BVJ

BIOLOGIE VOOR JOU

MALMBERG

MAX

BIOLOGIE 4B

HAVO

NAAM EN KLAS

Bewaar dit boek! · Het bevat examenstof ·

BVJ

BIOLOGIE VOOR JOU

Biologie voor de bovenbouw

4 HAVO

deel B

EINDREDACTIE

Claud Biemans
Marianne Gommers

AUTEURS

Marianne Gommers
Carin van Haren
Elke de Schrevel

MAX RELEASE 7.0

Malmberg 's-Hertogenbosch
www.biologievoorjou.nl

Deel A

Thema 1 INLEIDING IN DE BIOLOGIE

ORIËNTATIE

Verslag van een excursie op Texel 8
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Biologie is overal 10
2 Organen, weefsels en cellen 16
3 Plantaardige en dierlijke cellen 23
4 Organellen 29
5 Transport door membranen 38
6 Natuurwetenschappelijk onderzoek 51

SAMENHANG

De grote schoonmaak van de oceanen 60

EXTRA STOF

Wandzoekgedrag
Leven in zout water

ONDERZOEK

Vaardigheden 62
Practica 69

AFSLUITING

Samenvatting 76
Examenopgaven 82

Thema 2 VOORTPLANTING EN SEKSUALITEIT

ORIËNTATIE

Waarom hebben we seks? 90
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Ongeslachtelijke voortplanting (SE) 92
2 Geslachtelijke voortplanting (SE) 101
3 Hormonen 114
4 Zwanger 122
5 Seksualiteit (SE) 131
6 Soa's en geboorteregeling (SE) 138

SAMENHANG

Anabolen voor je uiterlijk 148

EXTRA STOF

Borstvoeding
Blind date

ONDERZOEK

Practica 150

AFSLUITING

Samenvatting 153
Examenopgaven 158

Thema 3 GENETICA

ORIËNTATIE

Designerdogs 166
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Fenotype en genotype 168
2 Genenparen 175
3 Monohybride kruisingen 184
4 Geslachtschromosomen 194
5 Speciale manieren van overerven 201
6 Opvoeding of aanleg (SE) 208

SAMENHANG

Twin strangers 214

EXTRA STOF

Erfelijkheid in je familie

ONDERZOEK

Practica 216

AFSLUITING

Samenvatting 220
Examenopgaven 224

Thema 4 EVOLUTIE

ORIËNTATIE

Het succes van de vliegende rat 232
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Indeling van de levende natuur 234
2 Bacteriën, virussen en schimmels 242
3 De evolutietheorie 249
4 Evolutie in populaties 259
5 Onderzoek naar evolutie 264

SAMENHANG

Alleen mutanten smullen van softijs 272

EXTRA STOF

Leren en werken

ONDERZOEK

Practica 274

AFSLUITING

Samenvatting 281
Examenopgaven 284

Deel B

Thema 5 REGELING

ORIËNTATIE

'You can do it', ook met diabetes 8
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Homeostase en regelkringen 10
2 Het hormoonstelsel 15
3 Het zenuwstelsel 26
4 Reflexen en het autonome zenuwstelsel 39
5 Impulsgeleiding 44
6 Spieren en beweging (SE) 51

SAMENHANG

Pijn is fijn?! 62

EXTRA STOF

Verliefdheid is chemie
De effecten van drugs

ONDERZOEK

Practica 64

AFSLUITING

Samenvatting 69
Examenopgaven 74

Thema 6 WAARNEMING EN GEDRAG (SE)

ORIËNTATIE

'Zien' als een vleermuis 82
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Zintuigen 84
2 Het oog 92
3 Gedrag 106
4 Beïnvloeden van gedrag 112
5 Sociaal gedrag bij dieren 122
6 Gedrag bij mensen 130

SAMENHANG

Een hondenbaan 138

EXTRA STOF

Gedrag van pisse-bedden

ONDERZOEK

Vaardigheden 140
Practica 142

AFSLUITING

Samenvatting 146
Examenopgaven 150

Thema 7 ECOLOGIE EN MILIEU

ORIËNTATIE

Droomboerderij 158
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Organismen 160
2 Populaties 169
3 Ecosystemen 178
4 Veranderende ecosystemen 187
5 Kringlopen 196
6 Duurzaamheid en natuurbescherming 204
7 Voedselproductie 214
8 Energie 224

SAMENHANG

Hop-overs voor de gewone grootoorvleermuis 232

EXTRA STOF

Leven in een stad
Modelleren met Coach

ONDERZOEK

Practica 234

AFSLUITING

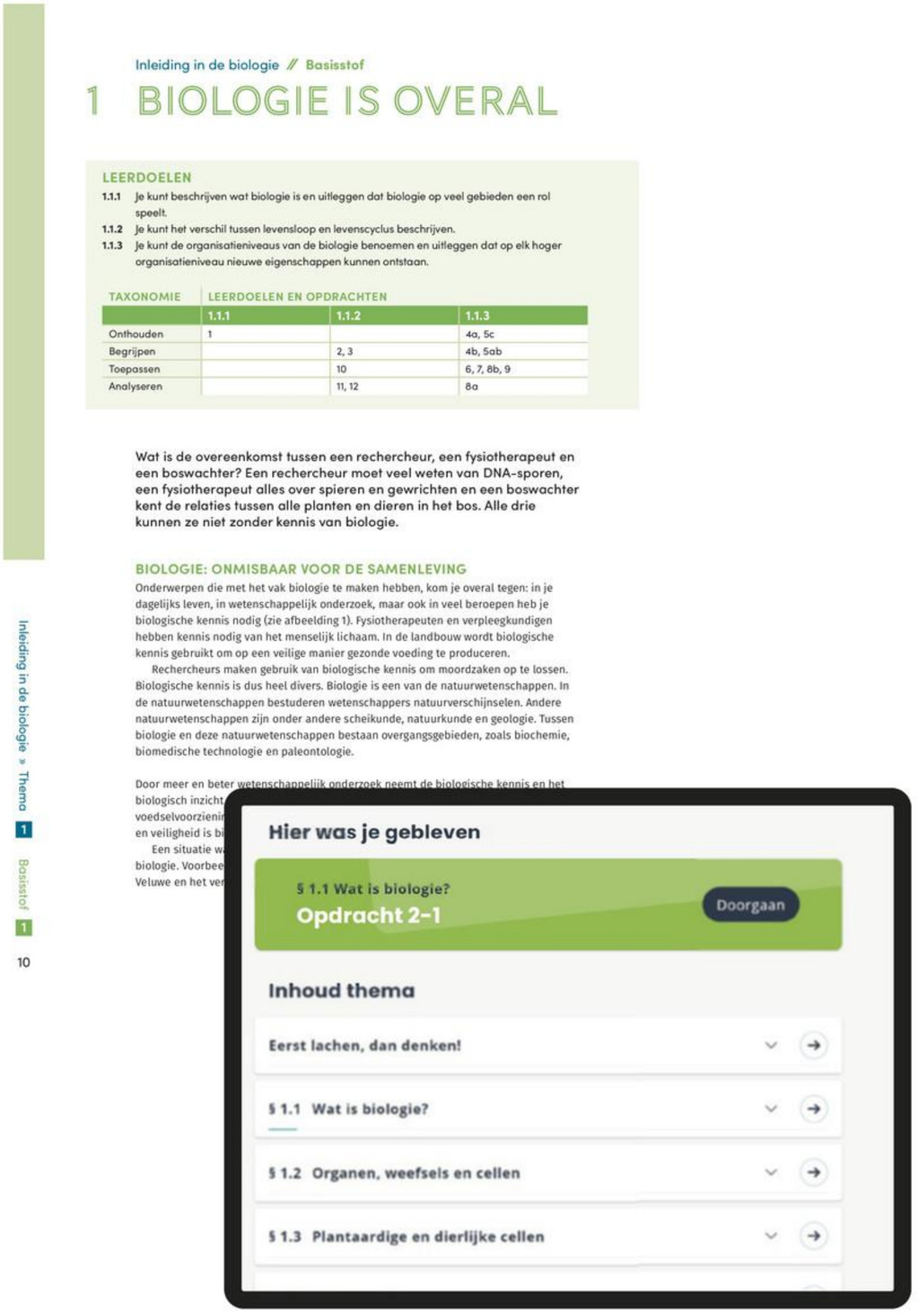
Samenvatting 238
Examenopgaven 244

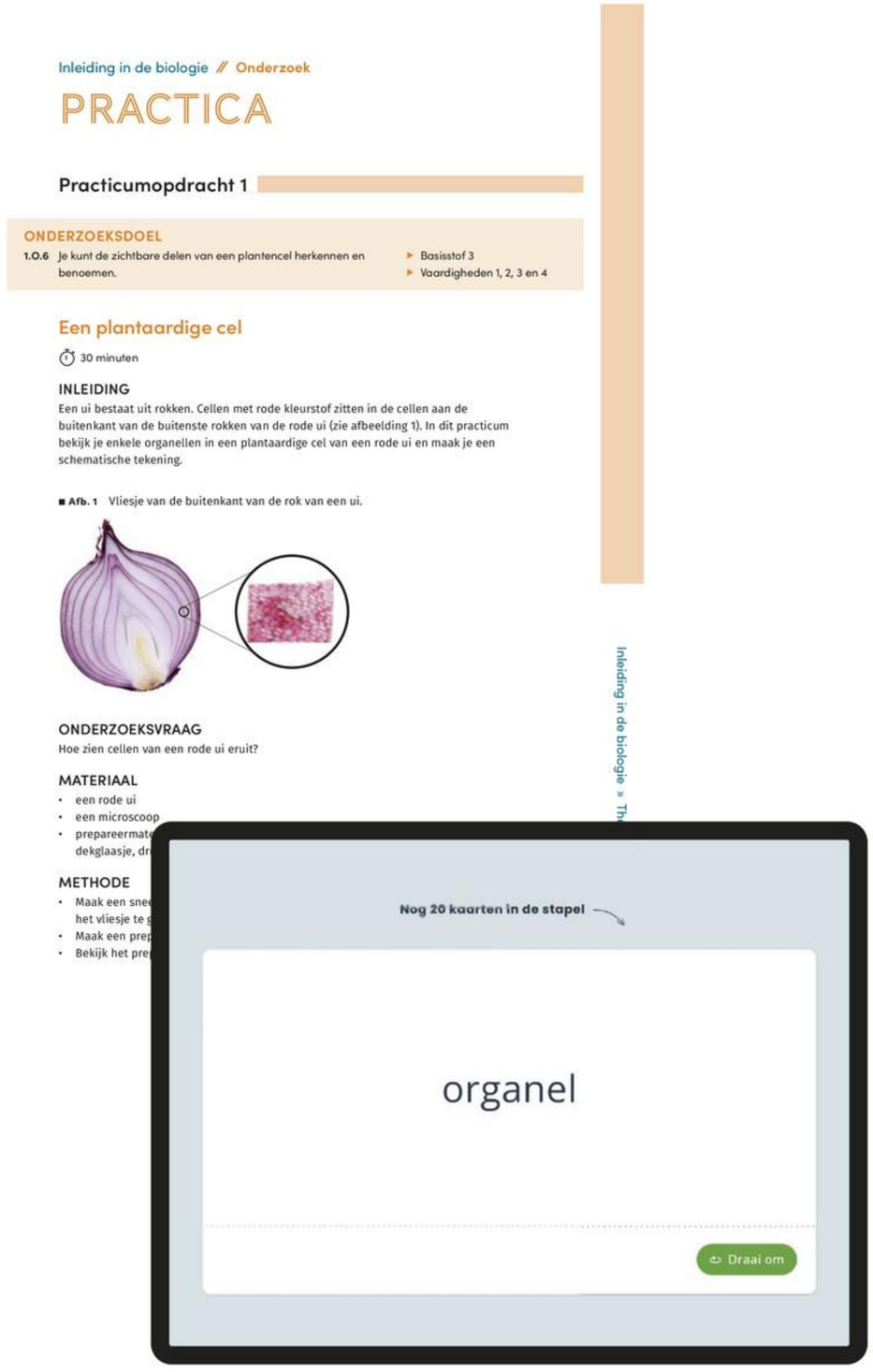
Register 250
Colofon 252

EXAMENTRAINER

AAN DE SLAG MET BIOLOGIE VOOR JOU

Biologie is overal om je heen. Met *Biologie voor jou* heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken! Je leert waar het vak om draait en welke rol biologie speelt in het dagelijkse leven.





WERK IN JE BOEK ÉN ONLINE!

Er zijn twee boeken per leerjaar en er is een online leeromgeving. Je docent kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek. Elk thema start met de Oriëntatie (inclusief *Voorkennistoets* en *Voorkennisfilmpje*), gevolgd door de *Basisstof*, *Samenhang*, *Extra stof*, *Onderzoek* en *Afsluiting*. Aan het begin van elke basisstof staat met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren en op welk taxonomieniveau je het geleerde oefent bij de opdrachten. In het onderdeel *Onderzoek* vind je de vaardigheden en ga je met practica aan de slag. In de *Afsluiting* vind je de samenvatting en examenopgaven ter voorbereiding op het examen.

VOORDELEN VAN ONLINE

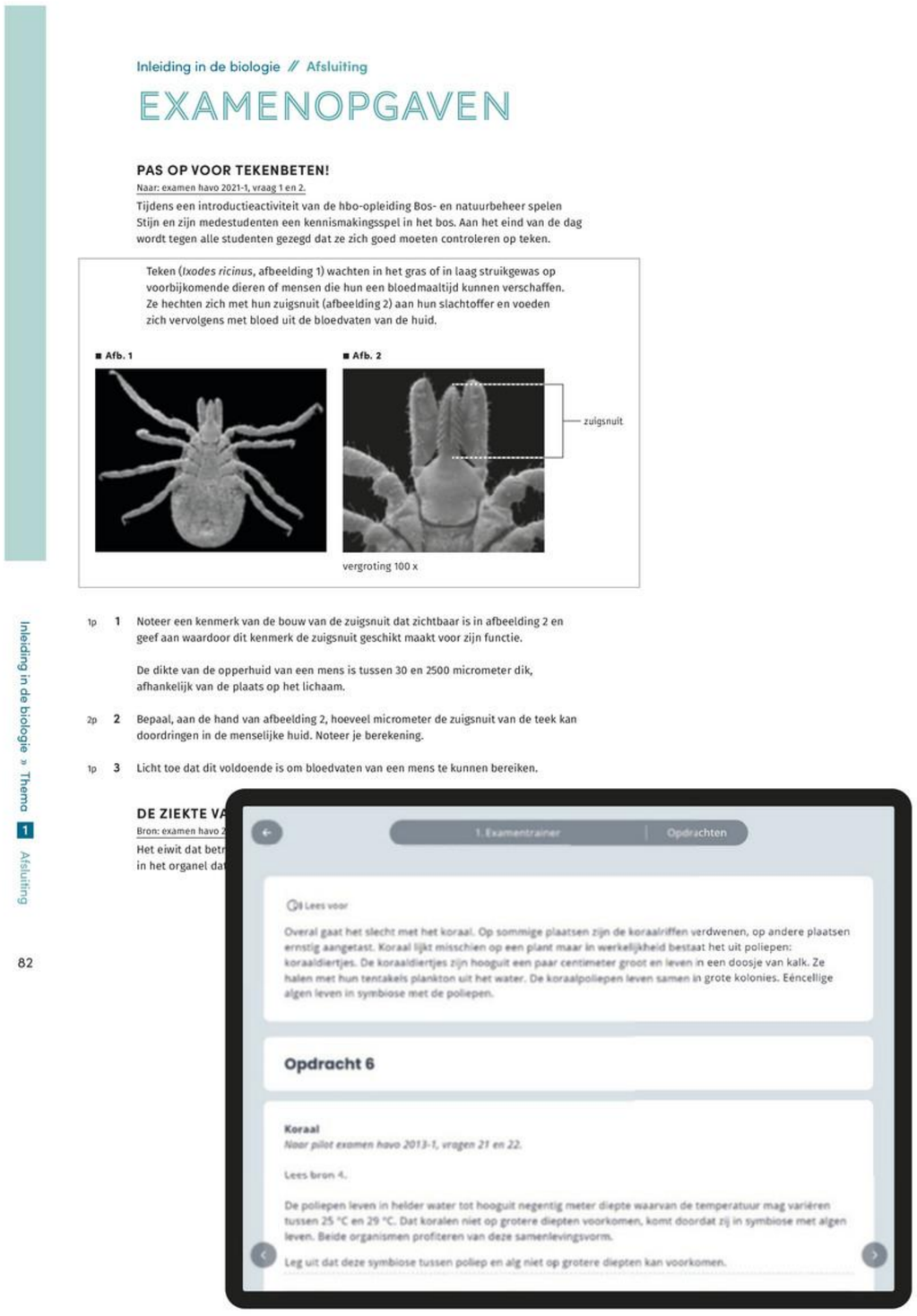
- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je leert de begrippen met de *Flitskaarten*.
- Je meet of je de stof beheerst met de *Test jezelf*, *Oefentoets* en *Examenopgaven*.
- Je kunt op een hoger of lager niveau en leerjaar werken.
- Je docent volgt hoe het met je gaat.

SAMENHANG

Aan het einde van elk thema is er een onderdeel *Samenhang*. Met de *Samenhang* ontdek je hoe de leerstof van belang is in de wereld om je heen. Ook leer je verbanden te zien tussen de verschillende basisstoffen van het thema en is er aandacht voor de interactie tussen de verschillende organisatieniveaus. Een goede oefening voor het examen!

GOEDE VOORBEREIDING OP DE TOETS EN HET EXAMEN!

Een thema eindigt met een Afsluiting (*Samenvatting* en *Examenopgaven*). In de online leeromgeving vind je ook *Flitskaarten*, een *Oefentoets* en de *Examentrainer*.



VOORDELEN VAN HET BOEK

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.

BETEKENIS SYMBOLEN

Deze opdracht maak je het best in je boek.

Ga naar de online leeromgeving voor handige extra's.

Een uitdagende opdracht uit de biologie-olympiade.

Met dit practicum ben je zó lang bezig.

Thema 5

REGELING

Dit thema gaat over de bouw, functie en samenwerking van het hormoonstelsel, het zenuwstelsel en het spierstelsel. Als je sport, beweeg je met behulp van je spierstelsel. Het hormoonstelsel en het zenuwstelsel regelen onder andere dat je hartslag en ademhaling worden aangepast aan deze activiteit. Deze orgaanstelsels houden de omstandigheden in je lichaam min of meer constant.

Inhoud

ORIËNTATIE

'You can do it', ook met diabetes 8
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Homeostase en regelkringen 10
2 Het hormoonstelsel 15
3 Het zenuwstelsel 26
4 Reflexen en het autonome zenuwstelsel 39
5 Impulsgeleiding 44
6 Spieren en beweging (SE) 51

SAMENHANG

Pijn is fijn?! 62

EXTRA STOF

Verliefdheid is chemie
De effecten van drugs

ONDERZOEK

Practica 64

AFSLUITING

Samenvatting 69
Examenopgaven 74

'YOU CAN DO IT', OOK MET DIABETES

Nick Jonas (zie afbeelding 1), acteur en zanger bij The Jonas Brothers, heeft diabetes (suikerziekte) en maakt daar geen geheim van. Regelmatig deelt hij op Instagram berichten over zijn leven met diabetes.

'Toen ik een jaar of dertien was, verloor ik veel gewicht en had ik last van stemmingswisselingen. Ik had de hele dag dorst en moest wel twintig keer per dag plassen. Mijn ouders hadden in de gaten dat er iets mis was en gingen met mij naar de dokter. Die ontdekte dat ik diabetes (type 1) had.'

Sinds zijn zevende speelt Nick als acteur in musicals op Broadway en in televisieseries. Nicks moeder vreesde dat de ontdekking van zijn diabetes zijn carrière misschien in de weg zou staan. Maar niets was minder waar. Nick leerde omgaan met zijn ziekte, zodat hij een zo normaal mogelijk leven kan leiden.

'Diabetes is een ziekte die altijd bij je is. Je kunt geen dag "vrij nemen" van de ziekte. Het eerste wat ik 's ochtends doe is mijn bloedglucosegehalte (bloedsuikerspiegel) controleren.' Iemands bloedglucosegehalte schommelt de hele dag rondom een min of meer constante waarde. Het bloedglucosegehalte wordt beïnvloed door voeding, hormonen, beweging, stress en andere factoren. Bij mensen met diabetes blijft het bloedglucosegehalte niet constant. De pieken en dalen zijn veel groter dan bij iemand zonder diabetes. Dat kan vervelende klachten geven, zoals duizeligheid, hartkloppingen en hoofdpijn bij een te lage waarde, of misselijkheid en een ziek gevoel bij een te hoge waarde. 'Die schommelingen in het bloedglucosegehalte worden veroorzaakt doordat mijn lichaam het hormoon insuline niet aanmaakt. Ik moet dat mezelf dus toedienen. Sommige diabetespatiënten gebruiken daar een insulinespuit voor, maar ik heb een insulinepomp (zie afbeelding 2). Die geeft de insuline verspreid over de dag af, maar je kunt de afgifte ook tijdelijk aanpassen, bijvoorbeeld als je uit eten gaat.'

■ **Afb. 1** Acteur en zanger Nick Jonas.

Nick kan met zijn ziekte vrijwel alles doen wat hij wil. Ook kan hij gewoon alles eten, maar hij moet er wel bewust mee bezig zijn. Producten met veel suiker zijn niet aan te bevelen voor een diabetespatiënt. Die kunnen namelijk zorgen voor een flinke piek in het bloedglucosegehalte. Hetzelfde geldt voor wit brood of witte rijst. Voor iemand met diabetes is het beter om te kiezen voor de volkorenvariant. Voor iemand zonder diabetes is volkoren ook een gezondere keuze, dus wat dat betreft is Nicks 'dieet' zo gek nog niet.

Nick schaamt zich niet voor zijn diabetes. Sterker nog, hij wil juist laten zien dat een ziekte als diabetes iedereen kan overkomen en dat je er een normaal leven mee kunt leiden. Hij is medeoprichter van het online platform ‘Beyond Type 1’. Deze non-profitorganisatie verenigt de wereldwijde diabetescommunity en biedt oplossingen om leven met diabetes te verbeteren. Op deze manier hoopt Nick zijn fans te helpen. Want: ‘Diabetes is een beheersbare ziekte. Soms is het weleens lastig, maar “You can do it!”’, aldus Nick.

■ **Afb. 2** Een insulinepomp.

Opdrachten

1 Het bloedglucosegehalte wordt onder andere beïnvloed door voeding. Producten met veel suikers, maar ook brood, pasta en aardappelen zorgen voor een stijging van het bloedglucosegehalte.
Welke groep voedingsstoffen leveren deze producten vooral?

2 Als het bloedglucosegehalte in je lichaam gevaarlijk hoog wordt, zorgt je lichaam ervoor dat er glucose met de urine wordt uitgescheiden.
Via welk orgaan of welke organen wordt de overtollige glucose uitgescheiden? Leg je antwoord uit.

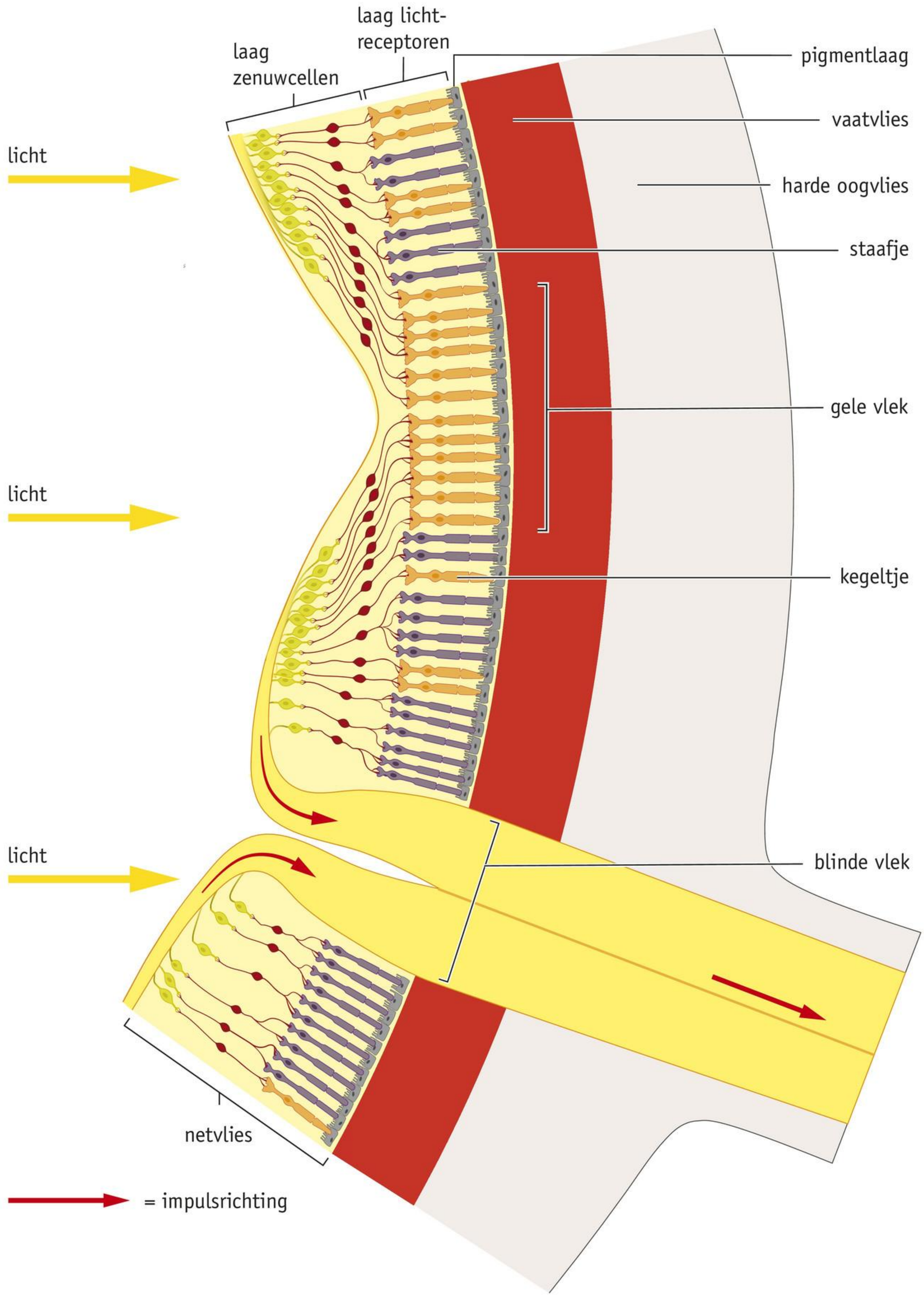
3 Misschien ken je iemand met diabetes. Waaraan merk je dat deze persoon diabetes heeft? Gebruik het voorbeeld van Nick Jonas als je zelf niemand met diabetes kent.

4 Nick heeft diabetes type 1. Als een van je ouders diabetes type 1 heeft, dan is de kans dat jij ook diabetes type 1 krijgt 3 tot 6%. Als je beide ouders deze aandoening hebben, is die kans zelfs 20%. Van de om en nabij 17 miljoen inwoners in Nederland hebben in totaal ongeveer 100 000 mensen diabetes type 1.
Kun je op basis van deze gegevens zeggen dat de kans om diabetes type 1 te krijgen (deels) erfelijk is bepaald? Leg je antwoord uit.

5 Naast diabetes type 1 bestaan er ook andere vormen van diabetes, zoals zwangerschapsdiabetes en diabetes type 2. Deze laatste vorm van diabetes komt in Nederland het meest voor: 1,1 miljoen mensen lijden aan diabetes type 2.
Zoek op internet op wat de oorzaken kunnen zijn van diabetes type 2 en leg met behulp van deze informatie uit waarom deze ziekte in Nederland zoveel voorkomt.

Ga naar de *Voorkennistoets* en het *Voorkennisfilmpje*.

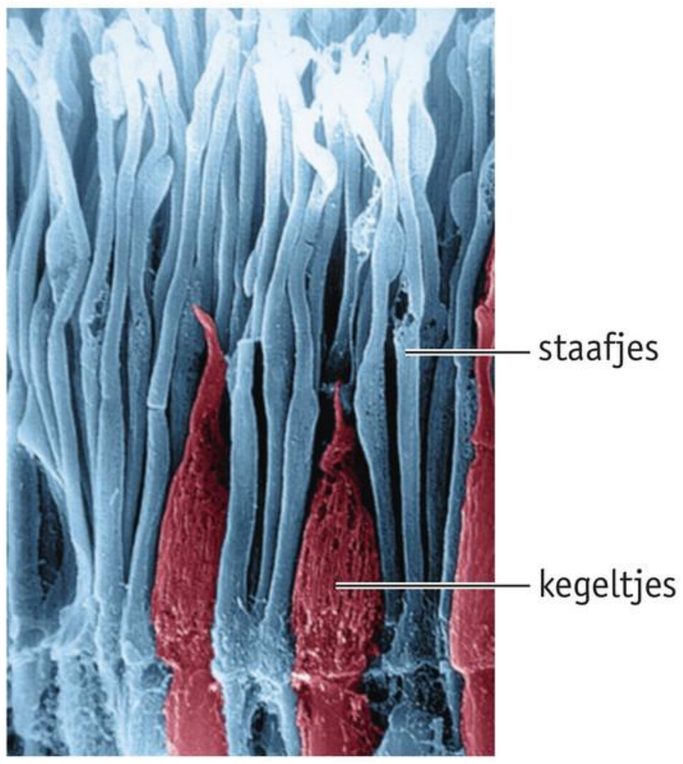
■ **Afb. 14** Doorsnede van het netvlies.



