te paren.

**Coöperatie** tussen individuen van dezelfde populatie vindt onder andere plaats bij de balts en bij de paring. Sommige vogels en zoogdieren leven langdurig in paren. Een paartje kan ook samenwerken bij de verdediging en bij het zoeken naar voedsel. Dieren kunnen ook in groepen samenleven. Voorbeelden daarvan zijn een school haringen, een zwerm spreeuwen en een kudde zebra's. Het leven in een grote groep biedt bescherming tegen predatoren of vergroot juist de kans om prooien te vangen. Bij insecten die in staten leven, zoals bijen en mieren, is er een duidelijke taakverdeling. Sommige individuen zorgen voor de verdediging, andere zoeken voedsel, weer andere zorgen voor de voortplanting, enzovoort.

## DE POPULATIEDICHTHEID

De grootte van een populatie wordt meestal weergegeven als de **populatiedichtheid**. Populatiedichtheid is het gemiddelde aantal individuen per oppervlakte-eenheid op het land of per volume-eenheid in het water. De populatiedichtheid van paardenbloemen in een weiland kan bijvoorbeeld 2 individuen per vierkante meter bedragen, van haviken in een loofbos 0,5 individuen per vierkante kilometer en van watervlooiën in een sloot 22 individuen per liter.

De dichtheid van een populatie is erg belangrijk voor de kans op overleven van individuen in die populatie en voor de kans op nakomelingschap. Een te hoge dichtheid kan al gauw leiden tot uitputting van de noodzakelijke hulpbronnen, een snelle verspreiding van ziekten en het ontstaan van stresssituaties. Aan de andere kant worden bij een lage dichtheid (of een klein aantal) de voortplantingskansen binnen een populatie erg klein. Dan kan het belangrijk zijn om verschillende populaties met elkaar in verbinding te brengen.



## ECOLOGISCHE HOOFDSTRUCTUUR (EHS)

De Ecologische hoofdstructuur (EHS, zie afbeelding 18.1) is een netwerk van grote en kleine natuurgebieden waarin de natuur (plant en dier) voorrang heeft en wordt beschermd. Daarmee wordt voorkomen dat natuurgebieden geïsoleerd komen te liggen, dieren en planten uitsterven en de natuurgebieden zo hun waarde verliezen. De EHS bestaat uit drie onderdelen:

- Kerngebieden zijn natuurterreinen, landgoederen, bossen, grote wateren en waardevolle agrarische cultuurlandschappen die minimaal 250 hectare groot zijn.

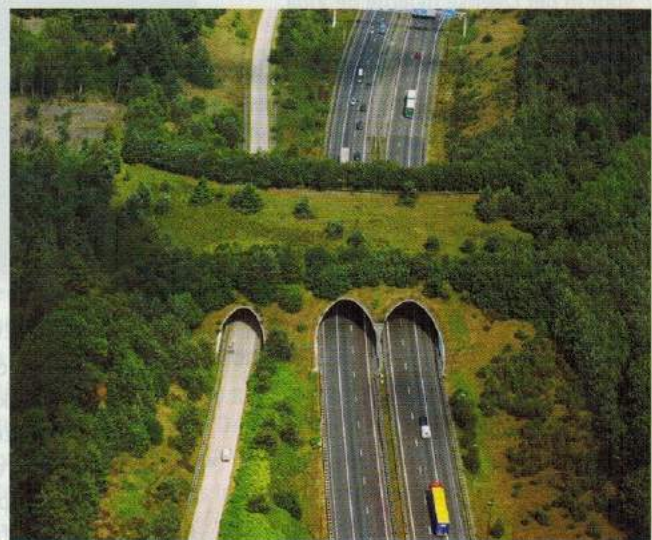
- Natuurontwikkelingsgebieden zijn gebieden met goede mogelijkheden voor de ontwikkeling van natuurwaarden, van nationale en/of internationale betekenis.
- Verbindingszones zijn gebieden die kern- en natuurontwikkelingsgebieden als het ware aan elkaar knopen.

De EHS kan worden gezien als de ruggengraat van de Nederlandse natuur. Kleine populaties worden via corridors (natuurstroken) en steppingstones (een rij kleine natuurgebieden) met elkaar in verbinding gebracht. Daarnaast worden bijvoorbeeld voor edelherten ecoducten over snelwegen gebouwd (zie afbeelding 18.2). Voor dassen en andere kleine dieren worden tunnels onder wegen aangelegd.

▼ Afb. 18

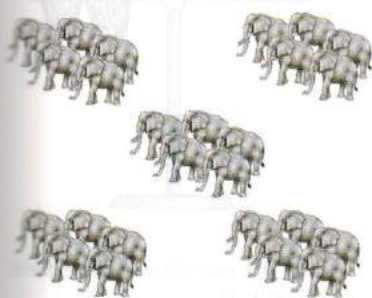


1 kaart met ecologische hoofdstructuur (EHS)



2 ecoduct voor herten

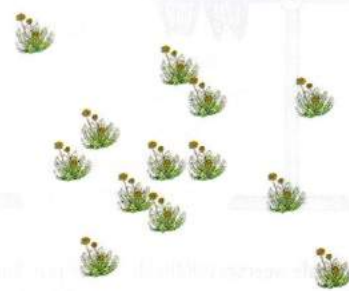
▼ Afb. 19 Verspreidingspatronen.



1 gegroepeerd, bijvoorbeeld olifanten



2 regelmatig verspreid, bijvoorbeeld haviken



3 willekeurig verspreid, bijvoorbeeld paardenbloemen

Uit de populatiedichtheid alleen kun je niet afleiden waar je de individuen van de populatie kunt aantreffen. In een populatie kunnen de individuen een verschillend **verspreidingspatroon** vertonen. Ze kunnen gegroepeerd, regelmatig verspreid of willekeurig verspreid voorkomen (zie afbeelding 19).

## opdracht 5

## Beantwoord de volgende vragen over afbeelding 20.

- 1 Welke hypothese wilden de Duitse onderzoekers testen met hun experiment waarbij ze houtingen hebben uitgezet?
- 2 Welke conclusie hebben de wetenschappers getrokken uit het resultaat van hun merkonderzoek?
- 3 Waardoor kan bij dit onderzoek niet de dichtheid aan houting worden bepaald?

## ▼ Afb. 20

## De noordzeehouting

De noordzeehouting is een trekvis die vanuit de Noordzee de Rijn in zwemt om eitjes af te zetten. Deze vissoort was eind vorige eeuw bijna uitgestorven, doordat de waterkwaliteit sterk verslechterde. Er kwam alleen nog een populatie voor in het Deense riviertje de Vida. Duitse onderzoekers hebben in 1992, toen de waterkwaliteit van de Rijn verbeterde, uit deze populatie eieren geoogst en die opgekweekt tot jonge houtingen. Honderdduizenden houtingen zijn uitgezet in de Lippe, een zijriviertje van de Rijn in Duitsland. De jongen zwom-

men met de stroming mee en kwamen in Nederland in de benedenrivieren, het IJsselmeer en het kustgebied terecht. Elk jaar zijn nieuwe vissen in de Lippe losgelaten. In 2006 zijn de jonge vissen

in de Lippe gemerkt. Een telling in het IJsselmeer wees uit dat maar 4% van de jongen daar een merkteken had. Hierop is de uitzetting van houting in de Lippe stopgezet.

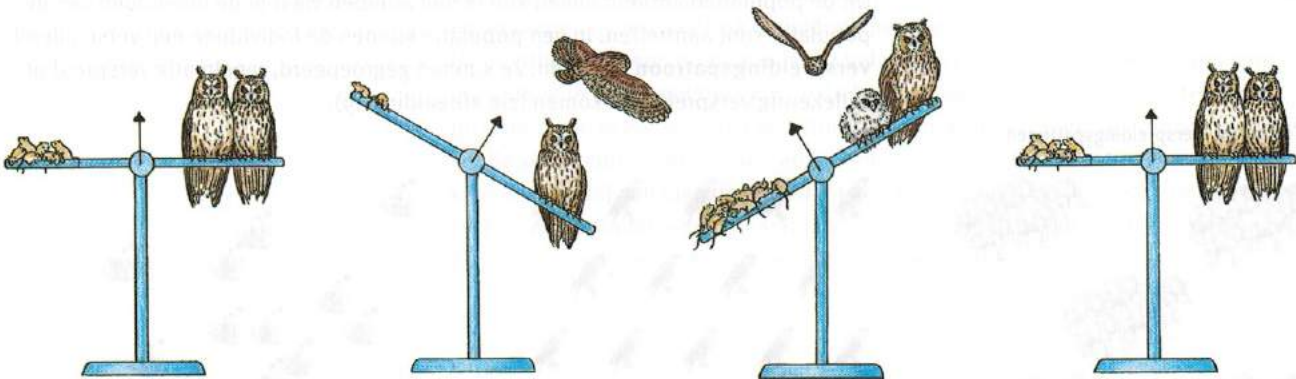


## VERANDERINGEN IN DE POPULATIEDICHTHEID

Op de populatiedichtheid zijn veel factoren van invloed. Bij sommige factoren is de invloed afhankelijk van de populatiedichtheid, bij andere niet.

**Dichtheidsafhankelijke factoren** zijn bijvoorbeeld predatie, parasitisme, ziekte en voedselconcurrentie. Deze factoren beïnvloeden de populatiedichtheid door negatieve terugkoppeling. Als de populatiedichtheid groter wordt, krijgen de factoren die een afname van de populatiedichtheid veroorzaken meer invloed. En als de populatiedichtheid kleiner wordt, worden de factoren die de populatie

## ▼ Afb. 21 Biologisch evenwicht tussen ransuilen en veldmuizen (schematisch).



1e jaar, normale weersgesteldheid: evenwicht

2e jaar, koud en nat: weinig veldmuizen, ransuilen werpen eieren uit het nest en trekken weg

3e jaar, warm en droog: veel veldmuizen (veldmuizenplaag)

4e jaar, normale weersgesteldheid: evenwicht

▼ Afb. 22 Zwarte luizen op kersenblad.



doen groeien belangrijker. Het resultaat hiervan kan zijn dat de populatiedichtheid schommelt om een evenwichtswaarde (zie ook basisstof 1). De populatie verkeert dan in **biologisch evenwicht** (zie afbeelding 21). Er is sprake van zelfregulatie in het ecosysteem.

Of dat inderdaad gebeurt, hangt af van verschillende factoren. Als er in korte tijd heel veel prooidieren zijn, zullen de predatoren niet onbepert blijven eten. En als die predatoren ook nog lange tijd nodig hebben om jongen te produceren bij een overvloed aan prooidieren, kan de schommeling van prooidieren groter worden.

**Dichtheidsonafhankelijke factoren** worden vaak veroorzaakt door het klimaat. Een strenge winter, hevige sneeuwval, een overstroming of een bosbrand veroorzaakt soms een plotselinge sterke terugval in de populatiedichtheid. Meestal herstelt de populatiedichtheid zich weer in de jaren daarna. Bij sommige soorten kan een combinatie van gunstige klimaatfactoren een plotselinge toename in de populatiedichtheid veroorzaken. Zo kunnen insecten in een gebied met heel veel fruitbomen na een zachte winter tot grote aantallen toenemen en veel schade aanrichten (zie afbeelding 22).

Veranderingen in de populatiedichtheid kunnen worden geanalyseerd door bepaling van vier grootheden: het geboortecijfer, het sterftcijfer, de immigratie en de emigratie.

Het **geboortecijfer** van een populatie geeft weer hoeveel individuen er per tijdseenheid door voortplanting ontstaan. Het geboortecijfer wordt meestal weergegeven als het aantal jongen dat per jaar per duizend individuen wordt geboren. In de natuur heeft elke soort zijn eigen geboortecijfer. Bij Kieviten bijvoorbeeld komen lage geboortecijfers voor. Kieviten beschermen hun jongen tegen predatie en slechte weersomstandigheden, zodat de jongen een goede kans hebben de eerste levensperiode te overleven. Kikkers daarentegen beschermen hun jongen niet of nauwelijks. Bij kikkers komen hoge geboortecijfers voor. Bijna alle jongen gaan al in de eerste levensperiode dood. De soort overleeft doordat er onder de talrijke jongen altijd wel enkele zijn die bij toeval de gevaren van de eerste levensperiode doorstaan. Zelfregulatie kan dus in verschillende vormen voorkomen.

Het **sterftcijfer** van een populatie geeft weer hoeveel individuen er per tijdseenheid sterven. Het sterftcijfer wordt meestal weergegeven als het aantal sterfgevallen per jaar per duizend individuen. Het sterftcijfer kan variëren. Voor mensen geldt bijvoorbeeld dat het sterftcijfer bij oudere mensen hoog is en bij jonge mensen laag. Bij kikkers daarentegen is het sterftcijfer juist hoog bij jonge dieren. Individuen kunnen ook van elders een populatie binnentrekken (**immigratie**) of uit een populatie wegtrekken (**emigratie**).

Door al deze factoren is de populatiedichtheid zelden constant. Over een groot aantal jaren bekeken blijkt echter dat veel populaties in een biologisch evenwicht verkeren. Maar dat evenwicht kan op verschillende manieren worden verstoord. Er kunnen individuen van andere soorten vanuit een ander gebied (soms ver weg gelegen) binnendringen. Zulke individuen worden **exoten** genoemd. Vaak komen exoten in een gebied doordat ze door de mens worden meegenomen. Als exoten zich beter kunnen handhaven, verdringen ze de oorspronkelijke populatie. Ook kunnen de omstandigheden plotseling (door een natuurramp zoals een overstroming) of geleidelijk (door klimaatverandering) veranderen. Als de tolerantiegrens voor een bepaalde factor wordt overschreden, sterven de individuen van de populatie uit. Ten slotte kunnen leden van de populatie ook zelf bijdragen aan de verandering van hun leefomgeving. In basisstof 7 leer je hier meer over.

► Afb. 23

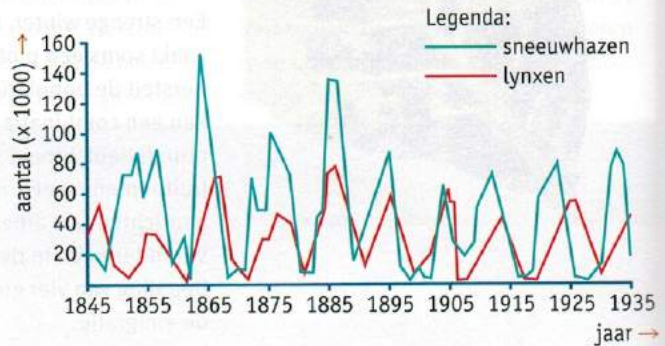
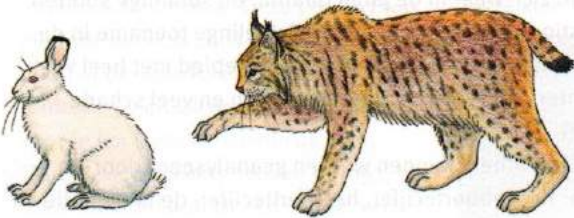


1 zilvermeeuwen



2 bergeenden

▼ Afb. 24 Een predator-prooirelatie.



**opdracht 6**

**Beantwoord de volgende vragen.**

▼ Afb. 25 Exponentiële groei van bacteriën op een voedingsbodem.



- 1 Een langdurige periode van hevige sneeuwval kan de dichtheid van verschillende populaties in een ecosysteem beïnvloeden. Is dit een dichtheidsafhankelijke of een dichtheidsonafhankelijke factor?
- 2 En is hierbij sprake van terugkoppeling? Leg je antwoord uit.
- 3 Bij zilvermeeuwen is het sterftcijfer bij jonge dieren gemiddeld lager dan bij bergeenden (zie afbeelding 23). Bij welke van deze soorten verwacht je het hoogste gemiddelde geboortecijfer? Leg je antwoord uit.

Lynxen en sneeuw hazen hebben een predator-prooirelatie.

In afbeelding 24 zie je in een diagram het verband tussen de populatiedichtheid van beide soorten in Canada weergegeven. De cijfers zijn ontleend aan de aantallen door jagers verkochte huiden over een periode van negentig jaar.

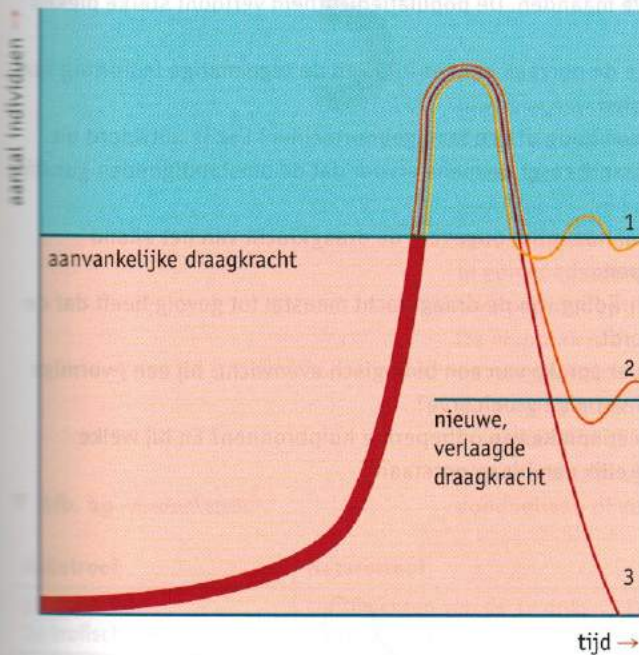
- 4 Wat heeft een toename van de populatiedichtheid van de sneeuw hazen voor invloed op de populatiedichtheid van de lynxen?
- 5 Wat heeft een toename van de populatiedichtheid van de lynxen voor invloed op de populatiedichtheid van de sneeuw hazen?
- 6 Leg uit hoe het komt dat een piek in de populatiedichtheid van de lynxen wordt voorafgegaan door een piek in de populatiedichtheid van de sneeuw hazen.

**POPULATIEGROEI**

Door immigratie kan een soort zich nieuw in een ecosysteem vestigen. Als deze exoot niet goed kan overleven in het nieuwe milieu, verdwijnt hij weer snel door natuurlijke selectie. Maar als de omstandigheden gunstig zijn, zal de populatie van deze soort groeien. De nieuwe populatie telt in het begin nog maar weinig individuen, waardoor voor ieder individu veel voedsel beschikbaar is. Als er veel voedsel beschikbaar is, kan de populatiegroei worden vergeleken met de groei van een kolonie bacteriën op een voedingsbodem. In afbeelding 25 is weergegeven hoe zo'n kolonie groeit als elke bacterie zich elke twintig minuten deelt.



▼ Afb. 26 Gevolgen van een overschrijding van de draagkracht.



De groei is **exponentieel** en het diagram vertoont een **J-vormige groeicurve**. Bij exponentiële groei zullen na verloop van tijd de omstandigheden minder gunstig worden. Voor de meeste populaties in ecosystemen geldt dat de hulpbronnen beperkt zijn. Bij een grote populatiedichtheid neemt de invloed toe van de factoren die de populatiegroei beperken.

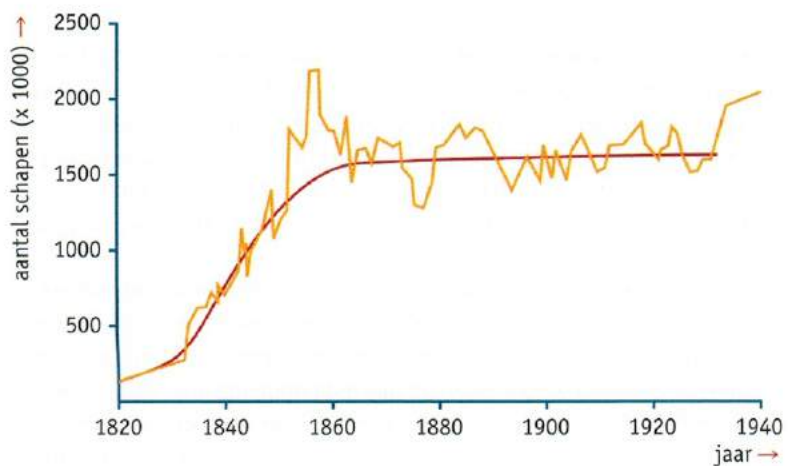
Onder de **draagkracht** verstaan we de maximale populatiegrootte die over langere tijd in een ecosysteem kan worden gehandhaafd (zie afbeelding 26). Bij soorten met een hoog geboortecijfer treedt gemakkelijk exponentiële groei op, als de omstandigheden gunstig zijn. Het is mogelijk dat na zo'n snelle groei de draagkracht van het ecosysteem korte tijd wordt overschreden. De populatiedichtheid loopt dan terug. Het teveel aan individuen kan sterven, totdat de draagkracht van het ecosysteem is bereikt. Er stelt zich dan een biologisch evenwicht in. Het komt niet vaak voor dat de draagkracht daarbij onveranderd blijft.

Meestal heeft een overschrijding van de draagkracht ernstige gevolgen voor de populatie. Een te grote populatie zwarte luizen bijvoorbeeld kan alle bladeren van een kersenboom wegvreten. Door deze vraat zal een aantal planten sterven. Dit heeft tot gevolg dat de draagkracht van het ecosysteem voor luizen terugloopt, waardoor er een massale sterfte bij de luizen optreedt. Hierna kan zich een biologisch evenwicht instellen bij een lagere populatiedichtheid. In ernstige gevallen stort de populatie geheel in. De populatie valt dan terug tot een zeer lage dichtheid of verdwijnt helemaal.

Bij soorten met een laag geboortecijfer is de groei van de populatie eerst ook exponentieel, maar wat langzamer.

Al snel neemt de populatiegroei echter af, doordat dichtheidsafhankelijke factoren zoals voedselgebrek of het aantal roofdieren de groei afremmen. Er stelt zich een biologisch evenwicht in. Als alle omstandigheden optimaal zijn en optimaal blijven, zal dit evenwicht zich instellen op het niveau van de draagkracht. In een diagram vertoont de populatiedichtheid dan een **S-vormige groeicurve** (zie afbeelding 27). Vaak zijn er ook ongunstige factoren aanwezig, waardoor het evenwicht zich zal instellen op een niveau onder de draagkracht. Ook dan is de groeicurve S-vormig.

► Afb. 27 De populatiedichtheid van schapen op Tasmanië. In het begin van de negentiende eeuw werden schapen op dit eiland ingevoerd.



## opdracht 7

## Beantwoord de volgende vragen.

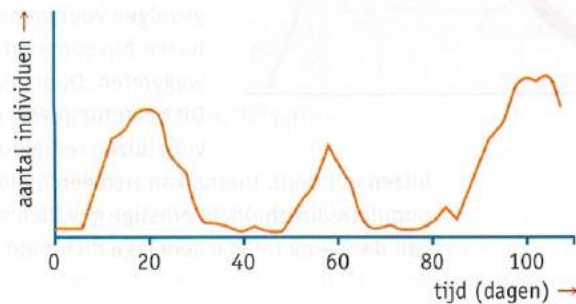
In afbeelding 28 is de populatiedichtheid weergegeven van watervlooien in een vijver gedurende enkele maanden. De populatiedichtheid vertoont sterke pieken en dalen.

- 1 Noem twee factoren die de oorzaak kunnen zijn van de regelmatige instorting van de populatie watervlooien.
- 2 Hebben watervlooien een hoog of een laag geboortecijfer? Leg je antwoord uit.
- 3 Bij de schapen op Tasmanië zorgt de mens ervoor dat de omstandigheden gunstig blijven.

Leid uit afbeelding 27 af hoe groot ongeveer de draagkracht van het eiland Tasmanië is voor schapen.

- 4 Leg uit dat een overschrijding van de draagkracht meestal tot gevolg heeft dat de draagkracht kleiner wordt.
- 5 Bij welke groeicurve is er sprake van een biologisch evenwicht: bij een J-vormige groeicurve of bij een S-vormige groeicurve?
- 6 Bij welke groeicurve is er sprake van onbeperkte hulpbronnen? En bij welke groeicurve kan gemakkelijk een plaag ontstaan?

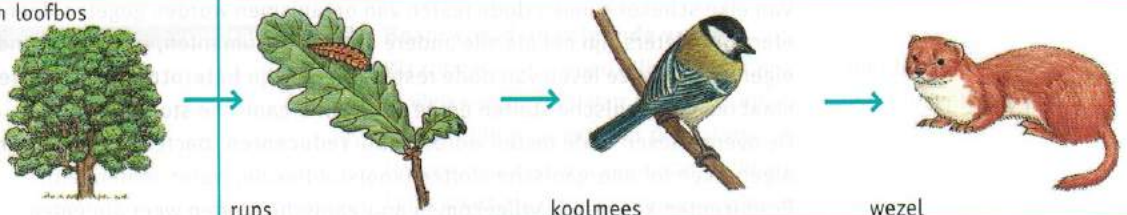
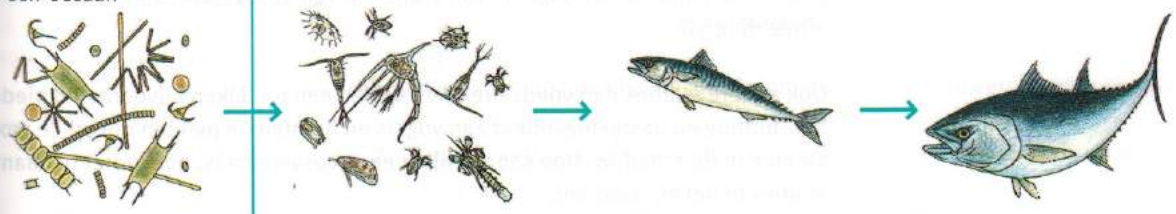
► **Afb. 28** De populatiedichtheid van watervlooien in een vijver.



# 5 Ecosystemen

In een ecosysteem bestaan tussen de populaties verschillende relaties. Vooral de **voedselrelaties** zijn belangrijk. Het eten van planten noemt men **vraat**, het eten van dieren **predatie**. Relaties bestaan tussen individuen, maar de gevolgen ervan hebben invloed op populatieniveau. Als bijvoorbeeld een leeuw veel antilopen eet, daalt de dichtheid van de populatie antilopen. In een **voedselketen** is een reeks populaties met elkaar verbonden, waarbij elke populatie voedselbron is voor de volgende populatie (zie afbeelding 29). De afspraak is de pijlrichting in zo'n keten te laten wijzen in de richting waarin het voedsel zich verplaatst, dus van het opgegeten organisme naar de eter. De diersoort die aan het eind van de keten staat, heet **toppredator**. In werkelijkheid lopen in een ecosysteem altijd meerdere voedselketens door elkaar heen. Het geheel van voedselrelaties in een levensgemeenschap wordt **voedselweb** of **voedselnet** genoemd (zie afbeelding 30).

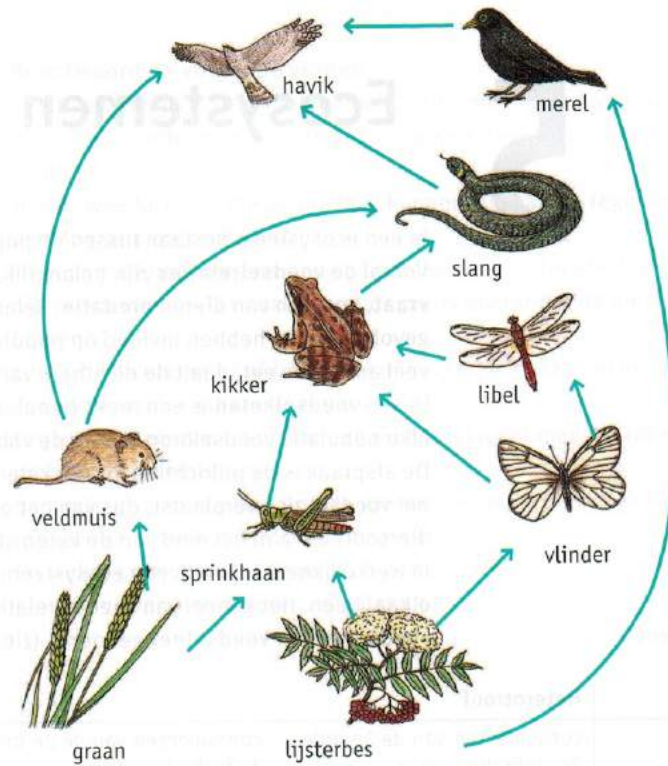
▼ Afb. 29 Voedselketens.

Autotroof	Heterotroof		
producenten 1e trofische niveau	consumenten van de 1e orde 2e trofische niveau	consumenten van de 2e orde 3e trofische niveau	consumenten van de 3e orde 4e trofische niveau
in een loofbos			
in een oceaan			

Elke schakel in een voedselketen heet een **trofisch niveau**. In het eerste trofische niveau bevinden zich soorten die geen andere soorten als voedselbron hebben. In thema 1 Inleiding in de biologie heb je geleerd dat planten en sommige bacteriën en protisten autotroof zijn. **Autotroof** wil zeggen dat een organisme zelf voor zijn voedsel zorgt en niet van andere organismen leeft. Autotrofe organismen zetten anorganische stoffen om in organische stoffen. Zij worden daarom **producenten** genoemd.

**Consumenten** bevinden zich in de tweede schakel en in alle volgende schakels van voedselketens. Consumenten hebben andere organismen nodig. De tweede schakel wordt ingenomen door consumenten van de eerste orde (planteneters), de derde schakel door consumenten van de tweede orde (vleeseters), enzovoort. Ook consumenten van de derde en vierde orde zijn vleeseters. Alleseters eten zowel planten als vlees.

► Afb. 30 Een voedselweb.



Van elke schakel kunnen dode resten van organismen worden gegeten door afval-eters. Afvaleters zijn net als alle andere dieren consumenten, met de bijzondere eigenschap dat ze leven van dode resten. Dieren zijn **heterotroof**. Zij zijn niet in staat om anorganische stoffen om te zetten in organische stoffen.

De overgebleven dode resten worden door **reducenten** (bacteriën en schimmels) afgebroken tot anorganische stoffen (koolstofdioxide, water, mineralen).

Producenten kunnen de vrijgekomen anorganische stoffen weer opnemen.

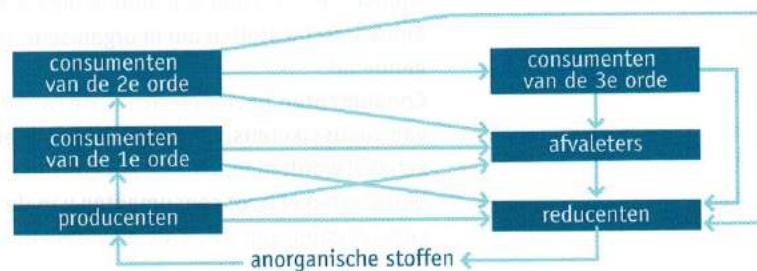
Reducenten maken de kringloop van stoffen in een ecosysteem sluitend (zie afbeelding 31).

Ook andere relaties dan voedselrelaties spelen een rol. Eiken bijvoorbeeld bieden beschutting en nestgelegenheid aan vogels en houden de planten die op de grond groeien in de schaduw. Hoe soortenrijker een ecosysteem is, hoe groter het aantal relaties in het ecosysteem.

Al lang geleden werd ontdekt dat individuen van een populatie met elkaar communiceren via stoffen, bijvoorbeeld de feromonen bij insecten. Recent bleek die communicatie echter ook op te treden tussen individuen van verschillende populaties in een ecosysteem.

Uit onderzoek in plassen en grasvelden blijken veel bijzondere informatienetwerken via signaalstoffen (infochemicaliën) voor te komen (zie de context 'Chemische communicatie').

► Afb. 31 De kringloop van stoffen.



## CHEMISCHE COMMUNICATIE

Prof. Marcel Dicke is entomoloog (insectendeskundige) aan de Universiteit van Wageningen. Hij deed in 1986 zijn eerste baanbrekende ontdekking: planten blijken niet alleen gifstoffen af te scheiden om zich tegen vraatzuchtige insecten en mijten te verdedigen, maar ook vluchtige lokstoffen waarmee ze roofmijten aantrekken die planten-etende mijten eten. Het is alsof de plant de roofmijten te hulp roept. Met die ontdekking boorde hij een heel nieuw onderzoeksterrein in de ecologie aan: dat van de tritrofe interacties, gebeurtenissen van eten-en-gegeten-worden, waarbij drie trofische niveaus, namelijk een plant, een planteneter en een vleeseter zijn betrokken. Tritrofe interacties zijn mogelijk doordat de zintuigen van insecten hypergevoelig zijn voor minieme hoeveelheden geur- en smaakstoffen. Met dit soort chemische informatie lokaliseren ze partners, voedsel en vijanden, maar ook communiceren, spioneren en misleiden ze ermee net zoals wij mensen met taal doen. Een goed voorbeeld zijn de SOS-geuren waarmee planten

zich verweren tegen aanvallen. Een bonenplant die door spint wordt belaagd scheidt geurstoffen af, terpenen, die de plant niet produceert als hij met schuurpapier wordt beschadigd. Die terpenen trekken speciaal op spint beluste roofmijten aan en zetten tevens buurplanten aan tot het activeren van hun eigen wapens tegen spint. Ook allerlei andere insecten in de omgeving vangen de signalen op en reageren daarop. Zo beïnvloedt een SOS-geur dus een groot deel van een ecosysteem. Naar: Liesbeth Koenen en Rik Smits, 'De oogst van 2009', 2009.

▼ Afb. 32 Marcel Dicke.



### opdracht 8

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Waarmee kan een voedselketen niet met een dier beginnen?
- 2 In welke schakel(s) van een voedselketen komt fotosynthese voor?
- 3 In afbeelding 30 zijn vier predatoren afgebeeld. Noteer voor elke predator van welk(e) prooidier(en) deze leeft.
- 4 Leg uit dat afvaleters niet tot de reducenten behoren.
- 5 Rangschik de volgende organismen in drie verschillende voedselketens: *alg – eik – garnaal – kerkuil – merel – rups – sperwer – tarweplant – veldmuis – vis – visarend*.
- 6 Waarom heten de chemische stoffen die organismen verspreiden signaalstoffen (infochemicaliën)?
- 7 Leg uit welk voordeel juist planten kunnen hebben van het gebruik van communicatie.

#### COMPETITIE TUSSEN POPULATIES

In een ecosysteem vindt **competitie** plaats om de beschikbare hoeveelheid voedsel, om de beschikbare ruimte of om de beschikbare hoeveelheid licht (bij planten). Meestal wordt te sterke competitie om het beschikbare voedsel tegengegaan doordat de soorten zich specialiseren. Daarbij is het mogelijk dat de ene populatie de kansen van een andere populatie verbetert. Grote grazers als paarden, edelherten of hekrunderen in de Oostvaardersplassen eten de taaie lange vezels van grassen. Daardoor kunnen ganzen gemakkelijker bij de jonge, malse sprietten. We spreken hier van **facilitatie**.

Zowel torenvalken als steenuilen en ransuilen (zie afbeelding 33) leven van onder andere veldmuizen. Maar torenvalken jagen overdag, steenuilen in de schemering en ransuilen 's nachts. Zo wordt de competitie beperkt.

▼ Afb. 33 Drie soorten die competitie om de beschikbare hoeveelheid voedsel zoveel mogelijk vermijden.



1 torenvalk: jaagt overdag

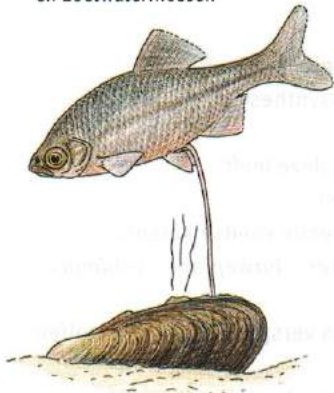


2 steenuil: jaagt in de schemering



3 ransuil: jaagt 's nachts

▼ Afb. 34 Mutualisme bij bittervoorn en zoetwatermossel.



Het vrouwtje van de bittervoorn legt met een legbuis haar eieren in de kieuwholte van een zoetwatermossel. De mossel spuit zijn larven tegen de buik van de vis. De larven hechten zich aan de buik.

### SYMBIOSE

Onder **symbiose** verstaan we het langdurig samenleven van individuen van verschillende soorten. De samenleving kan voor elk van de individuen voordelig, neutraal of nadelig zijn. Korstmossen zijn samenlevingen van schimmels met algen. De algen bezitten bladgroen, waardoor er fotosynthese kan plaatsvinden. Een deel van de organische stoffen die hierbij worden gevormd, wordt door de schimmels verbruikt. De schimmels nemen water en mineralen uit de omgeving op en kunnen deze stoffen vasthouden. Hiervan maken ook de algen gebruik. Bij korstmossen hebben beide soorten voordeel van de samenleving. We spreken in dat geval van **mutualisme**. Een voorbeeld van mutualisme zie je in afbeelding 34. Bij andere vormen van symbiose heeft slechts een van beide individuen voordeel. Als het andere individu geen voordeel en geen nadeel heeft, spreken we van **commensalisme**. Een voorbeeld hiervan zijn boomalgen op de stam van een boom. Bij **parasitisme** leeft een individu (de **parasiet**) op of in een individu van een



► Afb. 35 Een vogel draagt vaak wel twintig soorten parasieten bij zich.

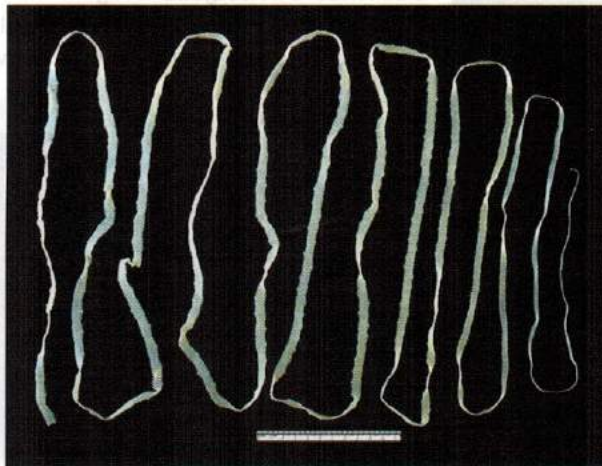
	schimmel		lintworm
	amoëbe		tongworm
	zweepdiertje		bloedzuiger
	plasmodium		wandluis
	spirocheet		vlo
	trypanosoom		veerluis
	ingekapselde tongworm		vliegenlarve
	zuigworm		luisvlieg
	rondworm		mijt
	stekelsnuitworm		teek

andere soort (de **gastheer**) en onttrekt er voedsel aan. Voorbeelden van dierlijke parasieten zijn vlooien, luizen, spoelwormen en lintwormen (zie afbeelding 35 en 36). Vlooien en luizen leven op de huid van dieren, vooral bij dieren met een constante lichaamstemperatuur. Ze komen aan voedsel door bloed van de gastheer op te zuigen. Spoelwormen en lintwormen kunnen in het darmkanaal van dieren voorkomen. Al deze parasieten kunnen ook bij de mens voorkomen.

Maretak en duivelsnaaigaren zijn plantaardige parasieten. Maretak onttrekt alleen water en mineralen aan de gastheer. Duivelsnaaigaren onttrekt water, mineralen en organische stoffen aan de gastheer.

Sommige parasieten zijn **soortspecifiek**: ze leven op of in een gastheer van één bepaalde soort. Ze zijn sterk aangepast aan het leven op of in deze gastheer. Een lintworm bijvoorbeeld heeft geen darmkanaal, maar neemt via de huid rechtstreeks verteringsproducten op uit de darm van de gastheer.

► Afb. 36 Een lintworm van de mens.



#### opdracht 9

##### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Zowel tussen soortgenoten als tussen individuen van verschillende soorten kan competitie om de beschikbare hoeveelheid voedsel optreden. Op welke manier wordt te sterke voedselcompetitie tussen soortgenoten tegengegaan?
- 2 En op welke manier wordt te sterke voedselcompetitie tussen individuen van verschillende soorten tegengegaan?
- 3 Tussen soortgenoten kan een bepaalde vorm van competitie optreden die je niet vindt tussen organismen van verschillende populaties. Om welke vorm van competitie gaat het dan?

#### opdracht 10

##### Neem het volgende schema over en vul het in.

Gebruik hierbij: *de algen en de schimmels van een korstmos leveren elkaar voedingsstoffen – de vruchten van de klis worden verspreid doordat ze met weerhaakjes in de vacht van dieren blijven hangen (zie afbeelding 37.1) – een*

honingbij maakt aan andere bijen duidelijk waar ze een voedselbron heeft gevonden – een kokmeeuw maakt een andere kokmeeuw een stuk brood afhandig – hyena's verjagen gieren bij het kadaver van een zebra – ontkiemde zaden van berken belemmeren de ontkieming van zaden van struikhei – twee kikkers paren met elkaar – twee mannetjesedelherten vechten om het leiderschap van een roedel vrouwtjes (zie afbeelding 37.2).

		Voedselrelaties	Voortplantingsrelaties
Relaties binnen een populatie	competitie		
	coöperatie		
Relaties tussen populaties	competitie		
	coöperatie		

**opdracht 11**

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Noem een overeenkomst en een verschil tussen facilitatie en commensalisme.
- 2 De symbiose tussen bittervoorn en zoetwatermossel (zie afbeelding 34) biedt

## ► Afb. 37



1



2

beide organismen voordeel.

Wat is het voordeel voor de bittervoorn? En wat is het voordeel voor de mossel?