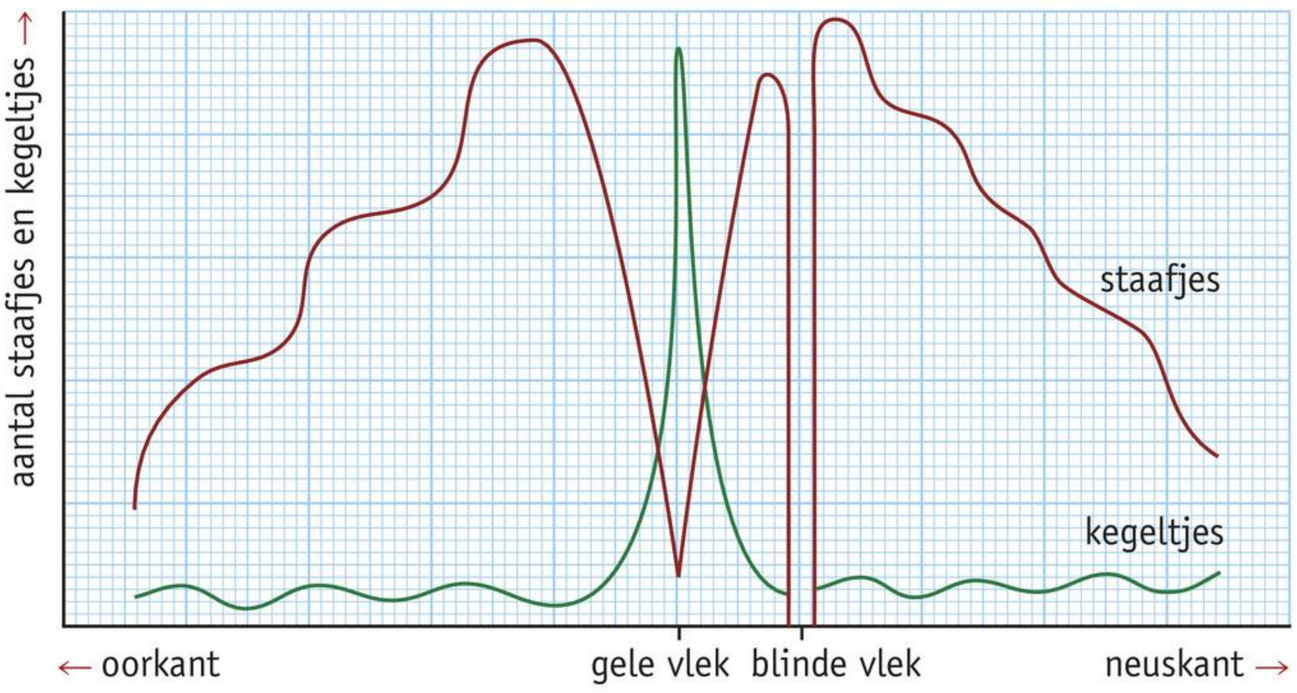
STAAFJES EN KEGELTJES

In het netvlies liggen twee soorten lichtreceptoren die vanwege hun vorm staafjes en kegeltjes worden genoemd (zie afbeelding 15). De lichtreceptoren bestaan voor 95% uit **staafjes**. De staafjes liggen verspreid over het hele netvlies, maar nauwelijks in de gele vlek en helemaal niet in de blinde vlek (zie afbeelding 16). De staafjes hebben een lage prikkeldrempel voor licht. Ze zijn gevoelig voor bijna alle kleuren licht, maar vrijwel ongevoelig voor rood licht. Je kunt met staafjes alleen contrasten waarnemen in zwart-grijs-wit. Staafjes geven een minder gedetailleerd beeld dan kegeltjes omdat er vijftig tot honderd staafjes met één zenuwcel zijn verbonden.

■ **Afb. 15** Staafjes en kegeltjes in het netvlies.



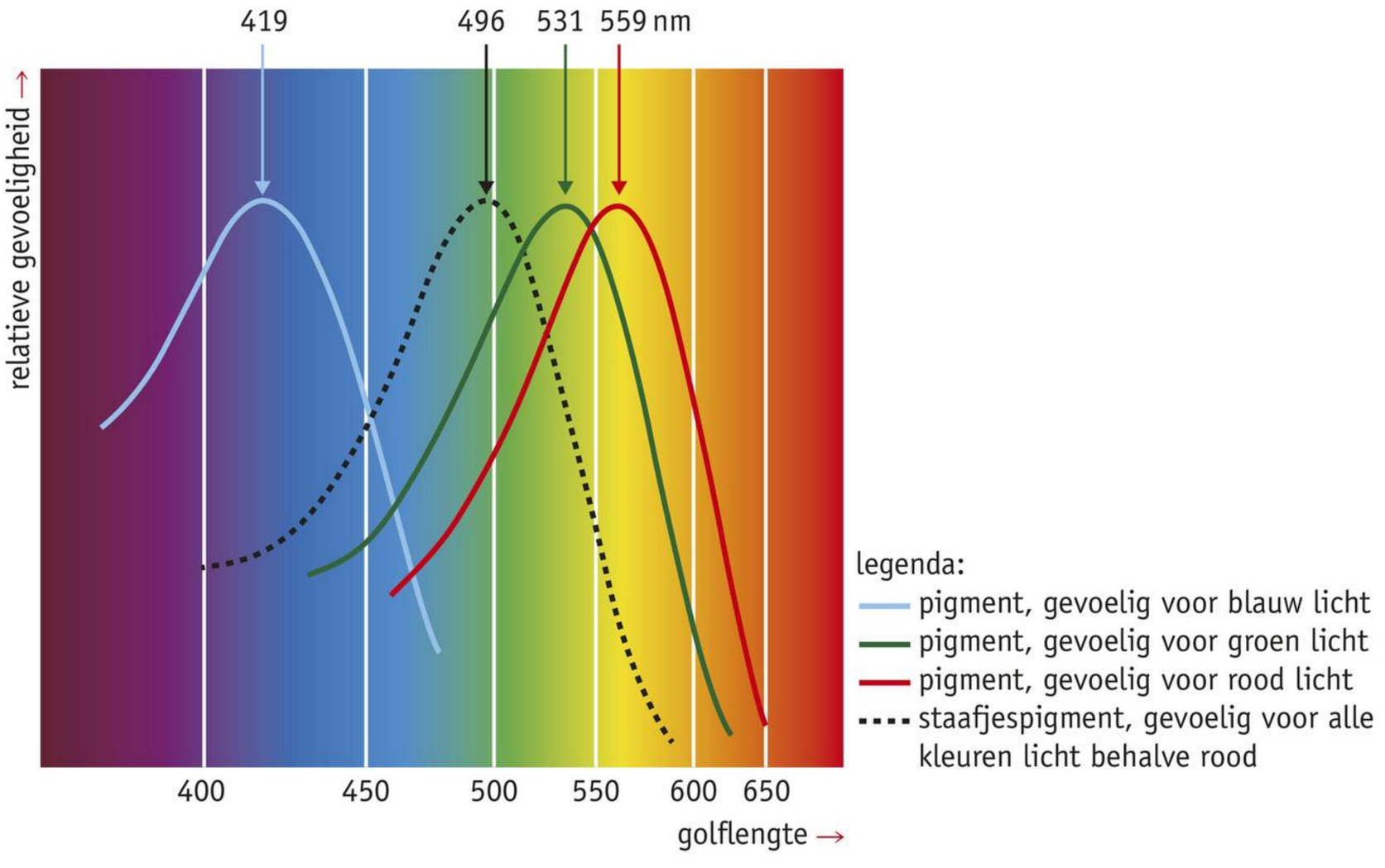
■ **Afb. 16** De verdeling van staafjes en kegeltjes over het netvlies.



Met **kegeltjes** kun je kleuren en details waarnemen. De impulsen van elk kegeltje worden apart doorgegeven aan één zenuwcel. Kegeltjes hebben een hogere prikkeldrempel voor licht dan staafjes. Hierdoor kun je in het donker geen kleuren zien. Kegeltjes liggen vooral in de gele vlek en in de directe omgeving daarvan. Met dit deel van het netvlies kun je daarom het scherpst zien. Aan de rand van het netvlies komen geen kegeltjes voor.

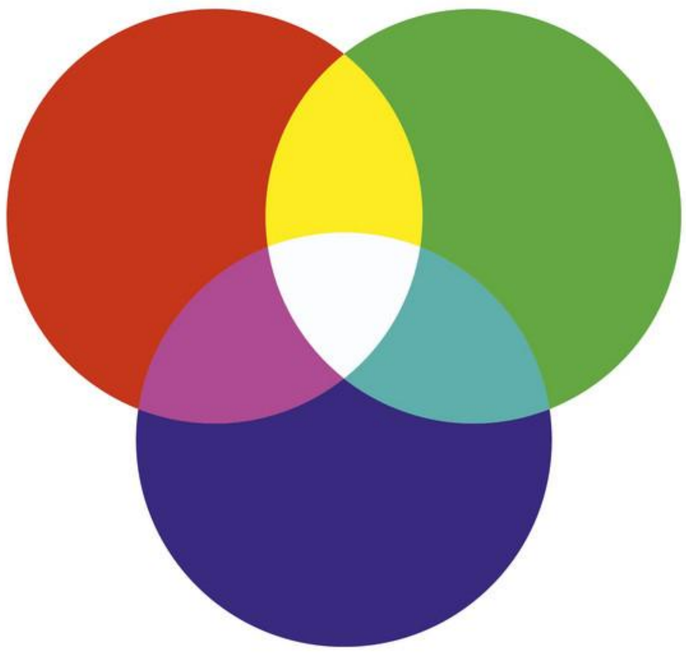
Er zijn drie typen kegeltjes die elk gevoelig zijn voor een andere kleur licht. Eén type is gevoelig voor rood licht, een ander type voor groen licht en het derde type voor blauw licht. De drie typen kegeltjes bevatten elk een ander lichtgevoelig pigment. De gevoeligheid van deze pigmenten voor de verschillende golflengten van het licht is in afbeelding 17 weergegeven.

■ **Afb. 17** Relatieve gevoeligheid van lichtreceptoren.



Doordat de drie typen kegeltjes in verschillende mate tegelijkertijd kunnen worden geprikkeld, kun je veel verschillende kleuren zien. Dit is vergelijkbaar met de vorming van kleuren door pixels op een beeldscherm (zie afbeelding 18). Wanneer de drie typen even sterk worden geprikkeld, zie je wit licht.

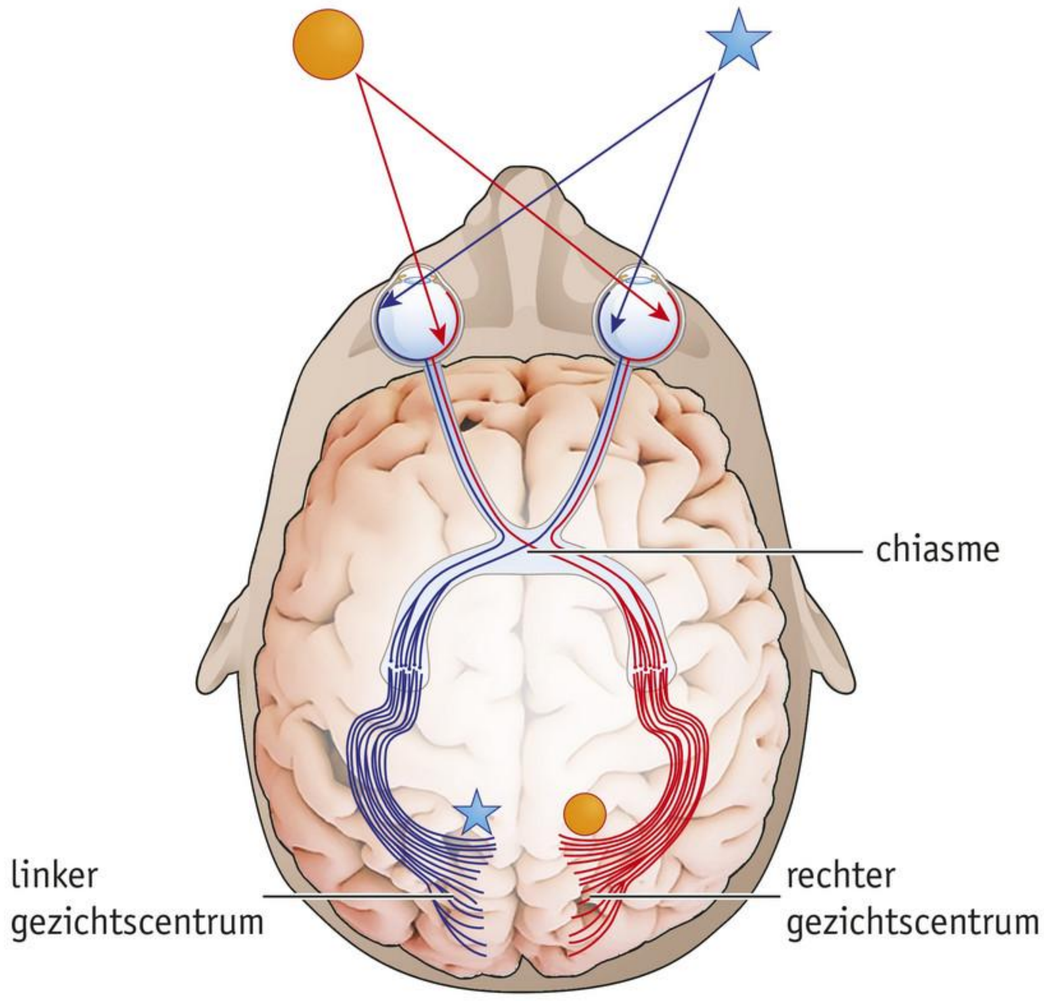
■ **Afb. 18** Kleurenvorming van rood-groen-blauw.



OPTISCH CHIASMA

Als je om je heen kijkt, valt het rechterdeel van je gezichtsveld op het linkerdeel van de netvliezen in je ogen. Het linkerdeel van je gezichtsveld valt op het rechterdeel van je netvliezen. Impulsen van het linkerdeel van de netvliezen gaan via de oogzenuwen naar het linker gezichtscentrum. Impulsen van het rechterdeel van de netvliezen gaan via de oogzenuwen naar het rechter gezichtscentrum. Net boven de hypothalamus kruisen de uitlopers in beide oogzenuwen elkaar gedeeltelijk (zie afbeelding 19). Deze kruising heet het **optisch chiasma** (zie *BiNaS* tabel 87C4).

■ **Afb. 19** Optisch chiasma.



Als je naar een voorwerp kijkt, dan valt het beeld op zowel het netvlies van je linker- als je rechteroog. Met je linkeroog bekijk je het voorwerp vanuit een iets andere hoek dan met je rechteroog.

De gezichtscentra in de hersenen vergelijken de beelden van beide ogen met elkaar en verwerken ze tot één beeld. Het verschil tussen beide beelden levert informatie over de afstand waarop een voorwerp zich bevindt en zorgt ervoor dat je diepte kunt zien (**stereoscopie**) en afstanden kunt schatten.

Opdrachten KENNIS

20 **a** Welke spieren in de iris trekken zich samen als er fel licht in je oog valt? Leg je antwoord uit.
b Waar liggen de receptoren die verantwoordelijk zijn voor de pupilreflex?

21 **a** Welke lagen van het netvlies passeert een lichtstraal die het oog binnenvalt? Noteer de lagen in de juiste volgorde.
b Waarom noem je de plaats waar de oogzenuw het oog verlaat de blinde vlek?

22 Waarom kun je in de schemering minder goed kleuren onderscheiden dan overdag?

23 Wat gebeurt er met de grootte van je pupillen als je een donkere kamer inloopt? Leg uit welke aanpassingen daarvoor in de iris moeten plaatsvinden.

Opdrachten INZICHT

24 Wanneer je aan één oog blind bent, mag je geen groot rijbewijs halen om een vrachtwagen of een bus te besturen.

a Waarom mag iemand die aan één oog blind is geen groot rijbewijs halen?

b Waarom mag iemand die aan één oog blind is wel fietsen?

25 Bij mensen met de aandoening retinitis pigmentosa sterven de receptoren in het netvlies af. Je kunt zien als je wordt geboren, maar tijdens je leven neemt het zicht steeds verder af. In het begin sterven vooral de staafjes af, maar later verdwijnen ook steeds meer kegeltjes uit het netvlies.
Welke verandering in het zicht treedt als eerste op bij mensen met deze aandoening?
Leg je antwoord uit.

26 Albinisme is het gedeeltelijk of geheel ontbreken van een pigment bij dieren of planten. Door albinisme zijn de huid, veren, schubben of plantendelen van organismen wit.

a Waarom beschadigen de lichtreceptoren bij mensen met albinisme eerder dan bij mensen die deze aandoening niet hebben?

b Albinokonijnen hebben rode ogen.
Leg uit hoe dat komt.

27 In afbeelding 20 zie je een spookdiertje. Een spookdiertje is een nachtdier en heeft daarom grote ogen met grote pupillen.

a Wat is het nut van de grote pupillen bij spookdiertjes?

b Miranda is natuurfotografe en wil graag een spookdiertje fotograferen.
Noteer twee redenen waarom Miranda geen flitser kan gebruiken als zij het spookdiertje fotografeert.

■ **Afb. 20** Spookdiertje.

28 Naar: Biologie Olympiade 2013, vraag 22.

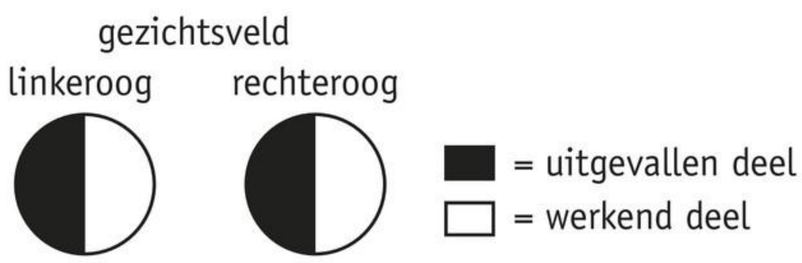
Bij een patiënt is een deel van het gezichtsveld van het linker- en rechteroog uitgevallen. In afbeelding 21 zijn de gezichtsvelden van beide ogen van deze patiënt schematisch weergegeven.

Voor de uitval geven vier leerling-verpleegkundigen elk een verklaring:

- José: Bij deze patiënt is in beide ogen een beschadiging van het linkerdeel van het netvlies opgetreden.
- Paula: Bij deze patiënt is in beide ogen een beschadiging van het rechterdeel van het netvlies opgetreden.
- Robin: Bij deze patiënt is de zenuwbaan beschadigd die impulsen van de ogen vervoert naar de linkerhersenhelft.
- Yvonne: Bij deze patiënt is de zenuwbaan beschadigd die impulsen van de ogen vervoert naar de rechterhersenhelft.

Wie van de vier geeft de meest waarschijnlijke verklaring? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 21** Gezichtsveld van de patiënt.



Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Beroep

OPTOMETRIST

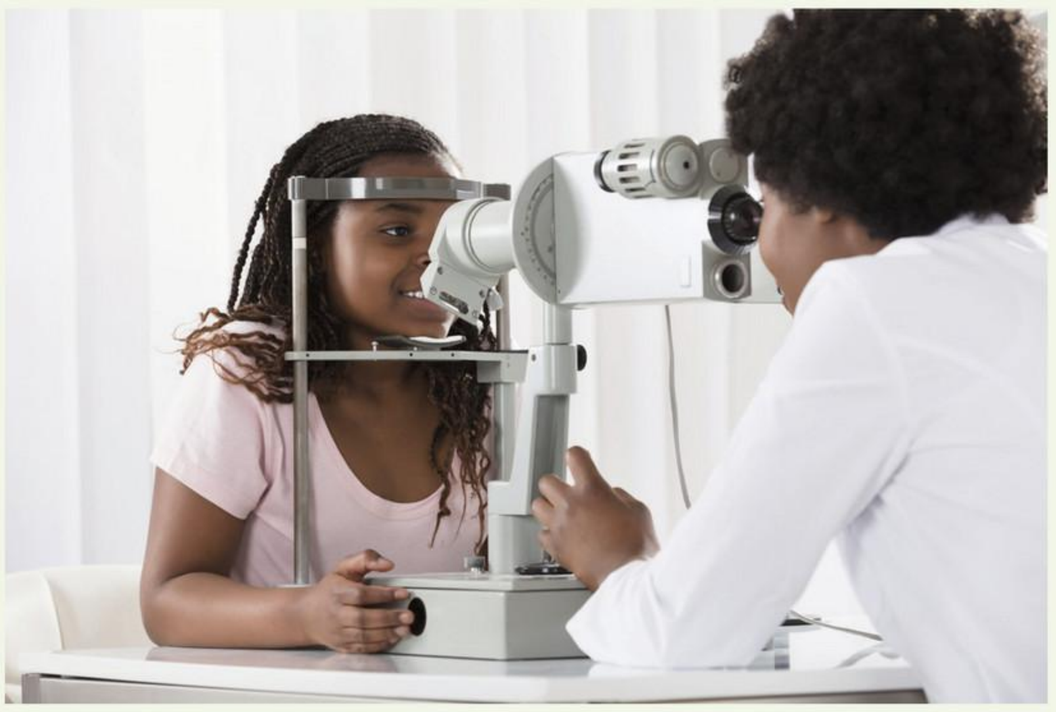
In Nederland heeft ongeveer zes op de tien mensen een bril of lenzen en dat aantal neemt steeds verder toe. Hiervoor zijn verschillende oorzaken bekend. Erfelijke factoren spelen een rol, maar ook hoeveel tijd je achter een beeldscherm doorbrengt.

Shannon werkt als optometrist in de polikliniek oogheelkunde in een ziekenhuis. Hier verricht zij onder andere oogmetingen om vast te stellen welke brillenglazen of lenzen iemand nodig heeft. Ook kijkt ze naar de gezondheid van de ogen van haar patiënten (zie afbeelding 22).

Doordat veel kinderen al vanaf jonge leeftijd naar filmpjes op een telefoon of tablet kijken, ziet Shannon steeds vaker kinderen die niet scherp kunnen zien. Shannon legt uit dat de vorm van je oogbol kan veranderen als je vanaf jonge leeftijd veel focust op dichtbij kijken. Je oogbollen worden dan wat langer, zodat je accommodatiespieren minder hard hoeven te werken om een scherp beeld van dichtbij te geven. Dit zorgt ervoor dat steeds meer mensen bijziend worden.

Shannon legt uit wat je kunt doen om dit te voorkomen: laat kinderen vaker buitenspelen, liefst twee uur per dag. Buitenspelen is belangrijk omdat je dan vaker veraf kijkt. Ook komt er dan veel meer daglicht in je ogen en dat licht remt de groei van je ogen. Zorg er ook voor dat je om de twintig minuten even twintig seconden in de verte kijkt. Deze tips zijn niet alleen belangrijk voor kinderen, maar ook voor mensen die veel achter hun computer werken.

■ **Afb. 22** Shannon aan het werk.



Opdrachten

29 In een optiekzaak kan zowel een opticien als een optometrist werkzaam zijn.
Gebruik internet om informatie op te zoeken over een opleiding tot opticien en een opleiding tot optometrist.

- **a** Wat is het verschil in opleiding tussen een opticien en een optometrist?
- **b** Welke onderzoeken mag een optometrist wel doen, maar een opticien niet?
- **c** Wanneer word je door een optometrist, zoals Shannon, doorverwezen naar een oogarts?

30

- **a** Hoe zorgt het langer worden van de oogbol ervoor dat de accommodatiespieren minder hard hoeven te werken als je naar een beeldscherm kijkt?
- **b** Waarom zorgt een langere oogbol voor bijziendheid?

31 De laatste jaren voert Shannon steeds vaker oogmetingen uit om mensen een computerbril aan te meten.
Leg uit dat een computerbril een andere sterkte heeft dan iemands leesbril.

3 GEDRAG

LEERDOELEN

6.3.1 Je kunt toelichten wat gedrag is en beschrijven hoe gedrag tot stand komt.

6.3.2 Je kunt uitleggen dat gedrag het resultaat is van de relatie van een organisme met zijn omgeving.

6.3.3 Je kunt een eenvoudig gedragsonderzoek beschrijven.

- Vaardigheden 1 en 2 (thema 6)
- Practicum 3

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	6.3.1	**6.3.2**	**6.3.3**
Onthouden		33a, 35b	
Begrijpen	32, 34	33b, 35ac, 36, 41	37
Toepassen	38, 42b		40
Analyseren		39, 42ac	

Slaan met deuren, mopperen op je ouders, het uitstellen van huiswerk: het zijn allemaal voorbeelden van typisch pubergedrag. Pubergedrag is niet voor iedereen gemakkelijk. Maar wist je dat het gedrag van een puber biologisch gezien heel normaal is en dat ook ratten en apen pubergedrag vertonen?

ETHOLOGIE

Het vakgebied binnen de biologie waarbij het gedrag van dieren centraal staat, noem je ethologie. Ethologen bestuderen het gedrag van dieren. Onder **gedrag** verstaan biologen alle waarneembare activiteiten van dieren en mensen. Deze activiteiten bestaan niet alleen uit bewegingen. Andere voorbeelden van gedrag zijn: geluiden maken, slapen, van kleur veranderen, geurstoffen uitscheiden en een lichaamshouding aannemen.

Gedrag van dieren is vaak gericht op het handhaven of verbeteren van de lichamelijke toestand of de omgevingssituatie. Daarom drinken dieren bijvoorbeeld wanneer ze dorst hebben en bouwen ze een nest om in te leven (zie afbeelding 23). De overlevingskans en fitness van een dier worden vergroot wanneer het gedrag goed is aangepast aan de omstandigheden. Dit noem je **adequaat gedrag**.

■ **Afb. 23** Eekhoorn bouwt een nest om in te leven.

VAN PRIKKEL TOT HANDELING

Gedrag is opgebouwd uit opeenvolgende handelingen, ook wel gedragselementen genoemd. Voedingsgedrag bestaat bijvoorbeeld uit voedsel zoeken en verzamelen voordat het wordt gegeten. Handelingen met een gemeenschappelijk doel vormen samen een gedragssysteem. Voedingsgedrag en voortplantingsgedrag zijn voorbeelden van gedragssystemen. De handelingen in een gedragssysteem kunnen elkaar in een vaste volgorde opvolgen. Als het effect van de ene handeling leidt tot de volgende handeling, spreek je van een gedragsketen.

Veel handelingen komen tot stand door de werking van spieren, maar ook de werking van klieren kan gedrag zijn. Bijvoorbeeld het produceren van speeksel als je eten ziet of ruikt.

Bij de meeste handelingen reageert een dier of mens op prikkels. In receptoren ontstaan onder invloed van deze prikkels impulsen die voor verwerking door zenuwcellen naar het centrale zenuwstelsel worden geleid. De reactie van een dier of mens op prikkels noem je de **respons**.

Opdrachten KENNIS

32 1 Een jongen springt het zwembad in.
2 Een roos opent zich als er licht op valt.
3 Een hond kwijlt als hij vlees ruikt.
a Bij welke voorbeelden is er sprake van gedrag? Noteer de cijfers.
b De deurbel gaat en je hond begint te blaffen.
Wat is de prikkel en wat is de respons in dit voorbeeld?

33 **a** Wat is adequaat gedrag?
b Eddie staart uit het raam en ziet allerlei vogels in zijn tuin.
Geef een voorbeeld van adequaat gedrag dat vogels in de tuin vertonen.

34 Een Siberische tijger in een dierentuin heeft een man aangevallen. De man stond erom bekend dat hij vaak de dierentuin insloop om dieren te pesten. Deze keer trok hij een tijger aan zijn staart. De tijger pikte dit niet en beet de man in zijn arm.
a Wat was de prikkel voor de tijger om te bijten?
b Wat was de respons van de tijger?

PRIKKELS EN MOTIVATIE

Prikkels kunnen afkomstig zijn uit het lichaam of uit de omgeving. Via zintuigen zoals oren en ogen ontvangt een dier externe prikkels uit zijn omgeving. Receptoren in het lichaam meten de waarden van bepaalde factoren in het inwendige milieu, bijvoorbeeld van de voedingstoestand, vochttoestand, osmotische waarde en temperatuur. Wanneer een waarde te veel afwijkt van de normwaarde is dat een interne prikkel voor bepaalde receptoren. Hierdoor ontstaan impulsen in deze receptoren. Die impulsen leiden tot het herstel van de normwaarde om de homeostase van het inwendige milieu van een organisme te kunnen handhaven. Dit leidt vaak tot het vertonen van bepaald gedrag. Hierbij bepalen interne prikkels de motivatie voor dat gedrag.