- 3 Welke plantaardige parasiet bezit bladgroen: maretak of duivelsnaaiaren? Leg je antwoord uit.

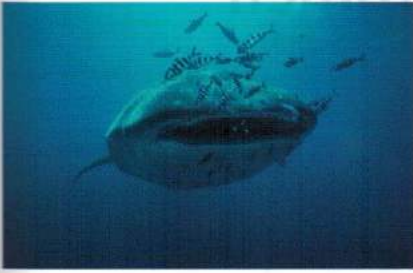
**opdracht 12**

Maak een schema met drie kolommen: Mutualisme, Commensalisme en Parasitisme.

Noteer in de juiste kolom: *bladluizen op een plant* – *haai met loodsmannetjes* – *heremietkreeft en zeeanemoon* – *een korstmos* – *porseleinzwam op een beuk* – *vogeltje dat het gebit van een krokodil schoonmaakt* – *vogels die nestelen in een boom*. Gebruik hierbij afbeelding 38.



## ▼ Afb. 38 Voorbeelden van symbiose.



1 loodsmannetjes leven van de resten van de prooi van de haai



2 de zeeanemoon leeft van de resten van de prooi van de heremietkreeft en beschermt deze met zijn netelcellen



3 de porseleinzwam onttrekt water, mineralen en organische stoffen aan de beuk

## opdracht 13

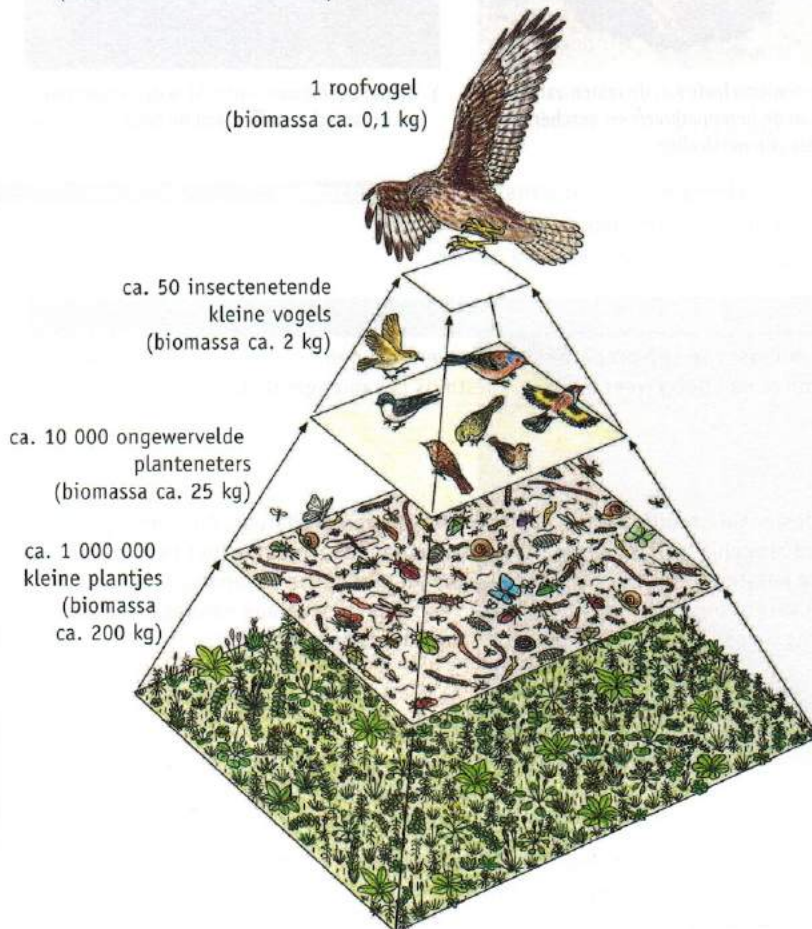
## PRACTICUM

## KORSTMOSSEN

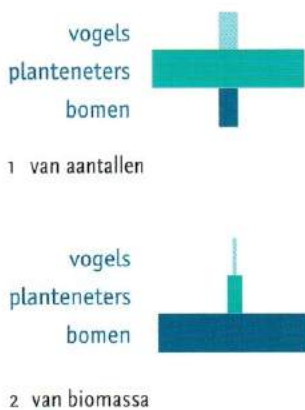
<b>Inleiding</b>	In deze opdracht ga je met een microscoop een preparaat bekijken en tekenen. Het doel van deze opdracht is dat je na afloop weet hoe een korstmos is samengesteld.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een stukje tak met korstmos</li> <li>– een microscoop</li> <li>– prepareermateriaal</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Snijd van een stukje korstmos enkele schilfertjes af en maak hiervan een preparaat. Bij sommige korstmossen is het niet goed mogelijk schilfertjes af te snijden. In dat geval moet je met twee prepareernaalden een klein stukje korstmos voorzichtig uiteenrafelen en hiervan een preparaat maken.</li> <li>– Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400x. Je ziet algen en schimmels. Maak een tekening van wat je ziet. Geef in je tekening de cellen van de algen en de schimmels aan.</li> </ul>

# 6 Piramides en stromen in ecosystemen

▼ **Afb. 39** Ecologische piramide (van aantallen of van biomassa).



▼ **Afb. 40** Piramides van dezelfde voedselketen.



Ecosystemen hebben als emergente eigenschap dat er energiestromen en stofstromen in plaatsvinden. Het gaat daarbij niet om de organismen of populaties maar om alle organismen van hetzelfde trofische niveau. De hoeveelheid geven we in gram of joule weer. We kijken dan in wezen naar de boekhouding van het ecosysteem. Wat komt er aan stoffen en energie binnen en wat gaat eruit?

## ECOLOGISCHE PIRAMIDES

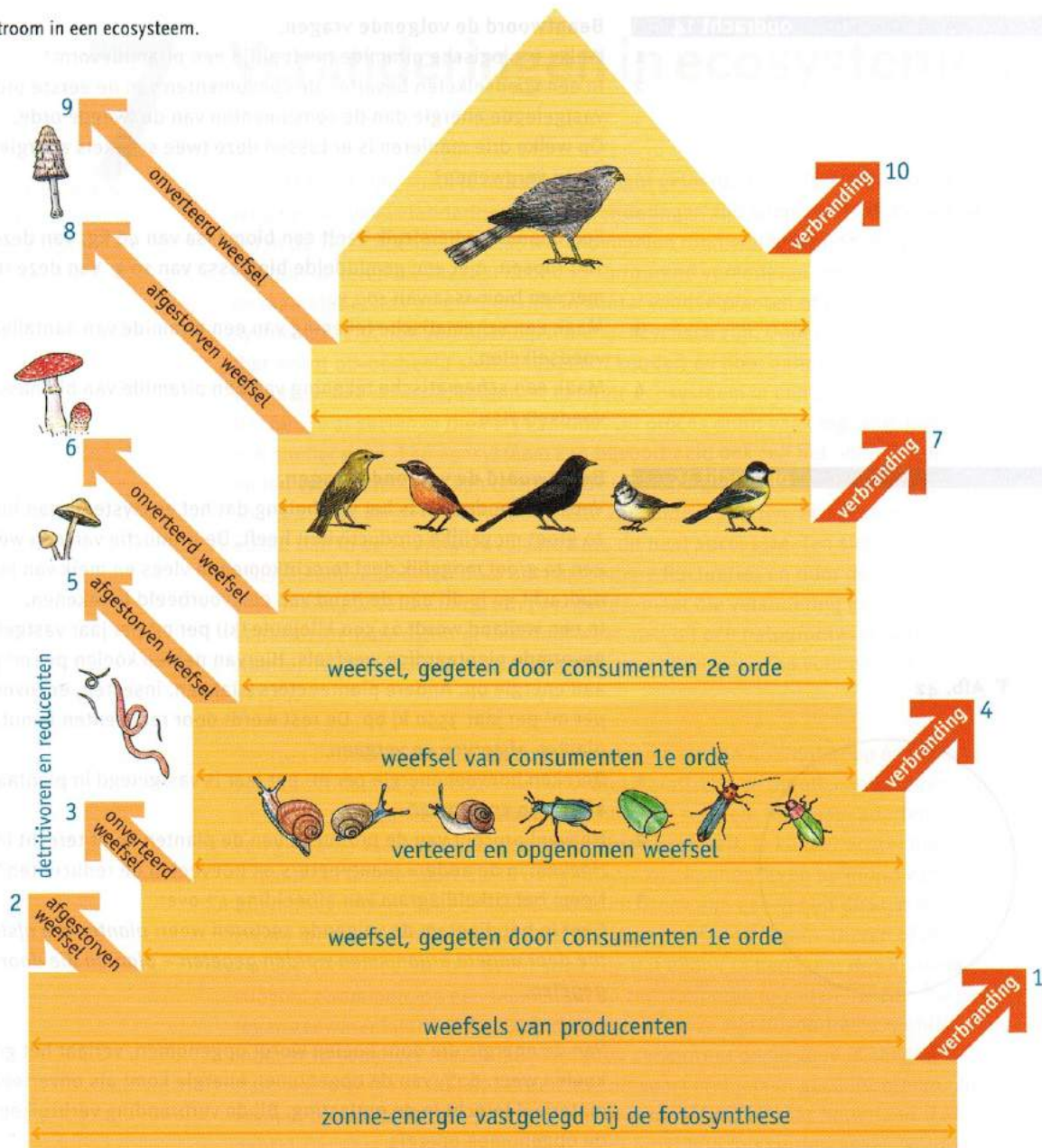
In het voedselweb van een ecosysteem kunnen we verschillende trofische niveaus onderscheiden: producenten, consumenten van de eerste orde, consumenten van de tweede orde, enzovoort. Elk trofisch niveau telt meestal minder individuen dan het niveau daaronder. De aantallen individuen per trofisch niveau kunnen grafisch worden weergegeven in een **piramide van aantallen** (zie afbeelding 39). Een trofisch niveau hoeft niet altijd minder individuen te tellen dan het niveau daaronder. Het aantal bomen in een bos bijvoorbeeld is kleiner dan het aantal planteneters in die bomen (slakken, insecten, zaadetende vogels). De vele kleine planteneters kunnen weer als voedsel dienen voor een klein aantal vogels (zie afbeelding 40).

In een ecosysteem vindt in de producenten fotosynthese plaats. Hierbij wordt zonne-energie vastgelegd in chemische energie: glucosemoleculen. Uit glucose worden andere organische stoffen gevormd. Het totale gewicht van alle organische stoffen heet **biomassa**.

In een **piramide van biomassa** wordt de biomassa van elk trofisch niveau grafisch weergegeven. De piramide van biomassa heeft wel altijd een echte piramidevorm, ook als de bijbehorende piramide van aantallen een afwijkende vorm heeft. Een deel van de biomassa (chemische energie) wordt doorgegeven aan het volgende trofische niveau. Op deze manier ontstaat een **energiestroom** door het ecosysteem. Afbeelding 41 is een weergave van deze energiestroom.

Alle energie die in een ecosysteem door producenten wordt vastgelegd in biomassa, noemen we de **productie** van het ecosysteem. Pijl 1 in afbeelding 41 geeft weer dat een deel van deze biomassa door de producenten wordt verbruikt bij de verbranding. Weefsels van producenten kunnen afsterven en vergaan (pijl 2),

▼ Afb. 41 Energiestroom in een ecosysteem.



of worden gegeten. Als ze worden gegeten, komt de in deze weefsels vastgelegde energie terecht in de lichamen van consumenten van de eerste orde. Een deel van deze weefsels verlaat het lichaam van de consumenten onverteerd met de ontlasting (pijl 3). Een ander deel wordt verteerd. De energie in de verteerde weefsels wordt door de consumenten vrijgemaakt bij de verbranding (pijl 4), of benut bij de vorming van nieuwe weefsels.

De consumenten van de eerste orde kunnen sterven en vergaan (pijl 5), of worden gegeten door consumenten van de tweede orde. Ook bij deze dieren verlaat een deel van de opgenomen energie het lichaam via de ontlasting (pijl 6) en wordt een deel verbrand (pijl 7). Ook deze dieren kunnen sterven en vergaan (pijl 8). In de piramide van energie treedt dus in elk trofisch niveau verlies op aan biomassa. Steeds wordt slechts een deel van de biomassa doorgegeven naar het volgende niveau.

## opdracht 14

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke ecologische piramide heeft altijd een piramidevorm?
- 2 In een voedselketen bevatten de consumenten van de eerste orde meer vastgelegde energie dan de consumenten van de tweede orde. Op welke drie manieren is er tussen deze twee schakels energie uit de voedselketen verdwenen?

Een bepaalde vlierstruik heeft een biomassa van 40 kg. Van deze vlierstruik leven 100 rupsen, met een gemiddelde biomassa van 10 g. Van deze rupsen leeft 1 merel met een biomassa van 100 g.

- 3 Maak een schematische tekening van een piramide van aantallen van deze voedselketen.
- 4 Maak een schematische tekening van een piramide van biomassa van deze voedselketen.

## opdracht 15

## Beantwoord de volgende vragen.

Voor veehouderijen is het van belang dat het ecosysteem van hun weilanden een zo groot mogelijke productiviteit heeft. De productie van een weiland moet voor een zo groot mogelijk deel terecht komen in vlees en melk van koeien. In deze opdracht ga je dit aan de hand van een voorbeeld berekenen.

In een weiland wordt 21 500 kilojoule (kJ) per m<sup>2</sup> per jaar vastgelegd in nieuw gevormde plantaardige weefsels. Hiervan nemen koeien per m<sup>2</sup> per jaar 3050 kJ aan energie op. Andere planteneters (slakken, insecten, enzovoort) nemen samen per m<sup>2</sup> per jaar 3550 kJ op. De rest wordt door reducenten benut, wanneer de planten afsterven en vergaan.

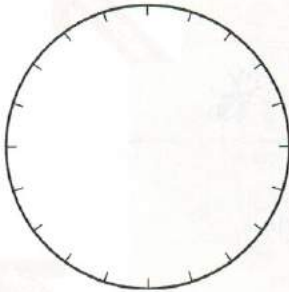
- 1 Bereken hoeveel energie per m<sup>2</sup> per jaar is vastgelegd in plantaardige weefsels die afsterven en vergaan.
- 2 Hoeveel procent van de productie van de planten komt terecht in de koeien? Hoeveel in de andere planteneters en hoeveel in de reducenten?
- 3 Neem het cirkeldiagram van afbeelding 42 over.

Geef in het diagram de volgende sectoren weer: *planten die afsterven – planten die door andere organismen worden gegeten – planten die door koeien worden gegeten.*

Van de energie die door koeien wordt opgenomen, verlaat het grootste deel de koeien weer. 62% van de opgenomen energie komt als onverteerd plantaardig materiaal terecht in de ontlasting. Bij de verbranding verbruiken koeien 33% van de opgenomen energie.

- 4 Wat gebeurt er met de overige 5% van de opgenomen energie?
- 5 Neem het sectordiagram van afbeelding 42 nogmaals over. Geef in het diagram de volgende sectoren weer: *planten die afsterven – planten die door andere organismen worden gegeten – plantaardige resten die onverteerd de koeien verlaten – plantaardig weefsel dat door koeien wordt verbrand – plantaardig weefsel dat door koeien wordt omgezet in dierlijk weefsel of in melk.*
- 6 Twee derde van de wereldbevolking lijdt honger. Sommige mensen beweren dat er geen honger hoeft te worden geleden als iedereen vegetariër zou worden. Leg dat uit.

▼ Afb. 42



## 7

## Veranderingen in ecosystemen

Ecosystemen zijn, zoals je in basisstof 1 hebt geleerd, dynamisch. Er is voortdurend sprake van veranderingen. Die veranderingen zijn soms cyclisch. De aantallen in de verschillende populaties schommelen rond een bepaalde waarde doordat factoren die invloed hebben voortdurend veranderen, zoals eb en vloed, de jaargetijden, de af- en toename in aantal voedselplanten of vijanden van het systeem. Er zijn ook veranderingen die niet cyclisch zijn. Door milieuveranderingen (het wordt bijvoorbeeld steeds droger of kouder) en door aanpassingen daaraan via natuurlijke selectie, verandert het hele ecosysteem in een bepaalde richting. Dat heb je al gezien in thema 5 Evolutie. Dit proces duurt vaak erg lang. Het kan ook sneller gaan. Een ecosysteem kan bijvoorbeeld ook zelf het omringende milieu veranderen. Het kan daardoor de omstandigheden voor de aanwezige soorten doen verslechteren, ten gunste van andere soorten. Ecosystemen volgen elkaar dan in een bepaalde volgorde op, dit heet **successie**. Ten slotte kan een ecosysteem veranderen door onvoorspelbare fluctuaties en door de onverwachte verschijning of verdwijning van populaties, maar die verandering gaat niet altijd in een voorspelbare richting. Daardoor weet men bij een natuurontwikkelingsproject waarbij de natuur 'haar gang mag gaan', niet altijd wat er na verloop van tijd zal ontstaan.

Soorten hebben ieder hun eigen tolerantiegrenzen. En doordat er op aarde heel veel verschillende gebiedjes met specifieke biotische en abiotische factoren zijn, vind je op verschillende plaatsen verschillende soorten. Hoe meer soorten in een gebiedje voorkomen, hoe groter de **biodiversiteit**. Je kunt er echter niet van uitgaan dat iedere soort die in dat gebiedje zou kunnen leven op grond van de tolerantiegrenzen, daar ook echt voorkomt. Denk aan een ver uit de kust gelegen eiland met voor een bepaalde soort gunstige omstandigheden. Dieren of planten van die soort moeten dan wel in staat zijn dat eiland te bereiken, dus kunnen vliegen, zwemmen, op een boomstam op zee dobberen of zaden hebben die goed tegen zeewater kunnen. En als ze daar komen en ze zijn bijvoorbeeld roofdier, dan moet er wel voedsel voor hen zijn en geen concurrent die al goed is aangepast. Heel veel planten of dieren worden met dit soort problemen geconfronteerd. Zij komen, bij voorbeeld via schepen, vanuit verre gebieden naar Nederland. Een aantal van deze **exoten** valt meteen af, doordat hun tolerantiegrenzen worden overschreden. Anderen kunnen de concurrentie met al aanwezige soorten niet aan. Slechts een klein deel verovert een plekje, deze exoten kunnen dan vaak al aanwezige inheemse soorten verdringen.

## opdracht 16

Zoek op internet naar planten- of diersoorten die tot de exoten worden gerekend. Maak een lijst van vijf exoten (planten of dieren) die zich in zee, zoet water of op het land in Nederland hebben gevestigd en geef aan of dat problemen heeft opgeleverd voor al aanwezige soorten.

► Afb. 43 Successie.



1 de eerste begroeiing met weinig verschillende soorten



2 hetzelfde terrein een paar jaar later

### SUCCESSIE

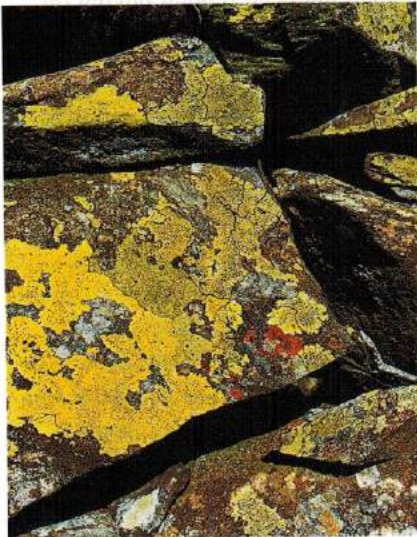
Als een grote hoop zand enige tijd blijft liggen (bijvoorbeeld bij de aanleg van een weg), zullen er na verloop van tijd planten op groeien. Onder de eerste planten tref je maar weinig verschillende soorten aan. Een paar jaar later is er een dichtere begroeiing met meer soorten (zie afbeelding 43).

Een gebied waar lange tijd geen planten hebben geleefd, raakt maar langzaam begroeid. Op een kaal rotsblok bijvoorbeeld zijn de omstandigheden voor organismen zeer ongunstig. Overdag in de volle zon kan het er wel vijftig graden Celsius warmer zijn dan 's nachts. Bovendien kunnen planten zich niet vastzetten op een kaal rotsblok. Door wind, regen en vorst begint de **verwerking** van het rotsblok. Vooral in de kieren en scheurtjes ontstaat gruis. Met de wind worden fijne bodemdeeltjes aangevoerd die vermengd raken met het gruis. Deze ondergrond is voor korstmossen voldoende om te kunnen groeien (zie afbeelding 44.1). Al snel zullen de eerste diertjes zich tussen de korstmossen vestigen. Er is een **pionier-ecosysteem** op het rotsblok ontstaan. Dat is een ecosysteem met soorten die als eerste op een nog niet bewoond gebied kunnen leven.

De korstmossen scheiden soms zuren af die de ondergrond aantasten. Er komen dan mineralen vrij. Door de organische stoffen uit dode korstmossen ontstaat op de ondergrond een klein beetje humus. Er treedt nu bodemvorming op. Op een bodem die mineralen en humus bevat, kunnen mossen en sommige soorten kruidachtige planten, zoals grassen, zich vestigen. Deze planten zullen de korstmossen langzaam verdringen (zie afbeelding 44.2). Als gevolg hiervan zullen ook andere diersoorten zich op de bodem vestigen. De wortels van planten versnellen de verwerking van het rotsblok. Door dode resten van planten ontstaat er meer humus. Bovendien worden de abiotische factoren gematigder: overdag wordt het in de schaduw van de planten minder heet, 's nachts houden de planten warmte vast. Hierdoor wordt het terrein geschikt voor steeds meer soorten planten en dieren. De soortensamenstelling verandert, zodat het ecosysteem geleidelijk in een ander systeem overgaat. We noemen dit successie. Gedurende de successie is de opbouw van weefsels in een ecosysteem groter dan de afbraak van weefsels. Het gevolg is dat de biomassa toeneemt.

De successie kan uitmonden in een eindstadium, waarbij de abiotische factoren en de soortensamenstelling min of meer constant zijn. De netto primaire productie is dan ongeveer even groot als de afbraak van weefsels, waardoor de biomassa nagenoeg gelijk blijft. De kringloop van stoffen is gesloten: er vindt weinig uitwisseling plaats met de omgeving van het ecosysteem. Voorbeelden van zulke **climaxecosystemen** zijn tropische regenwouden, koraalriffen en (in Nederland) loofbossen.

▼ Afb. 44 Successie op rotsen.

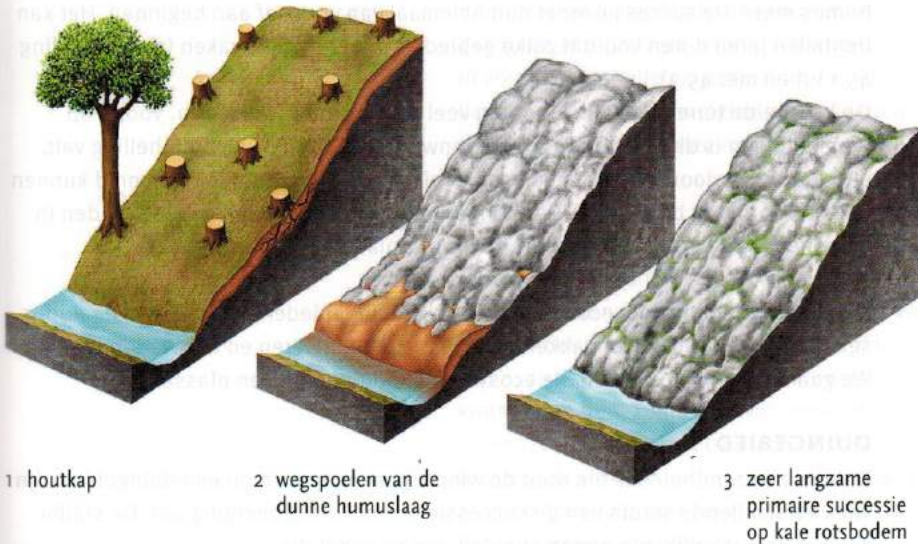


1 het pionierecosysteem met korstmossen



2 mossen en grassen verdringen de korstmossen

## ▼ Afb. 45 Erosie.



4 overstroming in Bangladesh

Als een stuk bos is gekapt, blijft een kale plek achter waar de abiotische factoren ongunstig zijn voor de organismen. De temperatuur schommelt sterk, er ontstaat geen humus meer, de kale bodem kan gemakkelijk uitdrogen en bodemdeeltjes kunnen wegwaaien. Ondanks deze slechte omstandigheden raakt de kale plek meestal weer snel begroeid. Dat komt doordat de successie niet helemaal van voren af aan hoeft te beginnen. De bodem bevat al humus, vooral in de bovenste laag. Soorten uit de omgeving kunnen zich er snel en gemakkelijk vestigen. De kringloop van stoffen is open. Er

kan gemakkelijk bodemmateriaal worden afgevoerd, maar er kunnen ook gemakkelijk populaties immigreren. Op een kaal stuk bosgrond verschijnen **eenjarige planten** het eerst. Dit pionierecosysteem is slechts korte tijd aanwezig. De eenjarige planten worden verdrongen door **tweejarige** en **overblijvende planten**. Daarna verloopt de successie naar het climaxecosysteem in een snel tempo.

Tijdens de successie neemt in het algemeen de diversiteit aan soorten (biodiversiteit) in een ecosysteem toe. De vegetatie begint **gelaagdheid** te vertonen. Laag bij de bodem groeien onder andere mossen en kruidachtige zaadplanten, daarboven struiken en bomen. In het climaxecosysteem bereikt de biodiversiteit zijn maximale waarde. Deze is onder andere afhankelijk van het klimaat. Hoe meer water en zonlicht er beschikbaar zijn, des te groter de diversiteit aan soorten in een bepaald gebied kan worden. In tropische regenwouden bijvoorbeeld komen veel meer soorten voor dan in woestijnen en toendra's.

De diversiteit aan soorten wordt versterkt als er in een ecosysteem veel predatoren leven (zie basisstof 4). Ook hevige voedselcompetitie kan een grote diversiteit veroorzaken. Als op een eiland bijvoorbeeld slechts één soort insecteneter leeft, zal deze soort zich voeden met insecten van allerlei formaat. Leven er op een ander eiland vier soorten insecteneters, dan zullen deze zich richten op insecten van verschillende afmetingen. Hierdoor neemt de concurrentie tussen de soorten af.

Climaxecosystemen kunnen kwetsbaar zijn voor veranderingen van buitenaf. Tropische regenwouden bijvoorbeeld zijn zeer kwetsbaar, doordat de bodem slechts weinig humus bevat. De diversiteit aan afvaleters en reducers is er groot, waardoor de afbraak van dode planten en dierenresten snel verloopt. De vrijkomende mineralen worden vrijwel direct door de planten opgenomen. De mineralen bevinden zich slechts korte tijd in de bodem.

Als in een tropisch regenwoud bomen worden gekapt en afgevoerd, komt de bodem bloot te staan aan regen en wind. Er kan dan **erosie** optreden. Daarbij spoelt of waait de bovenste laag van de bodem, met de kleine hoeveelheid humus, gemakkelijk weg.

In gebieden waar erosie heeft plaatsgevonden, bevat de ondergrond vrijwel geen humus meer. De successie moet dan helemaal van voren af aan beginnen. Het kan tientallen jaren duren voordat zulke gebieden weer begroeid raken (zie afbeelding 45.1 tot en met 45.3).

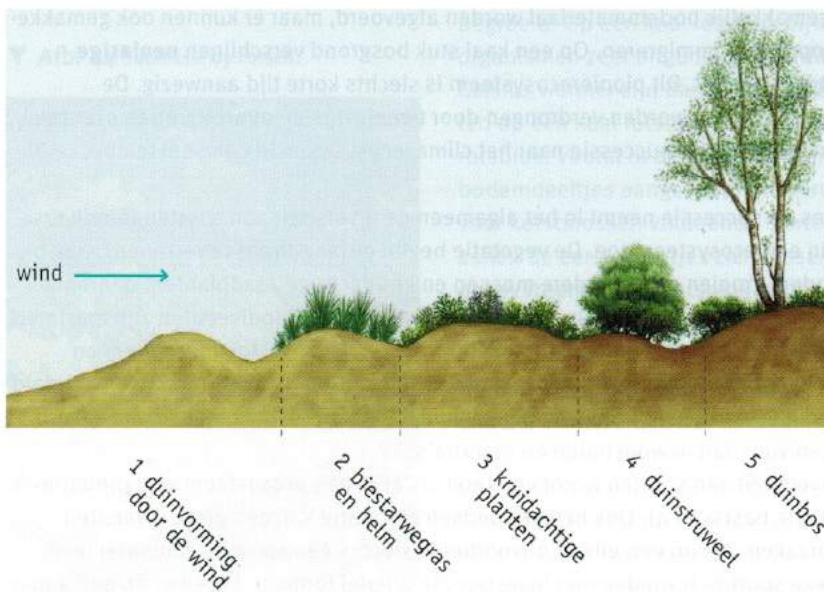
Op begroeide terreinen kan de bodem veel regenwater vasthouden. Vooral op berghellingen is dit van belang. Het regenwater dat op een kale berghelling valt, stroomt direct door naar lager gelegen gebieden die daardoor overstromd kunnen raken. Doordat er bossen op de hellingen van de Himalaya zijn gekapt, vinden in Bangladesh vaak rampzalige overstromingen plaats (zie afbeelding 45.4).

Er zijn in Nederland veel ecosystemen, zoals duingebieden, loofbossen, naaldbossen, heidevelden, plassen, akkers, weiden, sloten, rivieren en het Waddengebied. We gaan kort in op twee van die ecosystemen: duingebied en plassen.

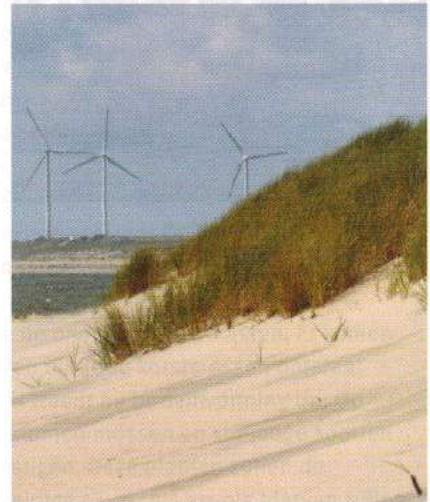
### DUINGEBIED

**Duinen** zijn zandheuvels die door de wind zijn aangewaaid. In een duingebied zijn vaak verschillende stadia van de successie te zien (zie afbeelding 46). De stadia zijn het gemakkelijkst te onderscheiden aan de vegetatie.

▼ Afb. 46 Successie in een duingebied (schematisch).



▼ Afb. 47 Helm.



De eerste planten kunnen alleen overleven als ze bestand zijn tegen barre omstandigheden. Als ze worden ondergestoven, moeten ze weer boven het zand uit groeien. Als ze worden blootgewaaid en losgerukt, moeten ze zich opnieuw vastzetten. Ook moeten ze genoeg hebben aan een zeer laag gehalte aan humus in de bodem. Slechts weinig planten zijn bestand tegen deze moeilijke omstandigheden. Op een pas gevormd duin verschijnt het eerst **biestarwegras**, gevolgd door **helm** (afbeelding 47). Doordat deze planten zich hebben gevestigd, stuift het zand minder vaak weg en komt er langzaam meer humus in de bodem. Biestarwegras en helm worden verdrongen door andere soorten **kruidachtige planten**.

Dit stadium duurt enige tijd. Soms wordt in dit stadium de successie verstoord, bijvoorbeeld wanneer konijnen holen graven of wanneer door een storm een dikke laag zand over de planten waait. Dan begint de successie weer van voren af aan met het pionierecosysteem. Na verloop van tijd beginnen er struiken te groeien, vooral duindoornstruiken (het **duinstruweel**). Ten slotte vestigt zich een **duinbos** met onder andere berken, wilgen en vlierstruiken.



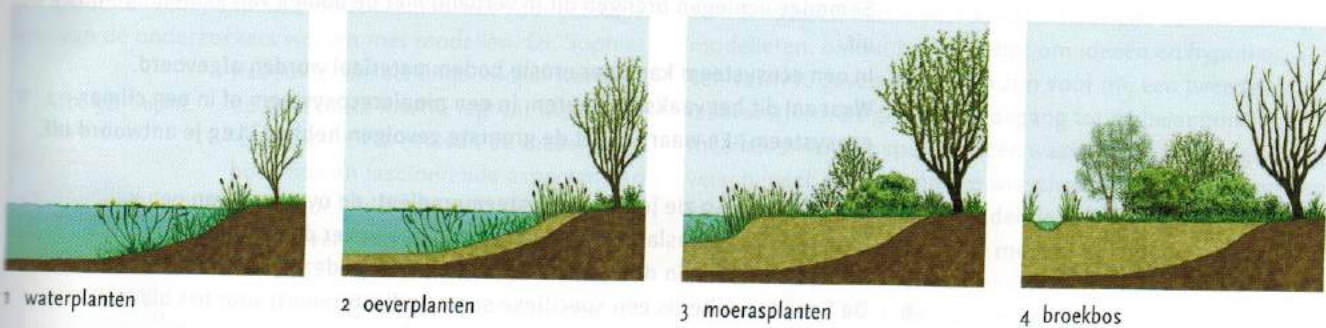
Onze duinen kenmerken zich door de aanwezigheid van veel reliëf, een zandige bodem en een sterk door de zee beïnvloed klimaat. Je kunt de duinen een **gradiënt-ecosysteem** noemen. Van de kust naar het binnenland is er een gradiënt in zout, kalkgehalte en ouderdom van de bodem. Door deze gradiënt is een karakteristieke opeenvolging van gebieden ontstaan: strand, zeereep, openduinvallen, struweelduinen en binnenduinvallen.

### PLASSEN

Als de mens niet ingrijpt, vindt er in plassen langzaam **verlanding** plaats (zie afbeelding 48). Bij deze successie kunnen we vier stadia in de plantengroei onderscheiden. In een plas aan het begin van de successie groeien **waterplanten** onder moeilijke omstandigheden. De planten moeten drijvend kunnen blijven leven, zoals kroos, of met lange stengels vanaf de bodem naar de oppervlakte kunnen groeien, zoals een waterlelie. Wanneer dode plantenresten naar de bodem zinken, vormt zich daar een laag **modder of slib**. Hierdoor wordt de bodem van de plas opgehoogd. Vanaf de kant kunnen **oeverplanten** (bijvoorbeeld riet) de plas in groeien. Zo wordt de plas kleiner.

De oeverplanten zorgen ervoor dat de bodem aan de rand van de plas verder wordt opgehoogd. Hierdoor kunnen **moerasplanten** zich er vestigen. Ten slotte zal de bodem zover zijn opgehoogd dat er een **broekbos** kan groeien met onder andere wilgen en elzen.

▼ Afb. 48 De verlanding van een plas.



1 waterplanten

2 oeverplanten

3 moerasplanten

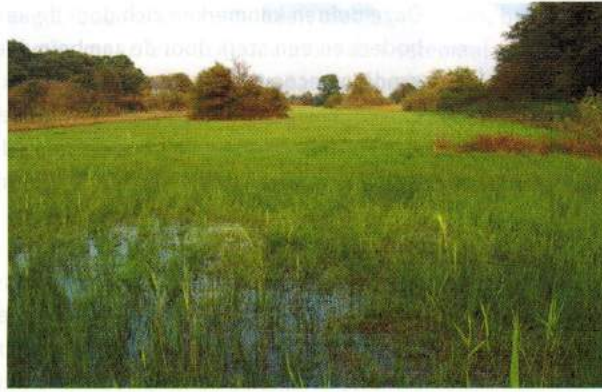
4 broekbos

### opdracht 17

#### Maak een schema met twee kolommen: Pionierecosysteem en Climaxecosysteem.

Noteer in de juiste kolom: *gematigde abiotische factoren* – *sterk wisselende abiotische factoren* – *humusarme bodem* – *humusrijke bodem* – *de levensgemeenschap heeft een grote diversiteit aan soorten* – *de levensgemeenschap heeft een kleine diversiteit aan soorten* – *het voedselweb is eenvoudig* – *het voedselweb is ingewikkeld* – *de biomassa is groot* – *de biomassa is gering* – *de productie is groter dan de afbraak* – *de productie is gelijk aan de afbraak* – *de kringlopen zijn open* – *de kringlopen zijn gesloten* – *de vegetatie vertoont meerdere lagen* – *de vegetatie is nauwelijks gelaagd.*

► Afb. 49



1 ecosysteemgradiënt



2 Spaanse ruiters

## opdracht 18

**Beantwoord de volgende vragen.**

- Planten kunnen vrijwel niet groeien op een kaal rotsblok, doordat twee abiotische factoren zeer ongunstig zijn. Welke twee abiotische factoren zijn dat?
- Waardoor kan op een onbegroeide hoop zand niet meteen een climaxecosysteem ontstaan?
- Soms vinden in de Franse of Italiaanse Alpen grote overstromingen plaats. Sommige ecologen brengen dit in verband met de aanleg van skihellingen. Leg dat uit.
- In een ecosysteem kan door erosie bodemmateriaal worden afgevoerd. Waar zal dit het vaakst gebeuren: in een pionierecosysteem of in een climaxecosysteem? En waar zal het de grootste gevolgen hebben? Leg je antwoord uit.

In afbeelding 49 zie je een ecosysteemgradiënt: de overgang van een kalkmoeras naar een blauwgrasland. De vragen 5 en 6 gaan over deze afbeelding.

- Noem verschillen in drie abiotische factoren langs deze gradiënt.
- De Spaanse ruiters is een specifieke soort (indicatorsoort) voor het blauwgrasland. Dat is een voedselarm en vochtig soort grasland. Leg uit dat de Spaanse ruiters niet voorkomt in voedselrijke en droge gebieden.

## opdracht 19

**PRACTICUM****STROOISELLAAG VAN EEN LOOFBOS EN EEN NAALDBOS**

<b>Inleiding</b>	In dit practicum ga je de dieren uit de strooisellagen van loofbos en van naaldbos met elkaar vergelijken. De monsters van de strooisellagen kun je het beste verzamelen op een warme middag.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– een (jam)potje met een monster van de strooisellaag van een loofbos</li> <li>– een (jam)potje met een monster van de strooisellaag van een naaldbos</li> <li>– een groot vel papier of een grote platte bak</li> <li>– een kwastje</li> <li>– een loep</li> <li>– naslagwerken (bijvoorbeeld een gids voor kleine ongewervelde dieren)</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leeg een van beide potjes op het papier of in de bak. Zoek de dieren, door het strooisel voorzichtig met het kwastje van de ene kant naar de andere kant te schuiven.</li> <li>– Stop de gevonden dieren in het potje. Ruim het strooisel op.</li> <li>– Doe hetzelfde met het andere potje.</li> <li>– Probeer met behulp van naslagwerken de gevonden diersoorten te determineren.</li> </ul>
<b>Resultaten</b>	– Geef de resultaten overzichtelijk weer.

## 8

## Modelleren van de natuur

In basisstof 1 heb je gezien dat processen in een ecosysteem vaak erg complex zijn: er zijn veel factoren die invloed op elkaar hebben. Om die processen te doorgronden, is heel veel onderzoek nodig. Dat kost tijd en is kostbaar. Een alternatief is **modelleren**, modellen maken en uitproberen. Een model is een vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid. Omdat het bij een ecosysteem gaat om een dynamisch systeem is een computermodel erg handig. Een dynamisch systeem verandert in de loop van de tijd, en een computermodel kan complexe processen heel snel doorrekenen. In de ecologie wordt veel met modellen gewerkt (zie de context 'Concentreren op de hoofdzaken'). Modelleren is als het ware een virtueel experiment doen op de computer. Dat levert resultaten op die antwoord geven op een probleemstelling die met een echt experiment niet of heel moeilijk is te beantwoorden.

## CONCENTREREN OP DE HOOFDZAKEN

Het NIOO-KNAW (Nederlands Instituut voor Ecologie) is het grootste Nederlandse onderzoeksinstituut voor ecologie. Veel van de onderzoekers werken met modellen. Dr. Sophie Rabouille, die als onderzoeker werkte op het NIOO-KNAW, legt uit waarom.

▼ Afb. 50 Sophie Rabouille.



'Complexiteit is een van de meest boeiende en fascinerende aspecten van de natuur. Maar om bepaalde waargenomen verschijnselen te begrijpen, moeten we een vereenvoudiging maken van die complexiteit en ons concentreren op de hoofdzaken. Vanaf mijn eerste contact met modelleren leerde ik dat complex gedrag tevoorschijn

kan komen uit een combinatie van zeer eenvoudige processen. Sindsdien heb ik veel aandacht besteed aan wiskundig modelleren, omdat het mij helpt om ideeën en hypothesen vorm te geven. Modellen zijn voor mij een tweede laboratorium. Ze geven mij toegang tot de belangrijkste mechanismen die spelen in een waargenomen biologisch verschijnsel. En deze nauwe wisselwerking tussen theorie en experiment is ook een opwindende manier om hypothesen te testen en te valideren.' De modellenmethode wordt niet alleen toegepast in de natuurbescherming, maar ook in de verkeerskunde en in de sociologie. Hoe reageert een groep voetgangers of winkelend publiek op (plotselinge) dreiging, zoals bij een terroristische aanslag? Economen kunnen er ook van profiteren.

## opdracht 20

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat bedoelt Sophie Rabouille met 'modelleren helpt mij om mijn ideeën en hypothesen vorm te geven'?
- 2 Welke twee voordelen heeft modelleren in vergelijking met het doen van experimenten?

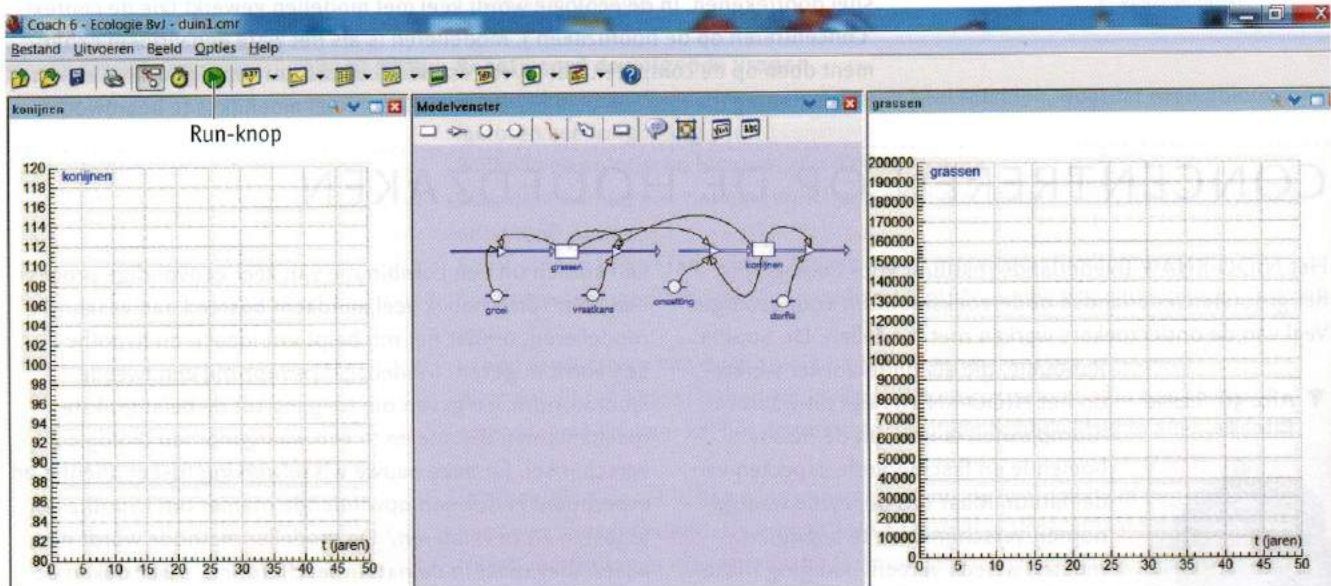
René Westra van de Universiteit Utrecht werkte in zijn promotieonderzoek met computermodellen. Hij wilde weten of het mogelijk was om de dynamiek van ecosystemen in het middelbaar onderwijs te verduidelijken met computermodellen. In afbeelding 51 zie je een van zijn modellen met konijnen en hun voedsel: sappige grassen en kruiden.

In dit model gaat het om twee 'voorraadgrootheden': grassen en konijnen. Voorraadgrootheden zijn onderdelen waar iets bij komt en/of iets af gaat. Zij worden met rechthoeken aangegeven. Je ziet dat er bij beide inderdaad iets bij komt. De toename aan grassen is in het model aangegeven met de linker

instroompijl. Deze toename is het gevolg van vorming van nieuwe grassen door de constante groei (aangegeven met een cirkel) en de hoeveelheid grassen. Een constante is een factor die niet door iets anders in het model wordt beïnvloed. De toename aan konijnen is aangegeven met de rechter instroompijl. Deze toename is het gevolg van productie van nieuwe konijntjes door de omzetting van grassen in konijnen en de aanwezigheid van volwassen konijnen.

Bij beide gaat er ook iets af. De afname aan grassen is aangegeven door de linker uitstroompijl en stelt het opgegeten gras voor. Deze afname wordt beïnvloed door de constante vraatkans en de ontmoeting tussen grassen en konijnen. De afname aan konijnen is aangegeven door de rechter uitstroompijl en stelt de sterfte van konijnen voor. De sterfte van konijnen wordt beïnvloed door de aanwezige konijnen en hun kans op sterfte.

▼ **Afb. 51** Een Coach-model met konijnen en grassen.



### opdracht 21

## PRACTICUM

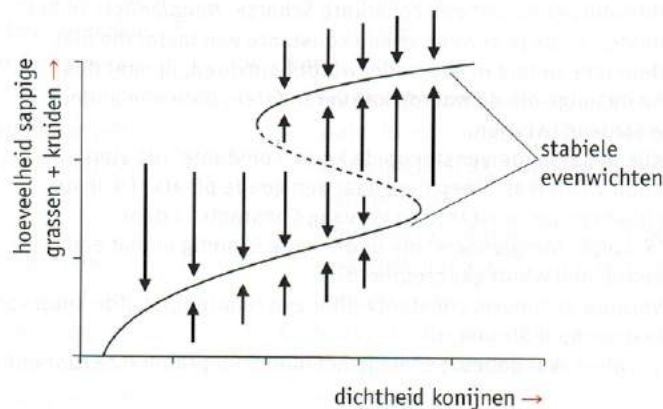
### WERKEN MET EEN COACH-MODEL (1)

<b>Inleiding</b>	In het eerste deel van dit practicum ga je werken met het computerprogramma Coach en het model duin1. Dit model ga je onderzoeken. Je bekijkt de formules in het model en brengt wijzigingen in het model aan. Hiervoor moet je vragen beantwoorden.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– computer met het programma Coach 6 (of hoger)</li> <li>– het bestand duin1.cmr (te vinden op het ePack)</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ga naar het modelleergedeelte van Coach en open het model duin1.cmr.</li> <li>– Beantwoord de volgende vragen.               <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Onderzoek het model. Dubbelklik daartoe op de vier stroompijlen. Leg de formules uit die je te zien krijgt.</li> <li>2 Bepaal met welke dichtheid 'grassen' en 'konijnen' je begint, door op beide voorraadgrootheden te dubbelklikken.</li> <li>3 Laat het model nu over een periode van honderd jaar doorrekenen, door op de Run-knop (zie afbeelding 51) te klikken. Verklaar het resultaat van de computerberekeningen.</li> <li>4 Onderzoek wat er gebeurt als je in het model het begin aantal konijnen vermindert. Formuleer eerst een hypothese en laat dan het model rekenen met het nieuwe aantal konijnen.</li> <li>5 Onderzoek ook wat er gebeurt als je de hoeveelheid grassen 5, 10 of <math>100 \times 20</math> groot maakt. Vergeet niet het aantal konijnen terug te zetten!</li> </ol> </li> </ul> <p>Formuleer eerst een hypothese die aansluit op je probleemstelling. Laat dan het model doorrekenen. Verklaar de resultaten.</p>

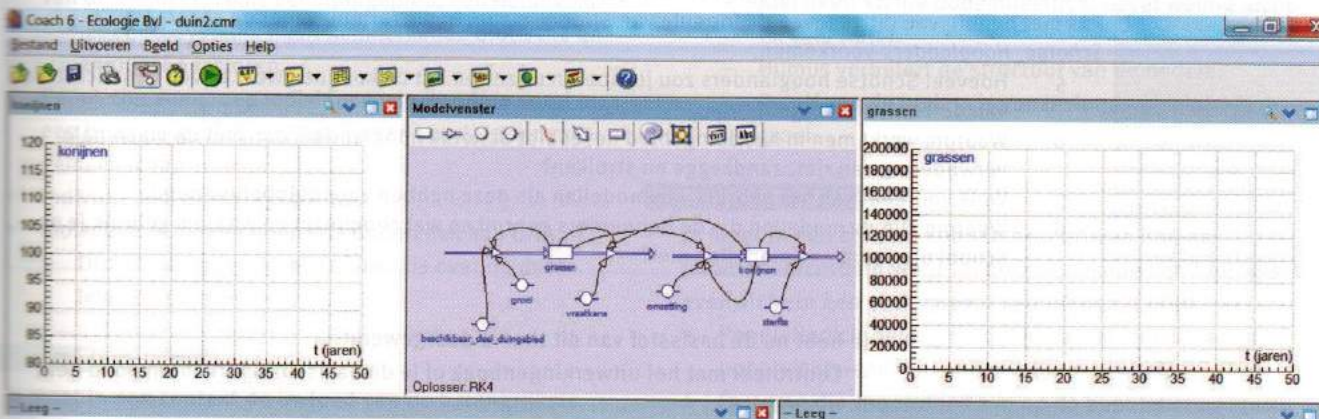
## Samenvatting

Westra had in het duingebied rond Castricum waargenomen dat het aantal konijnen in de loop van de jaren flink was afgenomen. Konijnen hebben vanaf 1953 flink te lijden gehad onder ziekten. Eerst hadden ze te maken met een myxomatose-epidemie en later, in de jaren negentig van de vorige eeuw, met een VHS-epidemie. Daarbij treden onder invloed van een virus vaak dodelijke inwendige bloedingen op. Je zou verwachten dat een konijnenpopulatie die door een epidemie sterk is afgenomen, na verloop van tijd wel weer op het oude niveau terugkeert. Maar dat gebeurde na de laatste epidemie niet. Het probleem bleek te zitten in de voedselplanten van konijnen. Daarbij is onderscheid te maken tussen sappige grassen en kruiden aan de ene kant, en planten als duinriet, zandzegge en struiken aan de andere. Konijnen eten planten van de tweede categorie wel als die nog jong en sappig zijn, maar als de planten ouder worden zijn ze voor een konijn vanwege hun vezels en hout onverteerbaar. In de tijd dat er weinig konijnen waren, hadden duinriet, zandzegge en struiken veel van de grassen en kruiden weggeconcentreerd. Dit deed Westra denken aan de ideeën van Marten Scheffer, waarbij er twee evenwichten zijn, met daartussen een kantelpunt (zie basisstof 1). Blijkbaar was er ook hier sprake geweest van zo'n kantelpunt. Bij een lage dichtheid aan konijnen zijn er weinig grassen en kruiden (en veel duinriet, zegge en struiken), bij een hoge dichtheid aan konijnen zijn er juist veel grassen en kruiden. Beide situaties zijn stabiel (zie afbeelding 52). Westra bouwde zijn model uit, zodat het eruitzag als in afbeelding 53.

► **Afb. 52** De hoeveelheid sappige grassen en kruiden als functie van de dichtheid aan konijnen in het duin.



▼ **Afb. 53** Een aangepast model.



### opdracht 22

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Leg uit dat je het konijn een 'ecosystem engineer' (zie basisstof 1) kunt noemen.
- 2 Leg uit waardoor het systeem met weinig sappige grassen en kruiden stabiel is en dus niet gemakkelijk kantelt, ook al zijn er veel konijnen.

## opdracht 23

## PRACTICUM

## WERKEN MET EEN COACH-MODEL (2)

**Inleiding** In dit practicum ga je met het model duin2 werken. Je gaat in het model veranderingen aanbrengen en vragen over het model beantwoorden.

**Materiaal**

- computer met het programma Coach 6 (of hoger)
- het bestand duin2.cmr (te vinden op het ePack)

**Methode**

- Ga naar het modelleergedeelte van Coach en open het model duin2.cmr.
- Beantwoord de volgende vragen.
  - 1 Bekijk de formule bij *Stroom\_1*.  
Welke invloed heeft de nieuw ingevoerde constante *beschikbaar\_deel\_duingebied*?
  - 2 Onderzoek wat er gebeurt als je deze constante een factor 100, 1000 of 10 000 kleiner maakt, waarmee je dus nabootst dat er minder ruimte is voor sappige grassen en kruiden. Verklaar de resultaten.

In het duingebied rond Castricum zijn Schotse hooglanders ingezet om het riet, de zandzegge en de struiken weg te eten (zie afbeelding 54). Hierdoor krijgen de konijnen weer de kans in aantal toe te nemen.

- 3 Hoe heet de relatie tussen Schotse hooglanders en konijnen?

Introduceer nu zelf een constante *Schotse\_Hooglanders* in het model. Zoals je al weet, is een constante een factor die niet door iets anders in het model wordt beïnvloed. Jij bent dus nu de enige die de waarde kan veranderen, door een andere waarde in te typen.

Klik in het modelvenster op de knop 'constante' (de vierde knop van links). Sleep hem naar een goede plaats. Tik in de cirkel van de constante en vervang *Constante\_1* door '*Schotse\_Hooglanders*' (de underscore is nodig omdat een spatie niet wordt geaccepteerd).

Verbind de nieuwe constante door een relatiepijl (vijfde knop van links in het modelvenster) met de instroompijl *Stroom\_1*.

- 4 Wat gebeurt er als je het model nu probeert te runnen? Verklaar je waarneming.

Ga ervan uit dat elke Schotse hooglander een gebied van 5300 m<sup>2</sup> kan vrijmaken van ruige vegetatie. Pas met behulp van dit gegeven de formule van *Stroom\_1* aan. In die formule moet de constante *Schotse\_Hooglanders* voorkomen.

- 5 Hoeveel Schotse hooglanders zou je moeten uitzetten om de konijnen weer boven een dichtheid van 90 per ha te krijgen?
- 6 Waarom werkt men in het duingebied liever met Schotse hooglanders dan met de machinale verwijdering van riet, zandzegge en struiken?
- 7 Welk voordeel kan het gebruik van modellen als deze hebben voor duinbeheerders?
- 8 Waarom zijn de modellen die de beheerders gebruiken wat complexer en waarom gebruik je op school die complexe modellen niet?

▼ Afb. 54 Schotse hooglanders.



Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het uitwerkingenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

# Samenvatting

## DOELSTELLING 1

Je moet in een context de invloeden op organismen kunnen indelen in biotische en abiotische factoren. Ook moet je de ontwikkeling van een ecosysteem als dynamisch proces kunnen beschrijven.

- Biotische factoren: invloeden afkomstig van de levende natuur.
  - Bijv. soortgenoten, predatoren, prooidieren, ziekteverwekkers.
- Abiotische factoren: invloeden afkomstig van de levenloze natuur.
  - Bijv. klimaat (temperatuur, licht, wind en neerslag), bodemgesteldheid, zuurstofgehalte, zoutgehalte, stroming.
- Drie mogelijke ontwikkelingen in een ecosysteem:
  - één evenwicht: schommeling van aantallen van de verschillende populaties rond een bepaalde waarde;
  - twee evenwichten: heen en weer gaan tussen twee min of meer stabiele situaties, met twee verschillende kantelpunten van de een naar de ander en terug;
  - chaos: een ongeordend en onvoorspelbaar verloop van de aantallen in de verschillende populaties.

## DOELSTELLING 2

Je moet in een context de organisatieniveaus in de ecologie kunnen toepassen.

- Biosfeer: het gedeelte van de aarde en de atmosfeer (dampkring) dat door organismen wordt bewoond.
- Ecosysteem: een min of meer natuurlijk begrensd deel van de biosfeer, zoals een duingebied, een heideveld.
  - Ieder ecosysteem heeft kenmerkende biotische en abiotische factoren.
- Populatie: een groep individuen van dezelfde soort in een bepaald gebied, die samen een voortplantingsgemeenschap vormen.
- Individu: één enkel organisme.
- Molecuul: ecologen doen ook onderzoek aan DNA.
  - DNA in de bodem geeft informatie over de daar levende organismen.

## DOELSTELLING 3

Je moet in een context de invloed van de belangrijkste abiotische factoren op organismen kunnen beschrijven.

- Tolerantie: het vermogen van organismen om schommelingen in een abiotische factor te verdragen.
- Verspreidingsgebied (areaal): het gebied op aarde waar individuen van een bepaalde soort voorkomen.

- Soorten met een grote tolerantie hebben een groot verspreidingsgebied.
- Een optimumkromme voor een abiotische factor geeft weer:
  - de tolerantiegrenzen (het minimum en het maximum);
  - het tolerantiegebied (het traject tussen minimum en maximum);
  - het optimum (de meest gunstige waarde).
- Temperatuur.
  - De enzymactiviteit is afhankelijk van de temperatuur.
- Licht.
  - Zonplanten groeien het best bij een hoge lichtintensiteit; schaduwplanten het best bij een lage lichtintensiteit.
  - De daglengte heeft bij veel organismen invloed op het tijdstip van voortplanting.
- Lucht.
  - Bij planten kan de wind voor de bestuiving en/of de verspreiding van zaden zorgen.
  - De wind bevordert de verdamping van water uit de bladeren.
- Water.
  - Planten hebben aanpassingen aan de hoeveelheid water in hun omgeving (bijv. de grootte van het wortelstelsel, de dikte van de bladeren en het aantal huidmondjes).
  - Dieren in een droog milieu hebben een huid die ondoordringbaar is voor water, en een geconcentreerde urine.
- Bodemgesteldheid.
  - Zand heeft grote bodemdeeltjes, bevat veel lucht en weinig water.
  - Klei heeft kleine bodemdeeltjes, bevat weinig lucht en veel water.
  - Humus verbetert de structuur van de bodem.
  - De pH van de bodem is van invloed op de plantengroei.

## DOELSTELLING 4

Je moet in een context kunnen beschrijven hoe de populatiedichtheid wordt beïnvloed en hoe een biologisch evenwicht in een ecosysteem gehandhaafd blijft.

- Populatiedichtheid: gemiddeld aantal individuen per oppervlakte-eenheid of per volume-eenheid.
- Factoren die van invloed zijn op de populatiedichtheid:
  - dichtheidsafhankelijke factoren, bijv. predatie, parasitisme, ziekte, voedselconcurrentie;
  - dichtheidsonafhankelijke factoren, bijv. klimaat, invloeden van de mens.
- Biologisch evenwicht: een toestand waarin de

populatie-dichtheid van elke soort in een ecosysteem schommelt om een bepaalde waarde.

- Factoren die van invloed zijn op de populatie-dichtheid:
  - geboortecijfer, sterftcijfer, immigratie, emigratie.
- Als een soort zich nieuw in een ecosysteem vestigt, kan populatie-groei plaatsvinden.
  - In de beginfase vindt exponentiële groei plaats.
  - Als de hulpbronnen beperkt zijn of er zijn natuurlijke vijanden, stelt zich een biologisch evenwicht in (S-vormige groeicurve).
  - Als de hulpbronnen onbeperkt zijn en natuurlijke vijanden ontbreken, gaat de exponentiële groei na de beginfase door (J-vormige groeicurve). Dit kan leiden tot een plaag.
- Draagkracht: de maximale populatie-grootte die over langere tijd in een ecosysteem kan worden gehandhaafd.

#### DOELSTELLING 5

Je moet in een context de voedselrelaties en informatienetwerken in een ecosysteem kunnen beschrijven.

- Voedselketen: een reeks soorten, waarbij elke soort voedselbron is voor de volgende soort.
  - Trofisch niveau: plaats in de voedselketen.
  - Het eerste trofische niveau bestaat uit autotrofe organismen.
- Voedselweb (voedselnet): het geheel van voedselrelaties in een levensgemeenschap.
  - Producenten leveren de organische stoffen waar het hele ecosysteem van leeft.
  - Consumenten van de eerste orde worden gegeten door consumenten van de tweede orde, die worden weer gegeten door consumenten van de derde orde, enz.
  - Tot de consumenten behoren o.a. planteneters, vleeseters, alleseters en afvaleters (eten dode resten van planten en dieren).
  - Reducenten breken organische stoffen af waardoor nieuwe anorganische stoffen beschikbaar komen voor de producenten.
- Informatienetwerk: communicatie via stoffen (infochemicaliën) tussen individuen van verschillende populaties in een ecosysteem.

#### DOELSTELLING 6

Je moet in een ecosysteem vormen van competitie en van coöperatie kunnen onderscheiden.

- Competitie binnen een populatie.
  - Competitie om het beschikbare voedsel: te sterke competitie wordt vaak tegengegaan door een territorium te vormen.

– Competitie om de voortplanting (bijv. bij kuddedieren met één mannetje als leider).

- Coöperatie binnen een populatie.
  - Coöperatie bij het verkrijgen van voedsel: individuen kunnen samenwerken. Coöperatie biedt ook vaak bescherming tegen predatoren.
  - Coöperatie bij de voortplanting: bij de balts en de paring.
- Competitie tussen populaties.
  - Competitie om het beschikbare voedsel: te sterke competitie wordt tegengegaan door specialisatie. Een gevolg van specialisatie kan facilitatie zijn, waarbij de ene specialist de kansen van de andere verbetert.
  - Competitie om de voortplanting (bijv. bij zaden die ontkiemen).
  - Competitie tussen populaties kan sterk worden beïnvloed door een derde populatie, bijv. een predator.
- Coöperatie tussen populaties.
  - Coöperatie bij het verkrijgen van voedsel: vooral bij mutualisme.
  - Coöperatie bij de voortplanting (bijv. bij bittervoorn en zoetwatermossel).
- Symbiose: langdurige samenleving van individuen van verschillende soort.
  - Mutualisme: de individuen van beide soorten hebben voordeel (bijv. korstmossen).
  - Commensalisme: de individuen van de ene soort hebben voordeel en de individuen van de andere soort geen voordeel en geen nadeel (bijv. zeepokken op een mossel).
  - Parasitisme: een parasiet leeft op of in een individu van een andere soort en onttrekt er voedsel aan (bijv. vlooien, luizen, spoelwormen, maretak, duivelsnaagaren).

#### DOELSTELLING 7

Je moet in een context de energiestroom door een ecosysteem kunnen beschrijven.

- De voedselrelaties in een ecosysteem kunnen worden weergegeven in ecologische piramides.
  - Piramide van aantallen: geeft van elk trofisch niveau het aantal individuen weer.
  - Piramide van biomassa: geeft van elk trofisch niveau de biomassa weer.
- De energiestroom door een ecosysteem.
  - In elke schakel van een voedselketen treedt energieverlies op door afgestorven weefsels, door onverteerd voedsel en door verbranding.
  - Je kunt met gegeven informatie over de energiestroom in een ecosysteem berekeningen uitvoeren.



**DOELSTELLING 8**

Je moet in een context de verschillende stadia van successie in een ecosysteem kunnen onderscheiden.

- Successie: verandering van de soortensamenstelling van een levensgemeenschap, waardoor deze geleidelijk overgaat in een andere.
- Pionierecosysteem: ecosysteem dat als eerste ontstaat in een onbegroeid terrein.
- Climaxecosysteem: laatste stadium in de successie.
  - Bijv. tropische regenwouden, koraalriffen en (in Nederland) loofbossen.
- Duinen zijn door de wind aangewaaide zandheuveld.
  - Door successie ontstaat uiteindelijk duinbos (climaxecosysteem).
- In een plas vindt langzaam verlanding plaats.
  - Door successie ontstaat uiteindelijk broekbos (climaxecosysteem).
- Kenmerken van een pionierecosysteem en climaxecosysteem:

Pionierecosysteem	Climaxecosysteem
sterk wisselende abiotische factoren	gematigde abiotische factoren
vaak een humusarme bodem	een humusrijke bodem
een kleine diversiteit aan soorten	een grote diversiteit aan soorten
een eenvoudig voedselweb	een ingewikkeld voedselweb
weinig gespecialiseerde nissen	sterk gespecialiseerde nissen
een geringe biomassa	een grote biomassa
de productie is groter dan de afbraak	de productie is gelijk aan de afbraak
de kringlopen zijn open	de kringlopen zijn gesloten
de vegetatie is nauwelijks gelaagd	de vegetatie bestaat uit meerdere lagen

**DOELSTELLING 9**

Je moet in een model gegeven informatie over ecosystemen kunnen gebruiken, bewerken en analyseren.

- Je weet het verschil tussen voorraadgrootheden, constanten en stroompijlen in een ecologisch model.
- Je kunt relaties in de vorm van formules in een model uitleggen.
- Je kunt aangeven wat de waarde van modellen en modelleren is voor natuurbeheer.

**COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN**

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend in het werken met modelleren en het voorspellen en valideren (toetsen aan de werkelijkheid) van de gevonden resultaten;
- geoefend in het bedenken van een opzet van een ecologisch onderzoek;
- geoefend in het weergeven en interpreteren van gegevens.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geoefend met ecologisch onderzoek;
- geoefend in het opzoeken van gegevens op internet;
- geoefend in het werken met een microscoop.

# Diagnostische toets

## DOELSTELLING 1

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Vier milieufactoren zijn:
- 1 de pH van de bodem;
  - 2 luchtvervuiling;
  - 3 predatoren;
  - 4 ziekteverwekkers.

Welke van deze factoren zijn abiotisch?

- A Alleen 1 en 2.
- B Alleen 2 en 4.
- C 1, 2 en 4.
- D 2, 3 en 4.

- 2 Welke abiotische factor is verantwoordelijk voor de zones van plantengroei van evenaar tot noordpool?

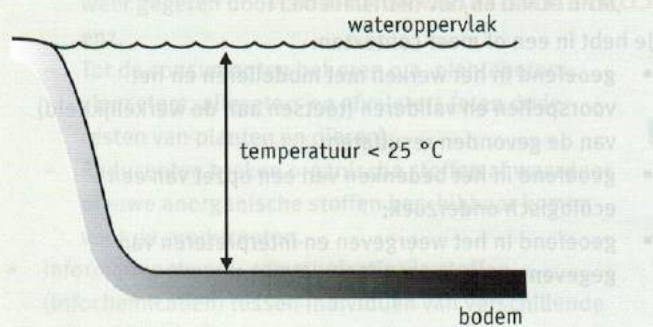
- A De bodemsamenstelling.
- B De temperatuur.
- C Het licht.
- D Het water.

## ZEEBAARZEN IN LAKE CHEROKEE

Zeebaarzen (zie afbeelding 55) worden veelvuldig aangetroffen in Amerikaanse rivieren en meren. In kleine meren is 's zomers soms sprake van massale sterfte onder de vissen. De bioloog Coutant ging op zoek naar mogelijke oorzaken. Uit zijn experimenten bleek dat zeebaarzen een langdurig verblijf in water met een temperatuur van meer dan 25 °C niet kunnen overleven.

In een klein meer, Lake Cherokee genaamd, werd het water gedurende de zomer zo door de zon verwarmd dat het 25 °C-niveau steeds dieper kwam te liggen. Bij het begin van de zomer lag dit niveau net aan het wateroppervlak (zie afbeelding 56.1), tachtig dagen later had de bovenste 65% van het water een temperatuur van meer dan 25 °C (zie afbeelding 56.2).

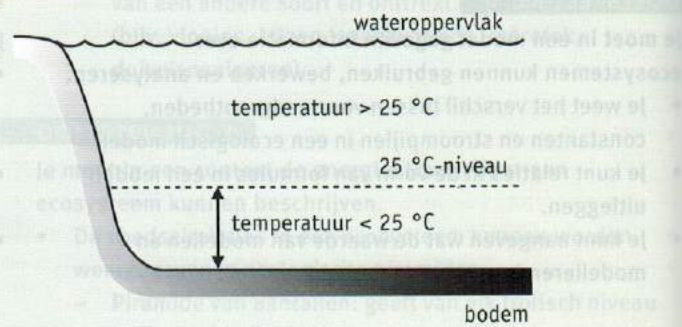
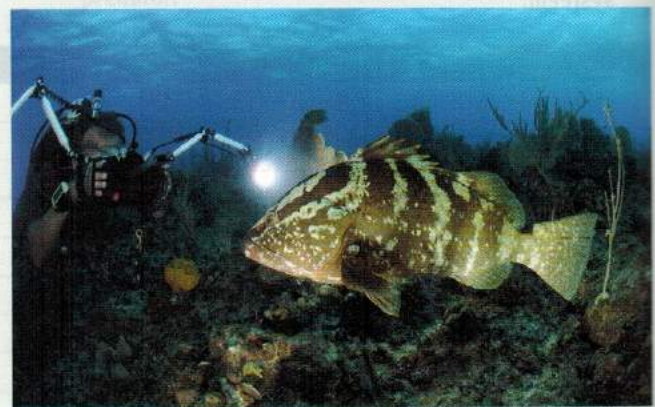
▼ Afb. 56 De temperatuur van Lake Cherokee.



1 aan het begin van de zomer

Coutant ontdekte bovendien dat zeebaarzen alleen kunnen leven in water dat ten minste 2 mg zuurstof per liter water bevat. Door rotting van gezonken organismen ontwikkelde zich in Lake Cherokee gedurende de zomer vanaf de bodem een steeds dikker wordende laag water met te weinig

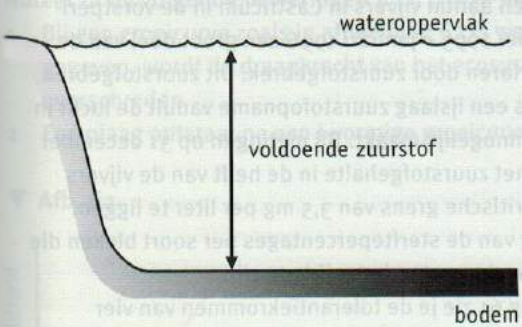
▼ Afb. 55 Zeebaars.



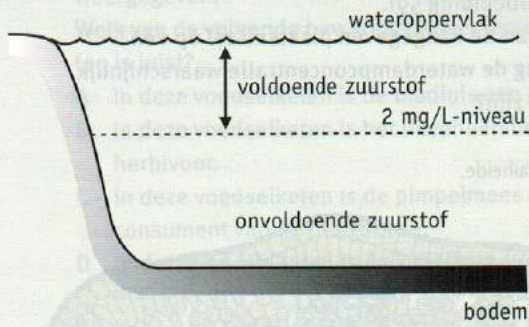
2 tachtig dagen later

zuurstof. Bij het begin van de zomer bevatte het water op de bodem nog juist 2 mg O<sub>2</sub>/L (zie afbeelding 57.1). Maar tachtig dagen later was er te weinig zuurstof in de onderste 60% van het water (zie afbeelding 57.2).

▼ Afb. 57 De hoeveelheid zuurstof van Lake Cherokee.



1 aan het begin van de zomer



2 tachtig dagen later

Beantwoord vraag 3 en 4 met behulp van de context 'Zeebaarzen in Lake Cherokee'.

Neem aan dat beide processen lineair in de tijd verlopen. Zet op grafiekpapier het 25 °C-niveau en het 2 mg/L-niveau tegen de tijd uit.

- 3 Na hoeveel dagen, gerekend vanaf het begin van de zomer, konden de zeebaarzen niet meer in Lake Cherokee leven?
  - A Na 35 dagen.
  - B Na 45 dagen.
  - C Na 55 dagen.
  - D Na 65 dagen.
- 4 Is de ontwikkeling van het aantal zeebaarzen een voorbeeld van chaos?
  - A Ja, de ontwikkeling is onvoorspelbaar.
  - B Nee, de ontwikkeling kan precies worden berekend.
  - C Nee, de ontwikkeling leidt tot een nieuw evenwicht.
- 5 Men vergelijkt twee meren, P en Q. In beide meren is de concentratie meststoffen gelijk, maar in meer P zijn veel meer waterplanten dan in meer Q. Voor welk van de meren P en Q is de kans dat het zijn kantelpunt bereikt het grootst, of is dit voor beide meren even groot? De kans dat deze meren hun kantelpunt bereiken en troebel worden, is
  - A het grootst voor meer P.
  - B het grootst voor meer Q.
  - C voor beide meren even groot.

**DOELSTELLING 2**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Hoe wordt een vijver als organisatieniveau genoemd?
  - A Een biosfeer.
  - B Een ecosysteem.
  - C Een populatie.

- 2 Welke eigenschap is emergent voor een populatie?
  - A Biodiversiteit.
  - B Concurrentie.
  - C Geslachtsverhouding.
- 3 Welke van de volgende groepen organismen is een voorbeeld van een populatie?
  - A De begroeiing op een heideveld.
  - B Alle insecten in een bos.
  - C Alle madeliefjes in een weiland.

**DOELSTELLING 3**

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In afbeelding 58 zie je een tekening van een fennek. Is aan het uiterlijk van dit dier te zien dat het aanpassingen bezit aan een droog milieu, een koud milieu, een vochtig milieu of een warm milieu?

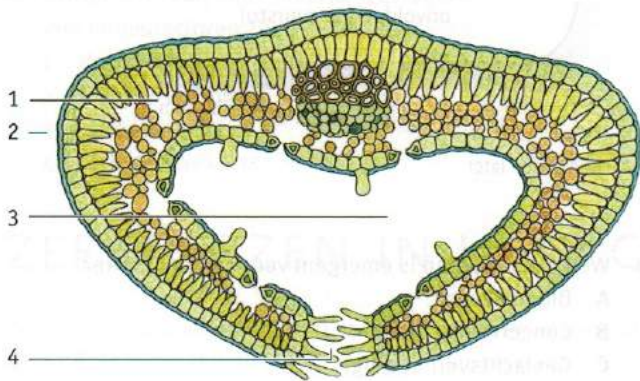
▼ Afb. 58 Een fennek.



- 2 Een biologe onderzoekt de invloed van licht op de vorming van bloemen bij planten. Dit doet zij door de lengte van de belichtingsperiode, de intensiteit van de belichting, de kleur en de richting van het licht te variëren. Welke van deze factoren zal de sterkste invloed hebben op de vorming van bloemen bij planten?

- 3 De bladeren van kraaiheide hebben een bijzondere vorm (zie afbeelding 59).  
Op welke van de aangegeven plaatsen zal op een zonnige dag de waterdampconcentratie waarschijnlijk het hoogst zijn?

▼ Afb. 59 Kraaiheide.



- 4 Iemand onderzoekt bij een zwemmende goudvis de zuurstofopname bij verschillende omgevingstemperaturen. De resultaten worden uitgezet in een diagram. In afbeelding 60 zijn vier diagrammen getekend. In welk van deze diagrammen zijn de resultaten juist weergegeven?

▼ Afb. 60 Goudvis.

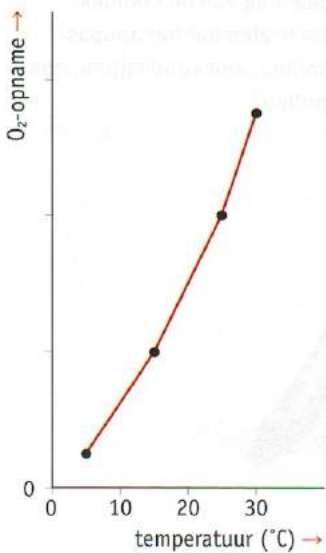


diagram 1

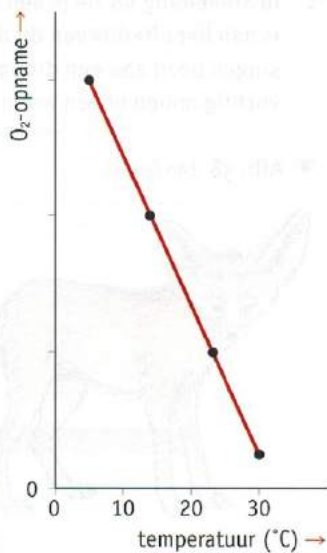


diagram 2

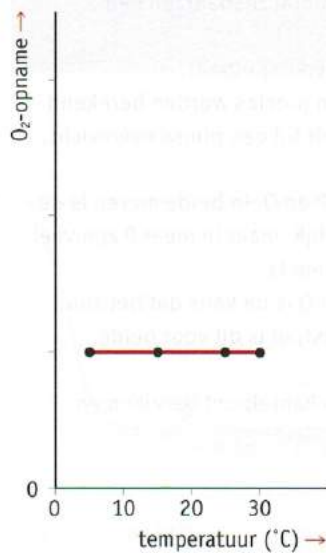


diagram 3

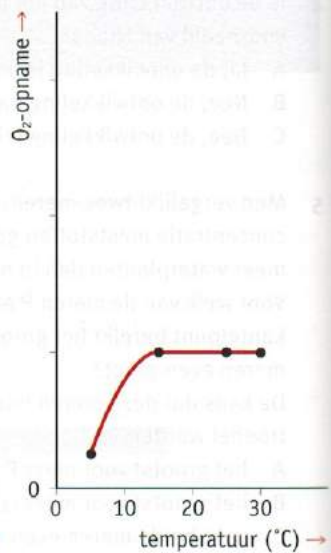
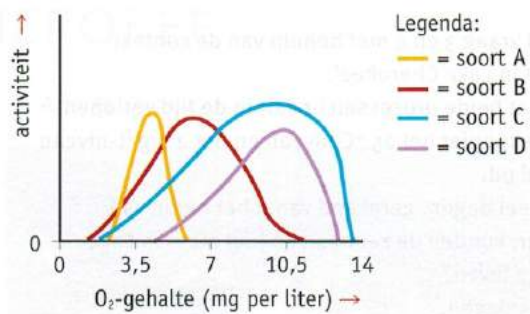


diagram 4

Bij winterse kou kan soms extreme vissterfte optreden. Zo ging in een aantal vijvers in Castricum in de vorstperiode december 1995 – januari 1996 een groot deel van de visstand verloren door zuurstofgebrek. Dit zuurstofgebrek treedt op als een ijslaag zuurstofopname vanuit de lucht in het water onmogelijk maakt. Bij metingen op 31 december 1995 bleek het zuurstofgehalte in de helft van de vijvers onder een kritische grens van 3,5 mg per liter te liggen. Bij bepaling van de sterftepercentages per soort bleken die niet voor alle vissoorten hetzelfde te zijn. In afbeelding 61 zie je de tolerantiekrommen van vier vissoorten (A, B, C, D) voor de factor zuurstofgehalte.

▼ Afb. 61 Tolerantiekrommen.



- 5 Welke van de vier soorten heeft in de beschreven situatie het hoogste sterftepercentage?

DOE  
 Note  
 1 B  
 g  
 o  
 2 E  
 ▼ Af  
 populatiedichtheid  
 3 N  
 di  
 tc  
 4 Al  
 ve  
 gi  
 5 M  
 or  
 in  
 st  
 kl  
 6 Di  
 ve  
 DOE  
 Beant  
 1 Af  
 af  
 et  
 or  
 W  
 cc  
 A  
 B  
 C  
 D  
 ▼ Af

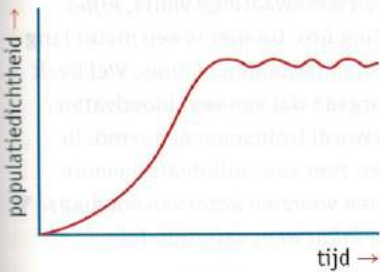


**DOELSTELLING 4**

Noteer of de volgende beweringen juist zijn of onjuist.

- 1 Bij een groeicurve zoals in afbeelding 62 is weergegeven, wordt de draagkracht van het ecosysteem overschreden.
- 2 Een plaag ontstaat na een J-vormige groeicurve.

▼ **Afb. 62**



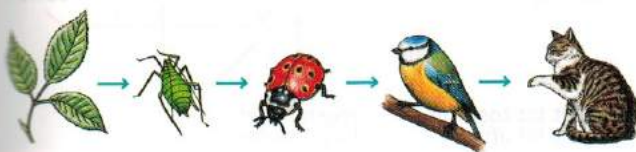
- 3 Naarmate de populatiedichtheid toeneemt, neemt ook de invloed van parasitisme op de populatiedichtheid toe.
- 4 Als een soort zich nieuw vestigt in een ecosysteem waar veel natuurlijke vijanden aanwezig zijn, vindt populatie-groei plaats volgens een J-vormige groeicurve.
- 5 Men neemt aan dat een paartje koolwitjes gemiddeld ongeveer 80 bevruchte eieren afzet en dat beide seksen in ongeveer gelijke aantallen voorkomen. Als er geen sterfte zou plaatsvinden, dan kunnen we 12 800 achterkleinkinderen verwachten als resultaat van ons paar.
- 6 De afname van een roofvogelpopulatie door watervervuiling is dichtheidsonafhankelijk.

**DOELSTELLING 5**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Afhankelijk van de voedselkeuze kunnen bij dieren afvaleters, carnivoren (vleeseters), herbivoren (planteneters), omnivoren (alleseters) en predatoren worden onderscheiden. Welke van deze groepen dieren behoren tot de consumenten?
  - A Alleen afvaleters en predatoren.
  - B Alleen carnivoren, herbivoren en omnivoren.
  - C Alleen carnivoren, herbivoren, omnivoren en predatoren.
  - D Zowel afvaleters, carnivoren, herbivoren, omnivoren als predatoren.

▼ **Afb. 63** Een voedselketen.

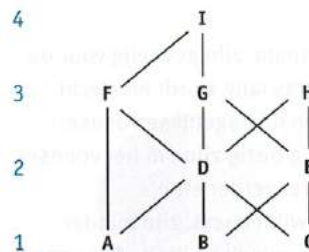


- 2 In afbeelding 63 zie je een voedselketen schematisch weergegeven. Welk van de volgende beweringen over deze voedselketen is juist?
  - A In deze voedselketen is de bladluis een predator.
  - B In deze voedselketen is het lieveheersbeestje een herbivoor.
  - C In deze voedselketen is de pimplamees een consument van de derde orde.
  - D In deze voedselketen is de kat een reductent.

- 3 Welke van de onderstaande voedselketens moet men zeker als onvolledig beschouwen?
  - A fytoplankton → garnaal → schol → zeehond
  - B regenworm → pad → reiger → slechtvalk
  - C suikerbiet → varken → mens
  - D wintertarwe → veldmuis → ransuil

▼ **Afb. 64** Een voedselweb met vier trofische niveaus.

trofisch niveau



- 4 Afbeelding 64 toont een voedselweb met negen soorten (A tot en met I), met vier trofische niveaus. Welke bewering over dit voedselweb is juist?
  - A Soort A is een planteneter.
  - B Soort D is een vleeseter.
  - C Soort G is een alleseter.
  - D Soort H is een roofdier.
  - E Soort I is een producent.