Motivatie (drang) is de bereidheid om bepaald gedrag uit te voeren. Voorbeelden van motivaties zijn:

- voedingsdrang (honger en dorst)
- vluchtdrang (behoefte aan veiligheid)
- voortplantingsdrang (paringsdrang)

Het gedrag dat een dier vertoont hangt af van de motivatie (interne prikkels) en de aanwezige externe prikkels. Een leeuw die honger heeft, zal geen jaaggedrag vertonen als hij geen prooi (externe prikkel) in de omgeving ziet.

Motivatie zoals voedingsdrang ontstaat doordat hormonen, receptoren en zenuwcellen veranderingen over de voedingstoestand van het lichaam doorgeven aan de hersenen. Als een dier voldoende heeft gegeten, verdwijnt de voedingsdrang. Je kunt zeggen dat het dier verzadigd is (zie afbeelding 24). Adequaat gedrag heeft gezorgd voor een afname van de interne prikkels en de motivatie.

■ **Afb. 24** Weldoorvoede leeuw zonder voedingsdrang.

PERIODIEKE INVLOEDEN

Voortplantingsdrang komt voor een deel tot stand door de afgifte van hormonen. Een verandering van de concentratie van geslachtshormonen veroorzaakt een interne voortplantingsprikkel. Voor voortplantingsgedrag zijn ook externe prikkels nodig, zoals de aanwezigheid van een nestplaats en een geschikte partner.

Bij mensen zorgt een verandering in de concentratie geslachtshormonen bijvoorbeeld voor gedragsveranderingen in de puberteit en adolescentie. Dit is ook het geval bij bijvoorbeeld apen en ratten. Bij andere dieren verandert de hormoonspiegel maandelijks of jaarlijks, bijvoorbeeld door veranderingen in de daglengte of temperatuur. Dit zijn voorbeelden van periodieke invloeden. Periodieke invloeden zijn regelmatig terugkerende schommelingen in interne of externe prikkels.

Onder invloed van de toenemende hoeveelheid licht in het voorjaar geeft bijvoorbeeld bij vogels de hypofyse hormonen af. Onder invloed van deze hypofysehormonen komen de geslachtsorganen tot ontwikkeling en produceren ze geslachtshormonen, waardoor de motivatie voor voortplantingsgedrag kan toenemen. In het najaar neemt de afgifte van hypofysehormonen weer af en krimpen de geslachtsorganen.

GEDRAGSONDERZOEK

Bij de bestudering van gedrag geeft een etholoog een nauwkeurige beschrijving van elke handeling. Zo'n beschrijving moet objectief zijn en mag geen mening, waardeoordeel of opvatting van de waarnemer zijn. Alleen waargenomen feiten worden vermeld. Wanneer een hond bijvoorbeeld met zijn staart kwispelt, is de objectieve beschrijving daarvan: 'de hond beweegt zijn staart heen en weer'. De beschrijving 'de hond is blij' is een opvatting van de waarnemer over het gedrag van de hond.

Een objectieve beschrijving van de verschillende handelingen van een diersoort heet een **ethogram**. Met behulp van een ethogram kun je het gedrag van een dier bestuderen. Bijvoorbeeld door bij te houden hoe vaak en hoelang een dier elke handeling uitvoert. Deze gegevens geef je weer in een **protocol**. Dat is een overzicht van de achtereenvolgens waargenomen handelingen van het dier. Daarbij kun je gebruikmaken van afkortingen.

Gedragsonderzoek is vaak beschrijvend onderzoek. Wanneer de invloed van een bepaalde prikkel op het gedrag van een dier wordt onderzocht, kan gedragsonderzoek ook hypothesetoetsend zijn.

In afbeelding 25 zie je een gedragsonderzoek met daarin een ethogram en een protocol (zie afbeelding 25.1 en 25.2) over de woestijnspringmuis (zie afbeelding 26).

1 HOMEOSTASE EN REGELKRINGEN

LEERDOELEN

5.1.1 Je kunt uitleggen wat homeostase is.

5.1.2 Je kunt uitleggen hoe regelkringen een rol spelen bij het handhaven van de homeostase bij de mens.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	5.1.1	**5.1.2**
Onthouden	1a, 2b	
Begrijpen	1b, 2a, 3, 7c	1c
Toepassen	7ab	4, 5, 6c, 8, 9
Analyseren		6abd

Elk organisme neemt stoffen op uit de omgeving en geeft stoffen af aan de omgeving. Denk bijvoorbeeld aan de opname van zuurstof en voedingsstoffen en aan de afgifte van koolstofdioxide, urine, ontlasting en zweet.

HOMEOSTASE

Je lichaam handhaaft veel factoren rondom een bepaalde waarde: de normwaarde. Dat geldt bijvoorbeeld voor de **zuurstofconcentratie** en **glucoseconcentratie** in het bloed, de osmotische waarde van lichaamsvloeistoffen en de lichaamstemperatuur. Deze waarden zijn niet altijd precies gelijk (constant), maar mogen ook niet te ver afwijken van de normwaarde. Je spreekt daarom van een dynamisch evenwicht.
Je lichaamstemperatuur schommelt rondom een normwaarde van 36,4 °C, doordat factoren zoals de omgevingstemperatuur en lichamelijke activiteiten je lichaamstemperatuur continu beïnvloeden. Een **regelkring** zorgt ervoor dat je lichaamstemperatuur niet veel hoger of lager wordt dan 36,4 °C. Het in stand houden van een dynamisch evenwicht in het **inwendige milieu** van organismen noem je **homeostase**. Homeostase is een voorbeeld van zelfregulatie van een organisme. Het organisme houdt zichzelf hierdoor in leven.

REGELKRINGEN

In de techniek worden ook regelkringen gebruikt. Bijvoorbeeld om de kamertemperatuur in een huis min of meer constant te houden. Dat gebeurt met behulp van centrale verwarming. Dit systeem bestaat uit een thermostaat, een verwarmingsketel en radiatoren. De thermostaat die in een kamer hangt, kun je instellen op een bepaalde temperatuur, de normwaarde. De thermostaat meet ook de temperatuur in deze ruimte. Als de temperatuur onder de normwaarde komt, geeft de thermostaat een signaal af aan de verwarmingsketel. De verwarmingsketel

Afb. 25 Gedrag van woestijnspringmuis.

ONDERZOEK	HET GEDRAG VAN EEN WOESTIJNSPRINGMUIS
Inleiding	Een woestijnspringmuis vertoont handelingen die tot verschillende gedragssystemen kunnen behoren.
Onderzoeksvraag	Welk gedrag komt het meest voor bij een woestijnspringmuis?
Observatie	Een woestijnspringmuis wordt vijf minuten geobserveerd. Iedere minuut worden per vijf seconden de uitgevoerde handelingen van de muis genoteerd. De observaties worden weergegeven in een gedragsprotocol. De mogelijke handelingen van de muis worden eerst weergegeven in een ethogram.
Resultaat	1 een ethogram 2 een protocol
Conclusie	

Handeling	Afk.	Beschrijving
bijten	bij.	knagen aan materiaal anders dan voer
drinken	dr.	water oplikken uit flesje of bak
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.
hoogspieden	hs.	recht omhoog staan op de achterpoten
lopen	lo.	zich voortbewegen op 4 poten
springen	sp.	zich voortbewegen op 2 poten

	1e min.	2e min.	3e min.	4e min.	5e min.
0-5 s	gr.	gr.	lo.	dr.	sp.
6-10 s	gr.	lo.	lo.	dr.	sp.
11-15 s	gr.	lo.	sp.	lo.	gr.
16-20 s	gr.	lo.	sp.	lo.	hs.
21-25 s	gr.	bij.	bij.	lo.	gr.
26-30 s	gr.	bij.	bij.	et.	gr.
31-35 s	gr.	bij.	bij.	et.	gr.
36-40 s	gr.	lo.	lo.	et.	gr.
41-45 s	hs.	sp.	lo.	et.	sp.
46-50 s	hs.	sp.	lo.	et.	sp.
51-55 s	hs.	sp.	dr.	sp.	sp.
56-60 s	hs.	sp.	dr.	sp.	sp.

Met behulp van een protocol kun je onder andere de volgende vragen beantwoorden:

- Hoe vaak komt elke handeling voor?
- Hoelang duurt elke handeling?
- Komen er gedragsketens voor?

■ **Afb. 26** Een woestijnspringmuis.

Opdrachten KENNIS

35 In de lente hoor je vaak vogels fluiten. Je ziet ze ook heen en weer vliegen met takjes in hun bek om een nest te kunnen bouwen.

a Welke motivatie zorgt ervoor dat vogels een nest gaan bouwen?

b Fluiten is bij vogels onderdeel van voortplantingsgedrag. In de lente fluiten vogels meer dan in de winter. Dit hangt samen met veranderingen in de externe prikkels die vogels waarnemen.
Noteer de externe prikkel die tot de toename van het fluitgedrag van vogels leidt.

c Hoe kan het toenemen van de daglengte de voortplantingsdrang van vogels beïnvloeden?

36 Welke periodieke invloeden bepalen je slaap-waakritme?

37 Issam voert voor het vak biologie een gedragsonderzoek uit. Hij observeert de vogels in zijn tuin. In zijn ethogram staat de volgende beschrijving:

Handeling	Afk.	Beschrijving
schuin kijken	sk.	vogel houdt kop schuin en kijkt mij aan omdat hij voedsel wil

a Waarom is de omschrijving van Issam niet objectief?

b Pas de beschrijving van Issam aan zodat deze wel objectief is.

Opdrachten INZICHT

38 Alle dieren vertonen voedingsgedrag.

a Noteer drie handelingen die tot het gedragssysteem voedingsgedrag van een leeuw op de Afrikaanse savanne behoren.

b Vormen de handelingen die een leeuw uitvoert tijdens het jagen op een gazelle een gedragsketen? Leg je antwoord uit.

39 Als onderzoekers dieren door een doolhof willen laten lopen, dan gebruiken ze vaak voedsel als beloning. De ochtend voor het onderzoek geven ze de dieren niets te eten. Waarom geven de onderzoekers de dieren 's ochtends geen voedsel? Leg je antwoord uit.

40 In afbeelding 25 ontbreekt de conclusie van het onderzoek naar de woestijnspringmuis.

a Welke conclusie kun je trekken uit dit onderzoek?

b Is hier sprake van een hypothesetoetsend of van een beschrijvend onderzoek? Leg je antwoord uit.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Beroep

WERKEN IN DE DIERENTUIN

Karsten is hoofdverzorger in de GaiaZOO in Kerkrade (zie afbeelding 27). Karsten vertelt dat er de afgelopen decennia steeds meer aandacht is gekomen voor het psychische welzijn van dieren.

'Als dieren hun natuurlijke gedrag niet voldoende kunnen vertonen, dan kunnen ze last krijgen van stress, depressie of agressie', legt Karsten uit. 'Om te voorkomen dat de dieren hier last van krijgen, wordt het verblijf zo natuurlijk mogelijk ingericht en verrijkt. Verrijking wil zeggen dat je dieren de mogelijkheid biedt hun natuurlijke gedrag te tonen en je daagt ze mentaal uit, zodat ze zich niet gaan vervelen.'

'Welke vorm van verrijking je toepast, is afhankelijk van de natuurlijke behoeften van een dier', vertelt Karsten. 'Zo wordt bij de wilde honden bijvoorbeeld aan geurverrijking gedaan. In het wild gebruiken wilde honden hun reukorgaan om te jagen. Door iedere keer andere geuren op boomstammen of stenen in het verblijf te spuiten, voorzien de verzorgers in de reukbehoefte van de wilde honden.

Andere vormen van verrijking zijn sociale verrijking, zoals meerdere diersoorten in een verblijf plaatsen, zodat er sociale interacties plaatsvinden. Of voedselverrijking, waarbij de apen bollen of buizen gevuld met lekkers krijgen, dat ze dan via kleine gaatjes eruit kunnen halen. Het regelmatig veranderen van de verblijven is een vorm van omgevingsverrijking.'

■ **Afb. 27** Karsten aan het werk.

Opdrachten

41 Om deze vragen te beantwoorden kun je informatie opzoeken op internet.
Karsten heeft een hbo-opleiding diermanagement gevolgd voordat hij bij de dierentuin ging werken.

- **a** Met welke havo-profielen kun je instromen op een hbo-opleiding diermanagement?
- **b** Welke vaardigheden zijn belangrijk voor een diermanager?

42 Bruine beren die last hebben van stress gaan bijvoorbeeld ijsberen (op en neer lopen), hoofdschudden, of bijten hun vacht kapot. Dit gedrag kun je voorkomen door het verblijf van de beren te verrijken met speelgoed en klimtoestellen, maar ook door voedselverrijking. Het eten wordt in het buitenverblijf verstopt en de beren moeten het dan zoeken (zie afbeelding 28).

- **a** Welk natuurlijk gedrag kunnen bruine beren in een dierentuin moeilijk vertonen? Geef twee voorbeelden.
- **b** Verrijking van het verblijf is bedoeld om een bepaalde motivatie en respons bij bruine beren op te roepen.
  Welke motivatie en welke respons zijn opgeroepen met de aangeboden verrijking in afbeelding 28?
- **c** In de natuur wordt het gedrag van bruine beren ook beïnvloed door hun omgeving. Soms houden ze een winterrust, maar soms ook niet. In de dierentuin houden beren vaak geen winterrust.
  Welke externe prikkel bepaalt of een beer een winterrust houdt?

■ **Afb. 28** Voedselverrijking voor beren.

4 BEÏNVLOEDEN VAN GEDRAG

LEERDOELEN

6.4.1 Je kunt verklaren dat gedrag deels erfelijk is bepaald.

6.4.2 Je kunt leerprocessen herkennen en de functie daarvan uitleggen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	6.4.1	**6.4.2**
Onthouden	43a	44, 47
Begrijpen	43b, 46	45, 48, 49
Toepassen	50	51, 55
Analyseren		52, 53, 54, 56

Zoogdieren vinden al snel na de geboorte de weg naar de tepel van hun moeder. Dat is bijzonder, want niemand heeft ze verteld hoe dat werkt. Tijdens de levensloop van een zoogdier verandert het gedrag door ontwikkeling en ervaringen: dieren leren van wat ze meemaken.

AANGEBOREN OF AANGELEERD

Bij het tot stand komen van gedrag spelen erfelijke eigenschappen (aangeboren) en aangeleerde eigenschappen (ervaring) een rol. Aangeboren gedrag noem je ook wel instinct. Een instinct is soortspecifiek en zorgt ervoor dat dieren vaste reacties op prikkels in bepaalde situaties geven. Deze reacties verhogen vaak de overlevingskans van het organisme en dus de kans op voortplanting. Zo vluchten kakkerlakken naar een donkere schuilplek als er licht op hen schijnt. Aangeleerde eigenschappen zijn minstens zo belangrijk voor het overleven van een dier. Zo moeten dieren leren zichzelf van voedsel te voorzien, ook wanneer de omstandigheden veranderen. Voor olifanten is het belangrijk om te leren waar ze water kunnen vinden in tijden van droogte en voor een leeuw is het belangrijk om te leren hoe hij een springbok (zie afbeelding 29) vangt.

■ **Afb. 29** Springbokken.

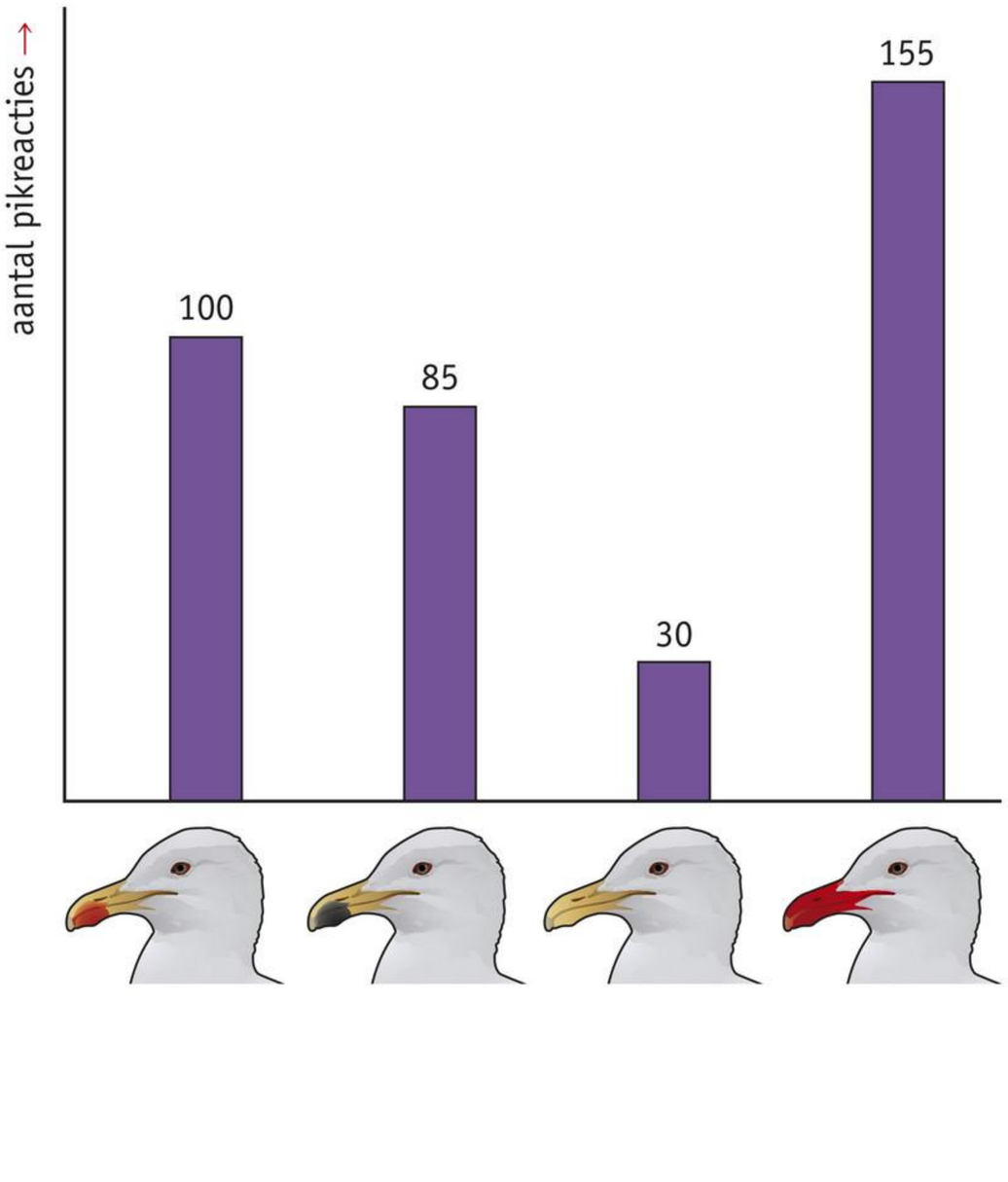
Gedrag bestaat uit een mix van erfelijke, aangeleerde en eventueel nieuwe handelingen. Gedrag van dieren is zo goed mogelijk aangepast aan de omstandigheden waarin het dier leeft. Dit adequate gedrag kan via erfelijke eigenschappen (genen) of door leerprocessen aan de nakomelingen worden doorgegeven. Door natuurlijke selectie zal de frequentie van gunstig gedrag in de populatie toenemen.

SLEUTELPRIKKELS EN SUPRANORMALE PRIKKELS

De etholoog Niko Tinbergen nam waar dat een meeuw voedsel uitbraakt voor een kuiken, wanneer die naar de rode vlek op de snavel van zijn ouder pikt. Hij deed vervolgens onderzoek naar dit gedrag van meeuwenkuikens. Hieruit bleek dat hongerige meeuwenkuikens ook naar de rode snavelvlek op een model van een kop van een meeuw pikken (zie afbeelding 30). Naar een model met een zwarte snavelvlek of een model zonder snavelvlek pikken ze minder vaak. De rode vlek is voor de meeuwenkuikens een prikkel voor pikgedrag. Een prikkel die een doorslaggevende rol speelt bij het veroorzaken van bepaald gedrag, noem je een **sleutelprikkel**. De rode snavelvlek is een sleutelprikkel voor het pikgedrag van de kuikens. Door sleutelprikkels komt erfelijk gedrag tot uiting.

Tinbergen bood hongerige meeuwenjongen ook een model met een volledig rode snavel aan. Hier pikten zij vaker naar dan naar de snavel met een rode vlek. Je noemt een prikkel die effectiever is in het oproepen van bepaald gedrag een **supranormale prikkel**. Ook uit andere experimenten blijkt dat bepaalde prikkels zorgen voor een grotere kans op een respons dan de sleutelprikkel.

■ **Afb. 30** Pikreacties van meeuwenkuikens.



De respons op sleutelprikkels en supranormale prikkels is gebaseerd op erfelijke informatie en is voorspelbaar. Andere dieren kunnen deze voorspelbaarheid van de erfelijke respons handig gebruiken. Zo leggen koekoeken hun eieren in het nest van andere vogels. Koekoeksjongen hebben een felrode binnenkant van de bek. Dankzij deze supranormale rode binnenkant krijgt het koekoeksjong alle aandacht en al het eten van zijn pleegouders (zie afbeelding 31).

■ **Afb. 31** Koekoeksjong toont supranormale rode bek.

Opdrachten KENNIS

43 Het opzoeken van een donkere schuilplek als er licht op een kakkerlak valt is erfelijk gedrag.

a Waarom is het voor organismen belangrijk dat bepaald gedrag erfelijk is?

b Is het pikgedrag van meeuwenkuikens aangeboren of aangeleerd? Leg je antwoord uit.

44 **a** Wat is een sleutelprikkel?

b Wat is een supranormale prikkel?

45 Een roodborstmannetje verdedigt in het voorjaar zijn territorium tegen andere mannetjes. Als hij een ander mannetje met rode borst ziet, neemt hij een dreighouding aan. Tegen mannetjesvogels zonder rode borst neemt hij geen dreighouding aan.

a Wat is de sleutelprikkel voor het aannemen van de dreighouding?

b Aaron denkt dat de rode kleur van de borst de sleutelprikkel is voor de dreighouding. Misha denkt dat ook een andere kleur van de borst de sleutelprikkel kan zijn voor de dreighouding.
Hoe zouden Aaron en Misha kunnen onderzoeken wie er gelijk heeft?

46 Zijn de onderstaande handelingen aangeboren of aangeleerd? Neem de cijfers over en noteer achter ieder cijfer *aangeboren* of *aangeleerd*.

1 Een papegaai spreekt.
2 Een koninginnenpage (vlinder) voert een baltsritueel uit.
3 Een baby zuigt aan je vinger.
4 Een peuter klimt de trap op.

LEERPROCESSEN

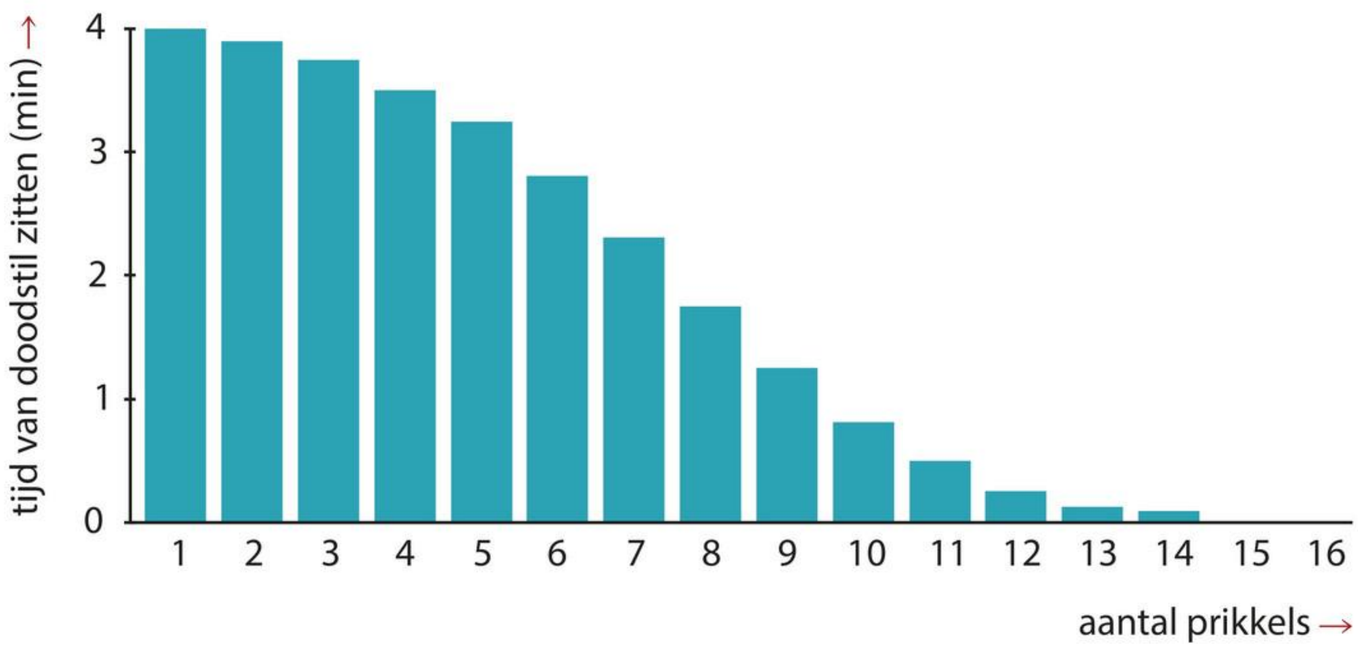
Behalve door erfelijke factoren en prikkels wordt gedrag ook gevormd door leerprocessen. Erfelijk gedrag is in een onverwachte situatie niet altijd effectief. Een leerproces verandert het gedrag van een dier langdurig. Op basis van ervaringen kan een dier adequaat gedrag ontwikkelen door leerprocessen. Er bestaan verschillende typen leerprocessen. Belangrijke leerprocessen zijn:

- gewenning
- inprenting
- imitatie
- conditionering
- inzicht

Gewenning

Als de kans op een reactie op een prikkel afneemt bij herhaaldelijk toedienen van een prikkel, spreek je van **gewenning**. Een muis vertoont een schrikreactie na een hard geluid. Een muis duikt dan in elkaar en blijft even doodstil zitten. Wanneer het geluid steeds wordt herhaald, duurt de schrikreactie steeds korter (zie afbeelding 32). Op een gegeven moment blijft de schrikreactie zelfs helemaal uit. Het dier is dan gewend aan het geluid. Bij gewenning gaat het om het afleren van reacties op bepaalde prikkels uit het milieu.

■ **Afb. 32** Gewenning bij een muis.



Inprenting

Je spreekt van **inprenting** wanneer dieren iets alleen leren in een bepaalde, korte periode in hun leven (gevoelige periode). Het leren herkennen van ouders of soortgenoten berust bij veel diersoorten op inprenting. Ganzenkuikens die net uit het ei komen zien het eerst bewegende dier of voorwerp in hun omgeving aan voor hun moeder. Gedurende de eerste dag na het uitkomen prenten ze zich in wie hun moeder is. In deze periode kunnen ze ook een ander bewegend dier of bewegend voorwerp als hun moeder aanvaarden (zie afbeelding 33).

■ **Afb. 33** Inprenting bij ganzen.

Imitatie

Wanneer dieren leren door het gedrag van soortgenoten na te doen, spreek je van **imitatie** (nabootsing). Jonge vogels leren de zang door de geluiden van ouders of andere soortgenoten na te bootsen. Soms wordt nieuw ontwikkeld gedrag geïmiteerd. Dat werd bijvoorbeeld waargenomen bij een groep makaken (apen) die werden bijgevoerd met aardappels. Een van de jonge wijfjes ging de aardappels wassen voordat ze deze at. Dit gedrag werd overgenomen door de andere dieren.

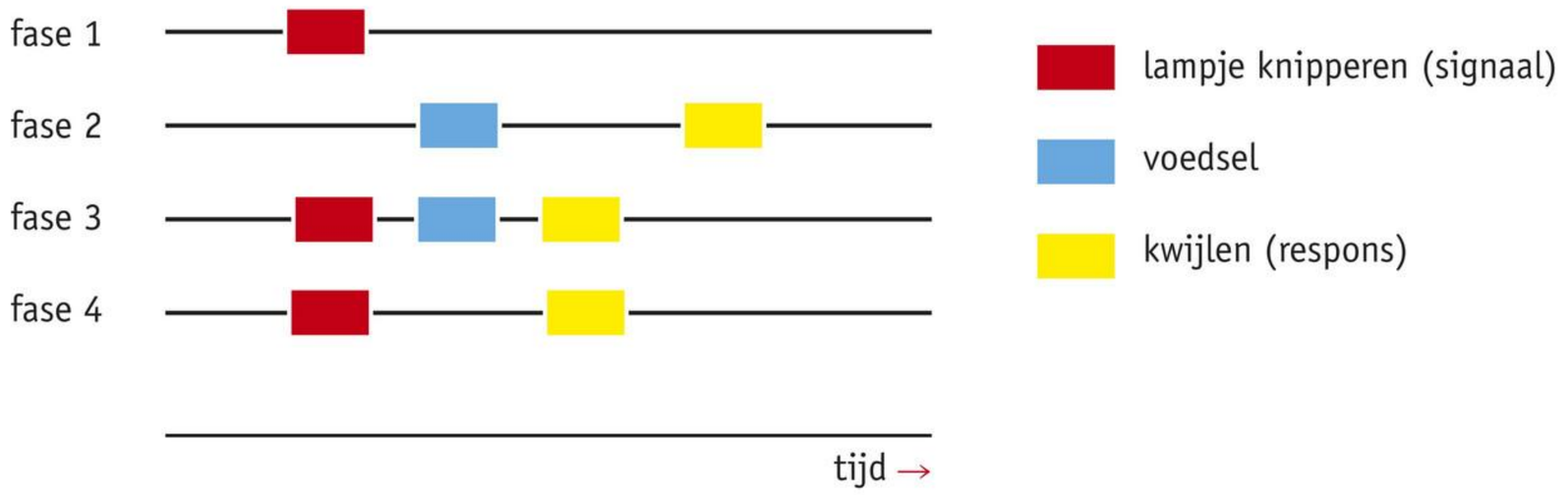
Conditionering

Bij **conditionering** leert een dier of mens bepaald gedrag door positieve of negatieve ervaringen. Conditionering onder natuurlijke omstandigheden heet proefondervindelijk leren. Een insectenetende vogel vermijdt bijvoorbeeld alle zwartoranje gekleurde rupsen, nadat hij enkele keren de vieze smaak van een zwartoranje rups heeft geproefd. Je noemt proefondervindelijk leren ook wel leren door '**trial and error**'.

Als een uitgevoerde handeling geen positieve of negatieve gevolgen heeft, neemt de frequentie van de handeling af. Heeft een uitgevoerde handeling wel positieve gevolgen, dan neemt de frequentie van de handeling toe. Dieren en mensen kunnen door middel van beloning het meest uiteenlopende gedrag aanleren. Daarom wordt deze methode bijvoorbeeld toegepast bij het trainen van honden en bij het dresseren van dolfijnen. Ook in opvoeding en onderwijs speelt conditionering een rol.

Een klassiek voorbeeld van conditionering zijn de proeven van de Russische gedragsonderzoeker Ivan Pavlov. Hij liet zien dat je een natuurlijke prikkel (voedsel) kunt vervangen door een kunstmatige prikkel (een belgeluid of een knipperende lamp) bij het veroorzaken van een natuurlijke respons (zie afbeelding 34). Pavlov noemde deze reactie een geconditioneerde reflex, die nu bekendstaat als de pavlovreactie.

Afb. 34

ONDERZOEK	PAVLOVREACTIE
Inleiding	Als een hond voedsel in zijn bek krijgt (natuurlijke prikkel), gaan zijn speekselklieren speeksel produceren (respons).
Onderzoeksvraag	Kan een kunstmatige prikkel dezelfde respons veroorzaken als een natuurlijke prikkel?
Hypothese	Een kunstmatige prikkel kan dezelfde respons veroorzaken als een natuurlijke prikkel.
Experiment	Pavlov bracht door de wang van de hond een buisje aan in een speekselklier, zodat hij de hoeveelheid geproduceerd speeksel kon meten (zie afbeelding 34.1). **1** opstelling van Pavlov Hij onderscheidde vier fasen: 1 Laat alleen een lampje knipperen. 2 Geef het dier alleen voedsel. 3 Bied een aantal malen voedsel aan, dit wordt telkens voorafgegaan door een knipperende lamp. 4 Laat tot slot opnieuw alleen een lamp knipperen. Meet bij elke fase of en wanneer er speeksel wordt geproduceerd.
Resultaat	 **2** resultaten van de proef
Conclusie	

Inzicht

Je spreekt van **inzicht** wanneer een dier of mens in een nieuwe situatie de oplossing van een probleem vindt door ervaringen uit het verleden op een andere manier te combineren. Zo kunnen chimpansees door inzicht een noot uit een smalle buis halen die vastzit aan hun kooi. Ze kunnen niet met hun vingers bij de noot. Door water in hun mond te nemen en dat in de buis te spugen, komt de noot bovendrijven, waardoor ze hem kunnen pakken (zie afbeelding 35).

■ **Afb. 35** Chimpansee heeft inzicht.

1 Chimpansee ziet probleem.

2 Chimpansee lost probleem op door inzicht.

Opdrachten KENNIS

47 **a** Wat is gewenning?
b Wat is conditionering?

48 Waarom kun je ganzenkuikens die je tam wilt maken, het best zo snel mogelijk bij de moeder weghalen?

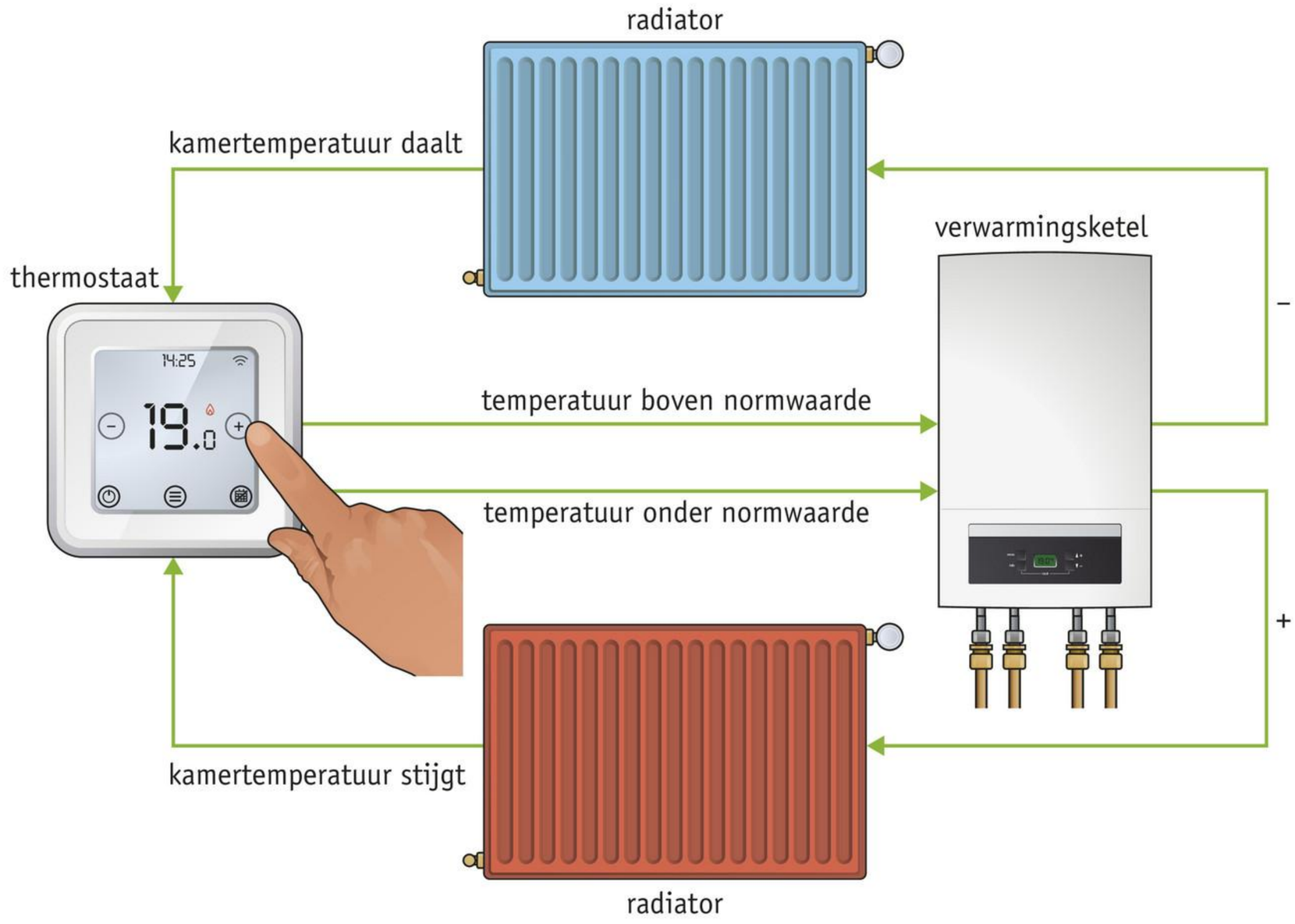
49 Een hond die op commando gaat zitten krijgt een koekje.
a Van welk leerproces is hier sprake?
b Zebravinken nemen stukken over uit liedjes die ze horen als volwassen vinken zingen. Ze zingen vooral de liedjes die ze horen tussen de 25e en 65e dag nadat ze uit het ei kwamen.
Van welke twee leerprocessen is hier sprake?
c Als je een hond een nieuw speeltje geeft waarin een koekje zit verstopt, gaat de hond gooien en schudden met het speeltje. Hij blijft net zo lang schudden tot het snoepje eruit valt.
Van welk leerproces is hier sprake?

verwarmt water en pompt dat naar de radiatoren. De temperatuur in de kamer stijgt. Wanneer de normwaarde is bereikt, geeft de thermostaat geen signaal meer af aan de verwarmingsketel. Die stopt dan met het verwarmen van water. De temperatuur van het water in de radiatoren daalt, waardoor ook de kamertemperatuur langzaam omlaaggaat. Zodra de temperatuur onder de normwaarde zakt, krijgt de verwarmingsketel opnieuw een signaal van de thermostaat en slaat weer aan.

Bij een regelkring waarin een toename van het resultaat een remming van het proces veroorzaakt, spreek je van **negatieve terugkoppeling** (negatieve feedback). Bij een stijging van de temperatuur slaat de verwarmingsketel af en wordt het water in de radiatoren koud. Een afname van het resultaat veroorzaakt een stimulering van het proces. Bij een daling van de temperatuur slaat de verwarmingsketel aan. In afbeelding 1 is dit aangegeven met – en +.

Bij een regelkring waarin een toename van het resultaat het proces versterkt, spreek je van **positieve terugkoppeling** (positieve feedback).

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



IN- EN UITWENDIG MILIEU

Bij meercellige organismen hebben de meeste cellen geen direct contact met het **uitwendige milieu** (de omgeving), doordat ze door andere cellen worden omgeven. Tussen de cellen van een weefsel bevindt zich weefselvloeistof. Samen met het bloed vormt de weefselvloeistof het inwendige milieu van een organisme. Tussen het inwendige en het uitwendige milieu bevindt zich ten minste één cellaag. De inhoud van darmen, longen en blaas hoort bij het uitwendige milieu.

Homeostatische regelkringen in je lichaam zorgen ervoor dat de omstandigheden in het inwendige milieu niet te veel veranderen.

Opdrachten INZICHT

50 Niko Tinbergen deed niet alleen onderzoek bij meeuwen, maar ook bij andere vogels. Hij en zijn studenten maakten namaakeieren voor mussen. Deze varieerden in grootte, felheid van kleur en grootte van de spikkels. De mussen lieten keer op keer een voorkeur zien voor het grootste namaakei, met de felste kleur en de grootste spikkels. Zo'n namaakei werd verkozen boven de normale eieren.
Wat voor type prikkel is het grote, felgekleurde namaakei met grote spikkels? Leg je antwoord uit.

51 In afbeelding 34 is het experiment van Pavlov weergegeven.

a Geef een beschrijving van de resultaten.

b Welke conclusie kun je trekken uit het onderzoek van Pavlov?

52 Bij makaken werd het wassen van aardappels door een wijfje al snel geïmiteerd door jonge dieren. De oudere dieren aarzelden om het gedrag te kopiëren, maar uiteindelijk imiteerden zij het gedrag ook.
Wat kan een reden zijn dat de oudere apen dit gedrag uiteindelijk toch gingen imiteren?

53 Taronga zoo, een dierentuin in Australië, stond in 2021 in de kranten dankzij hun liervogel genaamd Echo (zie afbeelding 36). Liervogels kunnen erg goed geluiden uit hun omgeving nadoen. Echo heeft de volgende geluiden in zijn repertoire: een huilende baby, een drilboor en een brandalarm.
In de natuur kopiëren vrouwtjes liervogels vaak de geluiden van roofdieren, terwijl mannetjes geluiden van andere vogelsoorten toevoegen aan hun verleidingszang.

a Leg uit waarom het imiteren van roofdierengeluiden voor liervogelvrouwtjes adequaat gedrag is.

b Echo is een mannelijke liervogel.
Waarom voegt Echo meer geluiden toe aan zijn verleidingszang?

■ **Afb. 36** Echo.

54 Edelhert niet langs IJzeren Gordijn

Naar: Biologie Olympiade 2016, vraag 27.

Het echte hek mag er dan al een kwarteeuw niet meer staan, voor herten is het IJzeren Gordijn nog steeds een grens. Vanaf 1948 waren er op de grens tussen West-Duitsland en Tsjecho-Slowakije drie parallelle hekken die onder elektrische spanning stonden. Grenswachten schoten op mensen die naar het Westen wilden vluchten en ook herten behoorden tot de slachtoffers. Uit een recente studie in het Tsjechische nationale park Sumava bleek dat edelherten nog steeds zijn gescheiden door wat vroeger het IJzeren Gordijn was. Zeven jaar lang werden driehonderd edelherten gevolgd met gps-apparatuur. Ze steken de grens niet over. Ook voor de Duitse populatie geldt dat de edelherten de voormalige grens niet passeren. De grenspopulaties in Duitsland en Tsjechië blijven zo gescheiden. De gemiddelde levensverwachting van een edelhert is 15 jaar. Het is dus vrijwel uitgesloten dat de nu levende exemplaren de grens en het schieten daar ook echt hebben ervaren. Vrouwelijke edelherten en de jongen leven in groepen (roedels), jonge mannetjes verlaten de roedel als ze geslachtsrijp worden. Welke vorm van leergedrag leidt ertoe dat de huidige populatie edelherten de grens (het IJzeren Gordijn) niet overschrijdt?

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

EEN GEVLEUGELDE OPRUIMPLOEG

In 2008 kwam Joshua Klein met het idee van de ‘crow box’, een automaat die kraaiachtigen leert om afval of andere objecten in te leveren voor een lekkere snack. Kraaiachtigen zoals raven, roeken en kraaien zijn zeer intelligente vogels, die ook in het wild slimme trucs bedenken om aan eten te komen.

Zo is er in Japan een kraaiensoort die noten op de drukke autoweg laat vallen, zodat auto’s de noten voor hen kraken. Vervolgens wachten ze tot de auto’s rood licht hebben, zodat ze veilig de gekraakte noten van de weg kunnen pakken.

In het Franse pretpark Puy du Fou heeft Joshua zes roeken getraind om sigarettenpeuken uit het park op te ruimen (zie afbeelding 37). Als ze de peuken inleveren bij een speciaal kastje, krijgen ze een traktatie. Deze tamme dieren zijn een goed voorbeeld voor menselijke bezoekers als het aankomt op troep opruimen. Er zijn ook bedrijven die aangeven dat ze wilde kraaiachtigen kunnen trainen met de ‘crow box’, zodat ze een stad of dorp netjes houden.

Deze bedrijven stuiten, ondanks het succes van de Franse roeken, op weerstand van sommige onderzoekers. Deze onderzoekers trekken in twijfel of wilde kraaiachtigen wel lang genoeg geïnteresseerd blijven in de aangeboden snacks. Daarnaast geven de onderzoekers aan dat het opruimen van ons afval zou kunnen leiden tot gezondheidsproblemen bij deze vogels.

Totdat het onderzoek hiernaar is afgerond, zullen we onze eigen troep moeten opruimen.

■ **Afb. 37** Roek met sigarettenpeuk.

Opdrachten

55 **a** Dankzij welke twee leerprocessen hebben de kraaien in Japan waarschijnlijk geleerd om auto’s noten te laten kraken?

b Door welk leerproces hebben de roeken in het Franse pretpark geleerd om peuken op te ruimen?

56 Ethologen die zijn gespecialiseerd in het gedrag van kraaiachtigen geven aan dat ze twijfelen of kraaien wel lang genoeg geïnteresseerd blijven in de ‘crow box’. In het begin vinden de vogels de doos interessant, maar na verloop van tijd zal de beloning niet meer voldoende zijn om hun interesse vast te houden. Kraaiachtigen gaan dan de doos slopen of proberen vals te spelen. In de natuur nemen onderzoekers keer op keer waar dat kraaiachtigen graag valsspelen. Zij voorspellen dat bij langdurige inzet van de ‘crow box’ er twee groepen valsspelende vogels zullen ontstaan. Vogels die de traktatie stelen als een andere vogel afval inlevert bij de doos en vogels die niet willen wachten tot iets afval is. Deze vogels gaan papieren of peuken stelen uit de handen van gebruikers om ze in te kunnen leveren.

a Welke drie leerprocessen spelen een rol bij het aanleren van valsspelen?

b Is het valsspelen van kraaiachtigen in deze situaties adequaat gedrag? Leg je antwoord uit.

c Sommige wetenschappers vinden het inzetten van de ‘crow box’ niet in het belang van mensen. Leg uit waarom zij dit vinden.

5 SOCIAAL GEDRAG BIJ DIEREN

LEERDOELEN

6.5.1 Je kunt uitleggen wat sociaal gedrag is en hoe dit gedrag de overlevingskansen van organismen beïnvloedt.

6.5.2 Je kunt uitleggen hoe sociaal gedrag evolueert.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	6.5.1	**6.5.2**
Onthouden	58, 60	
Begrijpen	57, 62	59, 61
Toepassen	66, 67b	67a
Analyseren	64, 68a	63, 65, 67c, 68b

Bij kippen is er één hen die alle andere hennen domineert door naar ze te pikken en ze op die manier te verdringen bij het verkrijgen van voedsel. De hen boven aan de pikorde heeft het hoogste testosterongehalte in haar bloed. De hen onder aan de pikorde is de dupe en wordt door alle andere hennen gepikt.

SOCIAAL GEDRAG

Bij veel dieren en bij mensen wordt het gedrag beïnvloed door soortgenoten. Gedrag van soortgenoten ten opzichte van elkaar noem je sociaal gedrag.

Als individuen van een soort onafhankelijk van elkaar (solitair) leven, dan vindt tijdens de voortplantingsperiode paarvorming plaats. Bij sommige diersoorten worden paren gevormd voor één of meer seizoenen, soms zelfs voor het leven (monogaam). Monogamie komt voor bij sommige soorten vissen, bij veel soorten vogels en bij enkele zoogdieren (zie afbeelding 38.1). Er zijn ook diersoorten die leven in groepen, dit komt voor bij insecten, vissen, vogels en zoogdieren (zie afbeelding 38.2).

■ **Afb. 38** Samenlevingsvormen bij dieren.

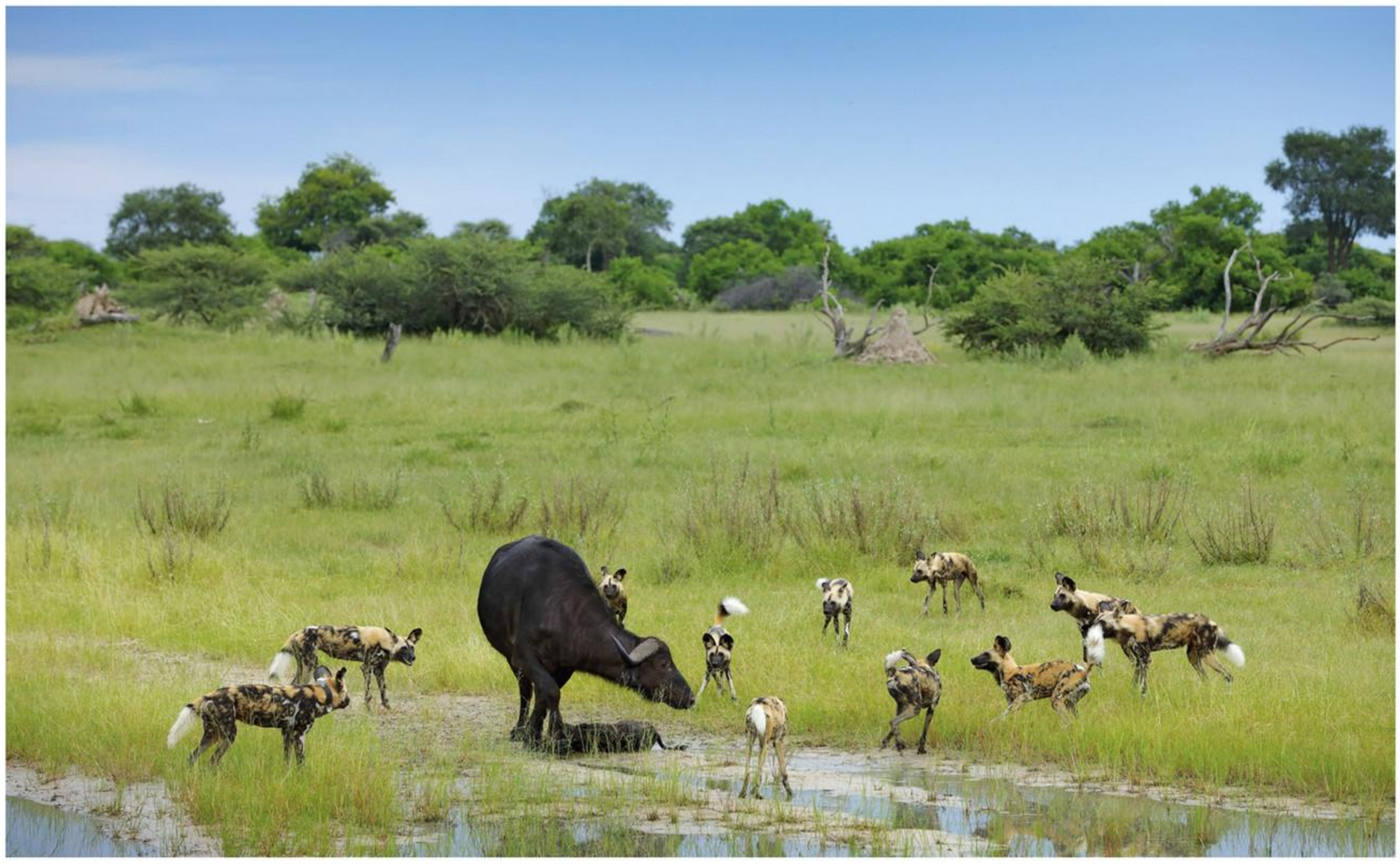
1 Gibbons vormen een paar voor het leven.

2 Stokstaartjes leven in groepen.

Samenleven in een groep kan de overlevingskans vergroten, zowel voor een individu als voor de hele groep. Wilde honden werken bijvoorbeeld samen om een prooi te vangen. Ze kunnen zo zelfs dieren neerhalen die veel groter zijn dan zijzelf (zie afbeelding 39). Nakomelingen worden beschermd en verzorgd door de groep en kunnen leren van hun groepsgenoten.

Binnen groepen kunnen ook conflicten ontstaan over de verdeling van macht, ruimte, voedsel en seksuele partners. Het vormen van territoria, een duidelijke onderlinge rangorde of een strakke taakverdeling zijn manieren om ernstige conflicten tussen soortgenoten te voorkomen.

■ **Afb. 39** Wilde honden jagen samen.



Soms kan sociaal gedrag een risico vormen voor een individu, maar is het gedrag voordelig voor het overleven van de groep. Een stokstaartje dat op wacht staat moet met een luide roep de rest waarschuwen voor roofdieren. Hij is daardoor zelf een opvallend doelwit voor het roofdier. De stokstaartjes wisselen de rol van wachter af, waardoor het risico per dier afneemt.

Als door sociaal gedrag de totale overlevingskans van de individuen van een soort toeneemt, dan vindt selectiedruk plaats in het voordeel van dit gedrag. Het gedrag zal zich dan binnen de populatie verspreiden. Dieren en mensen zullen dus vooral samenleven en sociaal gedrag vertonen als de voordelen voor de soort groter zijn dan de nadelen.

SIGNALEN

Bij sociaal gedrag is een handeling van een individu de prikkel voor een handeling van een soortgenoot. Je noemt de prikkels (handelingen) bij sociaal gedrag signalen. Signalen zoals kleuren, geuren, geluiden, houdingen, gebaren en taal maken communicatie tussen soortgenoten mogelijk.

Bij de balts van een stekelbaars gaat het mannetje zigzaggend zwemmen als hij een vrouwtje ziet met een dikke buik gevuld met eitjes. Deze zigzagdans is voor het vrouwtje een signaal om een bepaalde houding aan te nemen. En dat is voor het mannetje een signaal om het vrouwtje naar het nest te leiden.

Sociaal gedrag kan verschillende functies hebben. Bijvoorbeeld vaststelling van de rangorde en taakverdeling, territoriumgedrag en verzorgingsgedrag.

Opdrachten KENNIS

57 Twee wilde honden vechten om een stuk vlees.

a Is hier sprake van sociaal gedrag? Leg je antwoord uit.

b Een gier wil ook een stuk van de prooi van de wilde honden pakken en pikt naar een stuk vlees. Als de honden dit zien, grommen zij tegen de gier.
Is hier sprake van sociaal gedrag? Leg je antwoord uit.

58 **a** Wanneer spreek je van een signaal?

b Hoe communiceren dieren bij sociaal gedrag?

59 Wanneer roofdieren in de buurt van een kievitsnest komen, doet een van de kievitouders alsof hij een gebroken vleugel heeft. Door zich voor te doen als makkelijke prooi hoopt de ouder het roofdier weg te lokken bij het nest.

a Wat is het risico van dit gedrag voor de ouder?

b Leg uit waarom er selectiedruk plaatsvindt in het voordeel van dit gedrag.

RANGORDE

Bij dieren die in groepen leven, zoals wolven en bavianen, bestaat in de groep een duidelijke rangorde. Een rangorde is een volgorde binnen een populatie van dominant naar minst dominant, die dient om conflicten te voorkomen. Bij kippen noem je de rangorde pikorde.

Bij Afrikaanse wilde honden hebben mannetjes en vrouwtjes afzonderlijke rangorden. Het dominante mannetje en vrouwtje vormen een paar en zorgen voor de meeste nakomelingen. De rest van de groep bestaat vaak uit mannelijke nakomelingen die in eerdere jaren in de roedel zijn geboren en uit vrouwtjes die afkomstig zijn uit andere roedels. Het dominante paar bepaalt waar de roedel heengaat en mag als eerste eten. In ruil daarvoor beschermen zij de groep en leiden zij de jacht.

In het voortplantingsseizoen vertoont het dominante paar agressiever gedrag om te voorkomen dat andere leden uit de groep zich ook voortplanten. Vaak is **dreiggedrag** voldoende om een conflict te beëindigen. Bij het dreigen kunnen de dieren **imponeergedrag** vertonen. Het dominante dier doet dan de staart omhoog, het hoofd naar beneden en de oren naar achteren, soms laat het de tanden zien (zie afbeelding 40.1). Tegenover het dreiggedrag van een dominant dier vertoont het ondergeschikte dier vaak **verzoeningsgedrag.** Het verzoeningsgedrag is een signaal waardoor de agressie van het dominante dier afneemt. Het onderdanige dier maakt zich klein en likt de onderkant van de bek van het dominante dier of rolt op zijn rug (zie afbeelding 40.2).

■ **Afb. 40** Gedrag van Afrikaanse wilde honden.