Verskillende predatoren zoals het bootsmannetje (een soort wants) en het vetje (een soort vis) geven signaalstoffen af aan het water. Deze stoffen leiden bij watervlooien tot de vorming van een helmvormig uitgroeiselsel waardoor ze minder makkelijk kunnen worden gegeten. Het bootsmannetje eet veel verschillende prooi-soorten, het vetje eet vooral watervlooien.

Op hun beurt vermijden organismen van een fytoplanktonsoort, *Gonyostomum semen*, contact met watervlooien. De Zweed Lars-Anders Hansson ontdekte dat de algen niet naar boven komen bij aanwezigheid van watervlooien of van stoffen die door watervlooien zijn uitgescheiden.

De algen overwinteren op de bodem van een meer. In het voorjaar komen zij naar de bovenste waterlaag. Ze kunnen zich stevig vasthechten op de menselijke huid en flinke jeuk veroorzaken.

- 5 Welke organismen, afgezien van de algen, kan men het beste wegvangen om in zwemwater een algenplaag te bestrijden?
- A Bootsmannetjes.
  - B Vetjes.
  - C Watervlooien.

**DOELSTELLING 6**

Kies bij de volgende vragen steeds uit een of meer van de volgende antwoorden.

- A Competitie of concurrentie.
- B Coöperatie binnen een populatie.
- C Coöperatie tussen populaties.
- D Mutualisme.
- E Commensalisme.
- F Parasitisme.
- G Predatie.
- H Facilitatie.

- 1 Kleine grazers, zoals de impala, zijn gevoelig voor de voedselkwaliteit. Als het gras lang wordt en slecht verteerbaar is, daalt bij hen de dagelijkse voedselopname snel. Zolang ze nog bezig zijn om het voedsel te verwerken, kunnen ze niet verder eten. Grotere grazers, zoals het wildebeest, zijn minder gevoelig voor afnemende voedselkwaliteit. Zij kunnen de lange grashalmen goed verwerken, waardoor de korte sprietjes beschikbaar komen. Als beide grazers in hetzelfde gebied leven, overleven ze allebei. De relatie tussen beide grazers is een voorbeeld van ...
- 2 Een bijenstaat is een voorbeeld van het optreden van ...
- 3 Als bij symbiose de individuen van maar een van beide soorten er voordeel van hebben, spreken we van ...

▼ **Afb. 65** Ossenkijkers op een zebra.

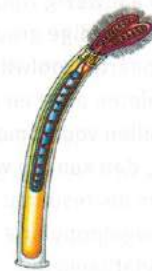


- 4 Een lintworm in de dunne darm van een mens is een voorbeeld van ...

In afbeelding 65 is een zebra met ossenkijkers te zien. Ossenkijkers zijn vogels die leven van teken, vlooiën en luizen op de huid van onder andere zebra's. Zebra's leven in kudden.

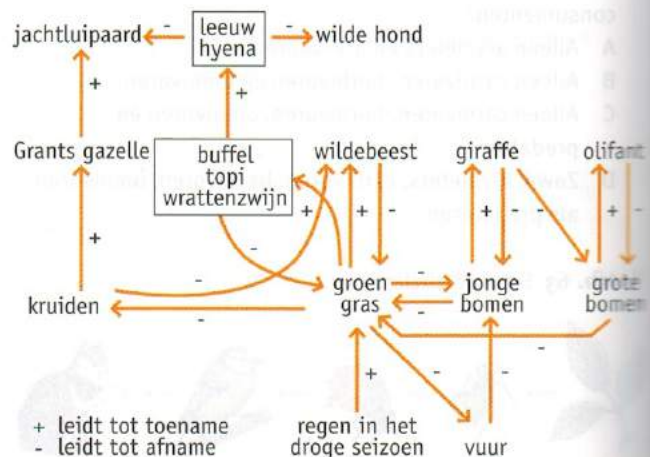
- 5 Ossenkijkers op zebra's zijn een voorbeeld van ...
- 6 In de diepzee vind je een merkwaardige worm, *Riftia pachyptila* (zie afbeelding 66). Dit dier is een meter lang en het heeft geen mond, ingewanden of anus. Wel bezit het een merkwaardig orgaan dat van veel bloedvaten is voorzien. Dit orgaan wordt trofosoom genoemd. In het trofosoom verblijven zeer veel sulfideafbreekende bacteriën. Deze bacteriën voorzien *Riftia* van voedingsstoffen en worden door *Riftia* weer van zuurstof en sulfide voorzien. De relatie tussen *Riftia* en de bacteriën is een voorbeeld van ...

▼ **Afb. 66** *Riftia*.



- 7 Afbeelding 67 geeft de belangrijkste relaties in het Serengeti-ecosysteem weer. Welke term is van toepassing op de relatie tussen wrattenzwijn en wildebeest?

▼ **Afb. 67** Relaties op de Serengeti.



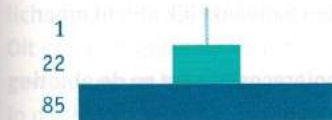
**DOELSTELLING 7**

Beantwoord de volgende (meerkeuze)vragen.

In afbeelding 68 is een piramide van biomassa getekend van de voedselketen gras → sprinkhaan → muis.

- 1 Welk van de volgende beweringen hierover is juist?
- A Uit 1 kg biomassa in grasplanten wordt 22 kg biomassa in sprinkhanen gevormd.
  - B Uit 1 kg biomassa in grasplanten wordt uiteindelijk 85 kg biomassa in spitsmuizen gevormd.
  - C Uit 22 kg biomassa in grasplanten wordt 1 kg biomassa in spitsmuizen gevormd.
  - D Uit 22 kg biomassa in sprinkhanen wordt 1 kg biomassa in spitsmuizen gevormd.

▼ Afb. 68



In verband met een ecologisch onderzoek naar productie werden in een laboratorium vier diergroepen onderzocht (zie tabel 1).

▼ Tabel 1

Diergroep	Plaats in de voedselketen
Rups van een vlinder	consument van de eerste orde
Eekhoorn	consument van de eerste orde
Salamander	consument van de tweede orde
Spitsmuis	consument van de tweede orde

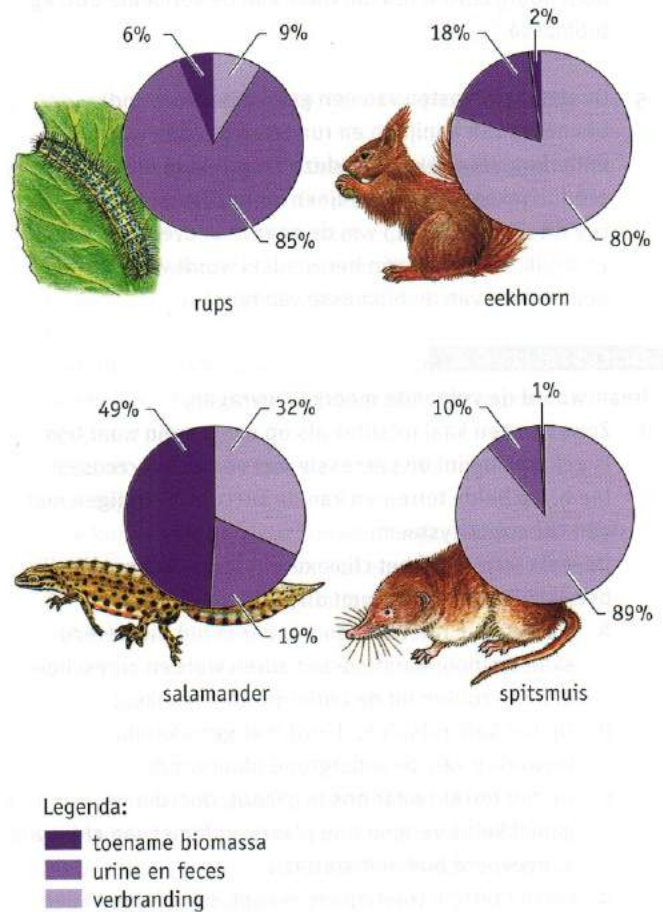
Van de dieren werd onderzocht wat er gebeurt met het opgenomen voedsel. Alle dieren zijn in rust. De resultaten zijn in afbeelding 69 weergegeven.

- 2 Welk dier heeft de hoogste productie?
- A De eekhoorn.
  - B De rups.
  - C De salamander.
  - D De spitsmuis.

In een voedselketen kan de hoeveelheid vastgelegde energie in de eerste schakel worden vergeleken met de hoeveelheid vastgelegde energie in de tweede schakel.

- 3 In welke van deze schakels is de hoeveelheid vastgelegde energie het grootst? En waardoor komt dit?
- A In de eerste schakel, doordat het aantal individuen in deze schakel het grootst is.
  - B In de eerste schakel, doordat er in elke schakel energieverlies optreedt.
  - C In de tweede schakel, doordat het aantal individuen in deze schakel het grootst is.
  - D In de tweede schakel, doordat er in elke schakel energie wordt opgenomen.

▼ Afb. 69



De volgende gegevens horen bij de vragen 4 en 5. Een doel van de veeteelt is onder andere de productie van vlees tegen zo laag mogelijke kosten, zodat er optimaal winst kan worden gemaakt. Er is nogal wat prijsverschil tussen vlees dat afkomstig is van verschillende diersoorten. Een van de redenen hiervoor is dat de productiekosten per kg vlees per diersoort verschillen. In tabel 2 op de volgende bladzijde staat een aantal gegevens over runderen en konijnen.

▼ Tabel 2

Dier(en)	1 rund	300 konijnen
Slachtgewicht minus geboortegewicht	600 kg	600 kg
Voedselverbruik	ca. 7,5 kg/dag	ca. 30 kg/dag
1 ton hooi is voldoende voor	133 dagen	33 dagen
Toename biomassa per dag	0,9 kg	3,6 kg

Bron: J.B. Metzler, Linder Biologie.

- 4 Stel dat een rund uitsluitend hooi krijgt als voedsel. Bereken dan in 1 decimaal nauwkeurig hoeveel ton hooi nodig is voor het ontstaan van de vermelde 600 kg biomassa.
- 5 De productiekosten van een gelijke hoeveelheid biomassa van konijnen en runderen per dag worden onderling vergeleken. Uit deze vergelijking blijkt dat de productiekosten voor konijnen lager zijn. Leg dit uit met behulp van de gegevens over voedselverbruik, de tijd waarin het voedsel wordt verbruikt en de toename van de biomassa van tabel 1.

## DOELSTELLING 8

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Zowel op een kaal rotsblok als op een terrein waar bos is gekapt, begint de successie met een pionierecosysteem. Op beide terreinen kan de successie eindigen met een climaxecosysteem. Op welk terrein zal het climaxecosysteem het snelst zijn bereikt? En waardoor komt dit?
- A Op het kale rotsblok, doordat er in het pionierecosysteem door korstmossen zuren worden afgescheiden die zouten uit de ondergrond vrijmaken.
- B Op het kale rotsblok, doordat er gemakkelijk verwerking van de ondergrond plaatsvindt.
- C Op het terrein waar bos is gekapt, doordat er gemakkelijk vermenging plaatsvindt met van elders aangevoerd bodemmateriaal.
- D Op het terrein waar bos is gekapt, doordat er al een bodem aanwezig is die humus bevat.

De volgende gegevens horen bij de vragen 2 en 3. Als een stuk zee is ingepolderd en de nieuwe polder droogvalt, ligt er aanvankelijk één grote kale vlakte. Deze vlakte wordt al snel bevolkt door planten (zie afbeelding 70) en vervolgens ook door landdieren. De plantensoorten die zich als eerste vestigen, kunnen zich niet lang handhaven. Ze worden opgevolgd door andere soorten.

- 2 Is in deze beschrijving sprake van een climaxecosysteem of van een pionierecosysteem? En zullen de abiotische factoren in dit ecosysteem

aanvankelijk sterk wisselen of min of meer constant zijn?

- A Er is sprake van een climaxecosysteem en de abiotische factoren zullen aanvankelijk sterk wisselen.
- B Er is sprake van een climaxecosysteem en de abiotische factoren zullen aanvankelijk min of meer constant zijn.
- C Er is sprake van een pionierecosysteem en de abiotische factoren zullen aanvankelijk sterk wisselen.
- D Er is sprake van een pionierecosysteem en de abiotische factoren zullen aanvankelijk min of meer constant zijn.
- 3 De plantensoorten die zich als eerste hadden gevestigd, worden opgevolgd door andere soorten. Zal het aantal nieuwe soorten groter of kleiner zijn dan het aantal soorten dat zich als eerste had gevestigd? Zal bij deze opvolging van soorten de biomassa van de vegetatie groter of kleiner worden?
- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <i>Het aantal nieuwe soorten zal</i> | <i>De biomassa van de vegetatie zal</i> |
| A groter zijn                        | groter worden                           |
| B groter zijn                        | kleiner worden                          |
| C kleiner zijn                       | groter worden                           |
| D kleiner zijn                       | kleiner worden                          |

## ▼ Afb. 70





- 4 Waarmee begint de successie in een duingebied?
- A Met een begroeiing van allerlei kruidachtige planten.
  - B Met een begroeiing van duindoorn- en vlierstruiken.
  - C Met een begroeiing van duinstruweel.
  - D Met een begroeiing van biestarwegras, gevolgd door helm.

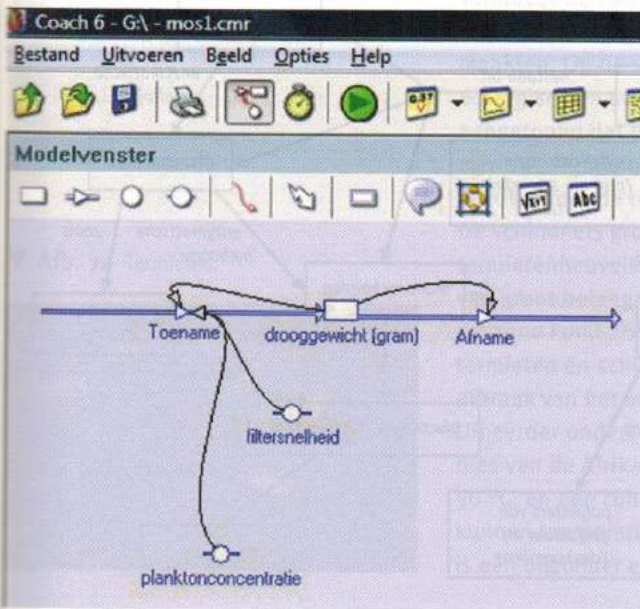
**DOELSTELLING 9**

Beantwoord de volgende vragen.

Je ziet in afbeelding 71 een afbeelding van het Coach-model mos1.cmr. Hierin wordt de toename van het drooggewicht van een mossel in de Oosterschelde berekend in de loop van 550 dagen. Het drooggewicht is het gewicht van een organisme na aftrek van de hoeveelheid water in het lichaam.

Dit model is gemaakt voor mosselkwekers, om voorspellingen te kunnen leveren over de ontwikkeling van mosselen in de Oosterschelde.

▼ Afb. 71 Model van een mossel.

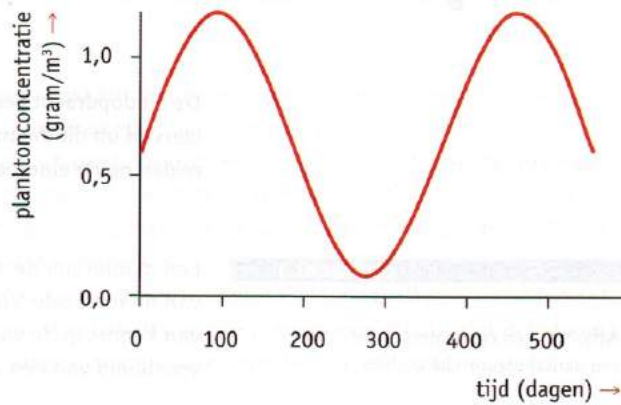


- 1 Welke factoren zorgen voor toename van het drooggewicht?

In afbeelding 72 zie je het verloop van de planktonconcentratie gedurende 550 dagen.

- 2 Verklaar de schommeling in het verloop van de planktonconcentratie.

▼ Afb. 72 Verloop van de planktonconcentratie in de Oosterschelde.



- 3 Waardoor wordt de mossel in een bepaalde periode lichter?
- 4 Mosselen komen aan voedsel door stilliggend vanaf de bodem water te filteren dat plankton bevat. Leg met behulp van het model uit dat er een verband is tussen drooggewicht en filtersnelheid.
- 5 De formule voor verbranding is  $0,01 \times \text{drooggewicht}$ . Leg uit dat er sprake moet zijn van verbranding, ondanks het feit dat een mossel stilligt op de zeebodem. Welk deel van zijn gewicht verbrandt hij blijkbaar per dag?
- 6 Mosselkwekers oogsten de mossel na ongeveer 550 dagen. Hoe kun je met het Coach-model nagaan of het zin heeft om langer te wachten voor het oogsten van de mossel?
- 7 Dit model is niet zo realistisch dat een mosselkweker het echt kan gebruiken. Geef een reden waarom een kweker het niet echt kan gebruiken.

Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijksstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijksstof.

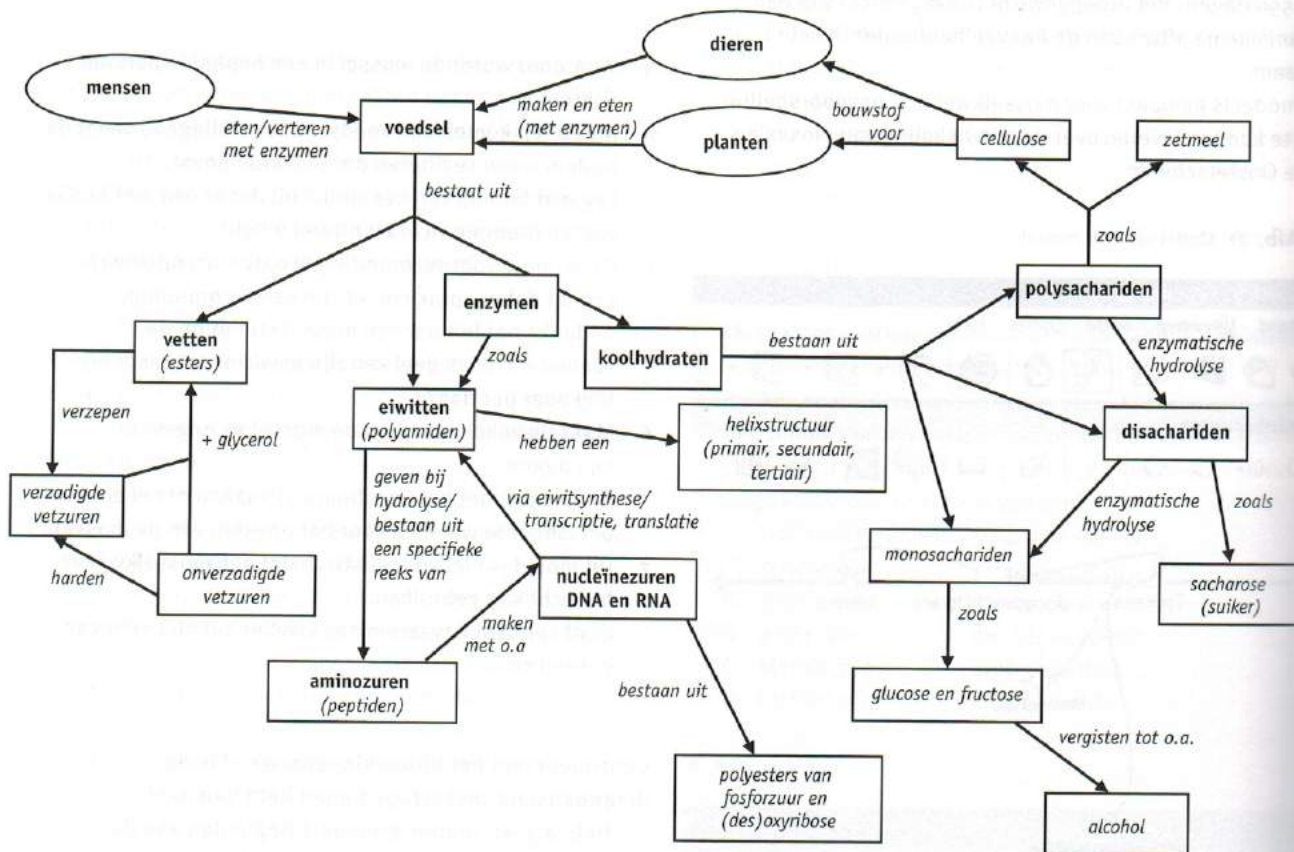
# Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

## opdracht 1

▼ **Afb. 73** Een conceptmap van een aantal organische stoffen.

Een manier om de stof van een onderwerp te verwerken is door gebruik te maken van de methode 'concept-mapping'. Concept-mapping is het visueel weergeven van kennis in de vorm van begrippen en relaties daartussen. Afbeelding 73 is een voorbeeld van een conceptmap.



De begrippen (concepten) kunnen onderling worden verbonden door middel van pijlen die de relaties weergeven. Zoals je in de afbeelding ziet, kunnen de pijlen worden voorzien van een bijschrift om de aard van de relatie tussen de betreffende concepten aan te geven.

Op deze manier zijn complexe kennisstructuren op een heldere en overzichtelijke (visuele) manier weer te geven. Met een conceptmap kun je voor jezelf de samenhang tussen allerlei concepten duidelijk maken. Hiermee zorg je voor structuur in je kennisopbouw en bereid je je goed voor op vragen waarbij samenhang aan de orde komt.

Een conceptmap is eenvoudig te maken met pen en papier. Maar het is natuurlijk handiger als je een eenmaal gemaakte conceptmap in een later stadium kunt veranderen, aanpassen of uitbreiden. Tegenwoordig is er een groot aantal

softwarepakketten op de markt die het mogelijk maken om op een eenvoudige manier een conceptmap te creëren en aan te passen, en sommige zijn gratis te downloaden.

- Maak een conceptmap waarin je tien ecologische concepten uit de volgende lijst gebruikt. Het zijn begrippen uit de leertekst.

*Abiotische factoren – biologisch evenwicht – biosfeer – biotische factoren – chaos – commensalisme – competitie – coöperatie – dichtheid – draagkracht – ecosysteem – emergente eigenschap – energiestroom – individu – informatienetwerk – kantelpunt – modelleren – mutualisme – parasitisme – piramide van biomassa – populatie – successie – tolerantie – voedselketen – voedselnet.*

Maak eventueel nog een map of breid je conceptmap uit, als dat je het gevoel geeft dat je meer samenhang gaat zien met behulp van deze techniek.

### opdracht 2

*Een miniregenwoud in een termietennest (naar: examen havo 2011-1 (pilot))*

Veel schimmelsoorten hebben een omgeving nodig met omstandigheden zoals die ook zijn te vinden in het tropisch regenwoud. De droge savanne met zijn grote verschillen tussen dag- en nachttemperatuur voldoet niet aan die voorwaarden.

Termieten (zie afbeelding 74) zorgen voor een gunstige leefomgeving voor bepaalde schimmelsoorten. In een termietennest heersen voor temperatuur en vochtigheid soortgelijke omstandigheden als in het tropisch regenwoud. Men vermoedt dan ook dat termieten door het in huis halen van de schimmels de migratie van zowel de termieten als de schimmels naar de savanne mogelijk maakten. Op de savanne zijn termieten die aan schimmellandbouw doen ecologisch en evolutionair gezien het succesvolst. Moleculair onderzoek heeft aangetoond dat de termietensoorten die schimmels verbouwen allemaal afstammen van termieten uit de Afrikaanse regenwouden. De schimmels dienen als voedsel voor de termieten.

De schimmels groeien in tuintjes van door de termieten fijn gekauwd hout in de termietenheuvels. De schimmel verteert de houtvezels. De samenlevingsvorm is van groot belang voor de afbraak van organisch materiaal op de savanne. Op de savanne komt 20% van de afbraak van organisch materiaal voor rekening van deze termieten en schimmels. In het regenwoud is dat maar 1 tot 2% van de totale afbraak van het organisch materiaal.

Uit eerder onderzoek was gebleken dat de schimmeltuintjes in de termietenkolonies van de Afrikaanse savannes een constante temperatuur hebben van ongeveer 30 °C, en een constante relatieve luchtvochtigheid van bijna 100%. Buiten het nest kunnen temperatuur en luchtvochtigheid sterk variëren. Het Afrikaanse regenwoud is een bijzonder ecosysteem en het resultaat van langdurige successie.

#### Beantwoord de volgende (meerkeuze)vragen.

- 1 Hoe wordt zo'n eindstadium in de successie, waartoe het tropisch regenwoud wordt gerekend, genoemd?
- 2 In de tekst wordt gesproken over een samenlevingsvorm tussen de termiet en de schimmel.

Welke van de onderstaande begrippen geeft deze relatie het beste weer?

- A Competitie.
- B Mutualisme.
- C Parasitisme.
- D Predatie.

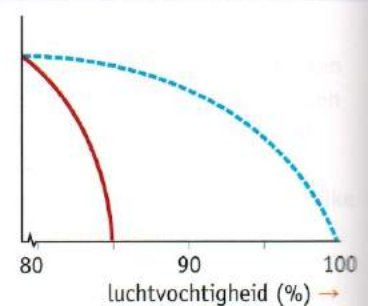
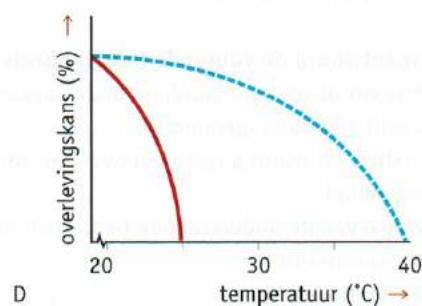
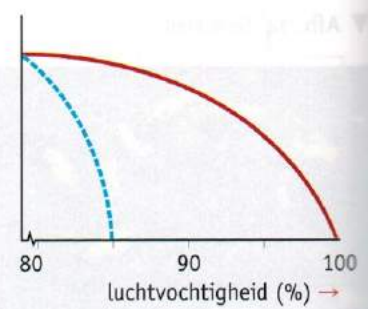
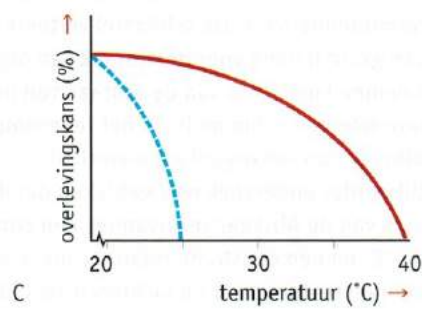
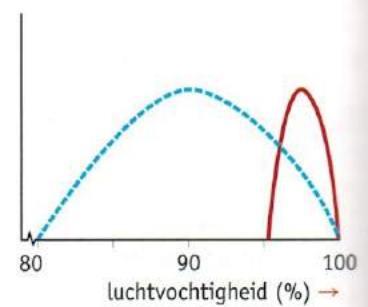
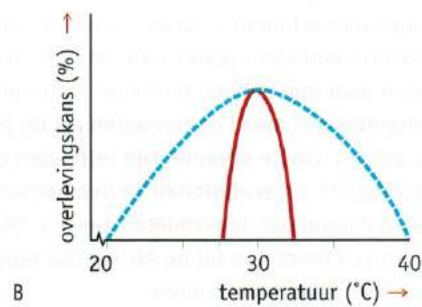
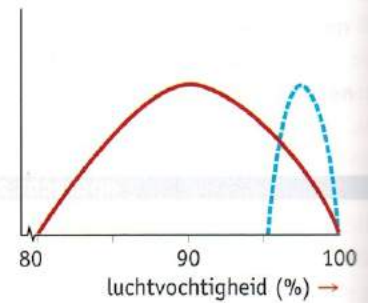
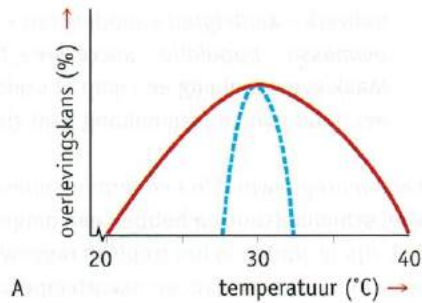
▼ Afb. 74 Termieten.



- 3 Er is een onderzoek ingesteld naar de tolerantiegrenzen voor temperatuur en luchtvochtigheid bij zowel de termieten als de schimmels.  
Welke grafieken in afbeelding 75 geven op de juiste wijze de tolerantiegrenzen weer?

- A De grafieken bij A.  
B De grafieken bij B.  
C De grafieken bij C.  
D De grafieken bij D.

► Afb. 75



Legenda:  
--- schimmels  
--- termieten

- 4 Op de savanne vervullen de schimmels een bepaalde rol.  
Met welke biologische term worden organismen in een ecosysteem aangeduid die een dergelijke rol vervullen?

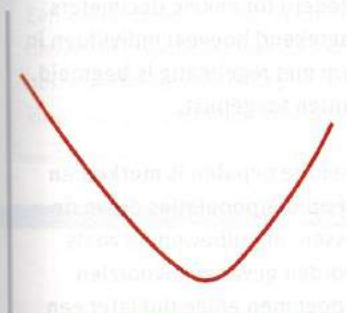
De humuslaag in het tropisch regenwoud is relatief dun ten opzichte van die in de savanne. Dit is mede het gevolg van de hoge temperatuur en de hoge luchtvochtigheid in het tropisch regenwoud. In de termietennesten in beide ecosystemen heersen omstandigheden die gelijk zijn aan de omstandigheden van het tropisch regenwoud. Toch hebben in het regenwoud deze termieten en schimmels een veel kleiner aandeel in de omzetting van het organisch materiaal dan op de savanne.

- 5 Geef een verklaring voor het feit dat deze termieten en hun schimmels in het tropisch regenwoud een kleiner aandeel hebben in de omzetting van organisch materiaal dan die in de savanne.

Voor de afbraak van de houtvezels produceert de schimmel een enzym. Dit enzym kan worden geïsoleerd. Een bioloog wil onderzoeken bij welke temperatuur dit enzym het meeste hout per tijdseenheid afbreekt. Gezien de omstandigheden waarin de schimmel in de termietennesten verblijft, denkt hij de snelste omzetting te vinden bij een temperatuur van ongeveer 30 °C. Hij voert de bepaling uit bij een steeds andere temperatuur tussen de 0 °C en 80 °C.

Het resultaat geeft hij weer in een grafiek, zoals afgebeeld in afbeelding 76.

▼ Afb. 76



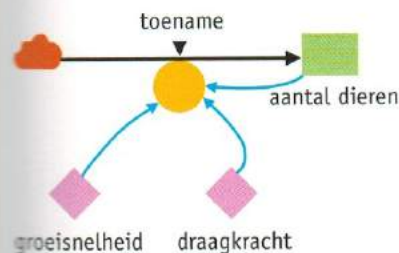
- 6 Wat is op de x-as en y-as uitgezet?

	<i>Op de x-as</i>	<i>Op de y-as</i>
A	de hoeveelheid afgebroken hout	de hoeveelheid overgebleven hout
B	de hoeveelheid afgebroken hout	de temperatuur
C	de hoeveelheid overgebleven hout	de hoeveelheid afgebroken hout
D	de hoeveelheid overgebleven hout	de temperatuur
E	de temperatuur	de hoeveelheid afgebroken hout
F	de temperatuur	de hoeveelheid overgebleven hout

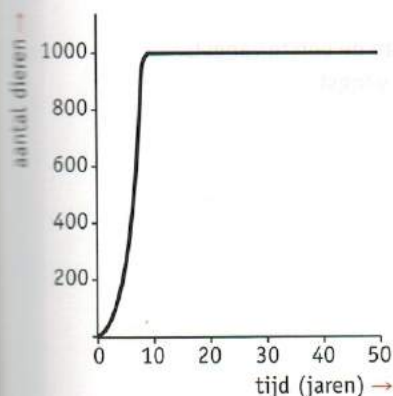
opdracht 3

Robert May en populatiegroei

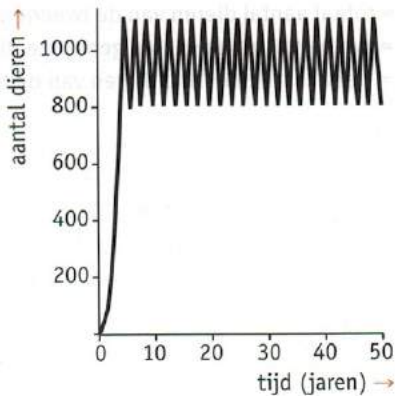
▼ Afb. 77 Toename van een dierlijke populatie bij verschillende groeisnelheden.



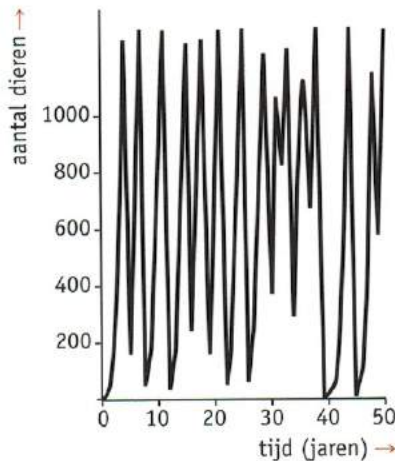
- 1 In het eerste diagram van afbeelding 77 zie je dat de populatie niet boven de draagkracht uitkomt. Leg uit wat daarvan de oorzaak kan zijn.
- 2 Hoe noem je het patroon dat je in het derde diagram ziet?
- 3 Waardoor vind je het patroon in het derde diagram eerder bij insecten dan bij olifanten?



1 groeisnelheid 1,0



2 groeisnelheid 2,1



3 groeisnelheid 3,0

# 1 Populatie-dichtheid bepalen

De populatiedichtheid kan op verschillende manieren worden bepaald, afhankelijk van het soort organisme, zoals de volgende voorbeelden laten zien. Beukenbomen in een loofbos of zeehonden in de Waddenzee kunnen worden geteld. Door de bomen te merken met een verfstip en de zeehonden te fotograferen tijdens een vliegtocht worden dubbeltellingen of andere telfouten voorkomen. Van kleine planten of kruipende insecten in grote aantallen kunnen **steekproeven** worden genomen. Daarbij kiest men in een ecosysteem een aantal plaatsen uit. Op deze plaatsen wordt een vierkant (een kwadrant) uitgezet, waarbinnen de individuen van een populatie worden geteld. De grootte van het kwadrant kan variëren van enkele tientallen meters (in schaars begroeide gebieden) tot enkele decimeters (in graslanden). Uit het aangetroffen aantal wordt berekend hoeveel individuen in het hele ecosysteem voorkomen. Als een ecosysteem niet regelmatig is begroeid, kunnen vaak varianten op de kwadrantmethode worden toegepast.

Een geheel andere methode om de populatiedichtheid te bepalen is **merken en terugvangen**. Deze methode kan worden toegepast op dierpopulaties die in de natuur moeilijk zijn waar te nemen (bijvoorbeeld vissen, of holbewoners zoals muizen en konijnen). Dieren van deze populaties worden gevangen, voorzien van een merkteken en weer losgelaten. Vervolgens doet men enige tijd later een tweede vangst.

Uit het percentage gemerkte dieren in de tweede vangst kan de populatiedichtheid worden berekend. Hierbij gaat men uit van het principe dat het percentage gemerkte dieren bij de tweede vangst overeenkomt met het percentage van de dieren van de totale populatie die zijn gevangen bij de eerste vangst.

In formule:

$$\frac{G_2}{T_2} \times 100\% = \frac{G_1}{T_1} \times 100\%$$

Deze formule kun je omzetten in:

$$T_1 = \frac{G_1 \times T_2}{G_2}$$

waarbij geldt:

$T_1$  = totaal aantal dieren in de populatie;

$T_2$  = totaal aantal dieren van de tweede vangst;

$G_1$  = het aantal gevangen en gemerkte dieren van de eerste vangst;

$G_2$  = het aantal gemerkte dieren van de tweede vangst.

▼ Afb. 78

## De populatiedichtheid van groene kikkers bepalen

Een populatie groene kikkers bevindt zich het grootste deel van het jaar in een bepaald bos. In de voortplantingstijd trekken deze kikkers in korte tijd massaal naar een ven ten zuiden van dit bos. Een onderzoeker wil weten uit hoeveel dieren de populatie groene kikkers bestaat. Hiervoor heeft hij de beschikking over een installatie om de kikkers te

vangen. Deze installatie bestaat uit een barrière met emmers die in de grond zijn ingegraven (zie de afbeelding). De onderzoeker plaatst de installatie tussen het bos en het ven, voordat de kikkers van het bos naar het ven zullen trekken. De kikkers die proberen over te steken, vallen in de vangemmers. In één dag vangt de onderzoeker zo zestig groene kikkers. Hij merkt ze en zet ze terug in het bos.

Een week later vangt hij op dezelfde manier veertig groene kikkers. Daarvan blijken er acht te zijn gemerkt. Hieruit



kan de onderzoeker berekenen uit hoeveel dieren de populatie groene kikkers bestaat.

### opdracht 1

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoeveel procent van de tweede vangst bestaat uit gemerkte kikkers?
- 2 Hoeveel procent van de totale populatie zal na het vrijlaten van de eerste vangst uit gemerkte kikkers bestaan?
- 3 Hoe groot is het aantal gemerkte kikkers?
- 4 Bereken uit de antwoorden op de vragen 2 en 3 uit hoeveel groene kikkers de populatie ongeveer bestaat.
- 5 Als de onderzoeker bij de tweede vangst maar tien kikkers had gevangen, had hij nog een tijdje moeten doorgaan om meer kikkers te vangen. Waarom?
- 6 Waarom kun je deze methode niet betrouwbaar toepassen in het voortplantingsseizoen van de kikker?
- 7 De kikkers worden gemerkt met een dun plastic groen ringetje om hun poot. Waarom niet met een duidelijk opvallend rood ringetje?

**WEB** [meer verrijkingstoffen vind je op ePack](#)

## BASISSTOF

1	Wat is gedrag?	198
2	Gedrag beschrijven	201
3	Het ontstaan van gedrag	205
4	Aangepast gedrag	212
5	Sociaal gedrag	219
6	Gedrag bij de mens	226

## SAMENVATTING

231

## DIAGNOSTISCHE TOETS

233

## EINDOPDRACHT

241

## VERRIJKINGSSTOF

244

1	Gedrag van pissebedden	244
---	------------------------	-----





Gedrag bestaat uit alle activiteiten van een dier of een mens. Gedrag komt tot stand in de interactie tussen een dier of mens en zijn omgeving en is gedeeltelijk erfelijk bepaald. Onder invloed van individuele variaties in gedrag en door selectie, ontstaat in de natuur doelmatig gedrag dat een maximale overlevingskans geeft. Bij de mens wordt het gedrag sterk beïnvloed door leerprocessen en cultuur.

In dit thema leer je wat gedrag is, hoe je gedrag kunt indelen en hoe het wordt gevormd. Je gaat gedrag beschrijven en onderzoeken. Als je begrijpt hoe gedrag wordt gevormd, kun je het doelgericht beïnvloeden. Ook je eigen gedrag!

## 1 Wat is gedrag?

In januari 2010 reisde het Nederlandse USAR-team via Curaçao naar Haïti om hulp te bieden bij het zoeken naar slachtoffers van de aardbeving. Het Urban Search And Rescue-team Nederland heeft zestien reddingshonden met geleiders die door de KLPD (Korps landelijke politiediensten) zijn getraind voor de opsporing en redding van slachtoffers. De geleider is de baas van de hond. USAR.nl is opgericht in 2003 en werkt met vrijwilligers die onmiddellijk oproepbaar zijn als er ergens een ramp gebeurt. Bij de actie in Haïti werden drie mensen levend onder het puin vandaan gehaald (zie afbeelding 1).

▼ Afb. 1 Het USAR.nl-team.



1 op Haïti



2 USAR-reddingswerker met hond

## REDDINGSWERK MET HONDEN

Het zoekgedrag bij honden is aangeboren. De reddingshonden zijn speciaal getraind op het zoeken naar geursporen van levende mensen. Met hun sterke reukvermogen kunnen honden een vermiste persoon lokaliseren. Bij het ruiken en zien van een levend slachtoffer onder het puin, begint de hond op het puin te krabben en te blaffen om de geleider te waarschuwen. De hond krijgt altijd een beloning bij het vinden van het slachtoffer. De baas van de hond let op instortingsgevaar en zet de hond bij het begin van

een geurspoor. Hond en geleider zijn een vast koppel. De geleider moet zijn hond kunnen 'lezen', dat wil zeggen: zijn gedrag kunnen interpreteren. De reddingshond woont bij zijn geleider in huis.

Een goede reddingshond is gevoelig voor dressuur en heeft veel buitdrift (ze laten voorwerpen niet graag los). Daarnaast moet de hond een goed reukvermogen hebben en sterk en snel zijn. Bij het reddingswerk worden vooral

herdershonden ingezet, zowel mannetjes als vrouwtjes. Mechelse herders zijn intelligente dieren en heel geschikt voor dit werk. De dieren werken voor een beloning. Dat kan voedsel of het favoriete speeltje van de hond zijn. De training van de honden is vooral een kwestie van consequent belonen van gewenst gedrag en gebruikmaken van het aangeboren roedelinstant.

De huishond (*Canis lupus familiaris*) stamt af van de wolf (*Canis lupus*) en heeft nog steeds het instinct van een roedeldier. Wolven werken samen bij de jacht, de bewaking van het territorium en de verzorging van de jongen. Voor

▼ Afb. 2 De buit is eerst voor de leider.



die samenwerking is een duidelijke rangorde noodzakelijk waarin elk dier zijn plaats en rol kent. De rangorde voorkomt conflicten en geeft zekerheid en rust. Elke roedel heeft een leider, die door iedereen wordt gehoorzaamd. De leider van een roedel is meestal een mannetje en wordt aangeduid met de 'alfahond'. Hij is het enige mannetje in de roedel dat paart met het leidende (alfa)vrouwtje en nakomelingen krijgt. In het wild zal de alfhond als eerste eten en het beste voedsel nemen om sterk en gezond te blijven. De alfhond rust op een hoge, strategische plaats zodat hij zijn territorium in de gaten kan houden. Hij neemt de beslissingen in de roedel en is agressief tegen vreemdelingen die het territorium van de roedel benaderen.

De zoektocht naar vermiste personen wordt door de reddingshond ervaren als het samen met de leider op jacht gaan naar prooi (buit). De buit is altijd eerst voor de roedelleider (de geleider). De lagere in de rangorde krijgt de buit (= het speeltje) als de roedelleider is uitgegeten. Tijdens de training leert de hond dat hij de toestemming van de leider nodig heeft om zijn speeltje, dat bij de verstopte persoon ligt, te kunnen krijgen. Zo ontstaat uiteindelijk teamwerk.

Ook een hond als huisdier moet tijdens zijn opvoeding leren wat zijn plaats is en wie de baas is. Dan zal hij hard werken, luisteren naar commando's en gehoorzamen om het respect bij de 'roedel' (de gezinsleden) te winnen.

### opdracht 1

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Leg uit wat wordt bedoeld met: 'het dier is gevoelig voor dressuur'.
- 2 Waarmee zorgt de geleider dat de hond gemotiveerd blijft om naar slachtoffers te zoeken?
- 3 Noem twee functies van de duidelijke rangorde binnen een roedel.
- 4 Hoe is de voortplanting binnen een roedel geregeld?
- 5 Noem een belangrijke voorwaarde om een reddingshond of huishond goed op te kunnen voeren of te trainen.

Het voorbeeld maakt duidelijk dat door begrip van het gedrag een hond kan worden opgeleid tot reddingshond. De tak van de biologie waarbij de studie van het gedrag van dieren centraal staat, is de **ethologie**. Ethologen zijn specialisten in het gedrag van dieren.

Onder **gedrag** verstaan biologen alle waarneembare activiteiten van een dier of mens. Deze activiteiten bestaan niet alleen uit bewegingen. Andere voorbeelden van gedrag zijn: geluiden maken, slapen, van kleur veranderen, geurstoffen afscheiden en een lichaamshouding handhaven. Gedrag is vaak gericht op de handhaving of verbetering van de fysiologische toestand van het dier. Dieren wisselen voortdurend stoffen, energie en informatie uit met hun omgeving. Door een effectieve (doeltreffende) reactie op prikkels, vergroot een dier zijn overlevingskansen en voortplantingssucces.

**VAN PRIKKEL TOT HANDELING**

Gedrag is opgebouwd uit opeenvolgende **handelingen** (of **gedragselementen**). Handelingen van de reddingshond bij het zoekgedrag zijn bijvoorbeeld heen en weer lopen en snuffelen in de gaten tussen het puin. Als hij het slachtoffer heeft gevonden, gaat de hond krabben en blaffen.

Veel handelingen komen tot stand door de werking van spieren. Vaak bestaat gedrag uit de werking van klieren. In thema 6 Regeling en waarneming is behandeld dat spieren en klieren effectoren zijn. Bij de meeste handelingen reageert een dier of mens op prikkels. **Prikkels** zijn invloeden uit het milieu op een organisme. In zintuigcellen (receptoren) ontstaan onder invloed van deze prikkels impulsen. Zenuwcellen (conductoren) geleiden en verwerken impulsen. De reactie van een dier op prikkels wordt de **respons** genoemd. Blaffen is bijvoorbeeld de respons van een reddingshond op het ruiken van een slachtoffer.

Het slachtoffer geeft geuren af. De geuren van het slachtoffer zijn prikkels. In zintuigcellen in de neus van de hond ontstaan door de geurprikkels impulsen. Zenuwcellen geleiden de impulsen, waarna de hersenen de informatie verwerken. In de hersenen ontstaan vervolgens impulsen die naar de spieren gaan en ervoor zorgen dat bepaalde spieren zich samentrekken en de hond gaat blaffen.

**opdracht 2**▼ **Afb. 3****Tijger bijt insluiper**

AMSTERDAM – Een Siberische tijger in de dierentuin Artis heeft een 49-jarige man in zijn linkerarm gebeten. Of de arm behouden kan blijven, is onzeker. Volgens de politie sluipt de man regelmatig Artis binnen en treitert hij de dieren. 'Maandagavond trok hij de tijger aan zijn staart. Die nam dat niet en hapte de man in zijn linkerarm.'

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Bij welk specialisme van de biologie staat de studie van het gedrag van dieren en mensen centraal?
- 2 Hoe definiëren biologen gedrag?
- 3 Een jongen bloost als hij een meisje aankijkt.  
Is dit wel of geen gedrag?
- 4 Een blad valt van een boom.  
Is dit wel of geen gedrag?
- 5 Uit welke handelingen is het zoekgedrag van de reddingshond opgebouwd?
- 6 Wanneer is het zoekgedrag van de reddingshond effectief?
- 7 Noem drie opeenvolgende handelingen bij het maken van je huiswerk.
- 8 Geef een voorbeeld van de uitwisseling van stoffen, van de uitwisseling van energie en van de uitwisseling van informatie tussen een dier of mens en zijn omgeving.

In afbeelding 3 is een krantenartikel weergegeven. De vragen 9 en 10 gaan over dit artikel.

- 9 Het gedrag van de tijger werd veroorzaakt door een prikkel.  
Citeer de zin waarin de prikkel voor het gedrag van de tijger staat.
- 10 Wat was de respons van de tijger op deze prikkel?

# 2 Gedrag beschrijven

▼ Afb. 4

## Niko Tinbergen



Niko Tinbergen is een van de grondleggers van de moderne ethologie. Hij ontwikkelde een methode voor het meten van de sterkte van prikkels bij jonge zeemeeuwen.

Niko Tinbergen (1907-1988)

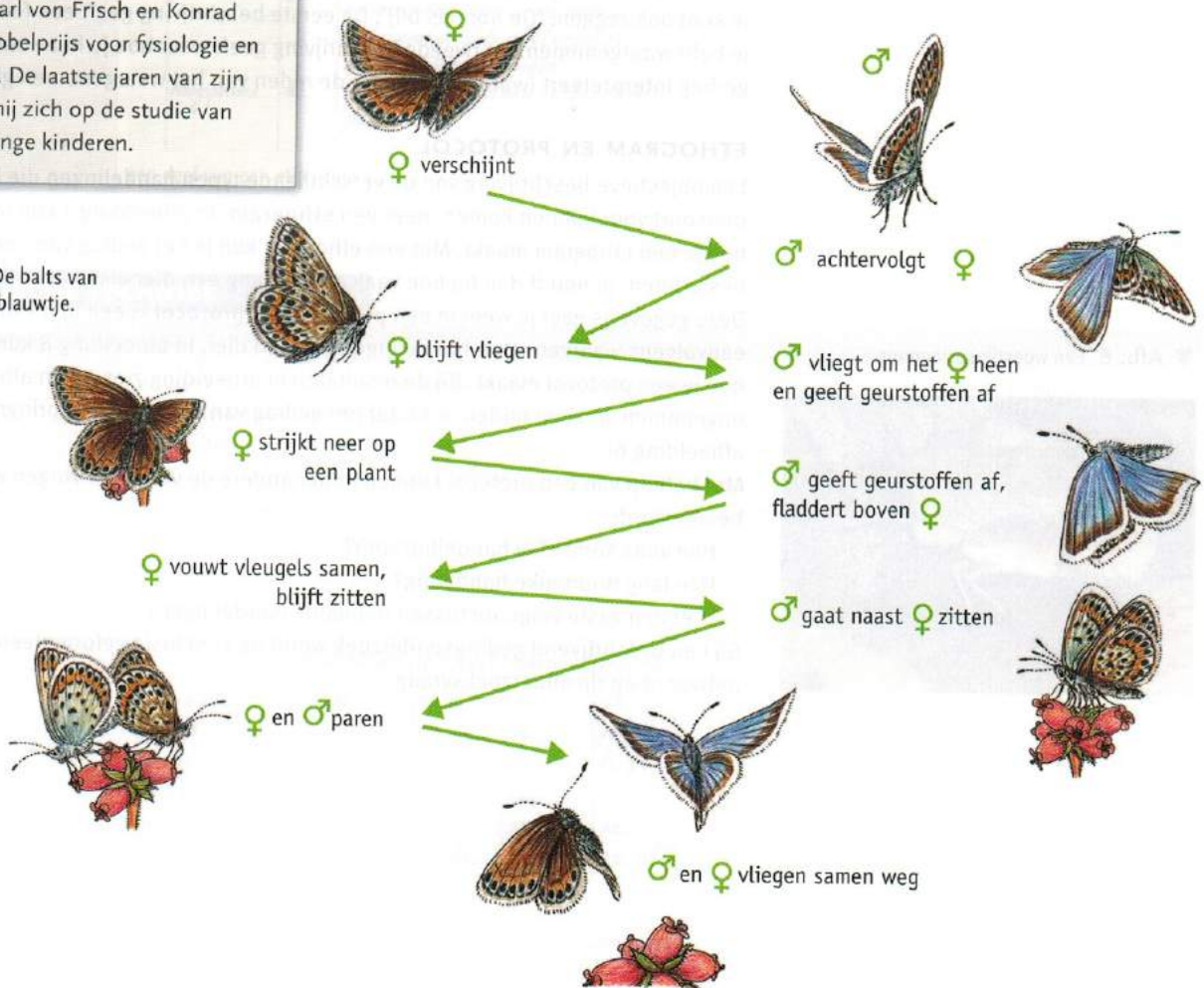
Voor zijn onderzoekswerk ontving hij in 1973, samen met Karl von Frisch en Konrad Lorenz, de Nobelprijs voor fysiologie en geneeskunde. De laatste jaren van zijn leven richtte hij zich op de studie van autisme bij jonge kinderen.

In basisstof 1 heb je geleerd dat gedrag is opgebouwd uit handelingen. Handelingen met een gemeenschappelijk doel vormen samen een **gedrags-systeem**. Voedingsgedrag en voortplantingsgedrag zijn voorbeelden van gedrags-systemen die bij dieren en mensen voorkomen. Gedragsystemen die alleen bij mensen voorkomen, zijn bijvoorbeeld kookgedrag, rijgedrag, studeergedrag en onderzoeksgedrag. De handelingen in een gedragsysteem volgen elkaar vaak in een vaste volgorde op. Als het effect van de ene handeling leidt tot een volgende handeling spreken we van een **gedragsketen**.

Balts is een vorm van voortplantingsgedrag. In thema 2 Voortplanting heb je de balts van stekelbaarsjes gezien. De Nederlandse etholoog Niko Tinbergen (zie afbeelding 4) heeft veel onderzoek gedaan naar het gedrag van de stekelbaars.

De balts is een goed voorbeeld van een gedragsketen. Een keten van handelingen tussen een mannetje en een vrouwtje leidt uiteindelijk tot bevruchting van de eieren. In afbeelding 5 is de balts van het heideblauwtje (een vlindersoort) schematisch weergegeven. De balts is een voorbeeld van sociaal gedrag.

► Afb. 5 De balts van het heideblauwtje.



## opdracht 3

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is een gedragssysteem? En wat is een gedragsketen?
- 2 Noem drie mogelijke handelingen van het zoekgedrag van de reddingshond. Vormt het zoekgedrag een gedragssysteem? Licht je antwoord kort toe.
- 3 Bij welk gedragssysteem behoort de balts?
- 4 Waardoor is de balts een voorbeeld van sociaal gedrag?
- 5 Vormen de opeenvolgende handelingen bij huiswerk maken een gedragssysteem? Leg je antwoord uit.
- 6 En vormen de opeenvolgende handelingen bij huiswerk maken een gedragsketen? Leg je antwoord uit.
- 7 Het is niet gemakkelijk om bij mensen een aangeboren gedragsketen aan te wijzen. Geef daarvoor een verklaring.

Nauwkeurig waarnemen is een voorwaarde voor het begrijpen en beïnvloeden van gedrag. Het gedrag van wolven is zorgvuldig bestudeerd om reddingshonden op de juiste manier te kunnen trainen. Bij de bestudering van gedrag maakt een etholoog een nauwkeurige beschrijving van elk type handeling. Zo'n beschrijving moet **objectief** zijn. Alleen waargenomen feiten mogen erin worden vermeld; geen meningen of interpretaties van de waarnemer.

Dit wordt duidelijk aan de hand van een voorbeeld. Een hond die met de staart kwispelt, kun je als volgt beschrijven: 'De hond beweegt de staart heen en weer'. Je kunt ook zeggen: 'De hond is blij'. De eerste beschrijving geeft een feit weer dat je hebt waargenomen. De tweede beschrijving geeft weer hoe je het waargenomen gedrag interpreteert (wat jij denkt over de reden van het waargenomen gedrag).

**ETHOGRAM EN PROTOCOL**

Een objectieve beschrijving van de verschillende typen handelingen die bij een diersoort voor kunnen komen, heet een **ethogram**. In afbeelding 7 kun je lezen hoe je een ethogram maakt. Met een ethogram kun je het gedrag van een dier bestuderen. Je houdt dan bij hoe vaak en hoe lang een dier elke handeling uitvoert. Deze gegevens geef je weer in een protocol. Een **protocol** is een lijst van de achter-eenvolgens waargenomen handelingen van een dier. In afbeelding 8 kun je lezen hoe je een protocol maakt. Bij de resultaten in afbeelding 7 en 8 zijn afbeeldingen opgenomen van een onderzoek naar het gedrag van een woestijnspringmuis (zie afbeelding 6).

Met behulp van een protocol kunnen onder andere de volgende vragen worden beantwoord:

- Hoe vaak komt elke handeling voor?
- Hoe lang duurt elke handeling?
- Is er een vaste volgorde tussen bepaalde handelingen?

Bij een beschrijvend gedragsonderzoek wordt de conclusie geformuleerd als het antwoord op de onderzoeksvraag.

▼ Afb. 6 Een woestijnspringmuis.



## ▼ Afb. 7

**BIOLOGISCHE TECHNIK****EEN ETHOGRAM MAKEN**

Doel	Een lijst maken met objectieve beschrijvingen van de handelingen die bij een diersoort voor kunnen komen.
Werkwijze	<p>Observeer de handelingen bij een gedragssysteem van een aantal dieren die representatief zijn voor de soort.</p> <p>Maak een tabel met drie kolommen: handeling, afkorting, beschrijving.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Noteer in de eerste kolom één woord dat de handeling beschrijft.</li> <li>– Noteer in de tweede kolom een afkorting voor het gekozen woord.</li> <li>– Noteer in de derde kolom de objectieve beschrijving van het gedrag.</li> </ul>
Resultaat	Een ethogram dat je kunt gebruiken om een protocol te maken.

Handeling	Afk.	Beschrijving
bijzen	bij.	knagen aan materiaal anders dan voer
drinken	dr.	water oplikken uit flesje of bakje
eten	et.	pakken van voer in de bek waarop een kauwende beweging volgt
graven	gr.	met de voorpoten in de grond heen en weer bewegen; soms wordt het zand met de achterpoten naar achteren gepooit
hoogspieden	hs.	recht omhoog staan op de achterpoten met

een deel van een ethogram van een woestijnmuis

## ▼ Afb. 8

**BIOLOGISCHE TECHNIK****EEN PROTOCOL MAKEN**

Doel	<p>Een overzicht maken van de achtereenvolgens voorkomende handelingen die een dier gedurende een bepaalde periode vertoont.</p> <p>Aan de hand van een protocol kunnen uitspraken worden gedaan over het gedrag van een dier.</p>
Werkwijze	<p>Observeer gedurende een bepaalde tijd, bijvoorbeeld vijf minuten of een uur, het gedrag van een dier.</p> <p>Maak een tabel met de tijden en noteer bij elk tijdstip de op dat moment voorkomende handeling.</p> <p>Gebruik daarbij de afkortingen uit het ethogram.</p>
Resultaat	Een protocol van het gedrag van het bestudeerde dier.

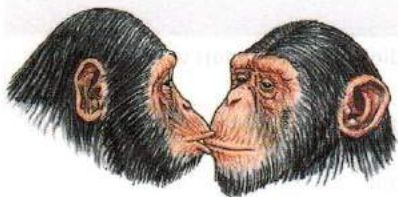
	1e minuut	2e minuut	3e minuut	4e minuut	5e minuut
0-5 s	sz.	gr.	et.	bij.	pa.
6-10 s	sz.	gr.	et. dr.	bij.	pa. ls.
11-15 s	sz.	gr. ls.	dr. et.	bij. ls.	ls. pa.
16-20 s	sz.	gr. ls.	et.	sz.	sz.
21-25 s	sz. re.	gr.	et.	sz.	sz.
26-30 s	sz. dr.	gr.	ls. hs.	sz.	sz. sl.

een deel van een protocol van een onderzoek bij woestijnmuizen

## opdracht 4

## Beantwoord de volgende vragen.

▼ Afb. 9 Een handeling van apen.



- 1 Wat is een ethogram? En wat is een protocol?
- 2 In afbeelding 9 is een handeling van apen weergegeven. Een leerling zegt hierover: 'De apen kussen elkaar, omdat ze elkaar graag mogen.'  
Waarom is deze bewering niet ethologisch correct?
- 3 Maak een ethologisch correcte beschrijving van het gedrag van deze apen.
- 4 In het ethogram en in het protocol worden afkortingen gebruikt voor de handelingen.  
Wat is daarvan het voordeel?
- 5 Het gebruik van een ethogram en een protocol zijn delen van een beschrijvend gedragsonderzoek.  
Bij welke stap in een onderzoeksverslag horen het ingevulde ethogram en het ingevulde protocol?
- 6 Hoe kun je op basis van het ingevulde protocol vaststellen of de waargenomen handelingen een gedragsketen vormen?
- 7 Geef een voorbeeld van een onderzoeksvraag bij een beschrijvend gedragsonderzoek.
- 8 Een beschrijvend onderzoek kent geen hypothese en geen voorspelling.  
Welke vorm heeft de conclusie bij beschrijvend gedragsonderzoek?

## opdracht 5

## PRACTICUM

## ETHOLOGISCH ONDERZOEK

<b>Inleiding</b>	In dit practicum werk je met z'n tweeën. Alle dieren vertonen gedrag. Je gaat gedrag bij een dier onderzoeken. Je kunt direct gedrag bij een levend dier onderzoeken of gebruikmaken van een videofilm. Kies in overleg met je docent welk dier (of mens) je gaat onderzoeken en waar je waarnemingen gaat doen. Het doel van dit practicum is om te leren werken met een ethogram en een protocol. Ook maak je kennis met het doen van gedragsonderzoek.
<b>Probleemstelling</b>	Noteer de probleemstelling die je wilt onderzoeken. Bijvoorbeeld: komen de handelingen van het voedingsgedrag van het dier altijd in een vaste volgorde voor?
<b>Materiaal</b>	Noteer welke materialen je nodig hebt. Voorbeelden van materialen die je nodig kunt hebben, zijn: <ul style="list-style-type: none"> <li>– schrijfmateriaal</li> <li>– klembord</li> <li>– stopwatch (of horloge met seconde-aanduiding)</li> <li>– verrekijker</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bestudeer dieren van de soort die je wilt onderzoeken en maak een ethogram van de handelingen die je waarneemt. Gebruik hierbij afbeelding 7.</li> <li>– Bestudeer het gedrag van één dier dat je wilt onderzoeken en maak een protocol van het waargenomen gedrag. Gebruik hierbij afbeelding 8.</li> <li>– Werk daarbij als volgt samen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eén leerling geeft telkens aan wanneer de tijd (bijvoorbeeld 5 seconden of 30 seconden) om is.</li> <li>• Eén leerling noteert de afkortingen van deze handelingen.</li> </ul> </li> <li>– Maak een verslag van je onderzoek. Gebruik hierbij dit schema.</li> </ul>
<b>Resultaten</b>	– Geef hier zowel het ethogram als het protocol weer.
<b>Conclusie</b>	– Formuleer op basis van je resultaten het antwoord op de probleemstelling.

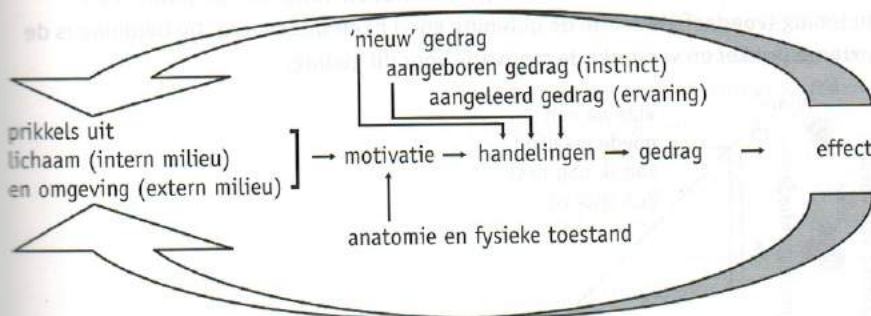
# 3 Het ontstaan van gedrag

Gedrag heeft verschillende vormen en functies. Welke handeling een dier of mens op een bepaald moment uitvoert, hangt af van de interactie tussen het dier en zijn omgeving. De factoren bij het dier die hierbij een rol spelen zijn: **erfelijk gedrag** (aangeboren), **aangeleerd gedrag** (ervaring), de anatomie (bouw) en de fysiologie (behoeften). Honden, stekelbaarzen en vlinders verschillen in deze eigenschappen en dus ook in hun gedrag. Ook de gezondheidstoestand en het ontwikkelingsstadium van het dier hebben invloed op het gedrag.

Aangeboren en aangeleerd gedrag is informatie over de best aangepaste handwijze. Een dier registreert zowel prikkels uit zijn omgeving als interne prikkels over zijn inwendige toestand. De hersenen combineren deze informatie met de informatie over het aangeboren en aangeleerde gedrag. Bij de keuze van de best aangepaste reactie maakt een dier gebruik van aangeleerd en aangeboren gedrag of ontwikkelt een dier nieuw gedrag. Door een handeling van een dier veranderen de omgeving en de fysiologische

toestand van het dier (terugkoppeling), waarna een nieuwe handeling ontstaat. De reeks handelingen vormt het gedrag. Gedrag bestaat dus uit een mengsel van aangeboren, aangeleerde en eventueel nieuwe handelingen (zie afbeelding 10). Gedrag wordt mede bepaald door natuurlijke selectie. Gedrag dat het voortplantingssucces van een dier vergroot, heeft een grotere kans ook bij de nakomelingen voor te komen.

▼ **Afb. 10** Schema van factoren die een rol spelen bij de totstandkoming van gedrag.



## PRIKKELS EN MOTIVATIE

Dieren reageren op prikkels. Prikkels kunnen zowel afkomstig zijn uit het lichaam als uit de omgeving. Het interne milieu van een dier streeft naar normwaarden voor allerlei omstandigheden zoals voedingstoestand, vochttoestand en temperatuur (homeostase). Door afwijkingen van de normwaarden ontstaan **interne prikkels**. Zintuigen (sensoren) in het lichaam geven de inwendige fysiologische toestand aan. Via de zintuigen aan de buitenzijde van het lichaam, ontvangt een dier prikkels uit zijn omgeving: **externe prikkels**. De interne en externe prikkels bepalen grotendeels de motivatie en de kans dat een bepaald gedrag ontstaat. Daarnaast speelt ervaring een rol.

**Motivatie (drang)** is de bereidheid om bepaalde gedragssystemen uit te voeren. Voorbeelden van motivatie zijn: voedingsdrang (honger en dorst), vluchtdrang (behoefte aan veiligheid) en voortplantingsdrang (paringsdrang, verzorgingsdrang). Motivatie en gedrag veranderen voortdurend onder invloed van prikkels. Motivaties voor verschillende gedragssystemen beïnvloeden elkaar.

Zintuigen en hersenen selecteren de belangrijkste prikkels uit de omgeving. Interne prikkels en ervaring spelen daarbij een rol. De best aangepaste respons op interne en externe prikkels zorgt voor een maximale overlevingskans. Een geslachtsrijp stekelbaarsmannetje bijvoorbeeld kan zijn voedingsgedrag onderbreken om een vrouwtje naar zijn nest te leiden. Ook bij mensen hangen keuzes samen met hun

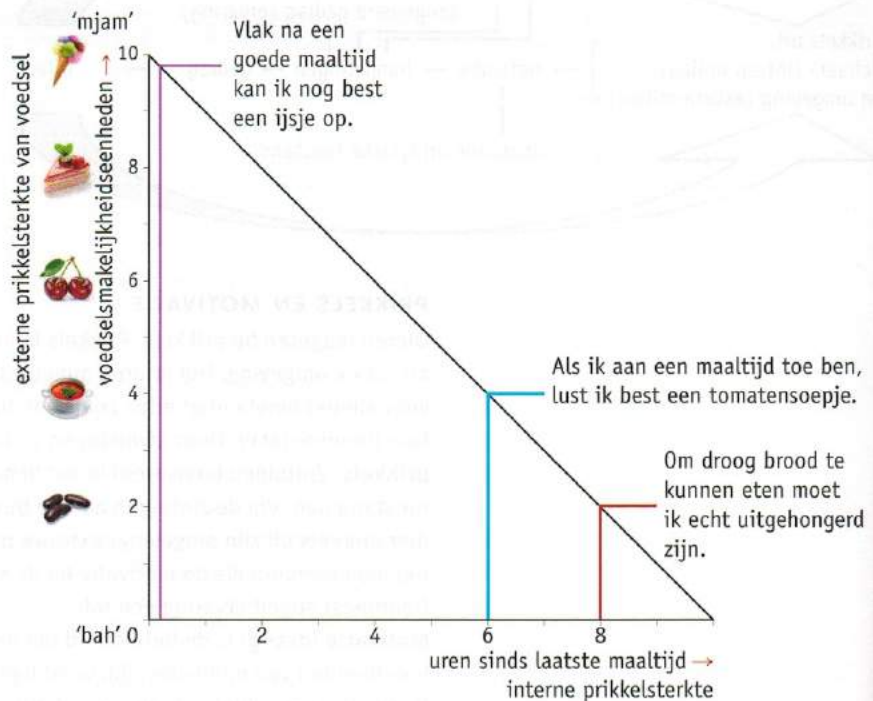


motivatie. Iemand die een vermageringsdieet volgt zal daardoor in een supermarkt andere producten kiezen dan wanneer hij of zij geen dieet zou volgen.

De motivatie om bepaald gedrag te vertonen kan worden versterkt of verzwakt door de sterkte van bepaalde inwendige en uitwendige prikkels. Een zwakke interne prikkel in combinatie met een sterke externe prikkel kan toch voldoende motivatie teweegbrengen om een gedragssysteem in gang te zetten (zie afbeelding 11). Eetlust (voedingsdrang) ontstaat doordat hormonen en zenuwen veranderingen over de voedingstoestand van het lichaam (interne prikkel) doorgeven aan de hersenen. Centra voor honger en dorst in de hersenstam verwerken deze gegevens. Het zien van lekker voedsel (externe prikkel) vergroot de motivatie voor voedingsgedrag. Voordat je kunt gaan eten, moet je meestal een aantal voorbereidende handelingen verrichten. Het eten van het voedsel stimuleert in het begin je eetlust, later remt het je eetlust. Als je voldoende hebt gegeten verdwijnt de motivatie doordat zintuigen de verandering in je lichaam waarnemen. Je bent verzadigd en bovendien is de externe prikkel verdwenen. Effectief gedrag verzwakt uiteindelijk de motivatie. Een sterkere externe prikkel kan de motivatie en het gedrag weer veranderen.

Soms ontstaat gedrag zonder dat daarvoor een interne prikkel aanwijsbaar is. Een orka die optreedt in een show bijvoorbeeld, ontvangt van de trainer een beloning (voedsel) nadat hij de oefening goed heeft uitgevoerd. De beloning is de externe prikkel en versterkt de motivatie voor dit gedrag.

► Afb. 11 Prikkelsterkte en eetgedrag.



#### opdracht 6

#### Beantwoord de volgende vragen.

Gebruik bij de vragen 1 tot en met 5 de tekst uit basisstof 1 en 2.

- 1 Noem een aangeboren fysieke eigenschap en een aangeboren gedragseigenschap die de Mechelse herder geschikt maakt als reddingshond.
- 2 Waarvoor is het belangrijk dat de reddingshond gezonde voeding krijgt, voldoende beweegt en onder controle staat bij een dierenarts?
- 3 Wat moet een hond leren om hem geschikt te maken voor reddingswerk?
- 4 Wat is de motivatie voor de heideblauwtjes om baltsgedrag te vertonen?

- 5 Vissen hebben een goed ontwikkeld reukzintuig. Noem drie redenen waarom stekelbaarzen toch niet geschikt zijn als 'reddingsvis' bij het opsporen van levende mensen onder het puin.
- 6 Het Voedingscentrum adviseert om niet met een lege maag boodschappen te gaan doen. Verklaar dit advies.
- 7 Je kunt honger (interne prikkel) hebben en toch geen eetlust (voedingsdrang). Geef een voorbeeld van een interne prikkel en van een externe prikkel die je de eetlust kunnen ontnemen.

### PERIODIEKE INVLOEDEN

Het zenuwstelsel en hormoonstelsel regelen de communicatie tussen de organen en de hersenen. Het regelstelsel kan zelf de motivatie beïnvloeden. Concentratieveranderingen van neurotransmitters in de hersenen veroorzaken een aangeboren slaap-waakritme. Voortplantingsdrang komt voor een belangrijk deel tot stand door de afgifte van bepaalde hormonen in de hersenen. De concentratie van de voortplantingshormonen verandert gedurende de levenscyclus. De hormoonspiegel kan ook veranderen onder invloed van jaarlijkse of maandelijke cycli. Bijvoorbeeld door veranderingen in de daglengte of de temperatuur. Bij veel diersoorten heeft de **daglengte** invloed op de voortplanting. Bij vogels bijvoorbeeld gaat de hypofyse onder invloed van de toenemende hoeveelheid licht in het voorjaar hormonen afgeven. Onder invloed van deze hypofysehormonen komen de geslachtsorganen tot ontwikkeling, en gaan ze geslachtshormonen produceren. De geslachtscellen gaan rijpen en de secundaire geslachtskenmerken komen tot ontwikkeling. Onder invloed van de geslachtshormonen neemt de motivatie voor voortplantingsgedrag toe. Mannetjes en vrouwtjes die geslachtsrijp zijn, gaan baltsgedrag vertonen. In het najaar neemt de afgifte van hypofysehormonen weer af en krimpen de geslachtsorganen. Ook bij verschillende soorten vissen, reptielen en zoogdieren speelt licht een rol bij de ontwikkeling van geslachtscellen en bij het tot stand komen van voortplantingsgedrag. Bij amfibieën worden deze processen mede beïnvloed door de **temperatuur**. Als in het voorjaar de temperatuur stijgt, gaan amfibieën voortplantingsgedrag vertonen. Periodieke invloeden hebben, via hormonen, een sterke invloed op het gedrag.

### opdracht 7

#### Beantwoord de volgende vragen.

Hieronder staan drie voorbeelden van gedrag. Noteer van elk voorbeeld de motivatie en de externe prikkel.

- 1 Een nachtpauwoogmannetje (zie afbeelding 12.1) vliegt op een vrouwtje af als hij haar geurstof ruikt.
- 2 Blinde mereljongen sperren hun bek wijd open wanneer een van de ouders op het nest landt (zie afbeelding 12.2).
- 3 Een bosuil duikt op een muis af (zie afbeelding 12.3).

#### ▼ Afb. 12



1



2



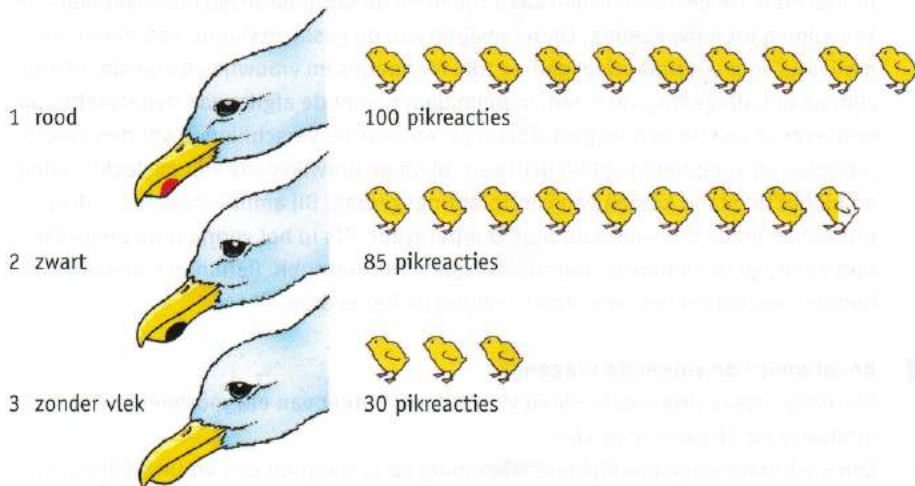
3

## opdracht 8

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Wat is motivatie (drang)?
- 2 Wat is voor een reddingshond de externe prikkel om zoekgedrag te vertonen?
- 3 Welke interne prikkels vergroten de motivatie voor het zoekgedrag van een reddingshond?
- 4 Een jachtluipaard die net heeft gegeten, reageert niet als hij een prooi ziet. Waardoor komt bij de jachtluipaard geen jachtgedrag tot stand?
- 5 Een gezegde is: 'Honger maakt rauwe bonen zoet.'  
Leg met behulp van dit gezegde uit dat interne prikkels en externe prikkels beide van invloed zijn op motivatie en gedrag.
- 6 De motivatie voor voedingsgedrag wordt geremd door het resultaat van voedingsgedrag.  
Is dit een voorbeeld van negatieve terugkoppeling? Licht je antwoord toe.
- 7 Wat is het voordeel van het selecteren van alleen belangrijke veranderingen (prikkels) in je omgeving?
- 8 Een kweker van vogels wil kunstmatig het leggen van eieren vroeger in het voorjaar laten plaatsvinden.  
Op welke manier zou de kweker dit kunnen doen? Leg je antwoord uit.

▼ **Afb. 13** Een rode snavelvlek is de sleutelprikkel voor het pikgedrag van meeuwenjongen.



## SLEUTELPRIKKELS EN SUPRANORMALE PRIKKELS

Niko Tinbergen deed onder andere onderzoek naar de invloed van bepaalde prikkels op het gedrag van meeuwenjongen. Het viel hem op dat een meeuw

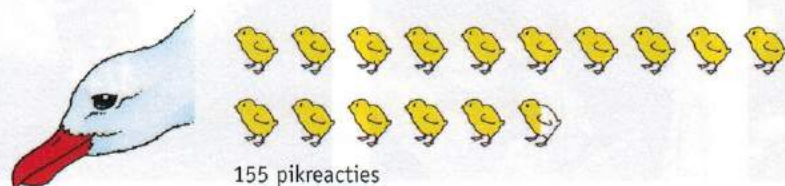
voedsel opbraakt voor een jong, wanneer het jong naar de rode vlek op de snavel van de ouder pikt. Uit onderzoek bleek dat hongerige meeuwenjongen ook naar de rode snavelvlek op een model van de kop van een meeuw pikken (zie afbeelding 13.1). Naar een model met een zwarte snavelvlek pikken ze minder vaak (zie afbeelding 13.2) en naar een model zonder snavelvlek pikken ze vrijwel niet (zie afbeelding 13.3). Blijkbaar veroorzaakt de rode vlek een sterkere motivatie voor het pikgedrag dan de kop van de

meeuw. Een prikkel die een doorslaggevende rol speelt bij het veroorzaken van gedrag wordt een **sleutelprikkel** genoemd. De rode snavelvlek is een sleutelprikkel voor het pikgedrag van meeuwenjongen.

Aan meeuwenjongen werd ook een volledig rode snavel aangeboden. Hier pikten de meeuwenjongen nog vaker naar dan naar een gele snavel met een rode vlek

(zie afbeelding 14). Ook uit andere experimenten blijkt dat bepaalde kunstmatige prikkels een sterker gedrag opwekken dan de natuurlijke sleutelprikkel. We noemen een dergelijke prikkel een **supranormale prikkel**. Een supranormale prikkel is effectiever

▼ **Afb. 14** Een rode snavel is een supranormale prikkel voor het pikgedrag van meeuwenjongen.



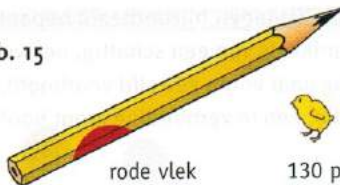
bij het veroorzaken van een bepaald gedrag dan de normale sleutelprikkel. Sleutelprikkel spelen een rol bij aangeboren gedrag. Voorbeelden zijn het voedingsgedrag van het meeuwenjong en het baltsgedrag van de stekelbaars. Nachtvlinders laten zich instinctief vallen bij het waarnemen van de sonar van een vleermuis. Reacties op sleutelprikkel zijn voorspelbaar. De voorspelbaarheid maakt misbruik van de aangeboren respons door andere dieren of mensen mogelijk. Het vrouwtje van de koekoek legt haar eieren in het nest van een andere vogel, die vervolgens het ei uitbroedt. Voor de andere vogel is het zien van een ei de sleutelprikkel voor het broeden. Ook reclame maakt vaak gebruik van sleutelprikkel en supranormale prikkel.

## opdracht 9

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Een potlood met een rode vlek blijkt bij meeuwenjongen een sterker pikgedrag op te wekken dan een model met een rode snavelvlek (zie afbeelding 15). Leg uit dat het zien van zo'n potlood zowel een sleutelprikkel als een supranormale prikkel kan worden genoemd.

► Afb. 15



rode vlek



130 pikreacties

- 2 Een mannelijk roodborstje verdedigt in het voorjaar zijn territorium tegen andere roodborstmannetjes. Het mannetje neemt dan onder andere een dreighouding aan (zie afbeelding 16.1). Het mannetje neemt ook een dreighouding aan tegen een opgezet roodborstmannetje dat in het territorium wordt gezet. Tegen een roodborstmannetje zonder rode keelvlek wordt geen dreighouding aangenomen. Tegen een propje felrode watten op een ijzerdraadje wordt een zeer sterke dreighouding aangenomen (zie afbeelding 16.2). Wat is de sleutelprikkel bij dit territoriumgedrag van het roodborstje? En wat is de supranormale prikkel bij dit territoriumgedrag?

► Afb. 16 Roodborstje.



1 dreighouding



2 tegen een propje watten wordt een zeer sterke dreighouding aangenomen

- 3 Stierenvechters gebruiken een rode lap om de stier uit te dagen. Stieren zijn kleurenblind. Wat kan de sleutelprikkel zijn voor het aanvalsgedrag van de stier?

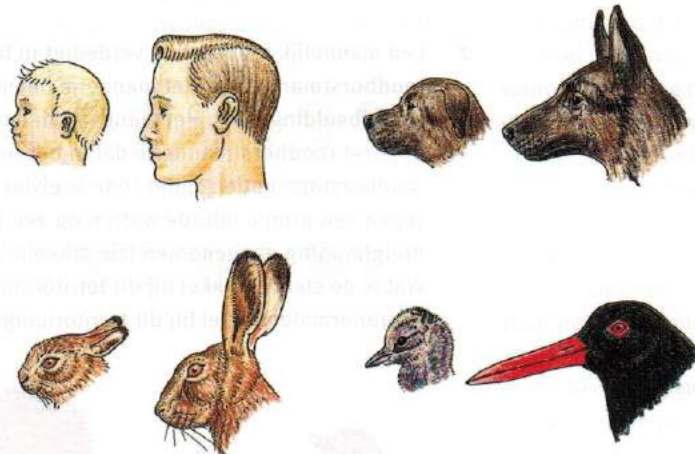
- 4 Het vrouwtje van de koekoek legt haar eieren in de nesten van andere soorten vogels, zoals een karekiet. Een karekiet is veel kleiner dan een koekoek. Het koekoeksjong is al snel veel groter dan de karekieten die het koekoeksjong verzorgen. De opengesperde bek van een koekoeksjong is rood. In sommige boeken wordt de opengesperde bek van een koekoeksjong daarom beschreven als een supranormale prikkel voor de karekietouders. Onderzoekers voerden een aantal experimenten uit waarbij ze twee karekietnesten aan elkaar vastmaakten, één met een karekietenjong en één met een koekoeksjong. Er was slechts één karekietenouderpaar dat de zorg voor beide jongen op zich kon nemen. Het paar bleek beide jonge vogeltjes evenveel voedsel aan te bieden. In het onderzoeksrapport van de onderzoekers is de bewering te lezen dat de opengesperde bek van een koekoeksjong een supranormale prikkel is voor de karekietouders. Hoe kun je de bewering in het onderzoeksrapport noemen: een hypothese, een waarneming of een conclusie?