1 imponeergedrag

2 verzoeningsgedrag

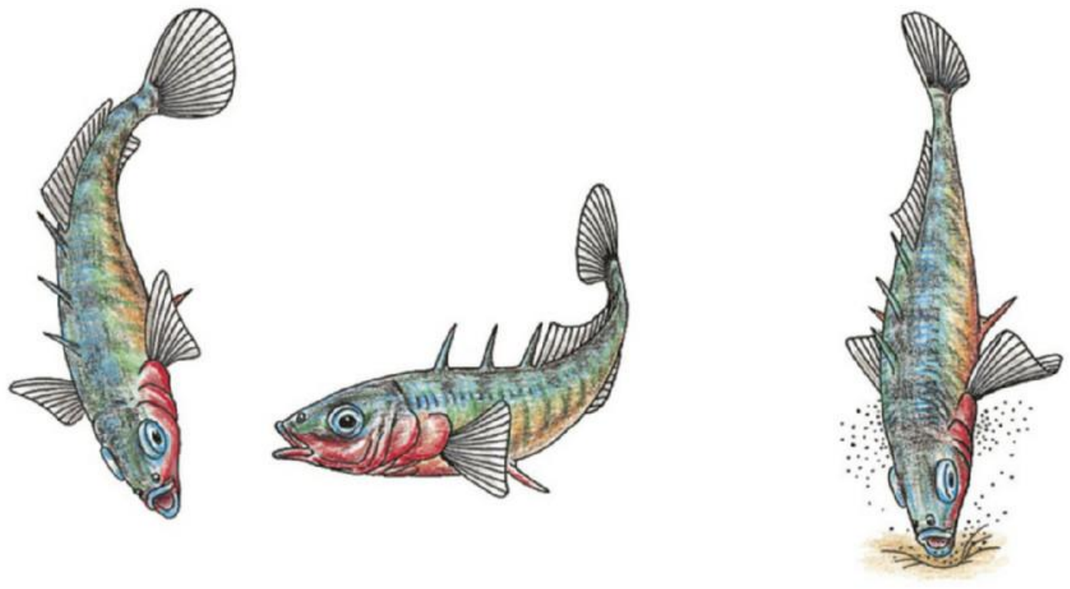
TERRITORIUMGEDRAG EN CONFLICTGEDRAG

Bij veel diersoorten probeert een individu een territorium af te bakenen. Hierdoor wordt een zekere hoeveelheid voedsel en ruimte veiliggesteld om nakomelingen groot te kunnen brengen. Ook ontstaan er dan minder conflicten met soortgenoten. Door middel van **territoriumgedrag** verdedigt een individu zijn gebied tegen binnendringende soortgenoten. Een soortgenoot die het territorium is binnengedrongen, wordt meestal aangevallen, maar soms vlucht het individu dat zijn territorium verdedigt. Veel dieren vertonen op de grens van hun territorium dreiggedrag als een indringer nadert.

Een stekelbaarsmannetje heeft bij zijn dreighouding zijn kop omlaag alsof hij zand gaat happen. Het zandhappen is een handeling die afkomstig is uit een ander gedragssysteem, namelijk nestbouwgedrag. Binnendringende stekelbaarsmannetjes blijken deze houding als zeer dreigend te ervaren en vluchten dan ook bijna altijd. Als de indringer niet vlucht, gaat het dreigende mannetje daadwerkelijk zandhappen (zie afbeelding 41). In deze situatie is het zandhappen een voorbeeld van **overspronggedrag**. Bij een (inwendig) conflict tussen twee gedragssystemen (dreiggedrag of vluchtgedrag) wordt gedrag uit een derde gedragssysteem vertoond. Het zandhappen is niet bedoeld om een territorium verdedigen.

Overspronggedrag is een voorbeeld van conflictgedrag. Conflictgedrag ontstaat als voor meerdere gedragssystemen een even sterke motivatie bestaat. In dit geval heeft de stekelbaars evenveel motivatie om te vechten als vluchten.

■ **Afb. 41** Dreiggedrag en overspronggedrag van een stekelbaars.



1 dreighouding **2** indringer **3** zandhappen

VOORTPLANTINGSGEDRAG

Voordat ze paren, vertonen veel diersoorten **baltsgedrag**. Dat bestaat uit een aantal kenmerkende signalen die een gedragsketen vormen. Baltsgedrag is opvallend en trekt daardoor mogelijke partners aan. Baltsgedrag heeft als doel de bereidheid tot paren te vergoten. De balts vermindert agressie tussen partners en kan de paarband versterken. De signalen bij de balts zijn specifiek voor de soort, waardoor alleen paring met soortgenoten plaatsvindt.

Bij zoogdieren noem je de periode van paringsbereidheid **bronst**. Mannelijke edelherten produceren in de bronsttijd een brullend geluid (burlen) om vrouwtjes te lokken en de mannetjes vechten met elkaar om te bepalen wie het sterkst is (zie afbeelding 42).

■ **Afb. 42** Herten tijdens de bronst.

Na de balts of bronst volgt de paring. Het gedrag dat dieren laten zien tijdens deze paring heet **paringsgedrag**.

Vissen en amfibieën leggen eieren tijdens de paring. Reptielen leggen hun eieren enkele dagen tot weken na de paring. Sommigen soorten zorgen voor hun eieren en nakomelingen, dit heet **broedzorg**. Zo bewaakt een stekelbaarsmannetje het nest en waaiert hij vers water naar de eieren. Bij zwanen wisselen het mannetje en het vrouwtje elkaar af op het nest om de eieren uit te broeden (zie afbeelding 43).

Bij zoogdieren ontwikkelen de nakomelingen zich in de baarmoeder. Na de geboorte van de nakomelingen volgt een zoogperiode, dat is de tijd waarin de jongen melk drinken bij hun moeder.

■ **Afb. 43** Broedzorg bij zwanen.

Opdrachten KENNIS

60 **a** Wat is conflictgedrag?
b Wat is overspronggedrag?

61 Wolven leven in roedels. Roedels bestaan meestal uit een dominant koppel en familieleden zoals broers, zussen en nakomelingen. Het dominante koppel plant zich als enige voort binnen de roedel. Een roedel jaagt samen als een team op grotere prooien en verdedigt ook samen een territorium.
a Waarom is het belangrijk dat er binnen een roedel een duidelijke hiërarchie heerst?
b Wat is het voordeel van leven in een roedel voor het dominante koppel?

62 Een zilverrug-gorilla is de leider binnen een familiegroep van gorilla's. Hij is de grootste, sterkste en dominantste man van de groep. Een zilverrug vertoont regelmatig dreiggedrag tegenover andere mannen uit de groep.
Wat is de functie van dreiggedrag van een zilverrug-gorilla?

Opdrachten INZICHT

63 Groepen tuimelaars (zie afbeelding 44) hebben een speciale techniek ontwikkeld om samen vis te vangen. Terwijl één tuimelaar met zijn staart op de zeebodem slaat, zwemt hij in een cirkel om een school vissen, waardoor een kring van modder ontstaat. Zodra de kring zich sluit, slaat de tuimelaar hard met zijn staart midden in de school vissen. De vissen springen weg. De rest van de groep tuimelaars wacht net buiten de kring van modder om de wegspringende vissen op te vangen. Samen vangen de dolfijnen meer vis dan alleen.
Hoe kon dit samenwerkingsgedrag evolueren?

■ **Afb. 44** Tuimelaars.

64 Groepsvorming bij vissen

Naar: Nederlandse Biologie Olympiade 2015, vraag 13.

Voor roofdieren levert het jagen in groepen soms voordelen op. Dit wordt onderzocht bij een roofvis. In het linker diagram van afbeelding 45 is weergegeven: het succes bij alleen jagen (1), met z'n tweeën jagen (2) of met z'n drieën jagen (3). In het rechter diagram is de invloed weergegeven van de rangorde van een vis binnen een groep die op jacht is.

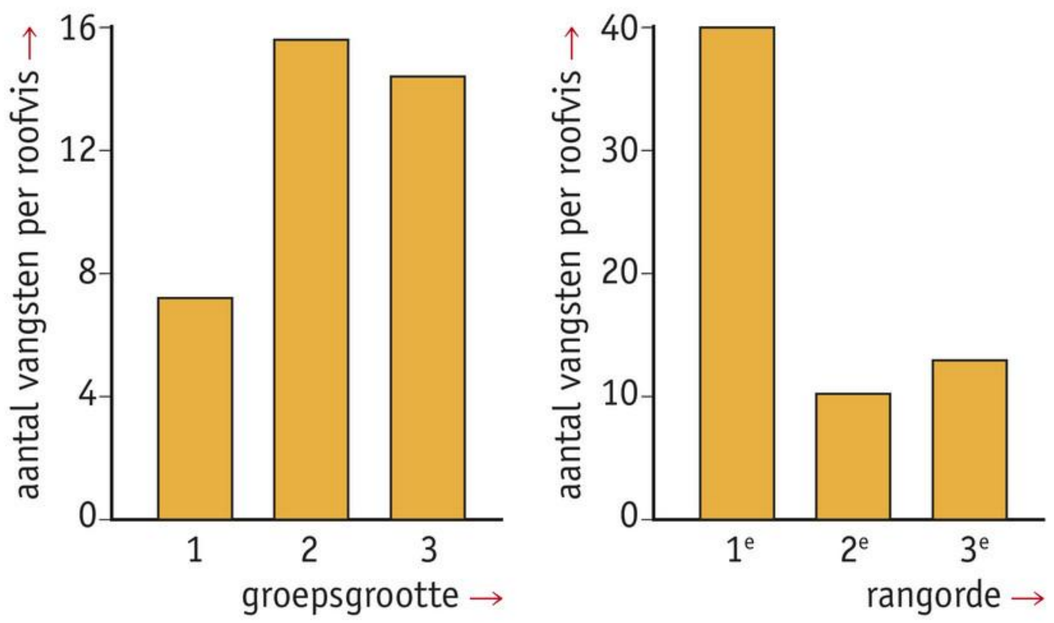
Over de weergegeven resultaten worden de volgende beweringen gedaan:

1 Het totaal aantal vangsten per groep neemt steeds toe met toenemende grootte van de jagende groep.

2 Individuen in de tweede of derde positie in een jagende groep kunnen beter de groep verlaten en in hun eentje jagen.

Zijn de beweringen juist of onjuist? Noteer de nummers en geef aan of de bewering juist is. Licht je antwoord toe.

■ **Afb. 45** Visvangst door roofvissen.



65 Bij vissoorten komt broedzorg door alleen het mannetje relatief vaak voor. Bij vogels en zoogdieren zorgt het vrouwtje meestal voor de nakomelingen. Dit hangt samen met de manier van bevruchting. Vissen hebben een uitwendige bevruchting en vogels en zoogdieren een inwendige bevruchting.
Waarom is het makkelijker om bij uitwendige bevruchting de zorg over te dragen aan het mannetje?

66 Een merelvrouwtje reageert niet op de balts van een lijstermannetje.

a Waarom reageert een merelvrouwtje hier niet op?

b Waarom noemen ethologen de balts een gedragsketen?

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Opdrachten KENNIS

1 **a** Wat is homeostase?
b Op welk(e) organisatieniveau(s) vindt homeostase plaats in het lichaam van een mens?
c Wat is de functie van een regelkring in je lichaam?

2 **a** Bij de mens is er sprake van een dynamisch evenwicht als het om de lichaamstemperatuur gaat. Leg uit wat hiermee wordt bedoeld.
b Noem twee andere factoren in het menselijk lichaam waarbij een dynamisch evenwicht wordt gehandhaafd.

3 De inhoud van de longen van een mens behoort tot het uitwendig milieu. Leg dat uit.

Opdrachten INZICHT

4 Dankzij een regelkring schommelt de hoeveelheid testosteron in het lichaam van een man rondom een bepaalde normwaarde.
Is dit een voorbeeld van positieve of negatieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.

5 In de basisstof worden voorbeelden genoemd van delen van het menselijk lichaam die tot het uitwendig milieu behoren.
Bedenk zelf nog een voorbeeld.

6 Een voorbeeld van positieve terugkoppeling bij de mens is de oxytocineregelkring bij de bevalling. Wanneer aan het eind van de zwangerschap het progesterongehalte bij de moeder daalt, neemt de productie van het hormoon oxytocine door de hypofyse toe. Oxytocine zorgt voor regelmatige samentrekkingen van de baarmoeder: de weeën. Door de weeën wordt het hoofdje van de baby tegen de uitgang van de baarmoeder gedrukt. Dat leidt tot meer afgifte van oxytocine, met als gevolg meer en krachtigere weeën. Hierdoor neemt de druk van het hoofdje nog meer toe en daardoor stijgt de productie van oxytocine.

a Hoe stopt de oxytocineregelkring bij een vrouw die bevalt? Leg je antwoord uit.

b Door het zuigen van een baby aan een tepel produceert de hypofyse in de hersenen van de moeder ook oxytocine. Het hormoon zorgt er dan voor dat spiercellen om de melkklieren in de borst van de moeder zich samentrekken, waardoor melk in melkkanaaltjes wordt geperst. Zo komt de melk gemakkelijker vrij voor de baby tijdens het zuigen (zie afbeelding 2).
Bij moeders die borstvoeding geven, kan zelfs het huilen van of denken aan de baby leiden tot oxytocineproductie. Er kan dan spontaan melk uit de tepels vloeien. Bij deze spontane melkafgifte spelen de volgende gebeurtenissen een rol:

1 De hypofyse in de hersenen produceert oxytocine.
2 Spiercellen om de melkklieren trekken zich samen.
3 Een moeder hoort haar kind huilen.
4 Spontane melkafgifte.
5 Oxytocine wordt afgegeven en via het bloed door het lichaam verspreid.

In welke volgorde leiden deze gebeurtenissen tot spontane melkafgifte?

c Is er bij de regelkring van afbeelding 2 sprake van negatieve of positieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.

d Wanneer stopt de oxytocineregelkring bij het geven van borstvoeding?

Context Leefwereld

GEËMANCIPEERDE BONOBOVROUWTJES

Bonobo's leven in een matriarchale samenleving, dat wil zeggen dat de vrouwen de baas zijn. Dat komt niet doordat de bonobovrouwtjes groter, sterker of agressiever zijn dan de mannetjes. Ze zijn fysiek gezien juist zwakker. Het geheim zit hem in een 'vrouwennetwerk'. Wanneer één bonobovrouwtje last heeft van een gewelddadig mannetje, dan komen de andere volwassen vrouwtjes voor haar op. Ze vormen groepjes en zetten het lastige individu op zijn nummer. De oudere bonobovrouwtjes hebben de leiding binnen de groep en gaan voorop in de strijd. Ze winnen vaak gevechten van mannetjes en beschermen de jongere vrouwtjes.

De band tussen de oudere dominante vrouwtjes en de jongere vrouwtjes is opmerkelijk (zie afbeelding 46). Vrouwelijke bonobo's verlaten namelijk hun geboortegroep na de puberteit. Doordat de jonge vrouwtjes veranderen van groep hebben zij dus meestal geen genetische verwantschap met de oudere vrouwtjes. Mannetjes blijven in de groep waarin ze zijn geboren.

De jonge vrouwtjes hebben een lagere sociale status dan mannetjes, maar door de bescherming van oudere vrouwtjes kunnen ze zich aansluiten bij een nieuwe groep zonder bang te hoeven zijn voor aanvallen van mannetjes. De oudere bonobovrouwtjes profiteren ook van de samenwerking met de jonge vrouwtjes. Door de samenwerking hebben hun zonen de gelegenheid om te paren met jonge vrouwtjes.

■ **Afb. 46** Bonobovrouwtjes.

Opdrachten

67 In de tekst staat dat het bijzonder is dat de oudere vrouwtjes de jongere vrouwtjes beschermen, omdat ze geen familie zijn. In eerste instantie lijkt het gedrag van de oudere vrouwtjes niet adequaat, toch is het dat wel.

a Waarom lijkt de bescherming van de jongere vrouwtjes in eerste instantie geen adequaat gedrag?

b Waarom is er wel sprake van adequaat gedrag?

c Bonobovrouwtjes veranderen na de puberteit van leefgroep.
Hoe draagt dit gedrag bij aan het overleven van de soort?

68 Net als bonobo's leven mensen in groepen samen. Toch is de manier van samenleven heel verschillend.

a Geef twee voorbeelden waaruit blijkt dat onze manier van samenleven verschilt van die van bonobo's.

b Bij zowel mensen als bonobo's is sprake van verzorgingsgedrag. Ouders zorgen voor de jongen tot ze een bepaalde leeftijd hebben bereikt.
Hoe kan verzorgingsgedrag zijn ontstaan? Geef hiervoor een evolutionaire verklaring.

6 GEDRAG BIJ MENSEN

LEERDOEL

6.6.1 Je kunt aan de hand van een context toelichten wat de overeenkomsten en verschillen zijn tussen gedrag bij mensen en dieren.

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	6.6.1
Onthouden	69a, 74a
Begrijpen	69b, 70, 71, 72, 73, 74b
Toepassen	75a, 77a, 78ab
Analyseren	75b, 76, 77bc, 78c, 79

Volgens etholoog Frans de Waal kan het gedrag van dieren ons veel vertellen over de ontwikkeling van kinderen. Het lijkt misschien niet zo, maar er zijn veel overeenkomsten in gedrag, want mensen zijn dieren.

REAGEREN OP PRIKKELS

Gedrag van mensen vertoont veel overeenkomsten met gedrag van dieren als je kijkt naar de reactie op prikkels en erfelijke factoren. Leerprocessen en bewuste keuzen spelen bij de mens een belangrijkere rol dan bij dieren. Door hun gedrag bewust aan te passen, zijn mensen in staat om hun omgeving doelgericht te beïnvloeden.

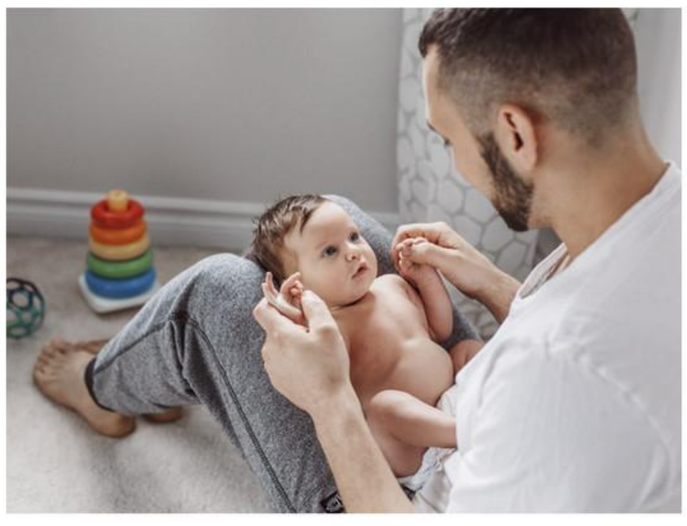
Net als dieren reageren mensen op interne en externe prikkels. Interne prikkels geven informatie voor de motivatie om bepaald gedrag uit te voeren. Externe prikkels bepalen dan of dit gedrag wel of niet plaatsvindt. Als de motivatie laag is, kan een sterke externe prikkel toch bepaald gedrag oproepen. Stel, er staat een schaal met koekjes voor je neus, dan hoef je niet per se honger te hebben om er toch een te pakken en op te eten (zie afbeelding 47).

■ **Afb. 47** Jongetje eet koekjes.

Ook mensen zijn gevoelig voor sleutelprikkels, bijvoorbeeld voor bepaalde kenmerken van een baby. 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 zijn sleutelprikkels (zie afbeelding 48). Deze sleutelprikkels veroorzaken bij veel mensen een neiging tot verzorgen en vertroetelen. Door sleutelprikkels extra te benadrukken werken ze als supranormale prikkels. Voorbeelden van supranormale prikkels bij mensen zijn roodgestifte lippen en schoudervullingen in kleding.

De reactie op sleutelprikkels en supranormale prikkels is gebaseerd op erfelijke informatie en is voorspelbaar. Andere mensen kunnen deze voorspelbaarheid van de erfelijke respons gebruiken. Zo hebben knuffeldieren vaak heel grote ogen, zodat kinderen ze schattig vinden en graag willen hebben (zie afbeelding 49).

■ **Afb. 48** Vader met baby.



■ **Afb. 49** Knuffels in een winkel.

De respons van mensen op sleutelprikkels en supranormale prikkels is minder voorspelbaar dan bij dieren. Mensen kunnen, dankzij hun bewustzijn, afleren om op deze prikkels te reageren. Dat neemt niet weg dat sleutelprikkels en supranormale prikkels ook voor mensen moeilijk zijn te weerstaan. In de reclamewereld wordt hier gebruik van gemaakt (zie afbeelding 50).

■ **Afb. 50** Aanbiedingen in een kledingwinkel.

Opdrachten KENNIS

69 **a** Wat is een sleutelprikkel?
b Zijn de grote ogen van de knuffels uit afbeelding 49 voorbeelden van sleutelprikkels of van supranormale prikkels? Leg je antwoord uit.

70 **a** Welke inwendige prikkel leidt bij mensen tot slaapbehoefte?
b Uitwendige prikkels hebben ook invloed op je slaapgedrag. Zo gaan veel mensen in de zomer later slapen dan in de winter.
Welke externe prikkel heeft hier invloed op het slaapgedrag?

71 Reclames en uitverkoopborden zijn bedoeld om je aan te zetten tot koopgedrag (zie afbeelding 50).
Welke prikkels worden in afbeelding 50 gebruikt om koopgedrag te stimuleren?

AANGEBOREN OF AANGELEERD

Tijdens de opvoeding in de eerste levensjaren geven een kind en de ouders (verzorgers) 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.

Voorbeelden van gedrag dat grotendeels wordt bepaald door erfelijke factoren zijn 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. Ook blijken veel gelaatsuitdrukkingen die tijdens sociale contacten tussen mensen worden vertoond, in vrijwel alle culturen voor te komen. Zo komt bijvoorbeeld de glimlach (zie afbeelding 51) in alle culturen voor. Een glimlach wordt wereldwijd gezien als signaal waarmee je vriendelijkheid uitstraalt.

■ **Afb. 51** Glimlachen in verschillende culturen.

1 glimlachend meisje van het Hmong-volk in Vietnam

2 glimlachende Papoea-man uit Indonesië

3 glimlachende Peruaanse man

Leerprocessen zijn bij mensen erg belangrijk voor het bepalen van gedrag. Doordat we lang bij onze ouders blijven, hebben zij ook veel tijd om ons te leren wat we nodig hebben. De leerprocessen die hierbij een rol spelen zijn dezelfde als bij dieren: gewenning, inprenting, imitatie, conditionering en inzicht.

Zo leren we praten dankzij de imitatie van geluiden. Ook leren we in ons eerste jaar wie onze ouders of verzorgers zijn en er treedt hechting op. Tijdens het oplossen van puzzels of raadsels en bij het bedenken van oplossingen voor problemen spreken we ons inzicht aan. Bijvoorbeeld wanneer je ruzie hebt met je beste vriend of als je voor je wiskundehuiswerk een moeilijke som moet oplossen. En ouders maken tijdens het opvoeden van hun kinderen gebruik van belonen en straffen, dat is een voorbeeld van conditionering.

Mensen kunnen er bewust voor kiezen om hun gedrag niet te laten beïnvloeden door een aangeboden beloning. Dit gaat echter niet altijd even gemakkelijk, omdat onze hersenen bij een beloning dopamine afgeven. Dopamine geeft je een geluksgevoel en dit geluksgevoel kan verslavend zijn. Daarom is het moeilijk om van je telefoon af te blijven om spelletjes te spelen of sociale media te bekijken (zie afbeelding 52). Beide activiteiten zorgen ervoor dat er dopamine in je hersenen vrijkomt.

■ **Afb. 52** Jongeren bekijken sociale media op hun smartphone.

ROLGEDRAG EN ROLPATRONEN

Bij dieren komen rolpatronen voor. Van een dominant baviaanmannetje wordt door ondergeschikte dieren bepaald gedrag verwacht. Rolgedrag vind je alleen in sociaal georganiseerde groepen, zoals bij kuddedieren. Rolgedrag komt ook bij mensen voor.

Rolgedrag is gedrag dat anderen van iemand in een bepaalde situatie verwachten. Van de aanvoerder of aanvoerster van een voetbalelftal wordt bijvoorbeeld leidersgedrag verwacht. Iemand die rolgedrag vertoont, voldoet aan het rolpatroon. Mensen nemen vaak deel aan verschillende groepen en voldoen daarin aan verschillende rolpatronen. Zo heb jij thuis de rol van kind, op school de rol van leerling en op je werk de rol van werknemer.

CULTUUR

Mensen leren veel van elkaar. Je leert van je ouders, van je docenten, maar ook van andere mensen in je omgeving. Mensen hebben veel meer uitdrukkingsmogelijkheden dan dieren. Dat mensen veel van elkaar leren, wordt onder andere mogelijk gemaakt door taal en beelden.

Mensen kunnen taal en beelden gebruiken om informatie vast te leggen. Via internet en bijvoorbeeld computers en smartphone is die informatie voor veel mensen bereikbaar.

Mensen kunnen nadenken over hun gedrag en hun gedrag beoordelen. Door de overeenkomsten met dierlijk gedrag in te zien, kun je typisch menselijke eigenschappen herkennen. Omdat je je bewust bent van jezelf en je omgeving, kun je als mens keuzen 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. Bijvoorbeeld: je mag niet stelen. Normen zijn gebaseerd op waarden. Dat zijn uitgangspunten die mensen gebruiken bij de inrichting van hun leven. Eerlijkheid is een waarde. 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 verboden. Normen en waarden veranderen, ook binnen een cultuur. Over de plaats van mannen en vrouwen in de Nederlandse maatschappij wordt nu anders gedacht dan honderd jaar geleden.

Opdrachten KENNIS

72 Bij wie wordt gedrag meer beïnvloed door erfelijke factoren: bij mensen of bij dieren?

73 Zodra de schoolbel gaat, starten leerlingen met het inpakken van hun spullen.

a Van welk leerproces is hier sprake?

b Peuters beginnen vaak eerst te brabbelen voordat ze kunnen praten.
Van welke leerproces is hier sprake?

c Er zijn maar weinig mensen die als ze een nieuwe telefoon krijgen eerst de handleiding lezen om te leren hoe hun telefoon werkt.
Welk leerproces gebruiken de meeste mensen om te leren hoe hun telefoon werkt?

74 De gezichtsuitdrukkingen die horen bij huilen en lachen worden waarschijnlijk bepaald door erfelijke factoren.

a Welke aanwijzingen zijn er dat deze uitdrukkingen worden bepaald door erfelijke factoren?

b Normen en waarden verschillen van cultuur tot cultuur.
Is cultuur voornamelijk bepaald door erfelijke factoren of door leerprocessen? Leg je antwoord uit.

Opdrachten INZICHT

75 **a** Waarom is het een slecht idee om naar de supermarkt te gaan als je honger hebt?
b Een Nederlands spreekwoord luidt: 'honger maakt rauwe bonen zoet'.
Wat betekent dit spreekwoord? Gebruik in je antwoord de begrippen:
externe prikkel – interne prikkel – motivatie.

76 Hoe zijn de afgelopen decennia de normen en waarden rondom seksueel gedrag in West-Europa veranderd?

77 In hun boek *Seks!* beschrijven seksuologen Rik van Lunsen en Ellen Laan het baltsgedrag van mensen als volgt:

Hij zoekt oogcontact. Zij vangt zijn blik en probeert die vast te houden. Voordat ze allebei doorhebben dat ze elkaar langer dan gebruikelijk aankijken, krijgen ze een blosje op de wangen of blozen zelfs een beetje. Degene die dat het eerst voelt, slaat van schrik de ogen neer of draait het hoofd een beetje weg.
Al snel kijken ze elkaar weer aan en wordt er wederzijds geglimlacht. Zijn bovenlichaam buigt iets naar haar toe en hij maakt een eerste voorzichtige opmerking, eerst heel zachtjes en dan wat luider. Ze reageert door haar lichaam iets naar hem toe te wenden. Er volgt een uitwisseling van woorden. Hun ademhaling versnelt, ze lachen een beetje. Nu draaien ze hun gezicht helemaal naar elkaar toe en komen dichter naar elkaar. Ze betreden elkaars onzichtbare intieme ruimte. Bijna ongemerkt bevochtigen ze hun lippen met hun tong. Zij aait met haar hand langs haar gezicht, frunnikt wat aan haar kleren. Opeens raken ze elkaar aan en het lijkt per ongeluk. Ze imiteren ('spiegelen') elkaars bewegingen. Intussen is hun hart sneller gaan kloppen, voelen ze 'vlinders in de buik' en er gaat een warme golf door hun lichaam…

Bron: R. van Lunsen en E. Laan, *Seks!*, 2017.

a Bij mensen spreek je niet van baltsgedrag. Hoe noem je dit gedrag normaal gesproken?
b De auteurs van het boek *Seks!* benaderen het beschreven gedrag als een gedragsketen.
Noteer de beschreven gedragsketen. Maak daarbij twee kolommen: één voor het gedrag van de man en één voor het gedrag van de vrouw.
c Het beschreven gedrag is tegenwoordig misschien achterhaald, omdat mensen elkaar steeds vaker online leren kennen in plaats van in de kroeg of op een feest.
Welke handelingen zou je als etholoog kunnen observeren als een koppel elkaar online leert kennen?

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

LACHEN IS GEZOND

Niets ter wereld is zo aanstekelijk als een lach, aldus Charles Dickens in *A Christmas Carol*. Wetenschappers hebben aangetoond dat lachen helpt tegen stress en goed is voor je buikspieren. Maar lachen doet nog veel meer. Het zorgt ervoor dat je zelfbesef ontwikkelt en je verbonden voelt met de mensen om je heen.

Lachen is waarschijnlijk geëvolueerd vanuit de geluiden die dieren maken als ze blij zijn of aan het spelen zijn. Door deze geluiden maken dieren aan elkaar kenbaar dat ze geen kwade bedoelingen hebben.

Toen menselijke populaties in het verleden steeds groter en complexer werden, werden ook de sociale interacties complexer. Het aangaan en behouden van goede relaties met anderen werd daardoor steeds belangrijker om te overleven. Samen lachen tijdens spel zorgt voor het versterken van de onderlinge band tussen individuen.