▼ **Afb. 17** Vader met babydochter.



Ook mensen zijn gevoelig voor sleutelprikkels. Zij vinden bijvoorbeeld bepaalde kenmerken van een baby schattig. De sleutelprikkels van een schattig, lief wezentje zijn: een rond gezicht, bolle wangen, een hoog naar voren gewelfd voorhoofd, grote ogen, een wipneus, een klein zuigmondje, een in verhouding groot hoofd en mollige lichaamsvormen (zie afbeelding 17).

► **Afb. 18** Gezichten met en gezichten zonder sleutelprikkels voor vertroetelen.



► **Afb. 19** Versterkte sleutelprikkels van het kinderschema bij een pop.



► **Afb. 20** Supranormale prikkel: vuurrode lippen.



De gedragsonderzoeker Konrad Lorenz noemde het totaal van deze sleutelprikkel het kinderschema. Deze sleutelprikkel veroorzaakt bij veel mensen een neiging tot verzorgen en vertroetelen. In afbeelding 18 zie je links steeds de gezichten die mensen schattig vinden en willen vertroetelen en rechts gezichten waarbij de sleutelprikkel hiervoor ontbreekt.

In strips en bij poppen en knuffeldieren worden de sleutelprikkel van het kinderschema vaak nog wat versterkt (zie afbeelding 19). Ze werken dan als supranormale prikkel. In de reclame en bij optredens van popidolen wordt vaak gebruikgemaakt van supranormale prikkel. Een ander voorbeeld van een supranormale prikkel bij mensen zijn felrood gekleurde lippen (zie afbeelding 20). Supranormale prikkel verleiden vaak tot ondoelmatig gedrag. De reactie van mensen op sleutelprikkel en supranormale prikkel is veel minder voorspelbaar dan van dieren. Mensen kunnen afleren om op sleutelprikkel te reageren. Dat neemt niet weg dat sleutelprikkel en supranormale prikkel een grote invloed op het gedrag van mensen kunnen hebben.

## opdracht 10

▼ Afb. 21



► Afb. 22

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Van welke sleutelprikkel is bij het maken van de pop van afbeelding 19 gebruikgemaakt?
- 2 Welke motivatie past bij afbeelding 20?
- 3 Het Wereld Natuur Fonds gebruikt als symbool de panda (zie afbeelding 21). Dit symbool blijkt veel mensen aan te spreken. Leg uit hoe dit komt.

Ook in de mode wordt gebruikgemaakt van supranormale prikkel. In afbeelding 22 staat een mannequin afgebeeld met daarnaast een modetekening.

- 4 Bij de selectie van mannequins wordt vaak gelet op bepaalde uiterlijke kenmerken die fungeren als supranormale prikkel. Noem twee van deze kenmerken.
- 5 In de modetekening van afbeelding 22.2 zijn de supranormale prikkel nog extra aangezet. Geef hiervan twee voorbeelden.



1 model



2 modetekening

# 4 Aangepast gedrag

▼ Afb. 23 Aangeboren gedrag.



Nakomelingen krijgen via hun genen niet alleen de uiterlijke eigenschappen mee van hun voorouders, maar ook informatie over het meest succesvolle gedrag. Het dierlijke genotype bevat gedragsrecepten voor veel situaties. Het grote voordeel van dit **aangeboren gedrag** (instinct) is dat dieren al vanaf de geboorte het passende gedrag kunnen vertonen bij een bepaalde combinatie van interne en externe prikkels. Het nadeel van aangeboren gedrag is dat het star is en in een onverwachte situatie niet altijd effectief. Een hongerige baby zuigt even goed op een pink als aan de borst (zie afbeelding 23).

## EEN EXPERIMENT MET KIEVITEN

Hoe dit nadeel kan worden overwonnen door leerprocessen, blijkt uit een experiment met kieviten. In een vochtig grasland maken kieviten vaak trappelende bewegingen met hun poten (zie afbeelding 24). Dit kan tot gevolg hebben dat er wormen uit de grond komen. De kieviten eten deze wormen.

In een experiment werden kievitseieren in een broedmachine uitgebreed. De kievitsjongen kregen geen soortgenoten te zien. Toen de (hongerige) jongen op een vochtige dweil werden gezet, maakten ze trappelende bewegingen met hun poten. Hieruit blijkt dat het trappelen van kieviten door erfelijke factoren is bepaald.

Het trappelen heeft onder 'normale' omstandigheden zin: in een vochtig grasland levert het trappelen voedsel op voor een kievit. Het trappelen op een vochtige dweil

levert geen voedsel op. Op een vochtige dweil stopt een kievit vrij snel met trappelen. Als een kievit vaker op een vochtige dweil wordt gezet, trappelt hij helemaal niet meer. Door ervaring leert deze kievit dat het trappelen op een natte dweil geen voedsel oplevert. De vochtige ondergrond is voor de hongerige kievit een sleutelprikkels om te gaan trappelen. De respons op de sleutelprikkels is aangeboren en in de onverwachte situatie niet effectief. Het gedrag van de kievit is veranderd. Hij heeft geleerd.

▼ Afb. 24 Een trappelende kievit.



### LEERPROCESSEN

Gedrag wordt bepaald door erfelijke factoren en door **leerprocessen**. Bij veel dieren (en bij de mens) komen leerprocessen voor. Wat een dier kan leren is afhankelijk van de soort waartoe het dier behoort. Een tijger leert bijvoorbeeld andere dingen dan een giraffe. Door iets te leren, kunnen dieren (en mensen) zich aanpassen aan veranderende omstandigheden. Een dier of mens heeft iets geleerd als het gedrag langdurig verandert. Op basis van ervaringen tijdens het leven, ontwikkelt het gedrag zich door leerprocessen. Hierdoor ontstaat beter aangepast gedrag dat de overlevingskansen van individuen in hun omgeving vergroot.

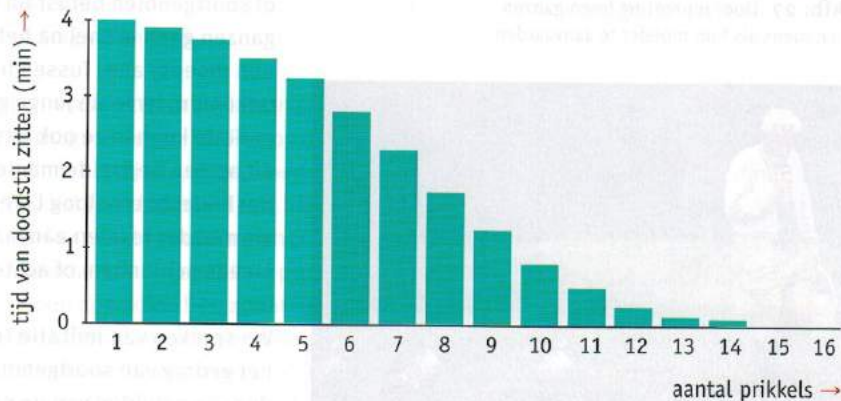
Leren kan op verschillende manieren plaatsvinden: door inprenting, door gewenning, proefondervindelijk en door inzicht. Dieren leren van soortgenoten (of mensen) door imitatie en door conditionering (dressuur, opvoeding en onderwijs). Vergeleken met dieren, hebben mensen een groot leervermogen. Leerprocessen komen in natuurlijke situaties voor (gewenning, trial and error) of worden gebruikt om gedragsverandering te beïnvloeden (conditionering).

**Gewenning en proefondervindelijk leren**

Als de kans op reactie op een prikkel afneemt bij herhaaldelijke toediening van die prikkel, spreken we van **gewenning**. Een muis vertoont een schrikreactie na een hard geluid. De muis duikt dan doodstil in elkaar en blijft enkele minuten zo zitten. Wanneer het geluid wordt herhaald, duurt de schrikreactie steeds korter. Op het laatst blijft de schrikreactie uit (zie afbeelding 25). Het dier is dan gewend geraakt aan het geluid. Bij gewenning gaat het om het afleren van reacties op bepaalde gebeurtenissen in de omgeving. Het is een eenvoudige vorm van leren die voorkomt dat het centrale zenuwstelsel (hersenen) overbelast raakt met onbelangrijke informatie.

In natuurlijke omstandigheden leren veel dieren **proefondervindelijk** door ervaringen die ze opdoen bij het uitvoeren van bepaald gedrag. Een insectenetende vogel bijvoorbeeld vermijdt alle zwart-oranje gekleurde rupsen, na enkele keren de vieze smaak van een zwart-oranje rups te hebben geproefd. We noemen dit proefondervindelijk leren ook wel leren door **'trial and error'**. De kievit leert door trial and error dat het geen zin heeft om op een natte dweil te trappelen. Als de uitgevoerde handeling geen beloning oplevert, neemt de frequentie van de handeling af. Bij beloning neemt de handelingsfrequentie juist toe. Leren door gewenning en door trial and error zijn basisvormen van leren en komen ook bij mensen voor.

► **Afb. 25** Gewenning bij een muis.

**opdracht 11****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Wat is onder natuurlijke omstandigheden het nut van gewenning?
- 2 Bij een muis is gewenning aan een bepaald hard geluid opgetreden. Deze muis reageert totaal niet meer op een hard geluid. Verwacht je een reactie als je deze muis aan een felle lichtflits blootstelt? Leg je antwoord uit.
- 3 Voor leren door 'trial and error' (proefondervindelijk leren) bestaan in het Nederlands verschillende synoniemen. Geef hiervan een voorbeeld.

**opdracht 12**

Voor elke handeling is het aandeel van erfelijke factoren en het aandeel van leerprocessen verschillend.

Noteer van de volgende gedragssystemen of ze grotendeels worden bepaald door erfelijke factoren of grotendeels door leerprocessen.

- 1 Een papegaai spreekt woorden uit.
- 2 Een stekelbaars voert een baltsritueel uit.
- 3 Een reddingshond gaat op zoek naar een slachtoffer.
- 4 Een baby zuigt melk bij de moeder.
- 5 Een meisje speelt piano.



## opdracht 13

## ▼ Afb. 26 Roerdomp in de paalhouding.



Wanneer de roerdomp, een in Nederland zeldzame reigersoort, merkt dat er gevaar dreigt, neemt hij de 'paalhouding' aan (zie afbeelding 26). Wordt de bedreiging sterker, dan pikt de roerdomp naar de ogen van de aanvaller. Onderzoekers konden deze afweerreactie steeds weer opwekken met een bepaald model: een kartonnen vlak met twee opgeplakte schijven. De oogpikbeweging van een roerdomp kan erfelijk vastgelegd zijn. Ook is het mogelijk dat dit gedrag is aangeleerd.

- 1 Stel een werkplan voor een experiment op (de methode), waarmee je kunt vaststellen of het naar de ogen pikken bij de roerdomp erfelijk is vastgelegd en niet is aangeleerd. Je mag er bij je proefopzet van uitgaan dat de roerdomp geen zeldzame vogel is en dat je de beschikking hebt over een aantal broedende roerdampen.
- 2 Welk resultaat van het experiment leidt tot de conclusie dat het oogpikgedrag erfelijk is vastgelegd? En welk resultaat leidt tot de conclusie dat het gedrag is aangeleerd?

*Inprenting en imitatie*

We spreken van **inprenting** wanneer dieren iets alleen leren in een bepaalde, korte periode in hun leven (de **gevoelige periode**). Het leren herkennen van ouders

of soortgenoten berust bij veel diersoorten op inprenting. Jonge ganzen gaan al snel na het uitkomen van de eieren op stap, achter hun moeder aan. Tussen het twaalfde en het zeventiende uur na het uitkomen, leren de jonge ganzen hoe hun moeder eruitziet. In deze periode kunnen ze ook iets anders als hun moeder aanvaarden, als dit op een bepaalde manier beweegt en bepaalde geluiden maakt. Het lukte de etholoog Lorenz om jonge ganzen hemzelf of een model als moeder te laten aanvaarden (zie afbeelding 27). De dieren bleven steeds achter hem of achter het model aan lopen.

## ▼ Afb. 27 Door inprenting leren ganzen een mens als hun moeder te aanvaarden.



We spreken van **imitatie (nabootsing)** wanneer dieren leren door het gedrag van soortgenoten na te doen. Jonge vogels leren de zang door de geluiden van de ouders na te bootsen. Soms wordt nieuw ontwikkeld gedrag geïmiteerd. Dat is bijvoorbeeld waargenomen bij een groep apen (makaken) op eilandjes voor de kust van Japan. De dieren werden bijgevoerd met onder andere aardappelen en graan. Eén van de jonge wijfjes ging de aardappelen wassen voordat ze deze at (zie afbeelding 28). Dit gedrag werd al snel overgenomen door de jonge dieren. De oudere dieren, vooral de oudere mannetjes, waren veel minder geneigd het gedrag te imiteren, maar gingen later toch ook de aardappelen wassen. Hetzelfde wijfje deed nog een andere ontdekking. Ze raapte de graankorrels niet langer stuk voor stuk tussen de zandkorrels op, maar harkte ze met haar handen bij elkaar en smeed ze met zand en al in het water. Het zand zonk en de korrels bleven drijven, zodat de korrels zonder moeite konden worden opgepikt. Ook dit gedrag werd door andere groepsleden geïmiteerd.

## ▼ Afb. 28 Leren door imitatie.



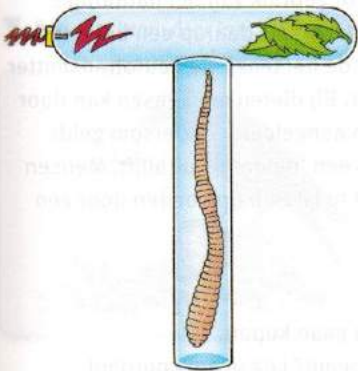
## opdracht 14

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Wat bedoelen we met de gevoelige periode?
- 2 Als je een parkiet tam wilt maken, moet je deze zo vroeg mogelijk bij de ouders vandaan halen. Leg uit waarmee dat samenhangt.

- 3 Bij de makaken aarzelden de oudere mannetjes om het gedrag van het jonge vrouwtje te imiteren, doordat het vrouwtje lager in rang staat. Uiteindelijk imiteerden ze het gedrag toch.  
Wat kan de reden zijn dat ze het gedrag uiteindelijk toch imiteerden?
- 4 Geef een voorbeeld van een handeling die je door imitatie hebt overgenomen van je beste vriend of vriendin.

▼ Afb. 29 Leren door conditionering.



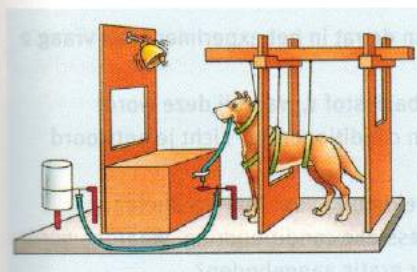
#### Conditionering

Bij conditionering leert een dier of mens bepaald gedrag via 'beloning' of 'straf'. Conditionering vindt plaats onder door mensen gecreëerde omstandigheden. Leren door conditioneren wordt veel toegepast bij dressuur, in opvoeding en in onderwijs. Het trainen van honden berust op conditionering. Bij dresseren in bijvoorbeeld een circus of een dolfinarium wordt dieren geleerd bepaald gedrag op commando uit te voeren.

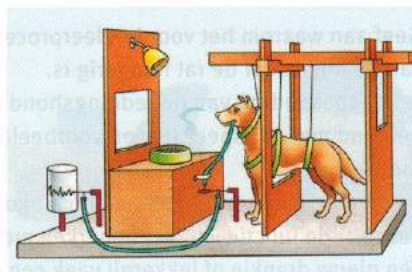
Veel dieren kun je **dresseren** door conditionering, zelfs een regenworm. Tijdens een experiment kon een regenworm in een T-vormige buis kiezen tussen linksaf of rechtsaf gaan (zie afbeelding 29). Als de worm linksaf ging, kreeg hij een zwakke elektrische schok. Als hij rechtsaf ging, kreeg hij voedsel. In het begin ging de worm ongeveer even vaak linksaf als rechtsaf. Na ongeveer honderd keer ging de worm alleen nog maar rechtsaf. Door een combinatie van straffen en belonen is het gedrag veranderd.

Een klassiek voorbeeld van conditionering zijn de proeven van de Russische gedragsonderzoeker Pavlov aan het begin van de twintigste eeuw. Hij liet zien dat een natuurlijke prikkel (voedsel) kan worden vervangen door een kunstmatige prikkel (een belgeluid) bij het veroorzaken van een natuurlijke respons. Pavlov werkte vooral met honden. Als een hond voedsel in zijn bek krijgt, gaan zijn speekselklieren speeksel produceren. Pavlov bracht door de wang een buisje aan in een speekselklier, zodat hij kon waarnemen of de hond speeksel produceerde (zie afbeelding 30). Vervolgens gaf hij het dier een aantal malen voedsel, wat telkens werd voorafgegaan door een bepaald geluid. Na enkele keren begon de speekselproductie al bij het horen van het geluid alleen, nog voordat de hond het voedsel had gezien of geroken. Ten slotte scheidde de hond ook speeksel af bij het horen van het geluid zonder dat er voedsel werd aangeboden. Pavlov noemde deze reactie een **geconditioneerde reflex**. De geconditioneerde reflex treedt op als aan een bepaalde, niet-natuurlijke conditie (voorwaarde) is voldaan. Bij deze vorm van conditioneren veroorzaakt een prikkel een bepaald gedrag dat oorspronkelijk niet door die prikkel werd veroorzaakt.

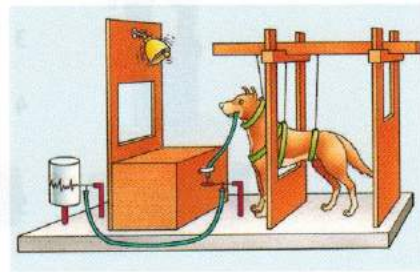
▼ Afb. 30 Het experiment van Pavlov: een geconditioneerde reflex.



1 de bel gaat

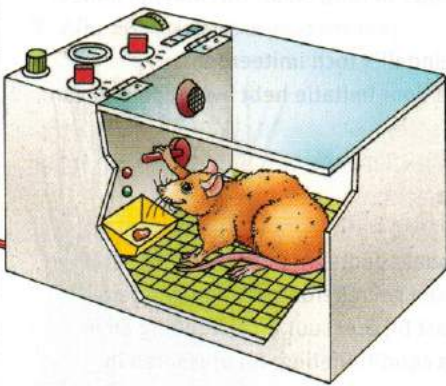


2 gevolgd door het aanbieden van voedsel



3 na enige malen scheidt de hond speeksel af na het horen van de bel, zonder dat er voedsel is aangeboden

▼ Afb. 31 Skinner-box.



In de jaren vijftig van de vorige eeuw publiceerde de Amerikaanse psycholoog Skinner een manier om gedrag te beïnvloeden via **beloning**. Om te demonstreren hoe dat werkt, ontwikkelde hij een 'leermachine' voor dieren: de Skinner-box (zie afbeelding 31). In de kooi bevindt zich een hefboomje. Wanneer daarop wordt gedrukt, valt een voedselbrokje in de voerbak. Een hongerige rat die in de kooi wordt gezet, zal vroeg of laat op het hefboomje drukken. De meeste ratten blijken al snel het verband te leggen tussen het drukken op het hefboomje en het krijgen van voer. De frequentie waarmee een rat deze handeling uitvoert, neemt toe. De beloning (voer krijgen) verhoogt de frequentie waarmee de handeling (drukken op de hefboom) plaatsvindt.

Deze vorm van leren maakt net als bij trial and error gebruik van het natuurlijke gegeven dat de frequentie van een handeling toeneemt als daarop een beloning volgt. Door de beloning na een handeling komt in de hersenen de neurotransmitter dopamine vrij, die een positief gevoel veroorzaakt. Bij dieren en mensen kan door beloning het meest uiteenlopende gedrag worden aangeleerd. Andersom geldt ook dat het aangeleerde gedrag zal ophouden als een 'beloning' uitblijft. Mensen kunnen er bewust voor kiezen om hun gedrag niet te laten beïnvloeden door een aangeboden beloning.

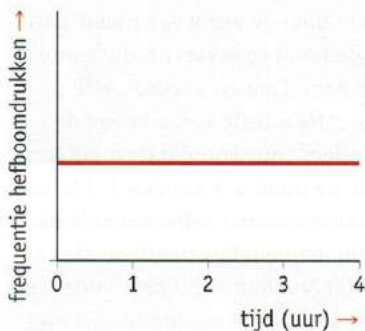
## opdracht 15

## Beantwoord de volgende vragen

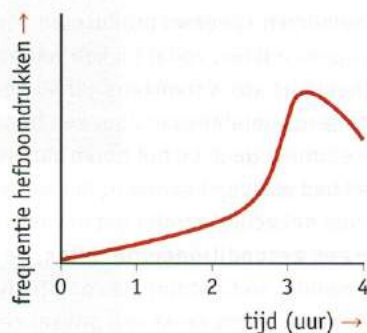
- Als je de bel van de ijscokar hoort, wil je een ijsje gaan kopen. Hoe kan deze reactie volgens Pavlov worden genoemd? Leg je antwoord uit.
- In een experiment wordt een hongerige rat in een Skinner-box geplaatst. De rat heeft nooit eerder in een Skinner-box gezeten. De frequentie waarmee de rat op het hefboomje drukt, wordt geregistreerd.

▼ Afb. 32 Diagrammen van de handelingsfrequenties bij een proefdier.

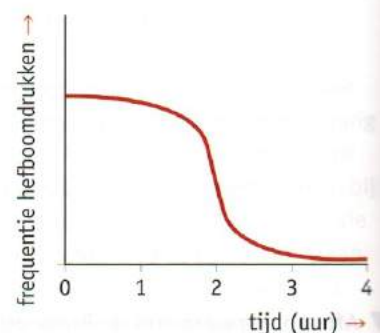
In welk diagram van afbeelding 32 kan deze frequentie juist zijn weergegeven? Tijdstip o is het moment waarop de rat in de Skinner-box is geplaatst.



1



2



3

- Geef aan waarom het voor het leerproces van de rat in het experiment van vraag 2 van belang is dat de rat hongerig is.
- Is het zoekgedrag van de reddingshond uit basisstof 1, waarbij deze wordt beloofd met het speeltje, een voorbeeld van conditionering? Licht je antwoord toe.
- De meeste fabrikanten hebben een logo (beeldmerk) voor hun producten. Verklaar de functie van beeldmerken met klassieke conditionering. Waarom wordt een nieuw drankje of lekkernij vaak een keer gratis aangeboden?
- Noem twee beloningen die een sporter kan krijgen als hij wint.

**Inzicht**

We spreken van **inzicht** wanneer een dier (of mens) in een onbekende situatie de oplossing van een probleem vindt door verschillende vroeger opgedane ervaringen te combineren. Kraaien blijken in staat om een ijzerdraadje te verbuigen tot een soort haak waarmee voedsel uit een cilinder kan worden gevist (zie afbeelding 33). Gedragsaanpassing door middel van inzicht in een situatie is de meest geavanceerde vorm van leren. Het leidt tot 'nieuw' gedrag. Anders dan bij 'trial and error'-leren wordt bij probleemoplossing door inzicht de oplossing gevonden na het vormen en manipuleren van een mentale voorstelling (denkbeeld) van de probleemsituatie. Leren door inzicht komt vooral bij mensen voor. Een nieuwe probleemsituatie kan ook ontstaan als mensen nieuwe doelen stellen of nieuwe inzichten opdoen.

▼ **Afb. 33** Leren door inzicht bij een kraai.

**Slimme kraai**

Betty de kraai liet wetenschappers van de universiteit van Oxford versteld staan. Voor de verbaasde ogen van de onderzoekers verdraaide Betty een

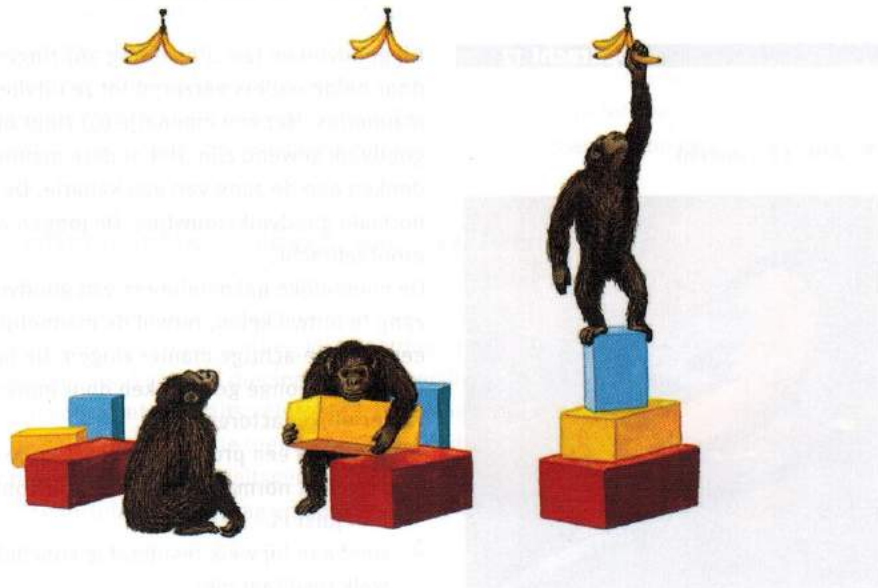
ijzerdraadje, om daar vervolgens voedsel mee uit een cilinder te vissen. Het was geen toevalstreffer. De kraai herhaalde het kunstje maar liefst negen keer.

**opdracht 16**

**Noteer welk type leerproces ten grondslag ligt aan de volgende verschijnselen.**

- 1 Mensen die langs een spoorlijn wonen, merken vaak niet meer dat er een trein langskomt.
- 2 Jonge chimpansees die nog nooit aan proeven mee hadden gedaan, werden in een ruimte gebracht met een tros bananen aan het plafond. In de ruimte bevonden zich enkele kisten. De chimpansees konden niet rechtstreeks bij de bananen, maar sommige chimpansees bouwden al vrij snel een stapel van de kisten, waardoor ze de bananen te pakken kregen (zie afbeelding 34).

► **Afb. 34** Leren door inzicht bij mensapen.



- 3 Een jonge vogel landt tegen de wind in. (Vogels die met de wind mee landen, vallen voorover.)

- 4 Eieren van een zebravink werden uitgebroed door pleegouders van een andere soort. De uitgekomen jongen werden enkele weken lang door de pleegouders verzorgd. Daarna werden de jongen van de pleegouders gescheiden. Het volgende jaar richtten de mannelijke jongen hun voortplantingsgedrag op vrouwtjes van de pleegoudersoort.
- 5 Dolfijnen leerden in een dolfinarium over een hindernis te springen (zie afbeelding 35).

► Afb. 35 Dolfijnen vertonen hun kunsten op commando.



- 6 In een kersenboomgaard werden de spreeuwen verjaagd door om de vijf minuten een harde knal te laten horen. Na enkele dagen vlogen de spreeuwen niet meer weg wanneer ze de knal hoorden.
- 7 Een politiehond reageert op een commando van een agent.
- 8 In een chimpanseekolonie in een dierenpark werden bomen tegen het aanvreten beschermd door er gaas omheen te zetten en op het gaas een (zwakke) elektrische stroom te zetten. Een van de chimpansees sleepte een boomstronk die ergens anders lag naar een boom toe. Ze probeerde de boomstronk overeind te zetten, zodat ze vanaf de stronk in de boom kon springen zonder het gaas te raken.
- 9 Toen het haar lukte op deze manier in de boom te komen, ging een andere chimpansee het ook proberen.

#### opdracht 17

▼ Afb. 36 Goudvink.



Bij goudvinken (zie afbeelding 36) zingen alleen de mannetjes. De jongen worden door beide ouders verzorgd tot ze uitvliegen. Een etholoog heeft twee goudvinkmannetjes. Het ene mannetje (G) zingt op een manier zoals we dat van een goudvink gewend zijn. Het andere mannetje (K) zingt op een manier die doet denken aan de zang van een kanarie. De etholoog laat beide mannetjes paren met normale goudvinkvrouwtjes. De jongen worden op normale wijze door de ouders grootgebracht.

De mannelijke nakomelingen van goudvink G blijken alle de normale goudvinkzang te ontwikkelen, terwijl de mannelijke nakomelingen van goudvink K alle op een kanarie-achtige manier zingen. De onderzoeker veronderstelt dat de aard van de zang bij jonge goudvinken door inprenting wordt geleerd en niet een gevolg is van erfelijke factoren.

- Beschrijf een proefopzet waarmee je na nieuwe paringen van de goudvinken G en K met normale vrouwtjes kunt controleren of deze veronderstelling wel of niet juist is.
- Geef aan bij welk resultaat je concludeert dat er sprake is van inprenting en bij welk resultaat niet.

## 5

## Sociaal gedrag

Bij veel dieren en mensen wordt het gedrag sterk beïnvloed door soortgenoten. Het gedrag van soortgenoten ten opzichte van elkaar noemen we **sociaal gedrag**. Bij sociaal gedrag is een handeling van een individu de prikkel voor een handeling van een soortgenoot. We noemen de handelingen bij sociaal gedrag **signalen**. Bij de balts van de stekelbaars bijvoorbeeld is de zigzagdans van het mannetje voor het vrouwtje een signaal waardoor het vrouwtje de baltshouding aanneemt.

Signalen dienen voor informatieoverdracht tussen soortgenoten. Signalen kunnen worden gegeven door middel van kleuren, geuren, geluiden, houdingen en gebaren.

Tot sociaal gedrag behoort onder andere gedrag dat een functie heeft bij de vaststelling van een rangorde binnen groepen, gedrag dat een rol speelt bij de taakverdeling binnen groepen, voortplantingsgedrag, verzorgingsgedrag en territoriumgedrag.

Samenleven in een groep kan de kans vergroten om te overleven. Een groep vergroot de kans op het vinden van voedsel, geeft bescherming en vergroot de kans op voortplanting. Groepsleden kunnen van elkaar leren en er kan cultuuroverdracht plaatsvinden.

Binnen een groep kunnen conflicten ontstaan. De verdeling van macht, ruimte, voedsel en seksuele partners zijn twistpunten. De vorming van territoria, een duidelijke onderlinge rangorde of een strakke taakverdeling zijn manieren om ernstige conflicten tussen soortgenoten te voorkomen.

### opdracht 18

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Twee merelmanneltjes vechten om een territorium. Is dit sociaal gedrag? Leg je antwoord uit.
- 2 Wat wordt verstaan onder een 'signaal'?
- 3 Is het 'lezen' van de reddingshond door de geleider sociaal gedrag? Licht je antwoord toe.
- 4 Geef een voorbeeld van een prikkel met signaalfunctie bij mensen.
- 5 Hoe worden bij een sportwedstrijd conflicten tussen spelers voorkomen?
- 6 Wat kunnen mogelijke oorzaken zijn van agressie tussen supporters?

#### VOORTPLANTINGSGEDRAG, BALTS EN PARING

Bij veel diersoorten gaat aan de paring baltsgedrag vooraf. De balts bestaat uit een aantal karakteristieke signalen die een gedragsketen vormen (zie afbeelding 5). Baltsgedrag is opvallend en lokt daardoor mogelijke partners aan. De signalen zijn kenmerkend voor de diersoort (soortspecifiek), zodat alleen paring met soortgenoten voorkomt. De balts vergroot de bereidheid tot paring, doordat tijdens de balts de seksuele motivatie toeneemt. Tegelijkertijd vermindert de balts de agressie tussen de partners. Baltsgedrag bestaat meestal uit een mengsel van handelingen uit voortplantingsgedrag en handelingen uit aanvals- en vluchtgedrag. Vaak bevat het ook handelingen van andere gedragssystemen, bijvoorbeeld van voedingsgedrag of verzorgingsgedrag. Een voorbeeld hiervan is het 'poetsen' van de veren door eenden tijdens de balts (zie afbeelding 37). Flirten bij mensen heeft kenmerken van baltsgedrag.

▼ Afb. 37 Poetsgedrag bij een wilde eend.



- **Afb. 38** Sommige diersoorten vormen paren voor het leven.



1 zwanen



2 gibbons

De handelingen bij de balts worden vaak overdreven, omgevormd en/of versneld uitgevoerd, zodat ze een signaalfunctie krijgen. We spreken dan van **geritualiseerd gedrag**. Bij zoogdieren wordt de term 'balts' gewoonlijk niet gebruikt. De bereidheid tot paring wordt bij zoogdieren **brunst** genoemd.

Bij veel diersoorten leven de individuen onafhankelijk van elkaar en vindt alleen tijdens de balts en de paring paarvorming plaats. Vaak verzorgt óf alleen het vrouwtje óf alleen het mannetje de eieren en de jongen (broedzorg). Bij sommige diersoorten worden paren gevormd voor een of meerdere seizoenen, soms zelfs voor het leven. Dit komt voor bij sommige soorten vissen, bij veel soorten vogels en bij enkele zoogdieren (zie afbeelding 38). De paarvorming bij deze dieren beperkt zich meestal niet tot de voortplanting (de paring). Bij veel vogelsoorten werken het mannetje en het vrouwtje van een paar ook samen bij de nestbouw, het broeden, de verzorging en bescherming van de eieren en de jongen, het voedsel zoeken, enzovoort.

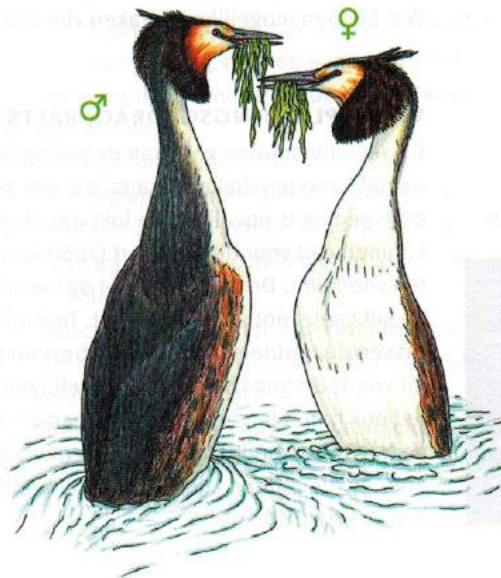
#### opdracht 19

#### Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Noem twee functies van de balts.
- 2 Waardoor reageert een merelvrouwtje niet op de balts van een mannetjeslijster?
- 3 In afbeelding 39 zie je een moment uit de balts van futen. Welke functie heeft de balts voor dit paar futen?
- 4 Bij vissen komt broedzorg door alleen het mannetje relatief vaak voor; bij vogels en zoogdieren vrijwel niet.

Leg uit dat dit samenhangt met het type bevruchting (uitwendig bij vissen en inwendig bij vogels en zoogdieren) en de verdere embryonale ontwikkeling.

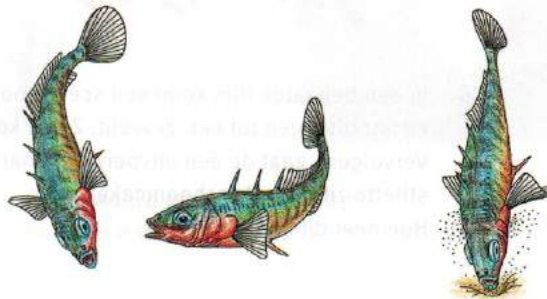
- **Afb. 39** Baltsgedrag van futen (pinguïndans).



**TERRITORIUMGEDRAG EN CONFLICTGEDRAG**

Bij veel diersoorten probeert elk mannetje een territorium af te bakenen. Door een territorium te vormen wordt een zekere hoeveelheid voedsel of ruimte veiliggesteld om nakomelingen groot te kunnen brengen. Door middel van **territoriumgedrag** verdedigt het mannetje dit gebied tegen binnendringende soortgenoten. Een soortgenoot die het territorium is binnengedrongen, wordt doorgaans aangevallen. Het verdedigende mannetje kan ook reageren door te vluchten. Veel dieren vertonen op de grens van hun territorium **dreiggedrag** als een indringer nadert.

► Afb. 40 Conflictgedrag bij de stekelbaars.



zandhappen (overspronggedrag)

De stand van het lichaam van de stekelbaars bij de dreighouding (met de kop omlaag) is een handeling uit een ander gedragssysteem, namelijk het zandhappen bij de nestbouw (zie afbeelding 40). We noemen dit type gedrag **overspronggedrag**. Het zandhappen heeft niets met het verdedigen van het territorium te maken. Overspronggedrag heeft echter vaak een signaalfunctie. Binnendringende stekelbaarsmannetjes blijken het zandhappen als zeer dreigend te ervaren en vluchten dan ook bijna altijd. Als de indringer niet vlucht voor de dreighouding, gaat het dreigende mannetje ook werkelijk zandhappen. Overspronggedrag lijkt meestal zinloos gedrag. Het wordt veroorzaakt door een inwendig conflict tussen gedragssystemen. Dit conflictgedrag ontstaat als voor meerdere gedragssystemen een even sterke motivatie bestaat.

Een territorium afbakenen is bij mensen heel gewoon (zie afbeelding 41). Tot het overspronggedrag behoren bijvoorbeeld op het hoofd krabben en door de haren strijken.

▼ Afb. 41 Een territorium bij mensen.

**opdracht 20****Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Wat is de functie van de vorming van een territorium?
- 2 Dreiggedrag vindt over het algemeen alleen plaats aan de grens van een territorium. Waardoor zal het niet midden in een territorium plaatsvinden?
- 3 Wat is conflictgedrag?
- 4 Tussen welke twee gedragssystemen bestaat een conflict bij het overspronggedrag van de stekelbaars?
- 5 Een kat die een prooi heeft gemist, krabt zich achter de oren (zie afbeelding 42). Hoe heet dit gedrag?

► Afb. 42





- **Afb. 43** Rangorde bij verplaatsende bavianen.



- 6 In een bepaalde film komt een scène voor waarin de leiders van twee jeugdbendes elkaar uitdagen tot een gevecht. Zover komt het echter niet; het blijft bij dreigen. Vervolgens gaat de één uitvoerig zijn haren kammen en gaat de ander met zijn stiletto zijn nagels schoonmaken. Hoe heet dit gedrag?

- ▼ **Afb. 44** Kinderen lopen beschermd tussen volwassenen.



- ▼ **Afb. 45** Gedrag van bavianen.



- 1 imponeergedrag



- 2 verzoeningsgedrag

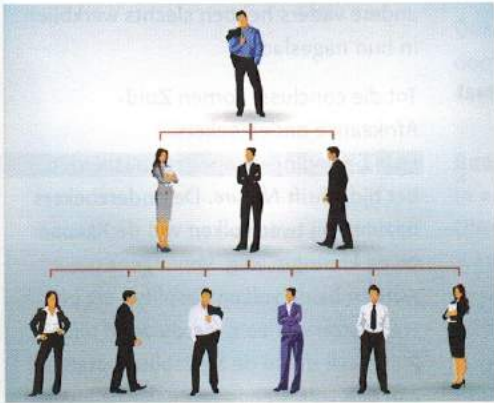
### RANGORDE

Bij dieren die in groepen leven, zoals wolven en bavianen, bestaat in de groep een bepaalde rangorde. Een rangorde is een manier om conflicten te voorkomen. Bavianen leven in groepen van enkele tientallen dieren. Bij een groep bavianen is de rangorde te zien als ze zich verplaatsen (zie afbeelding 43). Er zijn drie of vier dominante mannetjes. Dominante mannetjes paren doorgaans het vaakst en hebben daardoor de grootste kans op nakomelingen. Bij gevaar beschermen de dominante mannetjes de zwangere vrouwtjes en de vrouwtjes met jongen. De dominante mannetjes (zwart) lopen rondom zwangere vrouwtjes en vrouwtjes met jongen (groen). Daaromheen lopen groepjes jonge dieren van verschillende leeftijden (geel). De buitenkant wordt gevormd door ondergeschikte mannetjes (oranje). Bij zich in het verkeer verplaatsende groepjes mensen bevinden de kinderen zich vaak tussen de volwassenen (zie afbeelding 44).

Bij dieren die in groepsverband leven, proberen ondergeschikte dieren vaak een hogere plaats in de rangorde te krijgen door gevechten uit te lokken. Het komt echter zelden tot gevechten op leven en dood. Vaak is **dreiggedrag** voldoende om een conflict te beëindigen. Bij het dreigen kunnen de dieren **imponeergedrag** vertonen: ze maken zich zo groot en indrukwekkend mogelijk (zie afbeelding 45.1). Tegenover het dreiggedrag van een dominant mannetje vertoont het ondergeschikte dier vaak **verzoeningsgedrag**. Bij bavianen 'presenteert' het ondergeschikte dier zijn of haar achterste aan het dominante mannetje (zie afbeelding 45.2). Het presenteren van het achterste is een signaal dat de agressie van het dreigende dier doet afnemen.

Menselijke samenwerkingsverbanden kennen vaak een duidelijke rangorde (zie afbeelding 46). De rangorde hangt samen met de beslissingsstructuur en de verdeling van verantwoordelijkheid en taken. Een directeur is verantwoordelijk voor de gehele organisatie. Een afdelingsleider beslist over een afdeling. De onderlinge positie komt bijvoorbeeld tot uiting in de manier van omgaan met elkaar en de kledingwijze. Een leidinggevende kan een ondergeschikte rustig recht aankijken. Met wijd geopende ogen staren naar een persoon is dreigend. Vaak wordt bij het dreigen imponeergedrag vertoond. De dreigende persoon neemt dan een lichaamshouding aan die hem of haar zo groot en breed mogelijk maakt. Ook bepaalde kleding kan hieraan bijdragen (zie afbeelding 47).

▼ Afb. 46 Rangorde in een menselijke groep.



► Afb. 47 Imponeergedrag bij mensen.



### opdracht 21

▼ Afb. 48 Imponeergedrag van een chimpansee.



Bij dit imponeergedrag wordt vaak luid geloeid en op de grond gestampt.

**Beantwoord de volgende vragen.**

- 1 Waarom ontstaan binnen een populatie vaak geen ernstige gevechten?
- 2 Bij een chimpansee die imponeergedrag vertoont, gaan de haren overeind staan (zie afbeelding 48).  
Wat is hiervan de functie?
- 3 Heeft het presenteren van het achterste bij alle diersoorten of mensen dezelfde betekenis? Licht je antwoord toe.

### STATENVORMENDE INSECTEN

Sommige soorten insecten leven in **staten**: grote populaties met een sterke **taakverdeling**. Voorbeelden van dergelijke statenvormende insecten zijn bijen, mieren en termieten. Een bijenstaat kan uit wel zestigduizend bijen bestaan. In elke bijenstaat komt één **koningin** voor (zie afbeelding 49), die als functie heeft eieren te leggen. Een koningin leeft gewoonlijk drie tot vier jaar.

De meeste bijen in een bijenstaat zijn **werkbijen**. Dat zijn vrouwtjes bij wie de voortplantingsorganen niet tot ontwikkeling zijn gekomen. Daardoor kunnen werkbijen geen eieren leggen. Bijna alle taken in een staat worden uitgevoerd door de werkbijen. Tot die taken behoren onder andere voedsel verzamelen, honingraten bouwen en larven verzorgen (broedzorg). Een werkbij leeft ongeveer zes weken. Welke taak een werkbij verricht, hangt af van haar leeftijd.

In de zomermaanden bevat een bijenstaat enkele honderden **darren**. Enkele van deze darren bevruchten de koningin. Wanneer dat is gebeurd, worden de darren door de werkbijen uit de bijenstaat verjaagd. Ze gaan dan snel dood van de honger. De koningin legt bevruchte en onbevruchte eieren. Uit bevruchte eieren ontwikkelen zich werkbijen. Uit de onbevruchte eieren ontstaan darren.

► Afb. 49 Bij honingbijen is sprake van een sterke taakverdeling.



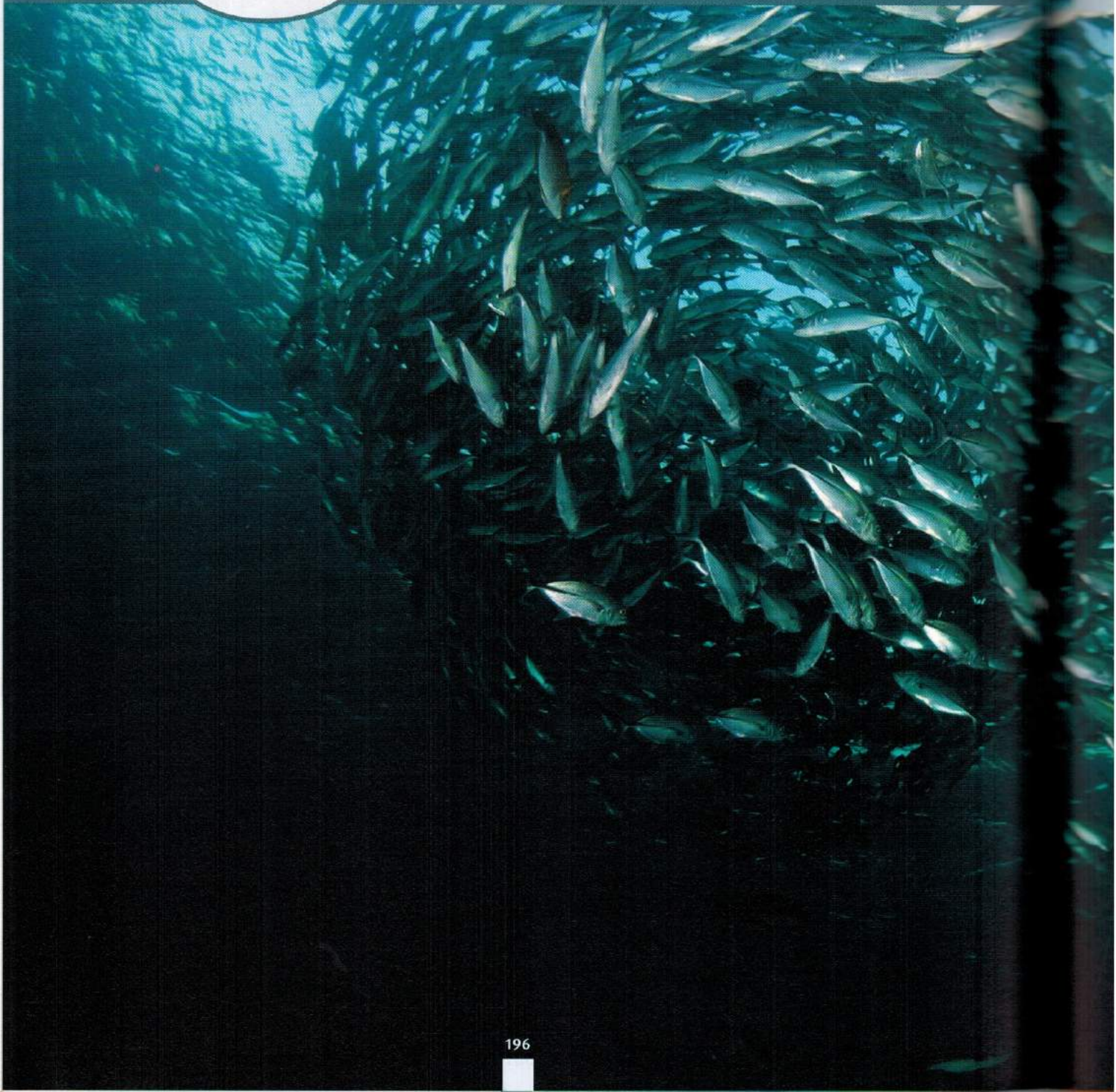
1 koningin, functie: eieren leggen

2 werkbij, functie: werken, bijvoorbeeld voedsel verzamelen, honingraten bouwen en larven verzorgen (broedzorg)

3 dar, functie: koningin bevruchten

# 8

## Gedrag



## ► Afb. 50

## Vader bepaalt kroonprinses

Wanneer de koningin van een bijenstaat van de Kaapse bij sterft, dan wordt haar functie binnen een paar dagen overgenomen door een werkbij. Die maakt een snelle verandering door: van asexueel hulpje naar een dominante koningin die eieren kan leggen. Alle werkbijen stammen af van de oude koningin, die echter door meerdere darren is bevrucht. Welke werkbij de troon overneemt, blijkt afhankelijk te zijn van de vader. Sommige darren

verwekken potentiële kroonprinsessen, andere vaders hebben slechts werkbijen in hun nageslacht.

Tot die conclusie komen Zuid-Afrikaanse onderzoekers. Hun bevindingen zijn gepubliceerd in het tijdschrift *Nature*. De onderzoekers haalden bij twee volken van de Kaapse bij de koningin weg. Vervolgens werden beide volken gesplitst, elk in vier staten van zo'n vierduizend bijen. Het bleek dat in de afgesplitste staten van één volk steeds een nakomeling van dezelfde vader de macht overnam. Royalty ligt kennelijk op vaders genen.

## opdracht 22

### Beantwoord de volgende vragen over het krantenartikel in afbeelding 50.

- 1 Formuleer een onderzoeksvraag bij dit onderzoek.
- 2 Formuleer een hypothese bij dit onderzoek.
- 3 In het artikel staat niet vermeld op welke manier de onderzoekers bepaalden dat de nieuwe koninginnen nakomelingen waren van dezelfde vader. Noem een methode die hiervoor bruikbaar is.
- 4 Waarom hebben de onderzoekers het experiment uitgevoerd bij twee verschillende volken van de Kaapse bij?
- 5 Welke conclusie trekken de onderzoekers uit dit experiment?
- 6 Mag je concluderen dat bij de honingbij op dezelfde manier is bepaald welke werkbijen zich kunnen ontwikkelen tot koningin? Leg je antwoord uit.

### ROLGEDRAG EN ROLPATRONEN

**Rolgedrag** is gedrag dat anderen van iemand in een bepaalde situatie verwachten. Van de aanvoerder of aanvoerster van een voetbalelftal wordt leidersgedrag verwacht.

Iemand die rolgedrag vertoont, voldoet aan het **rolpatroon**. Mensen nemen vaak deel aan verschillende groepen en voldoen daarin aan verschillende rolpatronen. Een bekend rolpatroon is het traditionele man-vrouwrolpatroon in een gezin. In dit rolpatroon wordt van een man verwacht dat hij buitenshuis werkt en daarmee geld verdient om zijn gezin te onderhouden. Van een vrouw wordt verwacht dat zij het huis onderhoudt, eten kookt en de kinderen verzorgt (zie afbeelding 51). Veel vrouwen en mannen voelen er weinig voor aan het traditionele rolpatroon te voldoen. Mensen kunnen met elkaar overleggen en afspraken maken over een andere rolverdeling. Volgens de wet moeten vrouwen van 18 jaar economisch zelfstandig kunnen zijn. Ze moeten dus in hun eigen onderhoud kunnen voorzien. Sinds 1919 hebben vrouwen in Nederland actief stemrecht. Tegenwoordig werken ook veel

### ▼ Afb. 51 Het traditionele man-vrouwrolpatroon.



vrouwen buitenshuis en nemen mannen deel aan de huishouding en de verzorging van de kinderen.

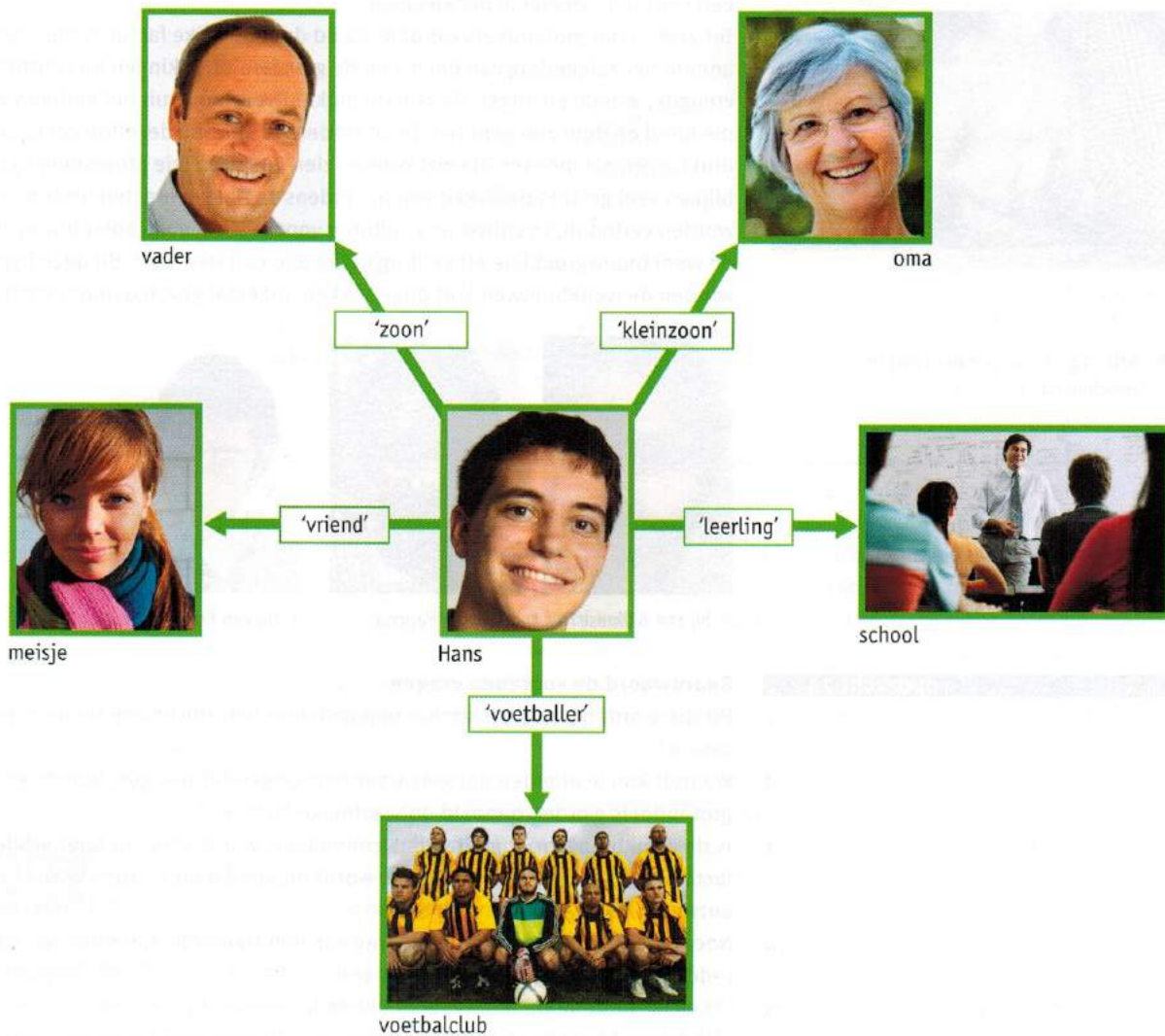
Ook bij dieren komen rolpatronen voor. Van een dominant bavianmannelijke wordt door ondergeschikte dieren bepaald gedrag verwacht. Rolgedrag vind je alleen in sociaal georganiseerde groepen zoals kuddedieren.

## opdracht 23

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In elke groep waar je bij hoort, speel je een andere rol. Noem vier verschillende groepen waaraan je deelneemt en benoem je rol daarin.
- 2 Wat wordt bedoeld met het traditionele man-vrouwrolpatroon?
- 3 Opvattingen over rolpatronen zijn sterk bepaald door de cultuur. Licht dat toe met een voorbeeld.
- 4 Is het traditionele patroon ook biologisch bepaald? Beargumenteer je antwoord.
- 5 In een relatieschema kun je relaties weergeven en de rol die je daarin speelt. In afbeelding 52 is zo'n relatieschema weergegeven. Maak eenzelfde soort relatieschema voor jezelf.

## ▼ Afb. 52 Enkele relaties en rollen.



# 6 Gedrag bij de mens

▼ **Afb. 53** Gelaatsuitdrukkingen bij een kind dat blind en doof geboren is.

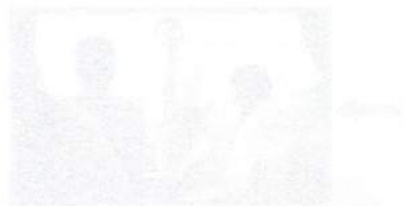


1 glimlachen



2 huilen

► **Afb. 54** De wenkbrauwgroet in verschillende culturen.



Het gedrag bij dieren en mensen kent veel overeenkomsten wat betreft de reactie op prikkels en aangeboren gedrag. Leerprocessen en bewuste keuzes spelen bij de mens echter een veel belangrijkere rol dan bij dieren. Door hun gedrag bewust aan te passen, zijn mensen in staat om hun omgeving doelgericht te beïnvloeden. Een goed voorbeeld hiervan zijn de inspanningen van de vrijwillige reddingswerkers van USAR die respect verdienen door op elk moment klaar te staan om hulp te verlenen.

## AANGEBOREN EN AANGELEERD

Tijdens de **opvoeding** in de eerste levensjaren geven ouders (verzorgers) en kind veel signalen aan elkaar. Deze signalen worden meestal onbewust gegeven. Geluidjes maken, oogcontact en lichamelijk contact (knuffelen) tussen ouders en kind blijken sterk op elkaar te zijn afgestemd. Door dit contact via signalen leert een kind zich sociaal te ontwikkelen.

Tot gedrag dat grotendeels wordt bepaald door erfelijke factoren behoren onder andere het zuiggedrag van baby's en de gelaatsuitdrukkingen bij emoties als vreugde, woede en angst. Dit laatste blijkt bijvoorbeeld uit het gedrag van kinderen die blind en doof zijn geboren. Deze kinderen vertonen dezelfde gelaatsuitdrukkingen als mensen die wel kunnen zien en horen (zie afbeelding 53). Ook blijken veel gelaatsuitdrukkingen die tijdens sociale contacten tussen mensen worden vertoond, in vrijwel alle culturen voor te komen. Zo komt bijvoorbeeld de wenkbrauwgroet (zie afbeelding 54) in alle culturen voor. Bij deze begroeting worden de wenkbrauwen kort opgetrokken, meestal gevolgd door een glimlach.



1 bij een Balinese



2 bij een Papoea



3 bij een Fransman

## opdracht 24

### Beantwoord de volgende vragen.

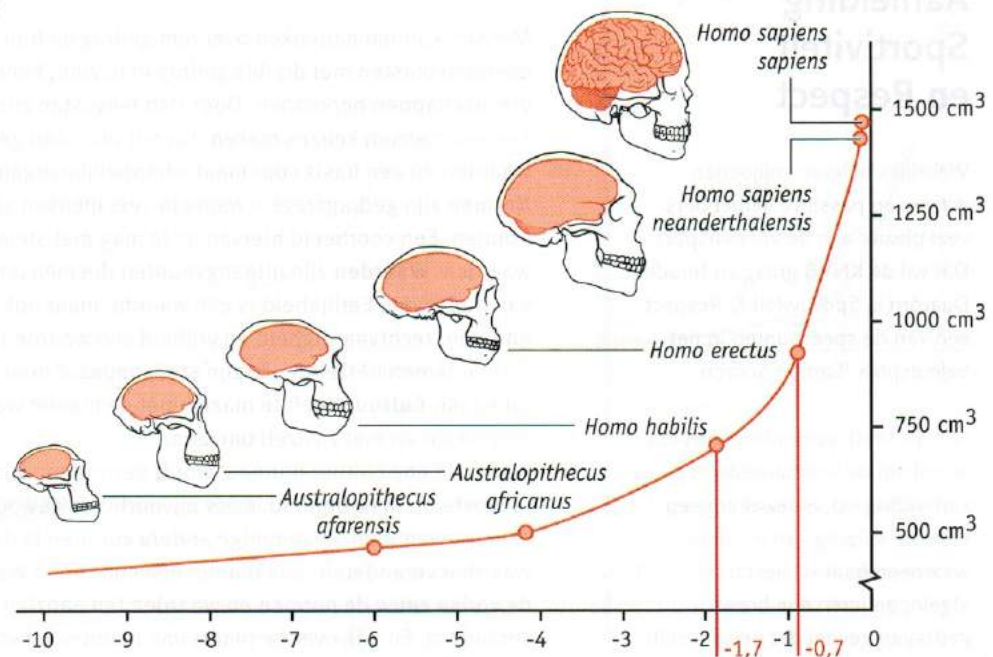
- 1 Bij wie wordt het gedrag sterker bepaald door leerprocessen: bij mensen of bij dieren?
- 2 Waaruit kun je afleiden dat gelaatsuitdrukkingen bij vreugde, woede en angst grotendeels worden bepaald door erfelijke factoren?
- 3 Is de wenkbrauwgroet gedrag dat grotendeels wordt bepaald door erfelijke factoren of gedrag dat grotendeels wordt bepaald door leerprocessen? Leg je antwoord uit.
- 4 Noem drie handelingen in het gedrag van een trainer bij het opleiden van een reddingshond.
- 5 Uit welk woord blijkt dat het voor een reddingswerker een bewuste keuze is om zich beschikbaar te stellen als hulpverlener bij rampen? Noem een mogelijke motivatie van de reddingswerker (zie basisstof 1).

## EVOLUTIE

## HERSENVOLUME

Bij mensen verlopen leerprocessen sneller dan bij dieren en speelt inzicht een veel belangrijkere rol. In de afgelopen drie miljoen jaar evolueerde het hersenvolume van de mensachtigen van 500 cm<sup>3</sup> naar ongeveer 1500 cm<sup>3</sup> (zie afbeelding 55). Het volume van de hersenschors nam gedurende die periode sterk toe. Het lijkt erop dat de grotere hersenen een selectievoordeel hebben opgeleverd, ondanks de nadelen die ze met zich meebrengen. Het duurt bijvoorbeeld relatief lang voor de hersenen helemaal ontwikkeld zijn, waardoor jonge mensen gedurende een lange periode zorg en bescherming nodig hebben. Maar het betere geheugen maakt de ontwikkeling van taal en cultuur mogelijk en vergemakkelijkt samenwerking en taakverdeling. Toenemende controle over de omgeving kan een gunstige invloed hebben op de voedselvoorziening en de veiligheid.

► Afb. 55 Verdrievoudiging van het hersenvolume in drie miljoen jaar.



Het leervermogen wordt beïnvloed door de fysieke omvang en ontwikkeling van de hersenen en is dus gedeeltelijk aangeboren. **Leervermogen** of intelligentie is het vermogen van een dier of mens tot effectieve gedragsverandering. Door het grote leervermogen kan de omgeving bij mensen een veel grotere invloed hebben op gedragsverandering dan bij dieren. In een stimulerende, prikkelrijke omgeving kan het leervermogen zich positief ontwikkelen. Intelligentie is dus ook gedeeltelijk aan te leren.

De hersenen stellen mensen in staat om een denkbeeldige voorstelling van hun omgeving te maken en dat beeld te manipuleren. Zij kunnen zich een beeld vormen van de situatie en van de gedachten en emoties van anderen. Inlevingsvermogen speelt een rol bij saamhorigheid en wedijver. Mensen steunen elkaar uit medeleven, zelfs zonder dat er een nauwe verwantschap bestaat (zie afbeelding 56).

▼ Afb. 56 De samenwerkende hulporganisaties (SHO) organiseren regelmatig acties om mensen in nood te helpen.

**Giro555**  
Den Haag

**SAMENWERKENDE  
HULPORGANISATIES**  
www.giro555.nl

EVOLUTIE  
opdracht 25

## Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welk verband is er volgens de tekst tussen hersengrootte en overlevingskans?
- 2 In vergelijking met andere diersoorten worden mensen pas laat volwassen. Leg uit dat dit nadelig is voor de overlevingskans van de ouders.

## TAAL EN CULTUUR

Mensen leren veel van elkaar. Je leert van je ouders, van je docenten, maar ook van andere mensen in je omgeving. Dat mensen veel van elkaar leren, wordt onder andere mogelijk gemaakt door taal. De symbooltaal van mensen heeft veel meer uitdrukkingmogelijkheden dan de signaaltaal van dieren. Bovendien kan de mens gebruikmaken van geschreven taal om informatie vast te leggen. De hersenen besturen de spraak en de handen. Zonder de fijne motoriek van stem en handen zijn taal en cultuur onmogelijk. Mensen kunnen tekeningen en taal gebruiken om denkbeelden over zichzelf, de natuur en de samenleving uit te beelden en met elkaar uit te wisselen. Voor onderzoekers, ontwerpers en constructeurs zijn hoofd, stem en handen onmisbare gereedschappen. In onze cultuur wordt informatie over de bouw en de werking van natuur en samenleving doelgericht verzameld, opgeslagen en verspreid. Door de ontwikkeling van internet en bijvoorbeeld de smartphone is die informatie voor veel mensen bereikbaar.

### ▼ Afb. 57

## Aanleiding Sportiviteit en Respect

Wekelijks beleven miljoenen actieve en passieve liefhebbers veel plezier aan de voetbalsport. Dat wil de KNVB graag zo houden. Daarom is Sportiviteit & Respect een van de speerpunten in het beleidsplan 'Samen Scoren'.

Net als in de samenleving treedt er ook op de voetbalvelden een verharding op. Hoewel er geen enorme stijging van incidenten waarneembaar is, heerst de afgelopen jaren een breed gedragen gevoel dat onwenselijk gedrag toeneemt. Dat geldt eveneens voor de ernst van de incidenten. Deze incidenten krijgen de nodige aandacht in de media. Daardoor ontstaat het beeld dat onwenselijk gedrag veel voorkomt in de voetbalsport.

Mensen kunnen nadenken over hun gedrag en hun gedrag **beoordelen**. Door de overeenkomsten met dierlijk gedrag in te zien, kunnen mensen typisch menselijke eigenschappen herkennen. Door zich bewust te zijn van zichzelf en de omgeving kunnen mensen keuzes maken. Hieruit ontstaan gedragsregels, normen en waarden en een basis voor maatschappelijke organisatie en cultuur.

**Normen** zijn gedragsregels waarvan veel mensen vinden dat je je eraan moet houden. Een voorbeeld hiervan is: je mag niet stelen. Normen zijn gebaseerd op waarden. **Waarden** zijn uitgangspunten die mensen gebruiken bij de inrichting van hun leven. Eerlijkheid is een waarde, maar ook respect en klaar staan voor anderen, rechtvaardigheid en vrijheid zijn waarden. Normen en waarden zijn niet voor iedereen hetzelfde. Ze zijn sterk bepaald door de cultuur waarvan iemand deel uitmaakt. **Cultuur** heeft te maken met de manier waarop mensen met de natuur, met elkaar en met zichzelf omgaan.

Wat in de ene cultuur normaal wordt gevonden, is in de andere cultuur niet toegestaan. In Nederland is het bijvoorbeeld gewoon dat jongens en meisjes samen zwemmen. In sommige andere culturen is dat streng verboden. Normen en waarden veranderen, ook binnen één cultuur. In West-Europa bijvoorbeeld zijn in de vorige eeuw de normen en waarden ten aanzien van seksueel gedrag duidelijk veranderd. En ook over de plaats van mannen en vrouwen in de maatschappij wordt nu anders gedacht dan honderd jaar geleden.

In religieuze geschriften en wetboeken staan vaak gedragsregels. De gedragsregels bepalen wat (on)toelaatbaar gedrag is en stellen ook grenzen aan het evolutionaire principe van de overleving van de best aangepaste individuen. Een beschaafde cultuur heeft respect voor zwakkeren, andersdenkenden en de natuur. Normen en waarden worden via opvoeding en onderwijs aan nieuwe generaties overgedragen. De KNVB (Koninklijke Nederlandse Voetbalbond) onderschrijft het belang van respect en sportiviteit (zie afbeelding 57).

### opdracht 26

#### Beantwoord de volgende vragen.

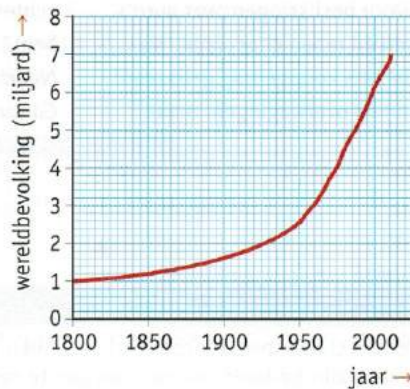
- 1 Wat zijn normen? En wat zijn waarden?
- 2 Welke waarde motiveert de reddingswerkers van USAR?
- 3 In de Nederlandse cultuur is het normaal dat jongens en meisjes gemengd zwemmen. Is dit een waarde of een norm? Licht je antwoord toe.
- 4 Geef een voorbeeld van een gedragsregel die de zwakkeren in het verkeer respecteert.
- 5 Wat was de aanleiding voor de promotie van sportiviteit en respect door de KNVB (zie afbeelding 57)?



**SUCCESVOL GEDRAG?**

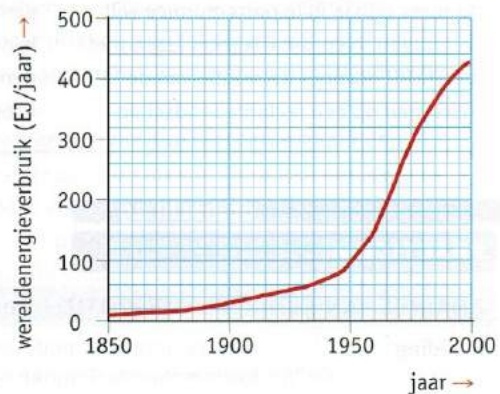
De biologische en culturele ontwikkeling van de mens hebben geleid tot een immens voortplantingssucces. De wereldbevolking steeg in twee eeuwen, ondanks enkele grote oorlogen, vanaf ongeveer één miljard rond het jaar 1800, met een factor 7, tot zeven miljard mensen in 2011 (zie afbeelding 58). In dezelfde tijd steeg het energiegebruik ongeveer met een factor 30 (zie afbeelding 59). De groei van zowel het aantal mensen als het energieverbruik verandert het milieu op wereldschaal en vormt een serieuze bedreiging voor de mensheid zelf. Gedragsveranderingen zijn noodzakelijk om de nadelige gevolgen van de bevolkingsdruk op het milieu te verminderen. Mensen kunnen hun hersenen, communicatiemiddelen en handigheid goed gebruiken om een duurzaam evenwicht met hun natuurlijke en sociale omgeving te bereiken.

▼ **Afb. 58** Toename van de wereldbevolking van 1800 tot 2011.



Bron: United Nations, 2012.

▼ **Afb. 59** Wereldenergieconsumptie (1 E = 1 exajoule =  $10^{18}$  J).

**opdracht 27**

**Voer de volgende opdracht uit om in korte tijd je eigen gedrag succesvoller te maken.**

- Stel een lijstje op met wat je de komende week (zeven dagen) wilt bereiken (doelen) voor de volgende aandachtsgebieden: zorg voor jezelf, familie, vrienden en school.
- Kies je eigen volgorde van prioriteiten.
- Geef per aandachtsgebied aan welke activiteiten (handelingen) je wilt uitvoeren.
- Maak een nauwkeurige planning voor deze activiteiten voor deze week.
- Voer je planning uit.
- Evalueer na een week het resultaat. Beantwoord daarbij voor jezelf de volgende vragen.
  - 1 Heb je alles gedaan wat je van plan was? Zo nee, hoe kwam dat?
  - 2 Voel je je goed na deze week? Zo nee, wat ontbreekt er?
- Maak op basis van de evaluatie (terugkoppeling) een nieuwe planning met doelen en activiteiten voor de volgende week.

**opdracht 28**

**Beantwoord de volgende vragen. Gebruik hierbij afbeelding 60.**

- 1 Bedenk voorbeelden van emotioneel en rationeel koopgedrag van jezelf of van anderen.
- 2 Is het maken van een reclameboodschap voor de televisie of radio een emotioneel of een rationeel proces? Beargumenteer je antwoord.

- 3 Ben je het eens met het mensbeeld dat geschetst wordt in de zinnen: 'Je hele genetische achtergrond. Dát is wie je werkelijk bent.'? Beargumenteer je antwoord.

▼ Afb. 6o

## Ons brein is een geluksmachine

Ons koopgedrag hangt af van het 'beloningsdeel' en de 'pijknop' in ons brein. De balans tussen beide hersenstructuren is doorslaggevend voor je beslissing: hoe meer het beloningsdeel wordt geprikkeld, des te meer pijn je in je portemonnee wilt verdragen. Neuromarketeers lezen met een fMRI-scanner de reactie van de hersenen op een reclameboodschap.

Daarmee kunnen ze het koopgedrag van mensen voorspellen. Zij meten hoe belonend iets is, of het vertrouwen oproept of lust, betrouwbaarheid of angst. Deze oerinstincten zijn nog steeds relevant omdat ons brein evolutionair gezien nauwelijks verschilt van het brein dat de mens een miljoen jaar geleden had. Ons brein is niet gemaakt voor beslissingen over auto's, hypotheek en repen chocolade. We denken dat ons koopgedrag gebaseerd is op rationele overwegingen, maar

dat is niet zo. Je kunt lijstjes met voor- en tegens maken, maar de hersenen geven die informatie een emotionele waarde in plaats van een rationele. De emotie geeft uiteindelijk de doorslag. Gedachten vormen maar een klein onderdeel van wat we allemaal zijn: een vat vol associaties, emoties en herinneringen. Je hele genetische achtergrond. Dát is wie je werkelijk bent.

Naar: Victor Lamme, in: *Consumentengids*, juli 2012.

### opdracht 29

#### PRACTICUM

#### ANALYSE VAN EEN RECLAMESPOTJE

<b>Inleiding</b>	In deze opdracht analyseer je een reclamespot. Hierbij werk je samen met een medeleerling. Reclameboodschappen op televisie zijn bedoeld om mensen aan te zetten tot gedragsverandering. In deze opdracht leer je in een reclamespotje gedragsbeïnvloeding te herkennen. Je maakt een presentatie van dit onderzoek.
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– filmpje van een reclamespotje</li> <li>– computer met presentatiesoftware (bijvoorbeeld PowerPoint)</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bekijk het filmpje.</li> <li>– Beantwoord naar aanleiding van het filmpje de volgende vragen:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Voor welke doelgroep is het spotje bedoeld (leeftijd, geslacht, inkomen, enzovoort)?</li> <li>2 Welke gedragsverandering probeert men te bereiken?</li> <li>3 Benoem de handelingen die bij deze gedragsverandering horen.</li> <li>4 Hoe probeert men de aandacht te trekken?</li> <li>5 Welke emoties en welke rationele motieven probeert men aan te spreken?</li> <li>6 Welke prikkels horen bij het gewenste gedrag?</li> <li>7 Wat valt je op aan de vormgeving van het spotje? Wordt er gebruikgemaakt van sleutelprikkels?</li> <li>8 Wat zou je veranderen als je zelf dit spotje zou maken?</li> </ol> </li> <li>– Maak van het spotje en jouw analyse een presentatie. (Je kunt je presentatie aan je klas laten zien en vragen om commentaar van je klasgenoten.)</li> </ul>
<b>Resultaat</b>	Een presentatie van je analyse van een reclamespotje.

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Controleer met het uitwerkingenboek of je de basisstofopdrachten goed hebt uitgevoerd.
- Je kunt nu verdergaan met de diagnostische toets. Je kunt de samenvatting gebruiken om je hierop voor te bereiden.

# Samenvatting

## DOELSTELLING 1

Je moet in context kunnen toelichten wat gedrag is en hoe gedrag is ingedeeld.

- Gedrag: alle waarneembare activiteiten van een dier of een mens.
  - Gedrag is opgebouwd uit opeenvolgende handelingen (gedragselementen).
- Een handeling is een reactie (respons) op prikkels.

## DOELSTELLING 2

Je moet in een context de functies van gedrag kunnen toelichten.

- Effectief (doelmatig) gedrag vergroot de overlevingskans en de kans op voortplanting.
- Gedrag voorziet in behoeften.
  - Doordat behoeften worden vervuld neemt de motivatie voor het gedrag af.
- Kennis van het gedrag wordt gebruikt bij het houden en het trainen van dieren.

## DOELSTELLING 3

Je moet in een context kunnen toelichten hoe gedrag kan worden bestudeerd.

- Ethologie: de studie van gedrag.
  - Gedrag wordt bestudeerd door het op te splitsen in afzonderlijke handelingen.
  - Ethogram: een overzicht van objectieve beschrijvingen van de handelingen van een diersoort.
  - Protocol: een lijst van achtereenvolgens waargenomen handelingen van een dier.
- Gedragssysteem: een groep samenhangende handelingen van een diersoort.
  - De handelingen binnen een gedragssysteem hebben een gemeenschappelijk doel en vormen vaak een gedragsketen.
  - Gedragsketen: opeenvolging van handelingen waarbij het effect van de ene handeling leidt tot een volgende handeling (bijv. de balts).

## DOELSTELLING 4

Je moet in een context kunnen toelichten dat gedrag tot stand komt door interne en externe factoren.

- Gedrag ontstaat door de interactie met de omgeving.
  - Gedrag wordt bepaald door erfelijke factoren, ervaringen (leerprocessen), anatomie, fysiologische toestand en prikkels.
  - Interne prikkels en externe prikkels bepalen de motivatie.

- De hersenen selecteren de belangrijkste prikkels uit de omgeving.
- Motivatie (drang) is de bereidheid om bepaald gedrag uit te voeren.

## DOELSTELLING 5

Je moet in een context kunnen verklaren dat gedrag gedeeltelijk erfelijk is bepaald.

- Sleutelprikkel: prikkel die een doorslaggevende rol speelt bij het ontstaan van een bepaald gedrag.
  - De respons op een sleutelprikkel is vaak aangeboren (instinctief).
  - De respons ontstaat alleen als voldoende motivatie aanwezig is.
  - Bij mensen wordt het totaal van prikkels van het kinderschema beschouwd als sleutelprikkel.
- Supranormale prikkel: prikkel die effectiever is bij het veroorzaken van een bepaald gedrag dan de normale sleutelprikkel.
  - Bijv.: een geheel rode snavel veroorzaakt een sterkere respons bij meeuwenjongen dan de rode snavelvlak van een ouder. Bij mensen zijn felrood gekleurde lippen een supranormale prikkel.
- Erfelijk bepaald gedrag zorgt voor een snelle, vaste reactie op prikkels, waardoor de overlevingskans toeneemt.
  - Aangeboren gedrag is voorspelbaar en effectief in situaties die onveranderd blijven.
  - Aangeboren gedrag is te misbruiken door mensen of andere dieren.

## DOELSTELLING 6

Je moet in een context leerprocessen kunnen herkennen en beschrijven.

- Leren: een duurzame gedragsverandering die wordt veroorzaakt door ervaring.
  - Door leerprocessen kan een dier of mens zijn gedrag aanpassen aan nieuwe situaties.
- Gewenning: een bepaalde reactie op een prikkel wordt afgeleerd bij herhaling van die prikkel.
- Trial and error (proefondervindelijk leren): leren van de ervaringen die worden opgedaan bij het uitvoeren van bepaald gedrag.
- Inprinting: vastleggen van een leerervaring gedurende een korte gevoelige periode.
  - Bijv.: ouders of soortgenoten leren herkennen.
- Imitatie (nabootsing): leren door het gedrag van soortgenoten na te doen.
- Conditionering: een bepaald gedrag wordt geleerd door 'beloning' of 'straf'.
  - Dresseren: dieren wordt geleerd bepaald gedrag (op commando) uit te voeren.

- Geconditioneerde reflex: een kunstmatige prikkel veroorzaakt een bepaald gedrag dat oorspronkelijk door een natuurlijke prikkel werd veroorzaakt.
- Inzicht: in een onbekende situatie wordt de oplossing van een probleem gevonden door verschillende vroeger opgedane ervaringen te combineren.
  - Bijv.: een kraai die een ijzerdraadje gebruikt.

### DOELSTELLING 7

Je moet in een context verschillende functies van sociaal gedrag kunnen toelichten.

- Sociaal gedrag: gedrag van soortgenoten ten opzichte van elkaar.
  - Sociaal gedrag heeft functies bij het bewaren van de eenheid in de groep en het voortbestaan van de groep.
- Signaal: handeling bij sociaal gedrag die als prikkel werkt voor de (volgende) handeling van een soortgenoot.
  - Communicatie bestaat uit het afgeven van en het reageren op signalen door individuen.
  - Een signaal dient voor informatieoverdracht.
  - Voorbeelden van signalen: kleur, geur, geluid (taal), gebaren.
- Samenleven in een groep kan de kans op overleven vergroten.
  - De vorming van territoria, een rangorde of een taakverdeling zijn manieren om ernstige conflicten tussen soortgenoten te voorkomen.
- Balts: gedrag dat aan de paring voorafgaat en dat de bereidheid tot paring vergroot.
  - Baltsgedrag vergroot de seksuele motivatie en vermindert de agressie tussen de partners.
  - De signalen bij balts zijn soortspecifiek. Flirten bij mensen heeft kenmerken van baltsgedrag.
- Territoriumgedrag: gedrag met als doel een territorium afbakenen en verdedigen.
  - Door een territorium te vormen wordt voldoende voedsel of ruimte veiliggesteld om nakomelingen groot te kunnen brengen.
  - Territoriumgedrag bestaat uit aanvallen, vluchten en dreigen.
- Conflictgedrag: gedrag dat ontstaat bij gelijke motivatie voor twee gedragssystemen.
  - Overspronggedrag: bij een conflict tussen twee gedragssystemen wordt gedrag uit een derde gedragssysteem vertoond. Bijv.: zandhappen (nestbouwgedrag) door een stekelbaarsmannetje.
- Rangorde: volgorde binnen een populatie van dominant naar minst dominant.
  - Door de rangorde ontstaat rust in de groep en vermindert de concurrentie.

- Imponeergedrag: gedrag waarbij een dier zich zo groot en indrukwekkend mogelijk maakt.
- Verzoeningsgedrag: gedrag van een ondergeschikt dier ten opzichte van een dominante soortgenoot.
- Rolgedrag: gedrag dat anderen verwachten van iemand in een bepaalde situatie.
  - Rolpatroon: het gedrag waarvan men vindt dat het bij een bepaald relatie hoort (bijv. het man-vrouwrolpatroon in een gezin).
- Gedrag waaraan een taakverdeling ten grondslag ligt.
  - Taakverdeling in een bijstaat: één koningin legt eieren; enkele van de honderden darren bevruchten de koningin en duizenden werkbijen verrichten alle andere taken.

### DOELSTELLING 8

Je moet in een context de overeenkomsten en verschillen in het gedrag bij dieren en mensen kunnen toelichten.