Lachen zorgt ervoor dat je sneller verbondenheid voelt met de mensen om je heen (zie afbeelding 53). Als je samen bent met een groep vrienden en een aantal mensen beginnen spontaan te lachen, dan is de kans groot dat je meelacht. Onbewust lach je mee om bij de groep te horen.

Mensen over de gehele wereld reageren hetzelfde op lachen, dat maakt het een zeer krachtig bindmiddel. Een lach maakt geen onderscheid tussen cultuur of hiërarchie, dus samen lachen maakt samenleven een stuk makkelijker.

■ **Afb. 53** Lachend gezin.

Opdrachten

78 **a** Wordt lachen vooral bepaald door erfelijke factoren of door leerprocessen? Leg je antwoord uit.
b Waarom is lachen adequaat gedrag?
c Geef een evolutionaire verklaring voor het voorkomen van lachen overal ter wereld.

79 Ook apen kunnen lachen, maar niet alle vormen van lachen hebben bij verschillende soorten apen dezelfde betekenis. Dat ondervond een vrouwelijke bezoeker van Diergaarde Blijdorp in 2007, toen zij werd aangevallen door gorilla Bokito, die uit zijn verblijf ontsnapte (zie afbeelding 54).
De vrouw vertelde dat ze een band had opgebouwd met Bokito door hem aan te kijken en naar hem te glimlachen. Verzorgers en primatologen (wetenschappers die primaten bestuderen) zeggen dat de vrouw Bokito onbedoeld heeft uitgedaagd.
Welke functie heeft glimlachen bij mensen?

■ **Afb. 54** Bokito.

NOTITIES

EEN HONDENBAAN

LEERDOELEN

6.S.1 Je kunt toelichten waarom honden geschikt zijn voor bepaalde banen voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.

6.S.2 Je kunt evolutionair denken toepassen op de samenwerking tussen mens en hond.

Een hond is de mens zijn beste vriend, aldus het spreekwoord. Maar dappere honden zoals Rogue (zie afbeelding 1) bewijzen dat onze trouwe viervoeters meer kunnen dan ons alleen maar gezelschap houden. Tegenwoordig kunnen honden allerlei verschillende banen hebben. Van waakhond tot geleidehond en van therapiehond tot drugshond. Maar wat misschien nog wel het meest tot de verbeelding spreekt, zijn reddingshonden.

■ **Afb. 1** Rogue aan het werk.

Rogue is een reddingshond en zij kan slachtoffers zoeken onder het puin van bomaanslagen, verdwaalde wandelaars terugvinden in het bos, of iemand opsporen die met skiën onder een lawine terecht is gekomen.

Edward werkt vaak samen met Rogue. Hij vertelt waarom Rogue zo geschikt is voor haar werk bij de reddingsbrigade. ‘Honden kunnen bijvoorbeeld veel beter ruiken dan mensen. Hun reukzintuig bevat ongeveer veertig keer zo veel reukreceptoren als ons reukzintuig. En ze kunnen ook beter horen dan wij. Hun oren pikken hogere frequenties op en hun prikkeldrempel ligt bij een lager volume. Dankzij zijn scherpe zintuigen kan een reddingshond in dertig minuten ongeveer eenzelfde gebeid doorzoeken als twintig mensen in vier uur.’

Natuurlijk is niet iedere hond even geschikt voor reddingswerk. Bepaalde rassen lenen zich hier beter voor dan andere, omdat zij van nature energieker zijn. Voor Rogue is reddingswerk een spel waarin zij haar natuurlijke gedrag en energie kwijt kan. Maar wat ook van groot belang is voor een reddingshond is training, training en nog eens training. Edward: ‘Rogue is van kleins af aan getraind om samen te werken met mij, maar ook met andere mensen en andere honden. Als zij goed samenwerkt, krijgt ze een beloning. Soms bestaat deze beloning uit een traktatie, soms uit aandacht of spelen. De aandacht en complimenten die een hond van zijn baas krijgt, zijn ook belangrijk bij het aanleren van gedrag. Deze aandacht schept een band tussen een reddingshond en zijn menselijke partner.’

■ **Afb. 2** Het zuigen van een baby aan de tepel brengt bij de moeder de oxytocineproductie op gang.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Edward vertelt dat deze band cruciaal is voor het reddingswerk dat hij en Rogue doen. Ze moeten elkaar aanvoelen en vertrouwen. Zo'n bijzondere band ontstaat dankzij de aanmaak van oxytocine in de hersenen van zowel mens als hond. De oxytocine creëert niet alleen een band, maar zorgt er ook voor dat Rogue meer gefocust is op Edward. 'Zo pikt ze al mijn non-verbale signalen op, waardoor wij ons werk nog beter en sneller kunnen uitvoeren.'

Opdrachten

1 Vul in de tabel de volgende begrippen in bij het juiste organisatieniveau.
Kies uit: *bos – mensen – oren – oxytocine – rassen – reddingshond – reukreceptoren – reukzintuig – slachtoffers*.

Organisatieniveau	Begrip
Systeem aarde	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

2 Welke honden geschikt zijn voor reddingswerk wordt bepaald door zowel aangeboren als aangeleerd gedrag.

a Waarom zijn energieke rassen meer geschikt voor reddingswerk dan rassen die minder energiek zijn?

b Geef een voorbeeld van natuurlijk gedrag dat een hond kan vertonen tijdens het reddingswerk.

c Welk leerproces of welke leerprocessen zijn belangrijk bij het trainen van een reddingshond?

3 Honden en mensen leven al eeuwenlang samen.
Waardoor hebben zowel honden als mensen meestal een grotere overlevingskans door samen te leven?

4 Oxytocine wordt ook wel het knuffelhormoon genoemd. Dit hormoon blijkt niet alleen een rol te spelen bij de vorming van een band tussen baas en hond, maar ook bij het aangaan van sociale interacties. Mensen met autisme hebben van nature een lager oxytocinegehalte en daardoor vaak meer moeite met het aangaan van sociale interactie.
Doordat knuffelen met een hond je oxytocinegehalte beïnvloedt, kan een therapiehond mensen met autisme helpen om zich meer in sociale omgevingen te begeven.
Leg uit hoe een therapiehond ervoor kan zorgen dat iemand met autisme minder moeite heeft met sociale interacties.

VAARDIGHEDEN

Vaardigheid 1

ONDERZOEKSDOEL

6.O.1 Je kunt een ethogram maken.

▶ Basisstof 3
▶ Practicum 3

Een ethogram maken

Een ethogram is een lijst met objectieve beschrijvingen van de handelingen die bij een diersoort kunnen voorkomen.

DOEL

Je kunt het gedrag van een dier observeren en de waargenomen handelingen objectief beschrijven.

WERKWIJZE

Observeer de handelingen uit het gedragssysteem van enkele dieren die representatief zijn voor de soort.

- Maak een tabel met drie kolommen: Handeling, Afkorting, Beschrijving (zie afbeelding 1).
- Noteer in de eerste kolom een woord dat de handeling beschrijft.
- Noteer in de tweede kolom een afkorting voor het gekozen woord.
- Noteer in de derde kolom de objectieve beschrijving van het gedrag.

■ **Afb. 1** Ethogram.

Handeling	Afk.	Beschrijving
bijten	bij.	knagen aan materiaal anders dan voer
drinken	dr.	water oplikken uit flesje of bak
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.
hoogspieden	hs.	recht omhoog staan op de achterpoten
lopen	lo.	zich voortbewegen op 4 poten
springen	sp.	zich voortbewegen op 2 poten

ONDERZOEKSDOEL

6.O.2 Je kunt een protocol maken.

- Basisstof 3
- Practicum 3

Een protocol maken

Een protocol is een overzicht van de achtereenvolgens waargenomen handelingen van een dier gedurende een bepaalde periode. Aan de hand van een protocol kun je uitspraken doen over het gedrag van een dier.

DOEL

Je kunt het gedrag van een dier observeren en van de waargenomen handelingen een protocol maken.

WERKWIJZE

Observeer gedurende een bepaalde tijd, bijvoorbeeld vijf minuten of een uur, het gedrag van een dier.

- Maak een tabel met de tijden.
- Noteer bij elk tijdstip de op dat moment voorkomende handeling. Gebruik daarbij de afkortingen uit het ethogram (zie afbeelding 2).

■ **Afb. 2** Protocol.

	1e min.	2e min.	3e min.	4e min.	5e min.
0-5 s	gr.	gr.	lo.	dr.	sp.
6-10 s	gr.	lo.	lo.	dr.	sp.
11-15 s	gr.	lo.	sp.	lo.	gr.
16-20 s	gr.	lo.	sp.	lo.	hs.
21-25 s	gr.	bij.	bij.	lo.	gr.
26-30 s	gr.	bij.	bij.	et.	gr.
31-35 s	gr.	bij.	bij.	et.	gr.
36-40 s	gr.	lo.	lo.	et.	gr.
41-45 s	hs.	sp.	lo.	et.	sp.
46-50 s	hs.	sp.	lo.	et.	sp.
51-55 s	hs.	sp.	dr.	sp.	sp.
56-60 s	hs.	sp.	dr.	sp.	sp.

PRACTICA

Practicumopdracht 1

ONDERZOEKSDOEL

6.O.3 Je kunt de overeenkomsten en verschillen in bouw van een mensenoog en een koeienoog herkennen en benoemen.

- Basisstof 1
- Vaardigheid 3 (thema 1)

Ontleden van een koeienoog

50 minuten

INLEIDING

De bouw van koeienogen komt in veel opzichten overeen met mensenogen. Maar er zijn ook enkele verschillen. In deze practicumopdracht leer je die overeenkomsten en verschillen herkennen.

ONDERZOEKSVRAAG

Wat zijn de overeenkomsten en verschillen in bouw tussen een mensenoog en een koeienoog?

MATERIAAL

- koeienoog
- bakje of petrischaal
- scalpel (scherp mesje)
- pincet
- horlogeglas
- objectglas
- schaar
- handschoenen
- tissue
- stuk papier met tekst

METHODE

Doe de handschoenen aan voor je met je werk begint.

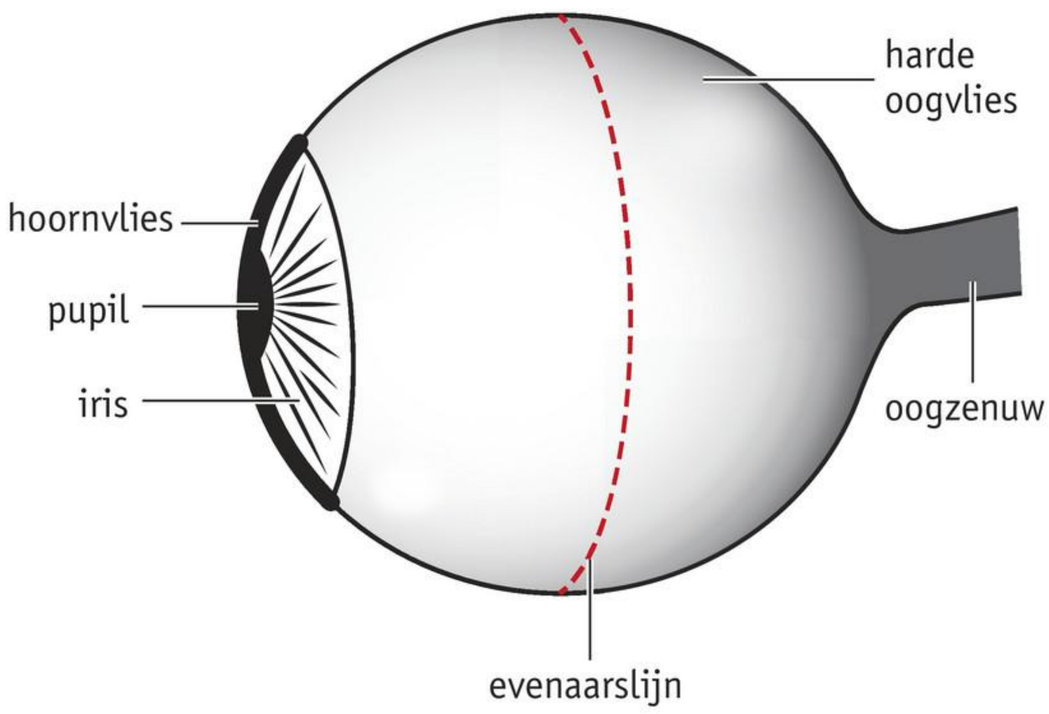
ONDERZOEK EERST DE UITWENDIGE BOUW VAN HET OOG

- Leg het oog in een bakje of petrischaal met de voorzijde naar boven.
- Maak een schematische tekening van de voorzijde van het koeienoog.
- Benoem de onderdelen: oogspieren, harde oogvlies, iris en pupil.
- Bekijk het oog nu van de achterzijde. Leg het oog zo neer dat de achterkant van het oog naar boven ligt.
- Maak een schematische tekening van de achterzijde van het koeienoog.
- Benoem indien mogelijk de onderdelen: oogspieren, oogzenuw en vetweefsel. Het kan zijn dat het vetweefsel rond het oog en de oogspieren is verwijderd.

ONDERZOEK NU DE INWENDIGE BOUW VAN HET OOG

- Verwijder indien nodig het vet en de spieren die de oogbol omgeven, zonder de oogbol te beschadigen. Gebruik hiervoor een scalpel, schaar en pincet. Als het 'wit van de ogen' rood ziet, is dit niet het harde oogvlies zelf dat rood wordt. Het zijn de bloedvaten die in het dunne laagje bindweefsel rondom de oogbol liggen. Het harde oogvlies zelf heeft geen bloedvaten.
- Het harde oogvlies is echt hard. Prik (voorzichtig) met een scalpel in het harde oogvlies.
- Snijd het harde oogvlies door over de evenaarslijn (zie afbeelding 1). Maak eerst voorzichtig een snede met behulp van het scalpel en werk dan verder met de schaar. Zorg ervoor dat je het glasachtig lichaam niet beschadigt.

■ **Afb. 1** Een oog (schematisch).



- Tijdens het snijwerk komen het doorzichtige glasachtig lichaam en de lens los. Verwijder ze voorzichtig uit de twee 'kommetjes' die ontstaan. Leg ze op het horlogeglas.
- In het kommetje met de oogzenuw ligt een doorzichtig vlies uitgespreid: het netvlies. Daaronder zie je het vaatvlies als een zwarte, glanzende laag. Het vaatvlies is zwart aan de kant van het harde oogvlies. Tussen het netvlies en het vaatvlies zit bij koeien (ook bij bijvoorbeeld herten en katten) een blauw gekleurde spiegelende laag: het *tapetum lucidum*. Maak een schematische tekening van de binnenzijde van de achterste ooghelft.
- Benoem de onderdelen: netvlies, vaatvlies en *tapetum lucidum*.
- In het kommetje met het hoornvlies zie je (als het oog vers is) dat het vaatvlies vooraan vrijkomt van het harde oogvlies en overgaat in twee structuren:
  - naar binnen toe het zwarte straalvormige lichaam;
  - naar buiten toe het gepigmenteerde regenboogvlies (iris) met een ellipsvormige pupil.
- Bekijk nu de doorzichtige delen die op het horlogeglas liggen. Het grootste en slapste deel is het glasachtig lichaam en het kleinste deel is de lens. Haal ze zorgvuldig los van elkaar. Soms zitten nog resten van het straalvormig lichaam en de lensbandjes vast aan de ooglens. Bij een vers oog kun je de lens vastpakken met een pincet.
- Leg de ooglens op een objectglas en leg hem op een stuk papier met tekst.

RESULTATEN

- twee schematische tekeningen van de uitwendige bouw van het oog
- een schematische tekening van de inwendige bouw van het oog (binnenzijde van de achterste ooghelft)

1 Waar zit de oogzenuw: in het midden van het oog of ernaast?
2 Heb je een rechteroog of linkeroog gekregen? Leg je antwoord uit.
3 Wat is de functie van de zwarte, glanzende laag in het vaatvlies?
4 Het *tapetum lucidum* kaatst licht terug.
Welk voordeel hebben koeien van een *tapetum lucidum* in een lichtarme omgeving?
5 Hoe zie je de letters als je de lens op een stuk papier met tekst legt? Leg uit hoe dat komt.

CONCLUSIE

6 Formuleer een conclusie bij de onderzoeksvraag.

Practicumopdracht 2

ONDERZOEKSDOEL

6.O.4 Je kunt de werking van de pupilreflex uitleggen. ▶ Basisstof 2

De pupilreflex

10 à 15 minuten

INLEIDING

De pupilreflex regelt de hoeveelheid licht die op het netvlies valt. In deze practicumopdracht onderzoek je de werking van de pupilreflex.

MATERIAAL

- (eventueel) spiegel
- horloge, smartphone of stopwatch

ONDERZOEKSVRAAG

Hoe werkt de pupilreflex?

METHODE

Je kunt deze opdracht alleen of met zijn tweeën uitvoeren.

- Houd een minuut lang een hand voor een van je ogen. Haal dan je hand weg voor dit oog.
- 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. Als je met zijn tweeën werkt, kijkt de ander wat er met de pupilgrootte gebeurt, direct na het wegnemen van je hand.

RESULTATEN

1 Welke veranderingen van de pupilgrootte heb je waargenomen?
2 Is de reflexboog van de pupilreflex voor beide ogen gescheiden of valt deze gedeeltelijk samen? Leg je antwoord uit.

CONCLUSIE

3 Formuleer een conclusie bij de onderzoeksvraag.

Practicumopdracht 3

ONDERZOEKSDOEL

6.O.5 Je kunt een eenvoudig gedragsonderzoek opstellen en uitvoeren.

- Basisstof 3
- Vaardigheden 1 en 2 (thema 6)

Beschrijvend ethologisch onderzoek

180 minuten

INLEIDING

In deze practicumopdracht voer je in tweetallen een gedragsonderzoek uit. Je kunt het gedrag van een huisdier of een dier in een dierentuin of boerderij onderzoeken. Je kunt ook gebruikmaken van een film. Overleg met je docent welk dier je onderzoekt en waar je waarnemingen gaat doen.

MATERIAAL

- schrijfmateriaal (papier en potlood)
- klembord
- stopwatch (of horloge met aanduiding in seconden)
- verrekijker
- ethogram
- protocol

ONDERZOEKSVRAAG

Formuleer een onderzoeksvraag die je wilt beantwoorden. Bijvoorbeeld: 'Komen de handelingen van het voedingsgedrag van het dier altijd in een vaste volgorde voor?' Bespreek je onderzoeksvraag met je docent.

METHODE

- Bestudeer het dier dat je wilt onderzoeken en maak een ethogram van de handelingen die je waarneemt.
- Bestudeer het gedrag van het dier dat je wilt onderzoeken en maak een protocol van het waargenomen gedrag.
- Verdeel de taken:
  - de ene leerling geeft telkens aan wanneer de tijd (bijvoorbeeld vijf of dertig seconden) om is;
  - de andere leerling noteert de afkortingen van deze handelingen.

RESULTATEN

Een ingevuld ethogram en protocol.

CONCLUSIE

Formuleer een conclusie bij je onderzoeksvraag.

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vragen en maak een verslag. Verwerk de resultaten en de vragen in je verslag.

1 Op welke wijze zou je het onderzoek nauwkeuriger kunnen uitvoeren?

2 Wat ging er goed? Wat kan een volgende keer beter?

SAMENVATTING

6.1.1 BASISSTOF 1

Je kunt de werking van zintuigen in relatie met het zenuwstelsel beschrijven.

- Zintuigen ontvangen externe en interne prikkels.
- In receptoren (zintuigcellen) ontstaan impulsen onder invloed van prikkels die worden doorgegeven aan het zenuwstelsel (zie *BiNaS* tabel 87A).
  - Mechanische receptoren reageren op vervorming van het celmembraan (tastreceptoren, drukreceptoren, gehoorreceptoren, evenwichtsreceptoren).
  - Chemische receptoren binden bepaalde moleculen uit de omgeving (smaakreceptoren, reukreceptoren).
  - Lichtreceptoren (staafjes, kegeltjes) reageren op zichtbaar licht.
  - Temperatuurreceptoren reageren op warmte en kou (koudereceptoren, warmtereceptoren).
  - Pijnreceptoren reageren op extreme druk, extreme temperaturen en stoffen die vrijkomen bij beschadiging of ontsteking van weefsel.

6.1.2

Je kunt de reactie van een zintuig op een adequate prikkel beschrijven.

- Zintuigen hebben een prikkeldrempel die moet worden overschreden om een impuls te kunnen veroorzaken.
- Adequate prikkel: de soort prikkel waarvoor de prikkeldrempel van een receptor het laagst is.
- Adaptatie (gewenning): aanpassing van de gevoeligheid van een zintuig bij een aanhoudende prikkelsterkte.

6.1.3

Je kunt de delen van het oog en hun functie beschrijven (zie *BiNaS* tabel 87C2).

- Wenkbrauw: houdt zweet, vocht en stof uit de ogen.
- Traanklier: produceert traanvocht.
- Ooglid: verdeelt traanvocht over de oogbol.
- Traanbuis: voert traanvocht af naar de neusholte.
- Harde oogvlies: wit, stevig vlies dat de buitenste laag van het oog vormt, geeft bescherming.
- Hoornvlies: doorzichtig vlies; is de voortzetting van het harde oogvlies aan de voorzijde.
- Vaatvlies: bevat veel bloedvaten; zorgt voor de voeding van een groot deel van het oog.
- Iris (regenboogvlies): gekleurde deel (pigment) van het oog. Is een voortzetting van het vaatvlies.
- Pupil: opening in de iris.
- Ooglens: bolle lens achter de iris en de pupil.
- Glasachtig lichaam: geleiachtige massa die het netvlies op zijn plaats houdt.
- Netvlies: binnenste laag van de wand van een oog met lichtreceptoren.
- Gele vlek: plaats in het centrum van het netvlies, bevat veel kegeltjes.
- Blinde vlek: plaats in het netvlies waar de oogzenuw het oog verlaat en de doorgang is voor bloedvaten. Bevat geen lichtreceptoren.

6.2.1 BASISSTOF 2

Je kunt de beeldvorming door ooglenzen beschrijven.

- Het hoornvlies, de ooglens en het straalvormig lichaam zorgen ervoor dat een scherp beeld op het netvlies ontstaat.
  - Lichtstralen die een oog binnenvallen, worden gebroken door het hoornvlies en de ooglens.
  - Straalvormig lichaam: hierin liggen de accommodatiespieren (kringspieren).
  - De lenzen hangen met behulp van lensbandjes in het straalvormig lichaam.
- Op het netvlies wordt een omgekeerd, verkleind beeld gevormd.
  - In de gezichtscentra in de grote hersenen wordt het beeld waargenomen.
- Bij lenzen wordt de ligging van het brandpunt (F) bepaald door de vorm van de lens.
  - Negatieve (holle) lenzen spreiden (divergeren) het licht.
  - Positieve (bolle) lenzen bundelen (convergeren) het licht.
  - Hoe boller een lens, hoe kleiner de afstand tot het brandpunt.
- Accommoderen: de vorm van de ooglenzen wordt aangepast (boller of platter) aan de afstand waarop een voorwerp zich bevindt.

  - Ver weg kijken: accommodatiespieren ontspannen, lensbandjes trekken strak, lens wordt platter.
  - Dichtbij kijken: accommodatiespieren aangespannen, lensbandjes zijn minder strak gespannen, lens wordt bol.
- Bijziendheid: voorwerpen van dichtbij kun je scherp waarnemen, voorwerpen van veraf niet. Is te corrigeren met negatieve lenzen / brillenglazen.
- Verziendheid: voorwerpen van veraf kun je scherp waarnemen, voorwerpen van dichtbij niet. Is te corrigeren met positieve lenzen / brillenglazen.

6.2.2

Je kunt de werking van de pupilreflex beschrijven.

- De pupilreflex beschermt lichtreceptoren in het netvlies tegen een te hoge lichtintensiteit.
  - Kringspieren en straalsgewijs lopende spieren in de iris bepalen de pupilgrootte.
- Bij veel licht trekken de kringspieren in de iris zich samen en wordt de pupil klein.
- Bij weinig licht trekken de straalsgewijs lopende spieren in de iris zich samen en wordt de pupil groot.

6.2.3

Je kunt de bouw en werking van het netvlies beschrijven.

- 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: absorberen licht en beschermen hiermee lichtreceptoren
- Met staafjes kun je alleen zwart-grijs-witcontrasten waarnemen.
  - Staafjes liggen vooral buiten de gele vlek.
  - Meerdere staafjes zijn op één zenuwcel aangesloten.
  - Staafjes zijn gevoelig voor verschillende kleuren licht, maar vrijwel ongevoelig voor rood licht.
- Met kegeltjes kun je kleuren en details waarnemen.
  - Kegeltjes liggen vooral in de gele vlek.
  - Er zijn drie typen kegeltjes die gevoelig zijn voor rood, groen of blauw licht.
  - Ieder kegeltje is apart aangesloten op één zenuwcel.
- In de gele vlek wordt het scherpste beeld waargenomen.

6.2.4

Je kunt toelichten hoe je diepte kunt zien.

- Diepte zien (stereoscopie) (zie *BiNaS* tabel 87C4):
  - Optisch chiasma: de oogzenuwen kruisen elkaar gedeeltelijk. Impulsen afkomstig uit het linkerdeel van het gezichtsveld worden verwerkt in het rechterdeel van het gezichtscentrum. Impulsen afkomstig uit het rechterdeel van het gezichtsveld worden verwerkt in het linkerdeel van het gezichtscentrum.
  - Door de vergelijking van de beelden van beide ogen in de gezichtscentra kun je diepte waarnemen.

6.3.1 BASISSTOF 3

Je kunt toelichten wat gedrag is en beschrijven hoe gedrag tot stand komt.

- Gedrag: alle waarneembare activiteiten van een dier of mens.
- Adequaat gedrag: de overlevingskans en fitness van een dier worden vergroot wanneer het gedrag goed is aangepast aan de omstandigheden.
- Gedrag is opgebouwd uit opeenvolgende handelingen (gedragselementen).
- Een handeling is een respons (reactie) op prikkels.
  - gedragssysteem: handelingen met een gemeenschappelijk doel
  - gedragsketen: als het effect van de ene handeling leidt tot een volgende handeling
- Motivatie: hoe groot de drang is om bepaald gedrag uit te voeren. Komt tot stand door inwendige prikkels.

6.3.2

Je kunt uitleggen dat gedrag het resultaat is van de relatie van een organisme met zijn omgeving.

- Externe prikkels: via zintuigen zoals oren en ogen ontvangt een dier prikkels uit zijn omgeving.
- Interne prikkels: wanneer een waarde in het lichaam te veel afwijkt van de normwaarde is dat een interne prikkel voor bepaalde receptoren.
  - De impulsen leiden tot het herstellen van de normwaarde om de homeostase van het inwendige milieu te kunnen handhaven.
  - Dit leidt vaak tot het vertonen van bepaald gedrag.
- Het gedrag dat een dier vertoont hangt af van de motivatie (interne prikkels) en de aanwezige externe prikkels.
- Periodieke invloeden zijn regelmatig terugkerende schommelingen in interne of externe prikkels.

6.3.3

Je kunt een eenvoudig gedragsonderzoek beschrijven.

- Ethologie: de studie van het gedrag.
  - Gedrag wordt bestudeerd door het op te splitsen in afzonderlijke handelingen.
  - Ethogram: een objectieve beschrijving van de handelingen van een diersoort.
  - Protocol: een lijst van achtereenvolgens waargenomen handelingen van een dier.

6.4.1 BASISSTOF 4

Je kunt verklaren dat gedrag deels erfelijk is bepaald.

- Gedrag wordt bepaald door prikkels, erfelijke eigenschappen en aangeleerde eigenschappen (ervaring).
- Erfelijk bepaald gedrag zorgt voor een vaste reactie op prikkels, waardoor de overlevingskans kan toenemen.
- Sleutelprikkel: prikkel die een doorslaggevende rol speelt bij het ontstaan van bepaald gedrag.
  - De respons op een sleutelprikkel is gebaseerd op erfelijke informatie en is altijd hetzelfde.
- Supranormale prikkel: prikkel die een grotere kans op respons geeft dan de sleutelprikkel.

6.4.2

Je kunt leerprocessen herkennen en de functie daarvan uitleggen.

- Leren: een blijvende gedragsverandering onder invloed van externe prikkels, die de overlevingskans van individuen vergroot.
- Gewenning: een bepaalde reactie op een prikkel wordt afgeleerd bij herhaling van die prikkel.
- Inprenting: vastleggen van een leerervaring gedurende een korte gevoelige periode.
- Imitatie (nabootsing): leren door het gedrag van soortgenoten na te doen.
- Conditionering: bepaald gedrag wordt geleerd door positieve of negatieve ervaringen.
  - Proefondervindelijk leren (trial and error): conditionering onder natuurlijke omstandigheden.
  - Geconditioneerde reflex: een kunstmatige prikkel veroorzaakt een bepaald gedrag dat oorspronkelijk door een natuurlijke prikkel werd veroorzaakt (pavlovreactie).
- Inzicht: in een onbekende situatie wordt de oplossing van een probleem gevonden door ervaringen op een andere wijze te combineren.