- Overeenkomsten:
  - Bij beide spelen erfelijke factoren (bijv. gezichtsuitdrukkingen bij mensen) en leerprocessen een rol.
  - Bij beide komen rolpatronen voor.
  - Beide zijn gevoelig voor leerprocessen.
  - Beide vertonen o.a. territoriumgedrag, dreiggedrag en imponeergedrag.
- Verschillen:
  - Het leervermogen van mensen is groter (o.a. door de grotere hersenen en ontwikkeling van de hersenschors).
  - Mensen gebruiken taal en een cultuur met waarden en normen (normen en waarden worden overgedragen via opvoeding en onderwijs).
  - Mensen kunnen over zichzelf en anderen nadenken en regels vaststellen als basis voor maatschappelijke organisatie, cultuur en beschaving.

### COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd een eenvoudig gedragsonderzoek uit te voeren en in een verslag weer te geven;
- geoefend in het onderscheiden, benoemen en ordenen van vormen en functies van gedrag;
- geleerd gedragselementen te herkennen;
- geoefend in het gebruik van diagrammen.

Over de volgende competenties/vaardigheden zijn geen vragen opgenomen in de diagnostische toets.

Je hebt in een of meer contexten:

- geleerd dat een reclameboodschap de bedoeling heeft het gedrag van consumenten te beïnvloeden;
- inzicht gekregen in het belang van gedragsverandering bij het bereiken van een duurzame samenleving.

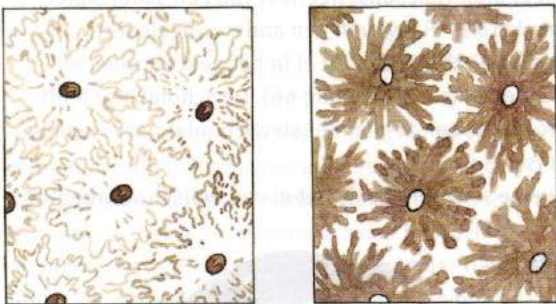
# Diagnostische toets

## DOELSTELLING 1

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 In de huid van inktvissen komen zogenaemde pigmentcellen voor. Het pigment kan op één plek in de cel worden geconcentreerd of over de hele cel worden verspreid (zie afbeelding 61). Inktvissen kunnen op deze manier hun kleur aanpassen aan wisselende omstandigheden.  
Is dit wel of geen gedrag?

### ▼ Afb. 61



- 2 Als je een blad van de plant kruidje-roer-me-niet aanraakt, vouwt dit blad zich samen (zie afbeelding 62).  
Is dit wel of geen gedrag? Leg je antwoord uit.

### ▼ Afb. 62



- 3 Een mereljong houdt zich onbeweeglijk tegen de grond bij het horen van de alarmroep van een ouder.  
Wat is de prikkel voor dit gedrag van het mereljong?
- 4 En wat is de respons?
- 5 Een leerling beweert dat de balts van een stekelbaars een handeling is.  
Is dat juist? Leg je antwoord uit.

## DOELSTELLING 2

Beantwoord de volgende vragen over de context 'Mevrouw Withals haalt haar zaad bij de buurman'.

# MEVROUW WITHALS HAALT HAAR ZAAD BIJ DE BUURMAN

Vrouwtjes van withalsvliegenvangers (een zangvogelsoort) plegen overspel met een aantrekkelijke buurman en doen dat bovendien op een tijdstip dat gunstig is voor de bevruchting van de eieren.

De vliegenvangervrouwtjes meten de kwaliteit van hun partner af aan de maat van de witte vlek op zijn kop. En niet zonder reden, want onderzoek heeft uitgewezen dat de jongen van de mannetjes met een grote kopvlek bij het uitvliegen vitaler zijn en dus een betere overlevingskans hebben. Toch moeten vrouwtjes voorzichtig zijn met hun buitenechtelijke relaties, want als een mannetje twijfels heeft over zijn nakomelingschap, is hij minder geneigd om mee te helpen bij het voeren van de jongen.

Als een vrouwtje met verschillende mannetjes paart, treedt in haar cloaca en eileider competitie op tussen de spermacellen van de verschillende mannetjes. Tijdens het onderzoek werden elke dag de nieuw gelegde eieren onderzocht op het aantal spermacellen dat op het dooiervlies aanwezig was. Uit het onderzoek is gebleken dat de vrouwtjes een strategie ontwikkelden voor een succesvolle paring met een mannetje met een grote kopvlek. In de periode vlak voor de eileg onttrekken ze zich twee dagen lang aan de paring. Na die periode, als het dan oude zaad in de geslachtsorganen al een beetje in kwaliteit terugloopt en het eerste ei of de eerste eieren zijn gelegd, wagen zij zich weer aan een paring, het liefst met een mannetje met een grote kopvlek. Hierdoor kan het vrouwtje zich ervan verzekeren dat minstens een deel van haar nageslacht vitaler is.

### ▼ Afb. 63 Withalsvliegenvangers.



1 vrouwtje



2 mannetje

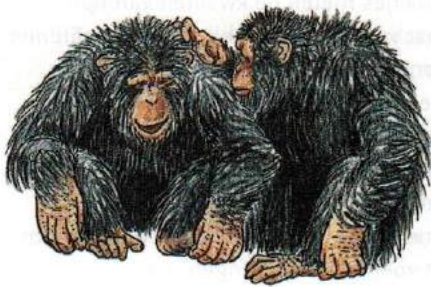
- 1 Wat is de functie van het overspelgedrag van vrouwtjes van de withalsvliegenvangers?
- 2 Door welke evolutionaire processen is dit gedrag tot stand gekomen?

**DOELSTELLING 3**

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Is een gedragssysteem een deel van een gedragsketen?
- 2 In afbeelding 64 is gedrag van apen weergegeven. Een leerling zegt hierover: 'Apen die elkaar vlooien, mogen elkaar.'  
Is deze uitspraak ethologisch correct? Leg je antwoord uit.

## ▼ Afb. 64



De vragen 3 tot en met 5 gaan over de context 'Een gedragsonderzoek'.

- 3 Behoren de in het overzicht van de volgordeanalyse genoemde gedragselementen tot één gedragssysteem? Licht je antwoord toe.

## EEN GEDRAGS- ONDERZOEK

Als de grutto's in het voorjaar terugkeren uit Afrika, zoeken zij naar een geschikte nestplaats in een weiland. De mannetjes trachten er een territorium te veroveren. Joop Brinkkemper deed onderzoek naar dit gedrag. Bij de verovering van een territorium zijn verschillende gedragselementen te onderscheiden. Een voorbeeld hiervan is snavelen. Hiermee wordt bedoeld het elkaar beetpakken en voorttrekken met de snavel. In tabel 1 is gegeven hoe vaak een bepaald gedragselement wordt gevolgd door een bepaald ander gedragselement bij één van de betrokken mannetjes: een volgordeanalyse.

## ► Afb. 65



\* Inzicht gekregen in het belang van gebiedsruimte bij het bereiken van leefgebieden.

- 4 Leg uit hoe de tabel tot stand is gekomen. Gebruik hierbij de begrippen 'ethogram' en 'protocol'.
- 5 Een volgordeanalyse zoals van de grutto is gemaakt, kan worden gebruikt om te voorspellen welk gedragselement volgt op een vertoond gedragselement. Heeft het gedragselement 'snavelen' een hogere of een lagere voorspellende waarde dan het gedragselement 'trappen'? Leg je antwoord uit.

**DOELSTELLING 4**

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Onder invloed van welke factoren ontstaat gedrag?
- 2 Een stekelbaarswijfje reageert op de zigzagdans van het mannetje niet altijd door de baltshouding aan te nemen.  
Welke interne prikkel is dan in onvoldoende mate aanwezig?
- 3 Wanneer men vlak naast het nest van een scholekster een veel groter ei legt van een andere vogelsoort, probeert de scholekster dit ei in het nest te rollen en te bebroeden (zie afbeelding 66). De scholekster blijft dit proberen, ook al gaat het slecht omdat het ei veel te groot is.  
Van welke soort prikkel is het ei een typisch voorbeeld?

## ► Afb. 66



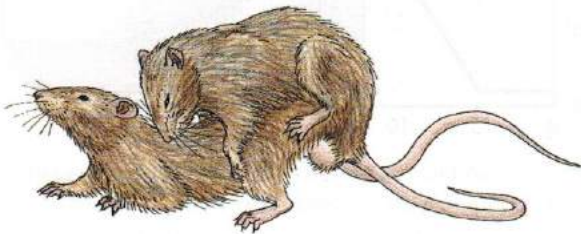
▼ Tabel 1 Volgordeanalyse van het gedrag van een gruttomannetje.

		Het daarop volgende gedragselement (uitgevoerd door hetzelfde mannetje)									
		naar grond pikken	staartveren spreiden	naar ♂ toe lopen	van ♂ weglopen	snavelen	fladderen	(be)springen	trappen	vleugel slaan	pikken
Voorafgaande gedragselement (van een mannetje)	naar grond pikken	x	73	21	3	9	1	0	0	0	0
	staartveren spreiden	73	x	4	0	3	15	0	0	0	0
	naar ♂ toe lopen	19	4	x	5	4	0	1	0	1	0
	van ♂ weglopen	5	0	5	x	0	2	0	0	0	0
	snavelen	4	7	2	1	x	13	4	0	1	0
	fladderen	2	10	2	4	12	x	4	0	0	0
	(be)springen	0	0	0	0	3	0	x	18	44	15
	trappen	0	0	1	0	0	0	18	x	18	0
	vleugel slaan	0	0	0	0	2	0	42	20	x	8
	pikken	0	0	0	0	0	0	15	0	8	x

In afbeelding 67 zijn twee parende ratten weergegeven. De houding die het vrouwtje aanneemt, wordt de acceptatiehouding genoemd. Zij neemt die houding alleen aan wanneer haar eicellen kunnen worden bevrucht en wanneer het mannetje met zijn voorpoten tegen haar flanken drukt. Alleen als zij de acceptatiehouding aanneemt, is een paring mogelijk.

- 4 Wat is de motivatie voor het aannemen van de acceptatiehouding?
- 5 Wat is de sleutelprikkel voor het aannemen van de acceptatiehouding?

▼ Afb. 67



Kippen vertonen in het voorjaar voortplantingsgedrag. Het lukt een onderzoeker dit gedragssysteem buiten die periode kunstmatig in gang te zetten door een bepaalde externe prikkel te beïnvloeden.

- 6 Welke uitwendige factor zal de onderzoeker beïnvloeden en op welke manier?
- 7 In welke maand heeft de onderzoeker de meeste kans om kunstmatig voortplantingsgedrag in gang te zetten: in januari of in juni?

## DOELSTELLING 5

Beantwoord de volgende vragen.

De vragen 1 en 2 gaan over afbeelding 68.

- 1 Als een 'paarlustig' stekelbaarsvrouwtje een stekelbaarsmannetje met een rood of oranje gekleurde buik ziet, reageert zij daarop door de baltshouding aan te nemen.  
Hoe wordt een dergelijk signaal, dat tot een vaste reactie leidt, genoemd?

▼ Afb. 68

## Partnerkeuze

Het vrouwtje van de driedoornige stekelbaars wil lang niet altijd de beste man die ze zou kunnen krijgen. Haar keus voor een toekomstige partner blijkt afhankelijk te zijn van haar eigen lichamelijke conditie. Dit blijkt uit onderzoek van het Zoölogisch Instituut van de Universiteit van Bern. Bij de mannetjes van de stekelbaars is de roodkleuring van de buik een maat voor de conditie van de dieren. Hoe roder de buik, hoe vitaler het mannetje. Vrouwtjes die op een beeldscherm tegelijkertijd een filmpje van een superrode topatleet en een zielig oranje kneusje krijgen voorgeschoteld, maken hun keus afhankelijk van hun eigen conditie. Is het vrouwtje zelf in goede doen, dan kiest ze voor de helderrode Tarzan, is ze zelf in slechte conditie, dan beperkt ze zich tot het maken van avances naar de zielige kneus.

Bron: de Volkskrant, 18 september 1999.

- 2 Is de rode buik van het ene mannetje een supranormale prikkel? En de oranje buik?
- 3 Een teddybeer heeft bepaalde kenmerken waardoor kinderen een teddybeer vertederend vinden. Hoe worden deze kenmerken samen genoemd?

**DOELSTELLING 6**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Met verschillende diersoorten zijn zogenaemde doolhofproeven gedaan, onder andere met ratten. Een hongerige rat die in een doolhof wordt gezet, zal door trial and error de uitgang vinden waar zich voedsel bevindt (zie afbeelding 69). Bij een doolhofproef met verschillende ratten werd het verband bepaald tussen het aantal pogingen (trials) dat

▼ Afb. 69



nodig was om de uitgang te vinden en het aantal fouten (errors) dat daarbij per poging werd gemaakt. In welk diagram van afbeelding 70 is dit verband juist weergegeven?

- A In diagram 1.
- B In diagram 2.
- C In diagram 3.
- D In diagram 4.

▼ Afb. 70

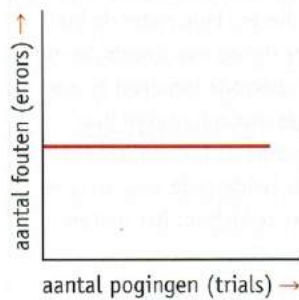


diagram 1

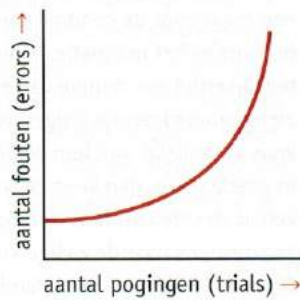


diagram 2

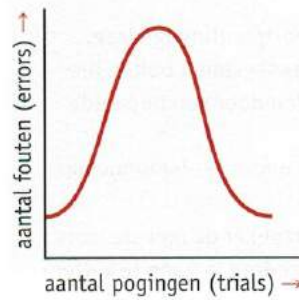


diagram 3

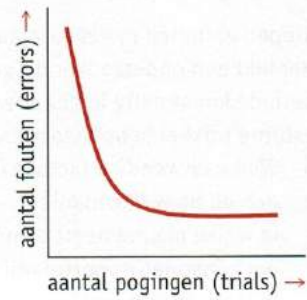


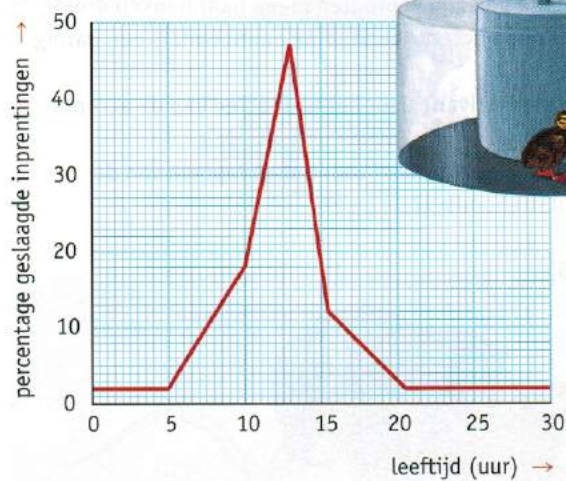
diagram 4

- 2 In een experiment werd een opgezette uil in de buurt van een nestplaats van een vink gezet. De vink reageerde hierop met alarmgeluiden. Na enige tijd stopte de vink met het produceren van alarmgeluiden. Door welk leerproces stopt de vink met het produceren van alarmgeluiden?

- A Door conditionering.
- B Door gewenning.
- C Door imitatie.
- D Door inprenting.

- 3 Een verzorger op een kinderboerderij leest een artikel waarin staat dat eendenkuikens kan worden geleerd een model als moeder te aanvaarden. Ze zullen dit model dan volgen. In het artikel staat een verslag van een experiment waarbij aan eendenkuikens direct na het uitkomen een bal werd aangeboden, die bewoog en bepaalde geluiden produceerde. In een diagram bij het artikel is het percentage geslaagde inprenting weergegeven gedurende de eerste dertig uur na het uitkomen van de eendenkuikens (zie afbeelding 71). De verzorger wil eendjes leren achter hem aan te lopen.

▼ Afb. 71





Hij wil dat doen door in een bepaalde periode na het uitkomen van de eieren met gele laarzen bij de eendenkuikens te zijn en speciale geluiden te maken.

In welke leeftijdsperiode van de kuikens is de kans het grootst dat zijn opzet slaagt?

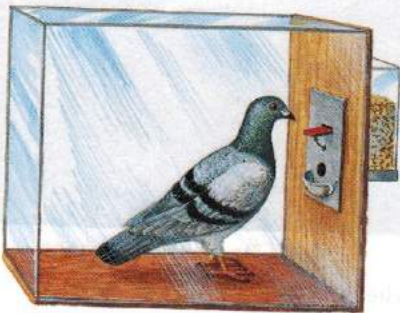
- A In de leeftijdsperiode van 0–5 uur.
- B In de leeftijdsperiode van 5–10 uur.
- C In de leeftijdsperiode van 10–15 uur.
- D In de leeftijdsperiode na 15 uur.

- 4 Een hongerige pad kreeg een levende zweefvlieg aangeboden die veel lijkt op een wesp. De pad at de zweefvlieg op. De pad kreeg vervolgens een levende wesp aangeboden. Toen de pad de wesp wilde verorberen, stak de wesp. De pad liet de wesp daarna ongemoeid. Toen de pad opnieuw een zweefvlieg kreeg aangeboden, reageerde de pad niet. (Toen de pad daarna een huisvlieg kreeg aangeboden, at de pad deze vlieg wel op.)

Door welke vorm van leren vermijdt de pad de zweefvlieg?

- A Door gewenning.
- B Door imitatie.
- C Door inzicht.
- D Door proefondervindelijk leren.

▼ Afb. 72



- 5 In een experiment worden duiven geconditioneerd om op een hefboompje te pikken (zie afbeelding 72). Als de duif op het hefboompje pikt, wordt het dier beloond met een graankorrel.

Twee leerlingen doen een uitspraak over het te verwachten gedrag van de duif bij een geslaagde conditionering.

Ellen zegt dat de frequentie waarmee de duif op het hefboompje pikt tijdens het conditioneren zal toenemen.

Peter zegt dat de duif op den duur zal ophouden met pikken als de duif niet meer wordt beloond met een graankorrel.

Wie heeft (hebben) gelijk?

- A Alleen Ellen heeft gelijk.
- B Alleen Peter heeft gelijk.
- C Ellen en Peter hebben allebei gelijk.
- D Ellen en Peter hebben geen van beiden gelijk.

De volgende gegevens horen bij de vragen 6 en 7.

In Engeland zetten de melkboeren de flessen melk voor de deur van de klanten. Een pimpelmees ontdekte op toevallige wijze dat de aluminium dop van zo'n melkfles kan worden doorgesproken (zie afbeelding 73). Daardoor kon de pimpelmees van de room op de melk eten. Kennelijk was de room aantrekkelijk, want de pimpelmees herhaalde het gedrag dagelijks.

- 6 Welk type leerproces ligt aan dit gedrag ten grondslag?

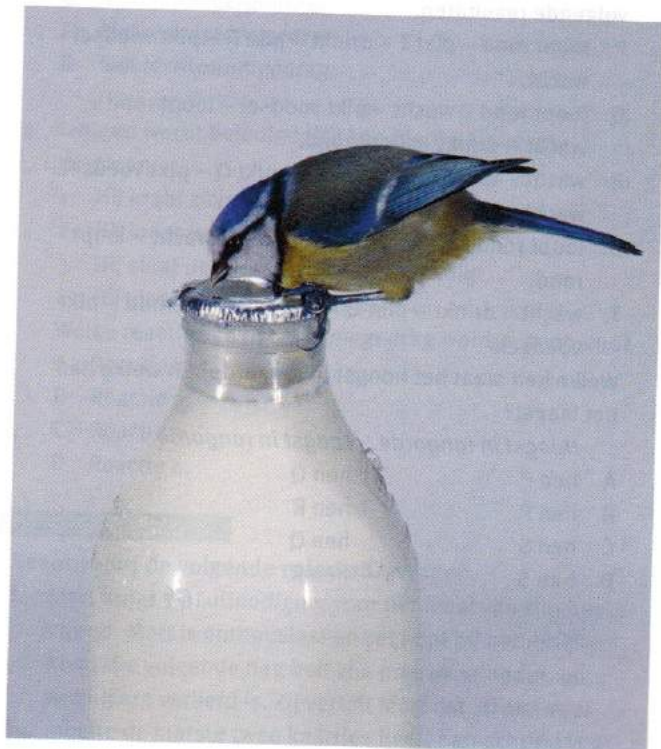
- A Conditionering.
- B Gewenning.
- C Imitatie.
- D Inprenting.

- 7 Na korte tijd vertoonden verschillende pimpelmezen in de omgeving dit gedrag.

Welk type leerproces ligt hieraan ten grondslag?

- A Conditionering.
- B Gewenning.
- C Imitatie.
- D Inprenting.

▼ Afb. 73



## DOELSTELLING 7

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Hieronder staan drie beweringen over de balts van de stekelbaars.
- 1 De balts vergroot de agressie tussen het mannetje en het vrouwtje.
  - 2 De zigzagdans van het mannetje (zie afbeelding 74) bevat kenmerken van dreig- en vluchtgedrag.
  - 3 De handelingen van de balts zijn soortspecifiek.
- Welke van deze beweringen is (zijn) juist?
- A Alleen bewering 3.  
 B Alleen de beweringen 1 en 2.  
 C Alleen de beweringen 2 en 3.  
 D De beweringen 1, 2 en 3.

## ▼ Afb. 74



- 2 Een leerling doet een ethologisch onderzoek bij kippen. Hij protocollert gedurende tien minuten de handelingen van vijf hennen P tot en met T. Hij noteert de volgende resultaten.
- P: loopt rond – pikt T – drinkt – pikt R – pikt voedsel – wacht.  
 Q: loopt rond – wacht – pikt voedsel – loopt rond – wacht – drinkt – loopt rond.  
 R: wacht – loopt rond – drinkt – pikt Q – pikt voedsel – wacht – loopt rond.  
 S: loopt rond – pikt voedsel – pikt P – wacht – loopt rond.  
 T: wacht – drinkt – pikt Q – wacht – loopt rond – pikt voedsel.

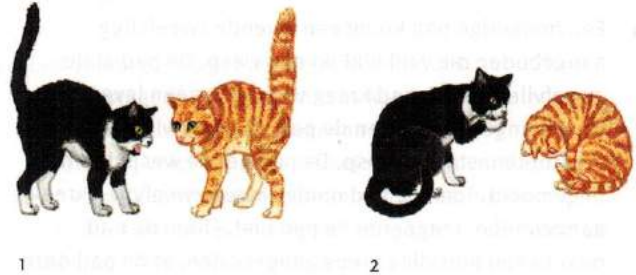
Welke hen staat het hoogst in rangorde? En welke hen het laagst?

*Hoogst in rangorde    Laagst in rangorde*

- A hen P                    hen Q  
 B hen P                    hen R  
 C hen S                    hen Q  
 D hen S                    hen R

- 3 Twee katers die hevig naar elkaar dreigen, gaan plotseling allebei hun vacht schoonlikken (zie afbeelding 75). Hoe heet het gedrag dat de katten dan vertonen?
- A Rolgedrag.  
 B Verzorgingsgedrag.  
 C Overspronggedrag.  
 D Verzoeningsgedrag.

## ▼ Afb. 75



## ▼ Afb. 76



De volgende gegevens behoren bij de vragen 4, 5 en 6. In de weilanden in Noord-Holland zijn grutto's algemene broedvogels. De foto van afbeelding 76 geeft het gedrag weer van mannelijke grutto's.

Een grutto bakent zijn territorium af door zich luid roepend op een goed zichtbare plaats in het weiland op te stellen. Bij de nadering van een concurrent wordt door de staart uit te spreiden de zwarte vleugelband opvallend zichtbaar. De vogel zet de rugveren en vleugels op. Vervolgens loopt de grutto met gespreide staart en in de grond pikkend op de tegenstander af.

Grutto's die elkaar een territorium betwisten, proberen elkaar bij de snavel te pakken en elkaar dan al fladderend weg te duwen. Dit gedrag wordt afgewisseld met aan graspollen trekken, in de grond pikken en de uitgespreide staart tonen. De grutto's springen fladderend tegen elkaar

op, waarbij ze naar elkaar trappen. Ze proberen op elkaars rug te komen en daar geruime tijd op te blijven staan. Ze pikken hierbij naar elkaar.

4 Welke functie heeft het gedrag dat de grutto's op de foto vertonen? En is dit gedrag een voorbeeld van sociaal gedrag?

*Functie van het gedrag*      *Sociaal gedrag*

- A een rangorde vaststellen      ja
- B een rangorde vaststellen      nee
- C een territorium vaststellen      ja
- D een territorium vaststellen      nee

5 Bij grutto's leidt succesvol territoriumgedrag tot een groot territorium. Hierna staan drie verklaringen voor het verschijnsel dat een groot territorium bijdraagt tot het voortplantings-succes van een grutto.

- 1 Een groot territorium geeft meer kans om een partner te vinden.
- 2 Een groot territorium leidt tot een grotere overlevingskans van de nakomelingen, doordat er een grote hoeveelheid voedsel beschikbaar is.
- 3 In een groot territorium is er een kleinere kans dat een nest wordt verstoord door soortgenoten.

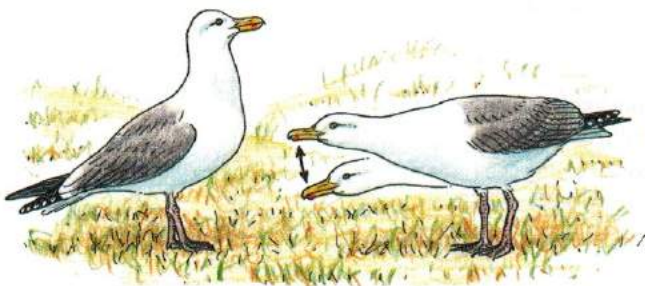
Welke van deze verklaringen is (zijn) juist?

- A Alleen verklaring 1.
- B Alleen verklaring 2.
- C Alleen de verklaringen 1 en 2.
- D De verklaringen 1, 2 en 3.

6 In afbeelding 77 is gedrag van zilvermeeuwen weergegeven. Het 'kopwippen' van het vrouwtje is voor het mannetje een prikkel om voedsel op te braken. Hoe noemen we zo'n handeling die als prikkel werkt voor een soortgenoot?

- A Een geconditioneerde reflex.
- B Een signaal.
- C Een supranormale prikkel.

▼ Afb. 77



7 Een pad die een vijand ziet, maakt zich dik en gaat hoog op de poten staan (zie afbeelding 78).

Hoe noemen we dit gedrag?

- A Imponeergedrag.
- B Groeigedrag.
- C Overspronggedrag.

▼ Afb. 78



8 De blikken en gebaren die aan het vrijen van twee mensen voorafgaan, bevatten signalen voor een bepaald gedrag.

Met welk gedrag van dieren is deze blikken- en gebarentaal te vergelijken?

- A Met baltsgedrag.
- B Met imponeergedrag.
- C Met overspronggedrag.
- D Met territoriumgedrag.

9 Iemand wordt beledigd. Hij kan hierop als volgt reageren:

- 1 Hij krabt zich op zijn hoofd.
- 2 Hij loopt weg.
- 3 Hij slaat de persoon die hem beledigt.
- 4 Hij slaat met zijn vuist op tafel.

Welke reactie kan overspronggedrag worden genoemd?

- A Reactie 1.
- B Reactie 2.
- C Reactie 3.
- D Reactie 4.

**DOELSTELLING 8**

Beantwoord de volgende meerkeuzevragen.

- 1 Mart krijgt een uitnodiging voor het feest van zijn beste vriend. Mart is enthousiast en zegt dat hij natuurlijk komt. De volgende dag belt zijn nieuwe vriendin, op wie hij erg verliefd is. Zij vertelt Mart dat zij met veel moeite de laatste twee kaartjes heeft bemachtigd voor

een concert van zijn favoriete band. Het concert is op de datum van het feest van zijn beste vriend. Mart twijfelt wat hij het best kan doen.

Hieronder staan drie beweringen over het twijfelgedrag van Mart.

- 1 Het twijfelgedrag wordt veroorzaakt doordat Mart gevoelig is voor verschillende sleutelprikkels.
- 2 Het twijfelgedrag van Mart wordt veroorzaakt doordat hij verschillende oplossingen voor zijn probleem kan beoordelen aan de hand van normen en waarden.
- 3 Het twijfelgedrag van Mart wordt veroorzaakt doordat verschillende prikkels even sterk zijn.

Welke van deze beweringen zijn een argument om het twijfelgedrag van Mart typisch menselijk te noemen?

- A Alleen bewering 1.
- B Alleen bewering 2.
- C De beweringen 1 en 3.
- D De beweringen 1 en 2.
- E De beweringen 2 en 3.
- F De beweringen 1, 2 en 3.

- 2 Hieronder staan twee beweringen over de verschillen tussen het gedrag van mensen en het gedrag van dieren.

- 1 Bij dieren wordt het gedrag sterker bepaald door leerprocessen dan bij mensen.
- 2 Bij dieren komen in tegenstelling tot bij mensen geen rolpatronen voor.

Welke van deze beweringen is (zijn) juist?

- A Alleen bewering 1.
- B Alleen bewering 2.
- C De beweringen 1 en 2.
- D Geen van deze beweringen.

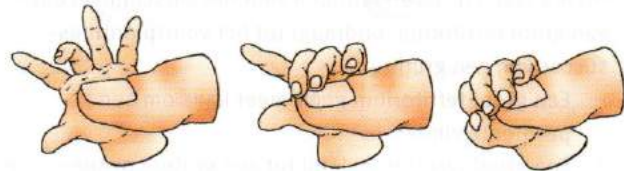
- 3 In afbeelding 79 is gedrag van een pasgeboren baby weergegeven.

Waardoor wordt dit gedrag grotendeels bepaald: door erfelijke factoren of door leerprocessen?

En spelen leerprocessen een rol bij de verdere ontwikkeling van deze fijne motoriek?

<i>Het gedrag wordt grotendeels bepaald door</i>	<i>Leerprocessen spelen een rol bij de verdere ontwikkeling</i>
A erfelijke factoren	ja
B erfelijke factoren	nee
C leerprocessen	ja
D leerprocessen	nee

▼ Afb. 79



Controleer met het uitwerkingenboek of je de diagnostische-toetsvragen goed hebt gemaakt.

- Heb je geen fouten gemaakt? Begin dan aan de eindopdracht en de verrijksstof.
- Heb je fouten gemaakt bij een of meer doelstellingen? Bestudeer dan nog eens de theorie. Ga na wat je precies fout hebt gedaan. Begin daarna aan de eindopdracht en de verrijksstof.

# Eindopdracht

De eindopdracht geeft een overzicht over het thema en bevat (examen)opgaven over leerstof uit dit thema en voorgaande thema's. Met de eindopdracht kun je je voorbereiden op de eindtoets en je eindexamen.

## opdracht 1

Neem het schema over en vul de volgende begrippen in:

*belonen – conditioneren – cultuur – daglengte – ethogram – homeostase – honger – inprenting – instinct – inzicht – objectief – oestrogeen – ordenen – overlevingskans – respect – signaal – sleutelprikkel – voeding – voortplantings-succes – waarden – zintuig.*

Functies van gedrag	
Interne prikkel	
Externe prikkel	
Aangeboren	
Mens	
Leerproces	
Onderzoek	

## opdracht 2

*Evolutie in de praktijk (examen havo 2001-1)*

Gedragbioloog Paul Albers heeft thuis twee bakken met guppy's. De vissen in de ene bak zijn afkomstig uit de kaaimanvijver in de Bush van Burgers' Zoo te Arnhem. De vissen zwemmen individueel rond en de mannetjes zijn groot en felgekleurd. Beweegt Albers zijn hand boven de bak, dan reageren de visjes daar nauwelijks op. Bij de buren is dat anders. Wordt er een vinger naar ze uitgestoken, dan vluchten de dieren in scholen samen. De mannetjes zijn bovendien klein en hebben veel minder en kleinere kleurvlekken op hun lichaam en vinnen. Hoewel deze dieren flink van hun buren verschillen, komen ze eveneens uit de Bush, maar dan uit de vijver met zeekoeien. De guppy's in de beide bakken zijn nakomelingen van oorspronkelijk dezelfde populatie. Negen jaar geleden is deze bij de inrichting van de Bush verdeeld over de twee vijvers. De leefomstandigheden zijn overeenkomstig: beide wateren worden verwarmd, de vijvers liggen in dezelfde hal, vlak naast elkaar, onder overeenkomstige omstandigheden. Kaaimannen noch zeekoeien steken een 'poot' uit naar de visjes. Het grote verschil, denkt Albers, zit in de twee slangenhalsvogels die jagen in de zeekoeivijver, maar die door een net worden weggehouden bij de kaaimannen. Een slangenhalsvogel voedt zich hoofdzakelijk met kleine visjes die hij onder water achterna jaagt.

*Naar: de Volkskrant, 13 juni 1998.*

Het ontstaan van twee populaties guppy's, die in bouw, gedrag en uiterlijk van elkaar verschillen, is op basis van de evolutietheorie verklaarbaar.

- 1 Leg, gebruikmakend van deze theorie, uit waardoor de dieren van de populatie in de zeekoeivijver een ander gedrag hebben ontwikkeld dan de dieren van de populatie in de kaaimanvijver. Leg ook uit waardoor het uiterlijk bij de dieren van de populatie in de zeekoeivijver zich anders heeft ontwikkeld dan in de kaaimanvijver.

José is onderzoeker in de Bush en denkt dat het kleurpatroon van guppy's erfelijk is vastgelegd. Om dit te onderzoeken spant ze gedurende één seizoen een net over de zeekoevijver.

- 2 Bij welk resultaat zal ze haar hypothese dienen te verwerpen? Leg je antwoord uit.

Albers is ook geïnteresseerd in andere verschillen tussen beide populaties guppy's. Zijn hypothese is dat de guppy's uit de zeekoevijver eerder geslachtsrijp zijn.

- 3 Geef een argument voor deze hypothese van Albers.

### opdracht 3

*Pietje met een eigen liedje (examen havo 2011-2)*

Mannetjeskanaries zingen met een duidelijk doel, vooral in het broedseizoen. Jonge mannetjeskanaries die geïsoleerd van volwassen mannetjes opgroeien, ontwikkelen deze zang van nature. Maar jonge mannetjeskanaries kunnen ook een lied aanleren dat ze niet van nature zouden zingen. Onderzoekers leerden jonge mannetjes vanaf 25 dagen oud een lied. Dit gebeurde door een computer iedere twee uur een liedje te laten spelen dat in het natuurlijke kanarierepertoire niet voorkomt. De vogels waren in een geluiddichte kamer geboren en hadden alleen gezelschap van hun niet-zingende moeders. Alle vogelgeluiden in de ruimte werden opgenomen en geanalyseerd.

Uit het onderzoek bleek dat zes van de tien mannelijke vogels na verloop van tijd het computerliedje gedeeltelijk konden zingen. Dat ze niet allemaal zongen, is niet vreemd, want in gevangenschap zingen niet alle mannetjes. Opvallend was dat naarmate het broedseizoen en hun seksuele volwassenheid dichterbij kwamen, hun zang steeds meer in het traditionele liedje veranderde. In de tekst wordt onderscheid gemaakt tussen het zingen van 'traditionele' liedjes en liedjes die kanaries niet van nature zingen.

- 1 Leg met behulp van informatie uit de tekst uit of het zingen van het 'traditionele' kanarielied aangeboren of aangeleerd is.

De zang van de kanariemannetjes kan leiden tot agressief gedrag van soortgenoten.

- 2 Welke interne prikkel is naast de zang een voorwaarde voor het ontstaan van dat agressieve gedrag?

Het fluiten van het 'traditionele' liedje heeft naast het afbakenen van het territorium nog een andere functie.

- 3 Welke andere functie is dit?

Jonge kanariemannetjes leerden het 'computerliedje' zingen.

- 4 Welk leerproces leidt tot het kunnen zingen van het computerliedje?
  - A Conditionering.
  - B Gewenning.
  - C Imitatie.
  - D Inzicht.
  - E Trial and error.

In het onderzoek werd ook de zang van twee mannetjes met testosteron-implantaten gevolgd. De verandering van het zingen van het computerliedje naar het traditionele lied verliep bij hen sneller.

- 5 Leg uit waarom deze verandering bij de kanaries met testosteron-implantaten sneller verloopt dan bij de kanaries zonder deze implantaten.

Uit het in de tekst beschreven onderzoek wordt niet duidelijk of het leren zingen van 'computerliedjes' in gevangenschap afhankelijk is van een bepaalde gevoelige periode. Om dit te weten te komen is een ander onderzoek gedaan.

In een kooi werden volwassen mannetjes geplaatst, die in een geluiddichte kamer met alleen hun moeders waren opgegroeid (= groep 1).

In een tweede kooi werden jonge vogels geplaatst, die ook in een geluiddichte kamer met alleen hun moeders waren opgegroeid (= groep 2). De jonge vogels floten nog niet.

Zodra de tweede groep begon te fluiten, werden aan beide groepen 'computerliedjes' aangeboden.

- 6 Welk resultaat van dit onderzoek zou als bewijs kunnen dienen, dat het zingen van 'computerliedjes' in gevangenschap afhankelijk is van een bepaalde gevoelige periode?

*Groep 1*

- A zingen 'traditionele' en 'computerliedjes'
- B zingen 'traditionele' en 'computerliedjes'
- C zingen alleen 'traditionele liedjes'
- D zingen alleen 'traditionele liedjes'

*Groep 2*

- zingen 'traditionele' en 'computerliedjes'
- zingen alleen 'computerliedjes'
- zingen alleen 'computerliedjes'
- zingen 'traditionele' en 'computerliedjes'

# 1 Gedrag van pissebedden

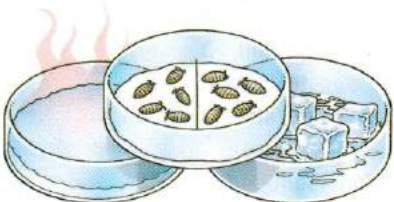
Pissebedden (zie afbeelding 80) zijn dieren waarbij je gemakkelijk gedrag kunt onderzoeken. In deze verrijkingstof ga je onderzoeken wat de respons van pissebedden is op verschillende prikkels. Je moet bij deze verrijkingstof met zijn tweeën werken.

De invloed van elk van deze prikkels onderzoek je in een apart experiment. Het eerste experiment is in een schema uitgewerkt. Bij opdracht 2 en 3 staan twee vervollexperimenten. Kies een van beide. Van elk experiment maak je een verslag. Neem voor elk experiment nieuwe pissebedden.

## opdracht 1

### PRACTICUM

#### GEDRAG VAN PISSEBEDDEN

<b>Inleiding</b>	Pissebedden leven van planten en van plantaardig afval. Je kunt pissebedden buiten vinden, onder stenen of onder oude stukken hout. Als je het voorwerp waar ze onder zitten optilt, kruipen de pissebedden meteen ergens anders onder. Dit gedrag is een respons op prikkels. Je kunt verschillende prikkels bedenken die veroorzaken dat pissebedden wegkruipen. De pissebedden kunnen bijvoorbeeld plaatsen opzoeken die koel, vochtig of donker zijn.
<b>Probleemstelling</b>	Hebben pissebedden voorkeur voor een warme of voor een koude omgeving?
<b>Hypothese</b>	Stel voor dit onderzoek een hypothese op.
<b>Verwachting</b>	Formuleer op basis van deze hypothese een verwachting over de uitkomst van je proef (doe dit in de vorm: Als ..., dan ...).
<b>Materiaal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 3 petrischalen (diameter 20 cm)</li> <li>– filtreerpapier</li> <li>– heet water en ijsblokjes</li> <li>– 10 pissebedden</li> <li>– een horloge met seconde-aanduiding of een stopwatch</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bedek de bodem van een schaal met filtreerpapier.</li> <li>– Trek met potlood een lijn die het papier in twee helften verdeelt. Maak het filtreerpapier vochtig, maar niet te nat.</li> <li>– Maak een proefopstelling zoals in afbeelding 81 is weergegeven.</li> <li>– Zet de tien pissebedden in de bovenste schaal en laat ze vijf minuten aan hun omgeving wennen.</li> <li>– Noteer om de dertig seconden hoeveel pissebedden zich op het warme gedeelte en hoeveel pissebedden zich op het koude gedeelte bevinden. Doe dit gedurende tien minuten. Verdeel de taken: een leerling telt en de ander houdt de tijd in de gaten en noteert de waarnemingen.</li> <li>– Maak een verslag van je onderzoek. Gebruik hierbij dit schema.</li> </ul> <p>▼ <b>Afb. 81</b> Proefopstelling.</p> 
<b>Resultaten</b>	
<b>Conclusie</b>	



► **Afb. 8o** Pissebedden.**opdracht 2****Practicum pissebedden en vocht**

Ontwerp een experiment om de invloed van vocht op het gedrag van pissebedden te onderzoeken.

- Formuleer een onderzoeksvraag, een hypothese en spreek op basis van de hypothese een verwachting uit.
- Maak een werkplan en voer het experiment uit.
- Maak een verslag van het experiment.

**opdracht 3****Practicum pissebedden en licht**

Ontwerp een experiment om de invloed van licht op het gedrag van pissebedden te onderzoeken.

- Formuleer een onderzoeksvraag, een hypothese en spreek op basis van de hypothese een verwachting uit.
- Maak een werkplan en voer het experiment uit.
- Maak een verslag van het experiment.

**WEB** [meer verrijkingstoffen vind je op ePack](#)