6.5.1 BASISSTOF 5

Je kunt uitleggen wat sociaal gedrag is en hoe dit gedrag de overlevingskansen van organismen beïnvloedt.

- Sociaal gedrag: gedrag van soortgenoten ten opzichte van elkaar.
- Signaal: handeling bij sociaal gedrag die als prikkel werkt voor de (volgende) handeling van een soortgenoot.
- Samenleven in een groep kan de kans op overleven vergroten.
- Balts: baltsgedrag dat aan de paring voorafgaat en de voortplantingsdrang vergroot.
- Paringsgedrag: gedrag dat dieren vertonen tijdens het paren.
- Bronst: periode waarin zoogdieren paringsbereid zijn.
- Broedzorg: gedrag waarin voor de eieren en de nakomelingen wordt gezorgd.
- Territoriumgedrag: gedrag met als doel een territorium afbakenen en verdedigen.
  - Veel dieren vertonen op de grens van het territorium dreiggedrag. Dreiggedrag is gedrag waarmee de dieren aan elkaar tonen hoe sterk ze zijn, zonder dat het tot vechten komt.
- Conflictgedrag: gedrag dat ontstaat bij even sterke motivatie voor twee gedragssystemen.
  - Overspronggedrag: vorm van conflictgedrag met een signaalfunctie. Bij overspronggedrag laat het dier gedrag uit een derde gedragssysteem zien.
- Rangorde: volgorde binnen een groep dieren van dominant naar minst dominant.
  - Imponeergedrag: gedrag waarbij een dier zich zo groot en indrukwekkend mogelijk maakt.
  - Verzoeningsgedrag: gedrag van een ondergeschikt dier ten opzichte van een dominante soortgenoot, bedoeld om agressie van het dominante dier te verminderen.

6.5.2

Je kunt uitleggen hoe sociaal gedrag evolueert.

- Wanneer sociaal gedrag de overlevingskans van de soort vergroot, dan vindt er selectie plaats in het voordeel van dit gedrag.
  - Sociaal gedrag kan worden doorgegeven via genen (erfelijk) of via leerprocessen.

Context Leefwereld

DE KOUDSTE SPORT VAN NEDERLAND

Zie je iemand midden in de winter ronddobberen in een plas of meer? Grote kans dat het een ijszwemmer is. Terwijl warm ingepakte wandelaars langs het meer lopen, gaan de zwemmers gekleed in slechts een badpak of zwembroek met een muts op het hoofd te water (zie afbeelding 3).

Zwemcoach Karin van Nassau doet al drie jaar aan ijszwemmen. ‘De eerste minuut in het water doet altijd een beetje pijn’, vertelt Karin. ‘De kou komt hard aan: alsof je honderden spelden in je lichaam voelt prikken. De kunst is om te proberen rustig te blijven ademen. Als je helemaal in het water bent, voel je je romp warm worden.’

Wie wil ijszwemmen, moet letten op de veiligheid. ‘Duik niet zomaar overal het water in. We adviseren langs de randen te zwemmen. Indien nodig kun je dan snel het water uit. Blijf niet te lang in het water en ga nooit alleen. Ongemerkt kun je onderkoeld en daardoor verward raken. Je voelt dat zelf niet altijd. Door rekensommen te maken kun je testen of je er nog bij bent. Zeg even de tafel van zeven op om dat te checken’, lacht Karin.

Een beetje afzien is het wel. Waarom komen deze zwemmers dan toch ieder weekend terug voor een ijskoude duik? ‘Ik denk heus weleens: ik had nog in bed kunnen liggen. Maar ik weet hoe lekker ik me naderhand voel. Vooral de “mentale boost” geeft echt een kick. IJszwemmen is gewoon cool!’

■ **Afb. 3** IJszwemmen in Nederland.

Opdrachten

7 Tijdens het ijszwemmen mag je lichaamstemperatuur niet te ver afwijken van de normwaarde van 36,4 °C.

a Welke factor heeft op dat moment vooral invloed op de lichaamstemperatuur? Leg je antwoord uit.

b Hoe blijft de lichaamstemperatuur tijdens het zwemmen rondom de normwaarde?

c Kost het tijdens het ijszwemmen meer of minder moeite om de normwaarde van je lichaamstemperatuur te handhaven dan wanneer je in een binnenbad zwemt? Leg je antwoord uit.

8 De hypothalamus meet en regelt de normwaarde voor de lichaamstemperatuur. Met welk deel van de verwarmingsregelkring in huis kun je de hypothalamus vergelijken?

9 **a** Voor vissen is het handhaven van de lichaamstemperatuur in koud water niet aan de orde. Waarom is dat niet het geval?

b Kun je bij vissen spreken van een normwaarde voor de lichaamstemperatuur?

6.6.1 BASISSTOF 6

Je kunt aan de hand van een context toelichten wat de overeenkomsten en verschillen zijn tussen gedrag bij mensen en dieren.

- Mensen zijn ook dieren, dus bij hen wordt gedrag ook bepaald door erfelijke factoren en leerprocessen.
  - Bij mensen spelen leerprocessen een grotere rol dan bij dieren.
- Mensen reageren ook op sleutelsprikkels en supranormale prikkels.
  - voorbeeld sleutelprikkel: grote ogen en rond gezicht bij baby's roept verzorgingsgedrag op
  - voorbeeld supranormale prikkel: felle kleuren in reclames roept koopgedrag op
- Normen en waarden zijn aangeleerde eigenschappen en verschillen per cultuur.

SAMENHANG

6.S.1 Je kunt toelichten waarom honden geschikt zijn voor bepaalde banen voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.

6.S.2 Je kunt evolutionair denken toepassen op de samenwerking tussen mens en hond.

ONDERZOEK – VAARDIGHEDEN

6.O.1 Je kunt een ethogram maken.

6.O.2 Je kunt een protocol maken.

ONDERZOEK - PRACTICA

6.O.3 Je kunt de overeenkomsten en verschillen in bouw van een mensenoog en een koeienoog herkennen en benoemen.

6.O.4 Je kunt de werking van de pupilreflex uitleggen.

6.O.5 Je kunt een eenvoudig gedragsonderzoek opstellen en uitvoeren.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Oefentoets*.

EXAMENOPGAVEN

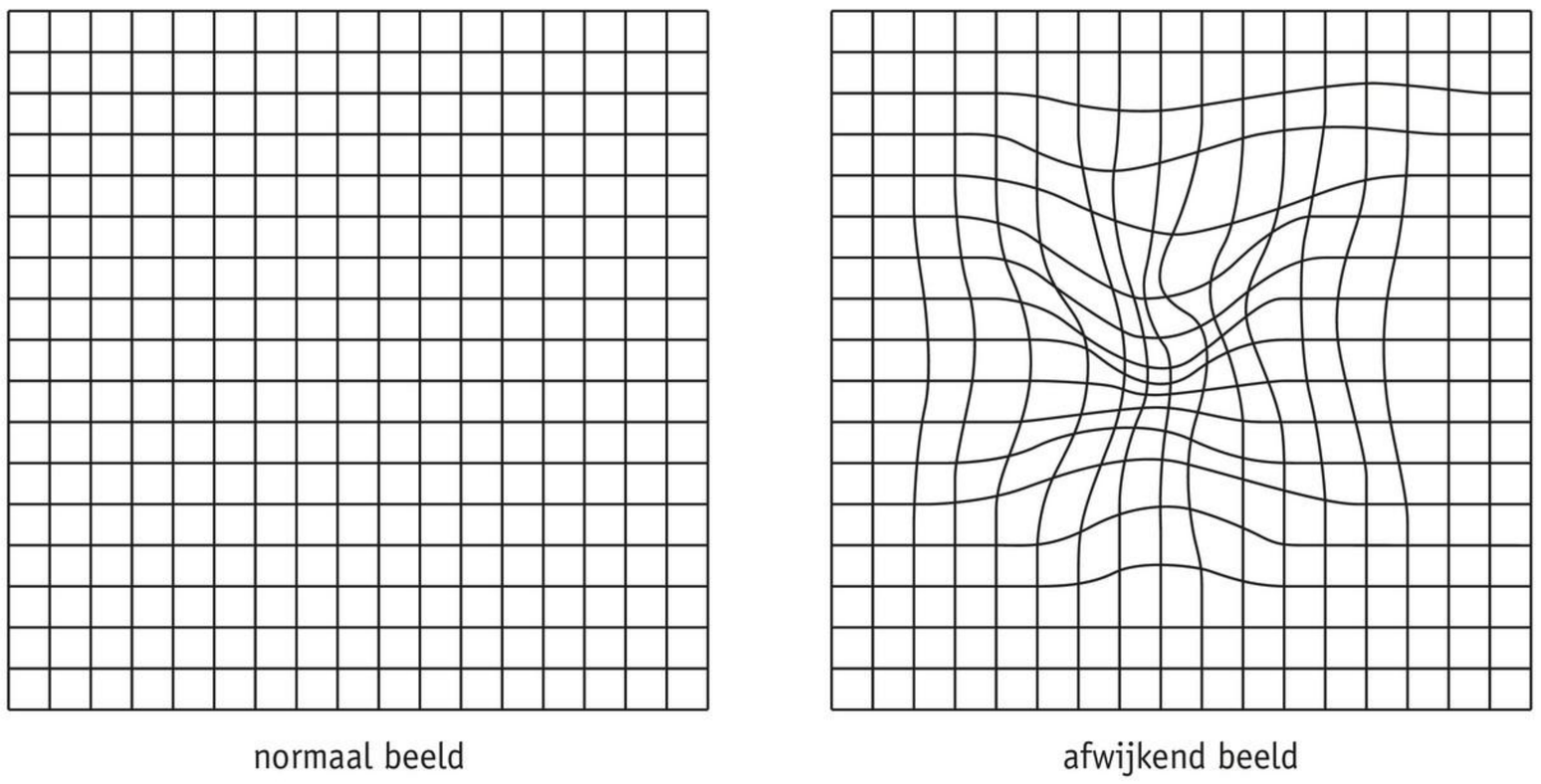
DEGENERATIE VAN NETVLIES

Naar: examen havo 2018-2, vraag 25 t/m 27.

Tijdens haar hbo-studie optometrie loopt Floor stage bij een optometrist. De optometrist onderzoekt twee patiënten met leeftijdgebonden macula-degeneratie.

Bij mensen met macula-degeneratie (LMD) raakt het netvlies vervormd doordat eiwitten zich ophopen achter het netvlies of doordat daar extra bloedvaatjes ontstaan. Deze veranderingen veroorzaken een afwijkend beeld. Dit wordt duidelijk via een Amslertest. Hierbij kijken patiënten naar een raster (afbeelding 1a). Als ze hierin vervormingen waarnemen, zoals in afbeelding 1b, is er mogelijk sprake van LMD.

■ **Afb. 1** Amslertesten.



2p **1** Leg uit hoe ophoping van eiwitten achter het netvlies kan leiden tot het afwijkend beeld in afbeelding 1b.

De optometrist bestudeert het netvlies van een patiënt die kleine vervormingen van zijn beeld waarneemt. Hiervoor druppelt de optometrist atropine in het oog, waardoor alle kringspieren in het oog zich ontspannen en de pupil groot wordt. Hij heeft dan via de pupil goed zicht op het netvlies. Een bijwerking van deze oogdruppels is dat de patiënt tijdelijk niet scherp ziet.

2p **2** Heeft de patiënt als gevolg van het ontspannen van de kringspieren tijdelijk moeite met dichtbij of veraf zien? En waardoor wordt dit veroorzaakt?

	heeft moeite met	oorzaak
A	dichtbij zien	lensbandjes te strak gespannen
B	dichtbij zien	lensbandjes te veel ontspannen
C	ver weg zien	lensbandjes te strak gespannen
D	ver weg zien	lensbandjes te veel ontspannen

Een andere patiënt heeft LMD in een vergevorderd stadium. Op de plekken waar de ophopingen zijn ontstaan, zijn de receptoren zelfs verdwenen.
De patiënt legt aan Floor uit wat hij ziet: 'Als ik je in de ogen probeer te kijken, dan zie ik helemaal niets. Geen scheve ogen, geen rare ogen, maar géén ogen. Ook geen zwarte of grijze vlekken; niets op de plek waar ik ogen zou willen zien. Maar als ik naar je voorhoofd kijk, zo ongeveer bij de haargrens, dán zie ik ineens je ogen!'

1p **3** Zijn bij deze patiënt vooral kegeltjes of vooral staafjes in het netvlies verdwenen? Licht dit toe aan de hand van de symptomen die hij beschrijft.

BRONSTIGE ZEEOLIFANTEN

Naar: bezemexamen havo 2015-2, vraag 5 en 6.

Bij zeeolifantenstieren zwelt de neus in de bronsttijd sterk op (zie afbeelding 2). Hierdoor ontstaat een klankkast die zorgt voor versterking van het gebrul van een bronstige zeeolifantenstier.

■ **Afb. 2** Zeeolifant.

2p **4** **a** Wat is de functie van het gebrul voor mannetjes?
b Wat is de functie van het gebrul voor vrouwtjes?

VEREN MAKEN DE MAN

Bron: bezemexamen havo 2014-1, vraag 43 en 44.

Pimpelmezen dragen een petje van blauwe veren op hun kruin (zie afbeelding 3). Wat wij mensen niet, maar pimpelmezen wel kunnen zien, is het uv-licht dat deze veren weerkaatsen.

■ **Afb. 3** Veren bij een pimpelmees.

pimpelmees

Hoe meer uv-licht mannetjes weerkaatsen, hoe aantrekkelijker zij voor vrouwtjes zijn. De vrouwtjes zelf doen veel moeite om met zo'n mannetje te paren. De aantrekkelijke mannetjes krijgen meer vrouwtjes en dus ook meer jongen. De vrouwtjes die van zo'n mannetje nakomelingen hebben gekregen, sloven zich meer uit om deze nakomelingen groot te brengen. Maar dit heeft natuurlijk ook zijn keerzijde. Als vrouwtjes zo'n grote inspanning leveren om de jongen groot te brengen, gaat dat ten koste van henzelf. De vraag is dan: houden zij nog wel genoeg energie over om de winter te overleven, zodat zij het jaar daarop weer een nieuw legsel kunnen grootbrengen?

1p **5** Als vrouwtjes een mannetje waarnemen dat veel uv-licht reflecteert, zullen zij tijdens het broedseizoen altijd pogingen in het werk stellen om met dit mannetje te paren. Hoe noem je in de gedragsleer de blauwe veren op de kop van het mannetje die uv-licht weerkaatsen?

Voor het grootbrengen van de jongen zijn de vrouwtjes voor een deel afhankelijk van de mannetjes. Maar aantrekkelijke mannetjes zijn minder ijverig in het grootbrengen van de jongen. De kracht waarmee een jong om voedsel bedelt, is afhankelijk van de hoeveelheid testosteron in de eieren. Deze kan variëren, maar bepaalt niet het geslacht van het kuiken. Hoe meer testosteron, hoe harder een jong bedelt. Hoe harder de jongen bedelen, hoe groter de kans dat ook de vader voedsel gaat aanslepen.

1p **6** Waardoor is het voor het nageslacht van een vrouwtje gunstiger als er meer testosteron aan het ei wordt meegegeven?

BRIL VOOR NACHTRIJDERS

Bron: bezemexamen havo 2015-1, vraag 25 t/m 28.

Er is een bril op de markt gebracht voor automobilisten die de verblinding door de koplampen van tegenliggers in de nachtelijke uren tegengaat. De ‘nightview’ bril is een bril met gele glazen. Als je deze bril opzet, krijgt het nachtelijk duister een warme zonnige gloed. Het verblindende licht van de koplampen verandert in vriendelijke lichtjes. Dat veel automobilisten last van het licht van de koplampen hebben, heeft niets te maken met nachtblindheid. De meeste automobilisten die klagen, hebben wel een geringe oogafwijking. Die wordt pas in het donker goed merkbaar. Blauw licht blijkt meer te verblinden dan andere kleuren. De gele glazen houden 18 procent van het licht tegen. Blauw licht wordt in zijn geheel tegengehouden, dat is 10 procent van het totaal. Van alle andere kleuren wordt slechts 8 procent tegengehouden. Zomaar kopen kun je de bril niet, er is een ogentest voor nodig. Er wordt niet alleen gekeken of je een oogafwijking en dus een bril nodig hebt, maar ook of je kleurenblind bent. Een kleurenblinde, die rood en groen slecht kan onderscheiden, wordt zelfs afgeraden om zo’n bril aan te schaffen.

1p **7** Bij mensen met een geringe oogafwijking die nog geen bril of lenzen dragen, wordt het beeld van een voorwerp vlak voor of vlak achter het netvlies gevormd. In beide gevallen betekent het dat op het netvlies een beeldvlek ontstaat, waardoor je onscherp waarneemt.
Welke oogafwijking is verantwoordelijk voor het ontstaan van een beeld vlak achter het netvlies?

2p **8** Er wordt in veel landen zowel overdag als ’s nachts met koplampen aan gereden.
Leg uit door welke verandering in het oog iemand ’s nachts meer wordt verblind door koplampen dan overdag.

2p **9** Mensen die volledig rood-groenkleurenblind zijn, zouden de ‘nightview’ bril niet moeten aanschaffen.
Leg uit waarom het voor deze mensen niet verstandig is om tijdens de nachtelijke uren de ‘nightview’ bril te dragen.

Als licht op een staafje valt, wordt er in deze cel een stof afgebroken. Hierdoor wordt een impuls naar de hersenen opgewekt. Deze stof moet daarna weer opgebouwd worden voordat het staafje opnieuw op een prikkel kan reageren. Bij nachtblindheid is deze opbouw verstoord. Met name vanuit het gedeelte van het netvlies waar relatief veel staafjes zijn, worden dan geen impulsen meer naar de hersenen gestuurd. Een nachtblinde automobilist zal hierdoor op bepaalde verkeerssituaties minder adequaat reageren.

2p **10** Op welke van onderstaande situaties zal deze nachtblinde automobilist minder adequaat reageren?

A op een blauw verkeersbord met een bepaalde richtingsaanduiding
B op een van links naderende fietser
C op een tegemoet komende auto
D op remlichten van een voor hem rijdende auto

Ga naar de *Examentrainer.*

NOTITIES

Thema 7

ECOLOGIE EN MILIEU

Bij het aanleggen van ecoduct Hulshorst over de A28 bij Harderwijk kreeg de overheid advies van ecologen. Dat gebeurt bij veel van zulke landinrichtingsplannen. Ecologen bestuderen de relaties tussen organismen en hun milieu. Met het milieu gaan we niet altijd zorgvuldig om. Er is sprake van verontreiniging en veel natuur is beschadigd of verdwenen. Milieukundigen onderzoeken manieren en technologieën om milieuproblemen op te lossen.

Inhoud

ORIËNTATIE

Droomboerderij 158
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Organismen 160
2 Populaties 169
3 Ecosystemen 178
4 Veranderende ecosystemen 187
5 Kringlopen 196
6 Duurzaamheid en natuurbescherming 204
7 Voedselproductie 214
8 Energie 224

SAMENHANG

Hop-overs voor de gewone grootoorvleermuis 232

EXTRA STOF

Leven in een stad
Modelleren met Coach

ONDERZOEK

Practica 234

AFSLUITING

Samenvatting 238
Examenopgaven 244

DROOMBOERDERIJ

In 2010 verlaten Molly en John Chester noodgedwongen hun appartement in Los Angeles, omdat hun hond Tod de hele dag blaft, terwijl zij aan het werk zijn. Dat is het moment waarop ze besluiten hun droom te verwezenlijken: ze beginnen een biologische boerderij in de buurt van Los Angeles. Via crowdfunding zamelen ze genoeg geld in om een boerderij te kopen. Die 'boerderij' blijkt een dor stuk land te zijn waar niets groeit en waar nauwelijks dieren leven. Aan Molly en John de taak om daar verandering in te brengen. Als professioneel natuurfilmer legt John dit proces vast.

Molly is kok en weet dat de kwaliteit van voedsel afhangt van de bodemkwaliteit en van de gezondheid van organismen. Het eerste doel van Molly en John is dan ook om de bodem van de boerderij weer vruchtbaar te maken. Hiervoor bouwen ze een compostinstallatie. Zo'n 250 000 regenwormen zetten daarin voedselresten, dierlijke mest en houtachtig materiaal om in wormenpoepcompost. Van de compost brouwen ze in een tank in 24 uur een theeachtige substantie die rijk is aan micro-organismen (schimmels en bacteriën). Deze substantie verspreiden ze over hun land. De micro-organismen zorgen ervoor dat er meer voedingsstoffen in de bodem vrijkomen en dat de structuur ervan kruimeliger wordt. Daardoor houdt de bodem beter water vast.

Hierna planten Molly en John fruitbomen, verbouwen groenten en kopen dieren aan. Variatie in soorten is van belang, want daarmee kunnen ze plagen en epidemieën voorkomen. Molly en John gebruiken geen bestrijdingsmiddelen. Ze willen dat hun boerderij een ecosysteem wordt met een natuurlijk evenwicht. In het begin is dat erg moeilijk. In het vierde jaar is er in hun citrusboomgaard een slakkenplaag. Ze halen de slakken met de hand weg, maar op die manier stopt de plaag niet. Molly en John kijken goed naar de processen op hun boerderij en ontdekken dat hun eenden dol zijn op slakken. Door de eenden los te laten in de boomgaard, komt er een einde aan de slakkenplaag.

Ze ontdekken ook dat ze minder last hebben van vliegen als ze hun kippen loslaten in een wei waar een tijdje koeien hebben gegraasd. Drie dagen nadat de koeien zijn vertrokken, zijn de maden (vliegenlarven) in de koeienpoep dik en eiwitrijk. De kippen pikken de maden uit de poep en voegen ondertussen hun eigen mest toe aan het weiland.

Om de bodem gezonder te maken en meer water te laten vasthouden, zaaien ze in de boomgaarden bodembedekkers. Dat zijn grassen, stikstofbindende en andere kruidachtige planten. De groei van deze planten houden ze in bedwang door er schapen te laten grazen. Die snoeien ook de citrusbomen op een natuurlijke manier door van de takken te eten. De citroenbladeren dienen als een natuurlijk ontwormingsmiddel voor de schapen.

■ **Afb. 1** Molly en John houden verschillende dieren.

2 HET HORMOONSTELSEL

LEERDOELEN

5.2.1 Je kunt beschrijven op welke manieren hormonen de cellen van weefsels en organen kunnen beïnvloeden.

5.2.2 Je kunt de werking van hormoonklieren beschrijven en uitleggen hoe doelwitorganen op de hormonen reageren.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	5.2.1	**5.2.2**
Onthouden		10ac, 13
Begrijpen	11, 15	10b, 12, 14
Toepassen	16, 19	17a, 20, 21
Analyseren	18	17bc

Hormonen regelen lichaamsprocessen. Er zijn veel verschillende hormonen. Waarom reageren sommige cellen wel op een bepaald hormoon en andere cellen niet? En wat gebeurt er als er in je lichaam te veel of te weinig van een bepaald hormoon wordt aangemaakt?

HORMONEN

Voor homeostase in meercellige organismen is communicatie tussen cellen nodig. **Hormonen** kunnen informatie overdragen van de ene naar de andere cel. Deze stoffen worden aangemaakt door de cellen van **hormoonklieren** en afgegeven aan het bloed dat langs de hormoonklier stroomt. Via het bloed worden de hormonen door het hele organisme vervoerd. Vanuit de bloedvaten gaan hormonen naar alle cellen van een organisme. De hormonen zijn alleen werkzaam in organen of weefsels waarvan de cellen receptoren bezitten waaraan het hormoon kan binden (zie afbeelding 4). Dit noem je het **doelwitorgaan**. De binding kan in deze cellen een reactie op gang brengen of een reactie stoppen. De mate van reactie van een doelwitorgaan wordt onder andere bepaald door de concentratie van het hormoon (**hormoonconcentratie**) in het bloed en door het aantal **hormoonreceptoren** voor een bepaald hormoon op of in de cellen van het doelwitorgaan. Doordat hormonen vaak lang in het bloed en in het weefsel van doelwitorganen aanwezig blijven, houden de effecten lang aan. Hormonen reguleren onder andere geleidelijke processen die uitwerking hebben op het hele lichaam, zoals de groei en ontwikkeling, stofwisseling en voortplanting.

In de loop der jaren vestigen zich ook verschillende soorten vogels en insecten op de boerderij. Uilen en coyotes houden de populatie wangzakratten in bedwang. Bijen en andere soorten insecten bestuiven de gewassen en lieveheersbeestjes eten de bladluizen op. Inmiddels lijkt hun boerderij een beetje op het ecosysteem van hun dromen, ook al is het boerenwerk nooit af.

Naar de film *The biggest little farm (https://www.apricotlanefarms.com/our-story)*

■ **Afb. 2** Het land van Molly en John Chester.

Opdrachten

1 Molly en John laten hun koeien steeds maar een tijdje op een weide grazen en verplaatsen de kudde dan.
Wat is hiervan het voordeel?

2 De bodembedekkers in de boomgaard zijn onder andere gezaaid om water vast te houden en afvloeiing van water te voorkomen.
Op welke manier kunnen bodembedekkers hieraan bijdragen?

3 Molly en John kregen te maken met een slakkenplaag in hun citrusboomgaard.
Welke twee voorwaarden spelen een rol bij het ontstaan van een plaag?

4 Wangzakratten zijn knaagdieren die onder de grond leven. Ze graven daar tunnels. Vanuit een tunnel trekken wangzakratten vaak planten naar beneden. Ze eten het liefst de ondergrondse delen van planten, zoals wortels, knollen en bollen. Wangzakratten zijn prooidieren voor uilen.
Leg met behulp van deze informatie uit hoe de toename van de begroeiing op de boerderij ervoor zorgt dat uilen er zich vestigen.

5 Molly en John gaan ervan uit dat alles in de natuur een doel heeft.
Bedenk welk voordeel boeren kunnen hebben van de aanwezigheid van wangzakratten.

Ga naar de *Voorkennistoets* en het *Voorkennisfilmpje*.

1 ORGANISMEN

LEERDOELEN

7.1.1 Je kunt beschrijven wat een ecosysteem is en wat de kenmerken ervan zijn.
7.1.2 Je kunt biotische en abiotische factoren binnen een ecosysteem benoemen.
7.1.3 Je kunt de invloed van de belangrijkste abiotische factoren op organismen beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	7.1.1	**7.1.2**	**7.1.3**
Onthouden		1b, 4d	
Begrijpen	1c	1ad, 5b, 8a	2, 3, 4abc, 5a
Toepassen		6c, 7a, 8d	7b, 8c
Analyseren		6a	6b, 8b

In een van de diepste en meest afgelegen plekken op aarde, de Marianentrog in de Stille Oceaan, is een nieuw soort kreeftje ontdekt. Ecologen hebben het *Eurythenus plasticus* genoemd, naar het stukje plastic dat ze in het kreeftje vonden.

ORGANISMEN EN HUN MILIEU

Ecologie is de wetenschap die de wisselwerking tussen organismen en hun omgeving bestudeert. Ecologisch onderzoek vindt plaats op alle organisatieniveaus: molecuul, cel, organisme, populatie, ecosysteem en het systeem aarde.

In afbeelding 1.1 zie je een organisme, het kreeftje *Eurythenus plasticus*. Een groep organismen van deze soort leeft in een bepaald gebied, plant zich onderling voort en vormt zo een populatie. In de Marianentrog leven nog veel meer soorten, zoals een populatie zwarte zeeduivels (*Lophiomus setigerus*) (zie afbeelding 1.2), een populatie hemelkijkers (*Opisthoproctus soleatus*) en een populatie dombo-octopussen (*Grimpoteuthis*). Alle populaties in een bepaald gebied samen noem je een **levensgemeenschap**.

■ **Afb. 1** Ecologisch onderzoek vindt plaats op verschillende organisatieniveaus.

1 organisme *Eurythenus plasticus*

2 populatie zwarte zeeduivels

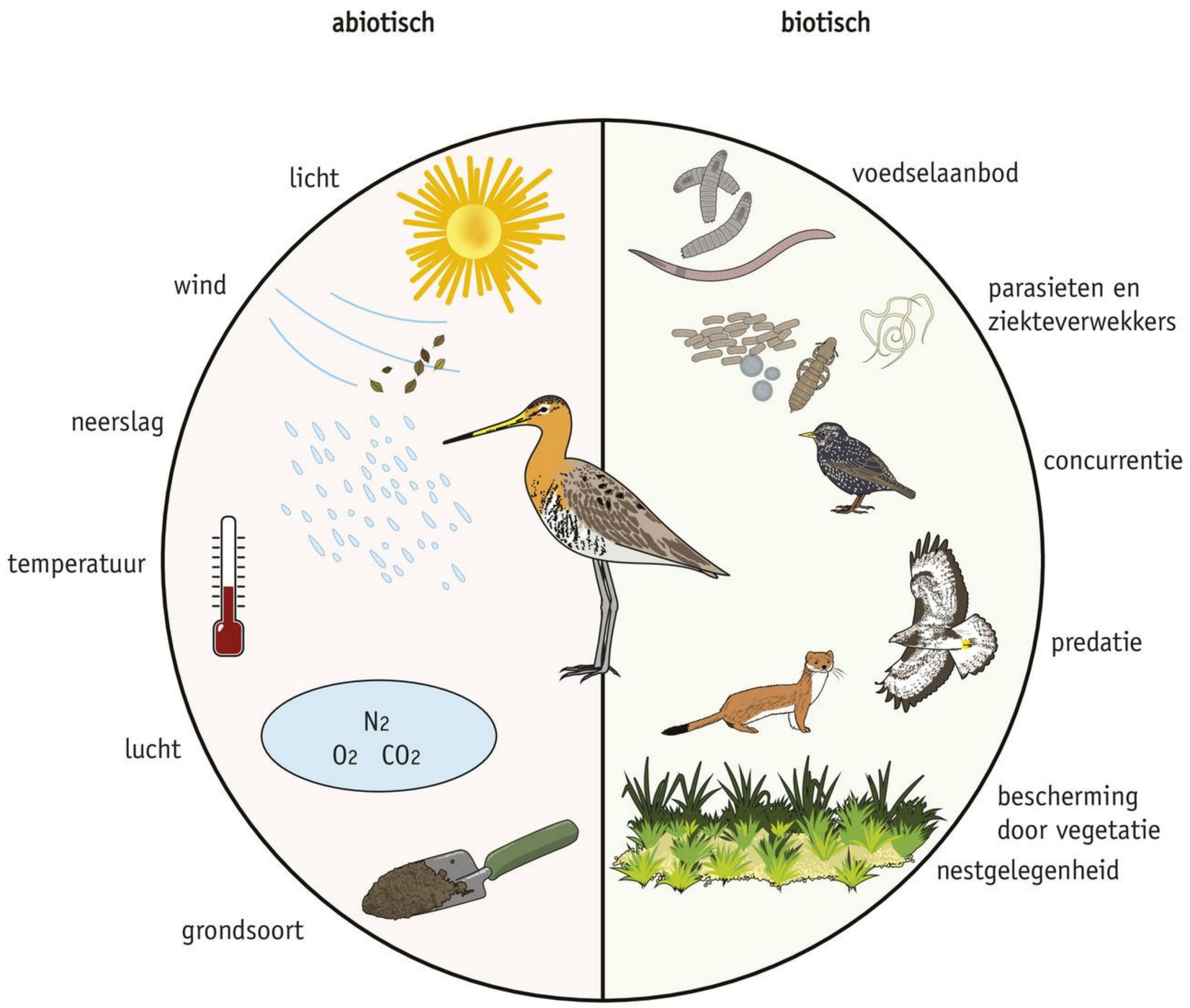
3 ecosysteem: de Marianentrog

De organismen van een levensgemeenschap en de invloed die ze op hun omgeving uitoefenen, noem je **biotische factoren**. Daarnaast zijn er **abiotische factoren**. Dat zijn invloeden vanuit de levenloze omgeving, zoals temperatuur, stroomsnelheid, troebelheid van het water en hoeveelheid zuurstof. De gezamenlijke abiotische factoren van een bepaald gebied noem je de biotoop.

Een levensgemeenschap en biotoop vormen samen een ecosysteem (zie afbeelding 1.3). Een **ecosysteem** is een min of meer begrensd gebied waarin een wisselwerking plaatsvindt tussen verschillende biotische en abiotische factoren. Het kan een meer zijn of een sloot, maar ook een stuk bos of heide of zelfs een aquarium met vissen en waterplanten. Voorbeelden van ecosystemen waarvan de abiotische factoren (biotopen) onderling sterk verschillen, zijn een tropisch regenwoud, moerassen, savannes en hooggebergten.

Binnen een ecosysteem heeft elke soort zijn eigen **habitat**. Dat is het leefgebied van een organisme. Hier vindt het organisme voedsel, bescherming en soortgenoten (biotische factoren). Abiotische factoren, zoals zuurstofgehalte, hoeveelheid licht en temperatuur bepalen of een gebied geschikt is als habitat voor een organisme (zie afbeelding 2).

■ **Afb. 2** Biotische en abiotische factoren die van invloed zijn op een grutto in het ecosysteem weiland.



ABIOTISCHE FACTOREN

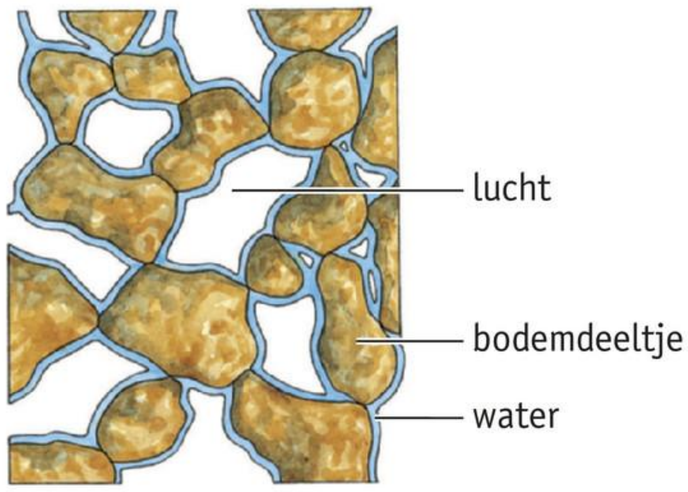
Abiotische factoren zijn van invloed op de **soortensamenstelling** in een gebied: de verschillende soorten (planten, dieren, schimmels, prokaryoten) die in het gebied voorkomen. Voor organismen die op het land leven zijn het klimaat en de bodem belangrijke abiotische factoren. Het klimaat is een combinatie van abiotische factoren als temperatuur, licht, wind en water (neerslag).

BODEM

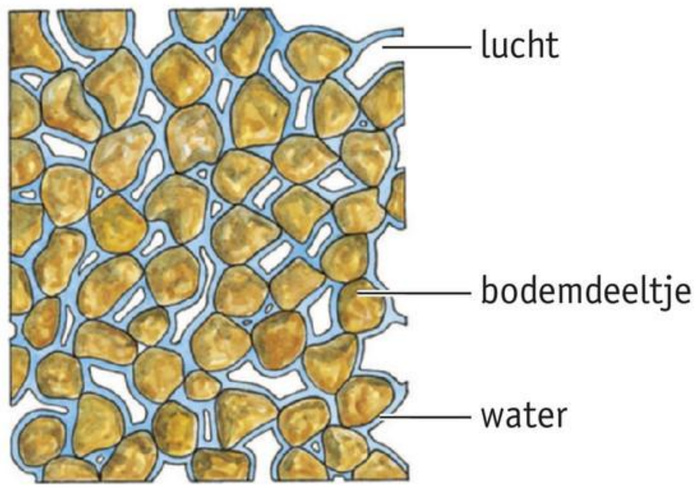
Een bodem bestaat uit een mengsel van bodemdeeltjes van verschillende grootte. Er zijn verschillende soorten bodems, bijvoorbeeld een zandbodem en een kleibodem (zie afbeelding 3). Elk soort bodem heeft andere eigenschappen en kenmerken die invloed hebben op de soortensamenstelling in een ecosysteem.

- Zand heeft grotere bodemdeeltjes dan klei en heeft daardoor een meer open structuur die gemakkelijk water doorlaat. Wortels kunnen er eenvoudig in doordringen. De wortels van planten hebben zuurstof nodig. In zand kunnen wortels gemakkelijk zuurstof opnemen omdat zand veel lucht en dus zuurstof tussen de bodemdeeltjes bevat.
- Bij klei zijn de holtes tussen de bodemdeeltjes kleiner, waardoor klei goed water kan vasthouden. Ook houdt kleigrond anorganische stoffen (voedingszouten) voor planten beter vast dan zand. Kleigrond bevat minder zuurstof en voor wortels is het moeilijker om erin door te dringen.

■ **Afb. 3** Bodemdeeltjes.



1 zand



2 klei

Ook het gehalte aan humus in een bodem is van belang. Humus is een mengsel van organische stoffen, anorganische stoffen en micro-organismen (bacteriën en schimmels). De micro-organismen zetten de organische stoffen in humus om in anorganische stoffen. Planten kunnen deze stoffen opnemen uit de bodem. Daarnaast verbetert humus de structuur van de bodem. Hoe meer humus er in een zandbodem voorkomt, hoe beter het zand water kan vasthouden. Hoe meer humus er in een kleibodem voorkomt, hoe gemakkelijker de wortels van planten erin kunnen doordringen. Humus voorkomt ook uitspoeling van anorganische stoffen naar het grondwater.

De pH (zuurgraad), de grondwaterstand en de hoeveelheid anorganische stoffen in de bodem hebben ook invloed op de soortensamenstelling in een ecosysteem.

LICHT

Planten hebben licht nodig voor fotosynthese. De behoefte aan licht is niet voor elke plant gelijk. Zonplanten groeien het best bij een hoge lichtintensiteit. Je vindt ze in het open veld, in woestijnen of in steppen. Schaduwplanten groeien het best bij een beperkte lichtintensiteit. Ze groeien bijvoorbeeld in bossen als bodembegroeiing.

Hoelang het licht is op een dag heeft invloed op de voortplanting van planten en dieren. De daglengte beïnvloedt bijvoorbeeld het tijdstip waarop planten bloemen vormen en het tijdstip van paring en eileg bij vissen, amfibieën en vogels.

Waterdieren als watervlooien vertonen verticale migratie onder invloed van licht. ’s Nachts verplaatsen ze zich vanuit de diepte naar het wateroppervlak, overdag gaan ze weer de diepte in.

WATER

Planten zijn 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 het blad huidmondjes. Dit voorkomt dat de plant te veel water verliest door verdamping. Zo ontstaat er minder snel een tekort aan water.

- Landplanten die in een vochtig milieu leven hebben bladeren met veel huidmondjes en een dunne cuticula. Hun wortelstelsels zijn klein.
- Landplanten die in een droger milieu leven hebben beter ontwikkelde wortelstelsels die dieper de grond in groeien. Ook hebben deze landplanten weinig huidmondjes en een dikke cuticula. Een cactus heeft stekelvormige bladeren zonder huidmondjes. Cactussen slaan water op in speciale weefsels in de stengel.

Voor waterdieren zijn onder andere het zuurstofgehalte en het zoutgehalte van het water van belang. Palingen en zalmen bijvoorbeeld hebben aanpassingen, waardoor ze zowel in zoet- als in zoutwater kunnen overleven.

TEMPERATUUR

Chemische processen in organismen worden geregeld door enzymen. De enzymactiviteit is afhankelijk van de temperatuur. Bij lage temperaturen verlopen enzymreacties traag, bij hogere temperaturen verlopen ze sneller. Wordt de temperatuur te hoog, dan gaan enzymen kapot: ze denatureren. Het leven van de meeste planten speelt zich dan ook af bij temperaturen tussen 0 en 45 °C. Dat geldt ook voor dieren met een wisselende lichaamstemperatuur. Bij een lage omgevingstemperatuur zijn deze dieren vaak niet erg actief. Vogels en zoogdieren met een constante lichaamstemperatuur kunnen temperaturen beneden 0 °C verdragen.

Opdrachten KENNIS

1 **a** Noteer twee abiotische factoren die van invloed zijn op de soortensamenstelling in de Marianentrog.

b Enkele factoren die een rol spelen in het ecosysteem van de Marianentrog zijn: licht, lucht, roofvissen, soortgenoten, temperatuur, voedsel, water en ziekteverwekkers.
Welke van deze factoren zijn abiotisch?

c Het ecosysteem van de Marianentrog is min of meer begrensd. De grens van dit ecosysteem is niet voor alle factoren uit de omgeving gesloten. Er vindt uitwisseling plaats tussen het ecosysteem van de Marianentrog en de omgeving.
Geef hiervan een abiotische factor en een biotische factor als voorbeeld.

d Tijdens een duik naar de bodem van de Marianentrog is onder andere een plastic zak aangetroffen.
Welke biotische factor heeft een rol gespeeld bij de verspreiding van het plastic?

2 Fotosynthese is een chemisch proces. In de winter behouden veel planten in Nederland hun bladeren, maar toch vindt er dan geen fotosynthese plaats.
Waardoor kan er in de winter geen fotosynthese plaatsvinden?

3 De bodemstructuur en de samenstelling bepalen of een bodem geschikt is voor de groei van wortels.
Welke abiotische factoren spelen hierbij een rol?

TOLERANTIE

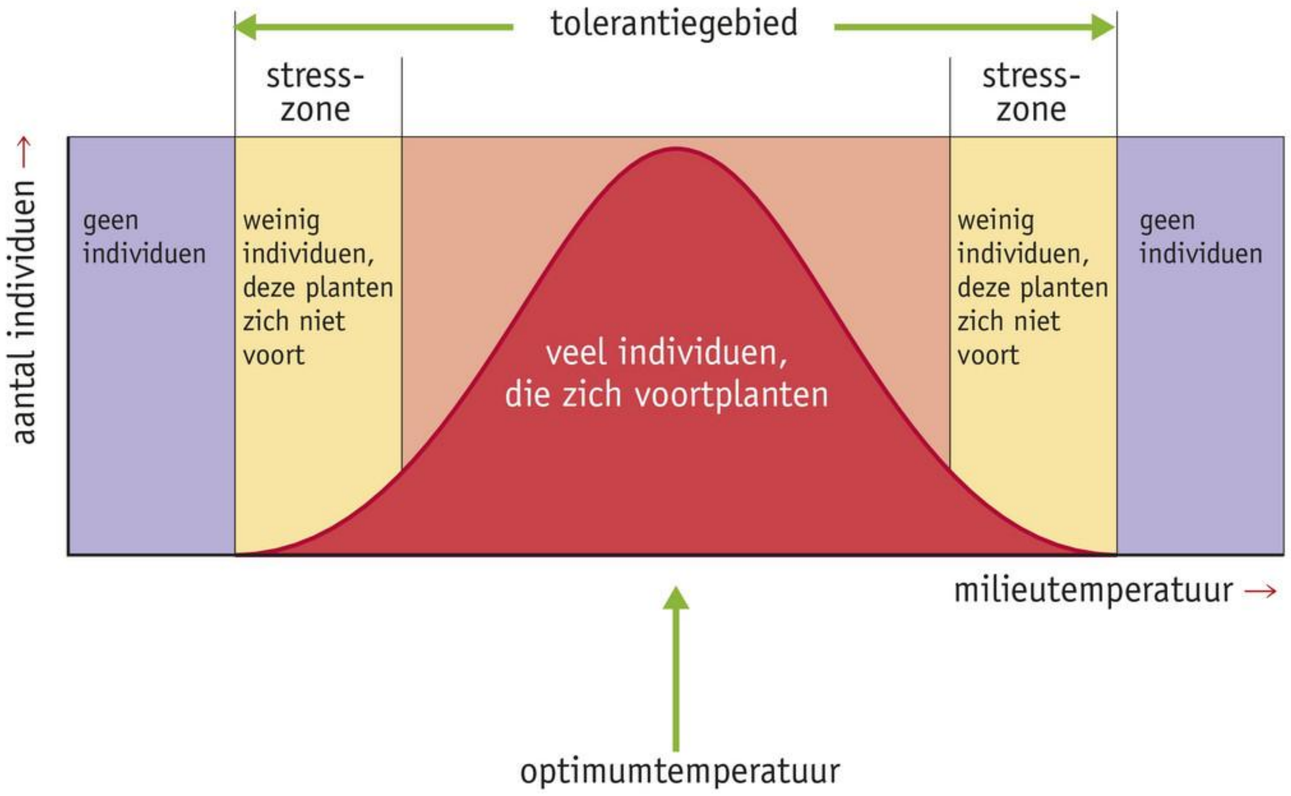
Elke soort heeft een eigen verspreidingsgebied of areaal. Dat is het gebied waar een soort op aarde voorkomt. Zo komen kangoeroes in Australië voor en ijsberen in het noordpoolgebied. Binnen zijn verspreidingsgebied kan een soort voorkomen in één of meer ecosystemen.

In woestijnen kan de temperatuur overdag wel vijftig graden Celsius verschillen van de temperatuur 's nachts. Woestijnplanten moeten zulke sterke schommelingen kunnen verdragen. **Tolerantie** is het vermogen van organismen om schommelingen in een abiotische factor te verdragen. Guppy's (*Poecilia reticulata*) bijvoorbeeld blijven alleen in leven bij een temperatuur tussen 5 en 38 °C. Dit is het tolerantiegebied van guppy's voor temperatuur. Soorten met een grote tolerantie hebben een groot verspreidingsgebied.

In afbeelding 4 is het aantal guppy's uitgezet tegen de omgevingstemperatuur. Bij een bepaalde temperatuur (ongeveer midden tussen 5 en 38 °C) is het aantal guppy's het grootst. Deze temperatuur is voor guppy's het **optimum**: de waarde van een abiotische factor die het gunstigst is voor het organisme.

In het diagram zie je ook twee trajecten waarin sprake is van stress. Bij temperaturen vlak boven 5 °C of vlak onder 38 °C kunnen guppy's wel overleven, maar ze hebben bij deze temperaturen al hun energie nodig om in leven te blijven. Ze hebben dan geen energie over om te groeien of om zich voort te planten. In de natuur vermijden guppy's deze temperaturen dan ook zo veel mogelijk. Voor guppy's werkt de abiotische factor temperatuur als **beperkende factor**. Dat is een factor die bepaalt of en hoeveel organismen van een soort in een gebied kunnen overleven.

■ **Afb. 4** Het aantal guppy's uitgezet tegen de omgevingstemperatuur.



Opdrachten KENNIS

4 In afbeelding 5 zie je twee soorten bijeneters. De broedplaatsen van de Europese bijeneter vind je in Zuid- en Midden-Europa en in Noord-Afrika. De broedplaatsen van de zuidelijke karmijnrode bijeneter vind je in Midden-Afrika. Vanaf 2010 broeden er jaarlijks enkele paren van de Europese bijeneter in Nederland.

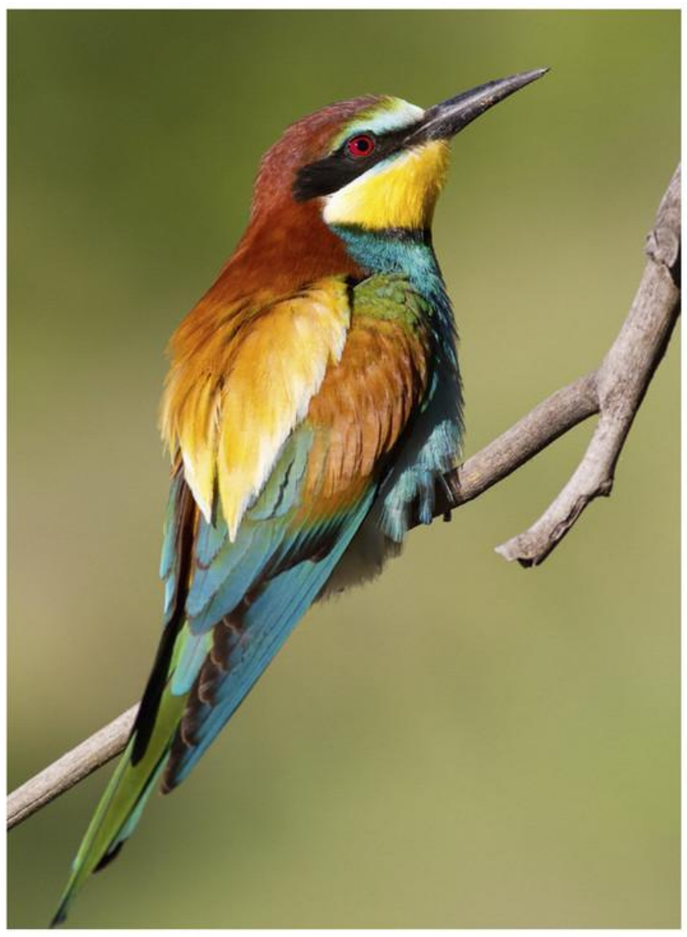
a Welke van de twee soorten bijeneters heeft het grootste verspreidingsgebied (areaal)?

b Door welke abiotische factor is de grens van het verspreidingsgebied van de Europese bijeneter de laatste jaren naar het noorden van Europa opgeschoven?

c In afbeelding 6 zijn twee curven getekend. Dat zijn de tolerantiegrenzen van de Europese bijeneter en de zuidelijk karmijnrode bijeneter uitgezet tegen de temperatuur.
Welke curve, P of Q, hoort bij de Europese bijeneter?

d Wanneer de temperatuur in Nederland gemiddeld blijft stijgen, kan het aantal broedparen van de Europese bijeneter jaarlijks toenemen.
Noem een biotische factor die kan voorkomen dat het aantal broedparen toeneemt.

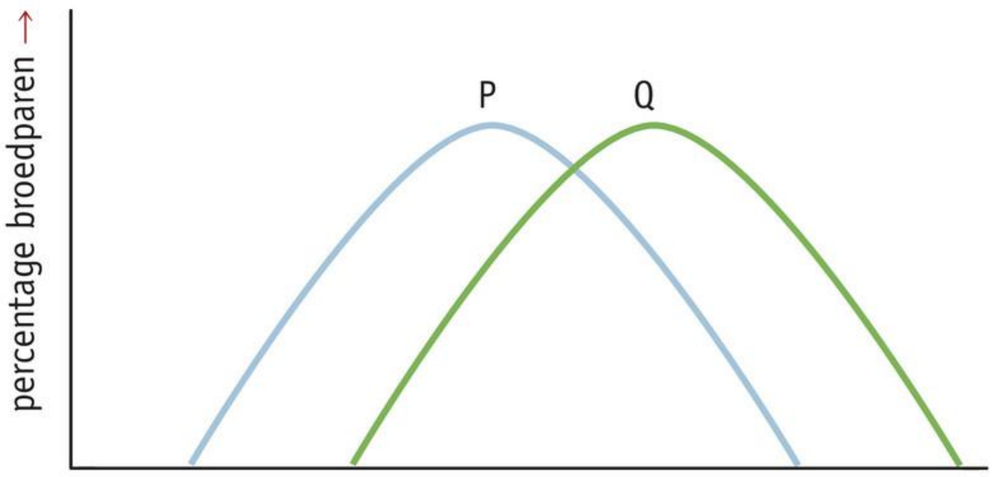
■ **Afb. 5** Twee soorten bijeneters.



1 Europese bijeneter (*Merops apiaster*)

2 zuidelijke karmijnrode bijeneter (*Merops nubicoides*)

■ **Afb. 6** De tolerantiegrenzen van de Europese bijeneter en de zuidelijke karmijnrode bijeneter uitgezet tegen de temperatuur.



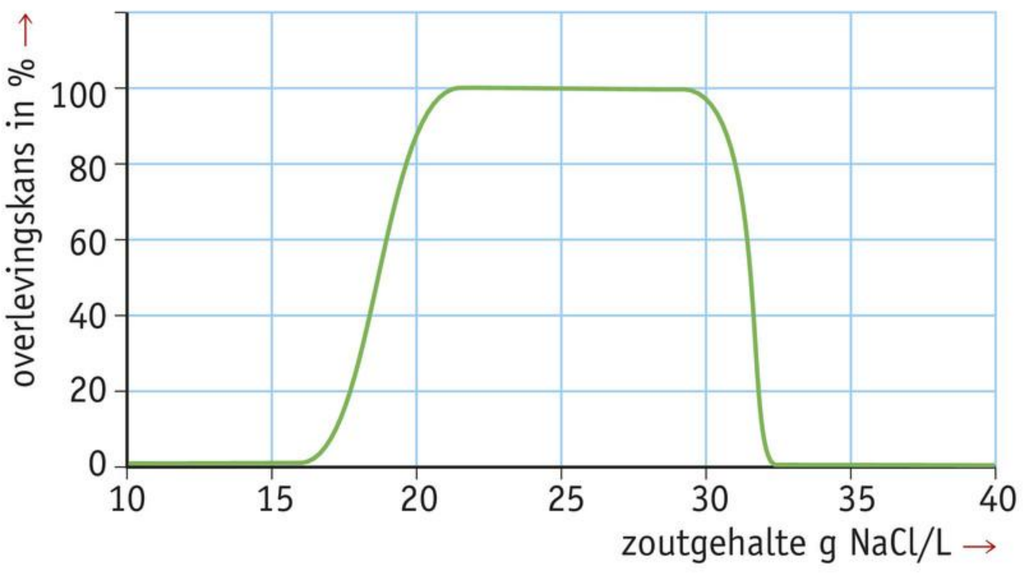
5 Groot zeegras (*Zostera marina*) is een plant die permanent in brak en zoutwater kan leven (zie afbeelding 7). In afbeelding 8 zie je de tolerantiecurve voor het zoutgehalte van water voor groot zeegras.

a Wat is het minimum-, optimum- en maximumzoutgehalte van water voor groot zeegras?

b Vanaf 1930 verdween groot zeegras uit de Europese en Noord-Amerikaanse kustwateren door een schimmelziekte. Later kwam de plant op de meeste plaatsen weer terug, maar niet in Nederland. Het kustwater is te troebel geworden.
Welke abiotische factor belemmert de terugkeer van groot zeegras in de Nederlandse kustwateren?

■ **Afb. 7** Groot zeegras.

■ **Afb. 8** Tolerantiecurve voor het zoutgehalte van water voor groot zeegras.



Opdrachten INZICHT

6 Hemelkijkers of spookvissen (*Macropinna microstoma*) zijn diepzeevissen die in de Marianentrog leven. Ze hebben groene cilindervormige ogen die naar boven kijken, zodat ze het silhouet van hun prooien kunnen zien. Over de ogen heen ligt een transparante koepel van zacht weefsel die is gevuld met vloeistof (zie afbeelding 9). Het is lastig om hemelkijkers te onderzoeken, omdat hun lichaam beschadigt wanneer je ze van een grote diepte naar de oppervlakte haalt. Met speciale onderwaterrobots kun je dit onderzoek tegenwoordig op afstand doen.

a Door verandering van welke abiotische factor beschadigt het lichaam van een hemelkijker wanneer je hem van grote diepte naar de oppervlakte brengt? Leg je antwoord uit.

b Veel dieren die leven in de donkere diepzee zijn in staat om op bepaalde momenten licht te produceren (bioluminescentie).
Noem een manier waardoor een dier dat leeft in de diepzee zijn overlevingskans kan vergroten door licht te geven.

c Is licht afkomstig van dieren een abiotische factor? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 9** Hemelkijker of spookvis (*Macropinna microstoma*).

7 Het kunstmatig verlagen van het grondwaterpeil is volgens landbouwers noodzakelijk om te voorkomen dat zware landbouwmachines wegzakken in een drassige bodem.

a Wat gebeurt er met een zachte, drassige bodem als je het grondwaterpeil verlaagt?

b Natuurbeschermers geven aan dat door verlaging van het grondwaterpeil het aantal weidevogels afneemt. Weidevogels hebben meestal lange, rechte snavels waarmee ze op meerdere dieptes in de bodem naar bodemdieren, zoals wormen, kunnen zoeken.
Waarom neemt het aantal weidevogels af in gebieden waar het grondwaterpeil is verlaagd?

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

VOETBALGRAS

Niet alleen voetballers scoren op het voetbalveld, ook het gras zelf krijgt een score. In de eredivisie van het voetbal geven de aanvoerders na elke wedstrijd een cijfer voor de kwaliteit van de grasmat. Een 5 is de beste score. In de eindstand van het seizoen 2021 stond Feyenoord bovenaan (4,88), gevolgd door AZ (3,94) en ADO en Ajax (3,82). Clubs met een kunststofgrasmat eindigen doorgaans onder aan de lijst.

De belangrijkste eigenschap van een grasmat is de tolerantie voor betreding (zie afbeelding 10). Daarnaast moet het gras dichte zoden vormen en lage temperaturen kunnen verdragen, zodat clubs het hele seizoen kunnen spelen. Vanwege de hoge tribunes rond het veld moet het gras tegen schaduw kunnen. En door de klimaatveranderingen moet het ook bestand zijn tegen grote hoosbuien.

Gespecialiseerde bedrijven doen gecombineerde betredings-schaduwproeven. Daarbij leggen ze de grasmat onder een schaduwtent, waardoor 65% van het licht wordt gefilterd en de relatieve luchtvochtigheid met 10% omhooggaat. Intussen bewerkt een apparaat met drie rollers het gras. De middelste roller draait in tegengestelde richting, zodat het gras uit elkaar wordt getrokken.

Sommige grassoorten blijken de proeven beter te doorstaan dan andere. Een combinatie van grassoorten als ruwe smele, Engels raaigras en veldbeemdgras is uitstekend geschikt voor voetbalstadions. Deze soorten gras in combinatie met een goed elftal geven tijdens een voetbalwedstrijd de hoogste scores.

■ **Afb. 10** Een goede grasmat kan tegen een stootje.

Opdrachten

8 Verschillende abiotische factoren zijn van invloed op het gras van een voetbalveld.

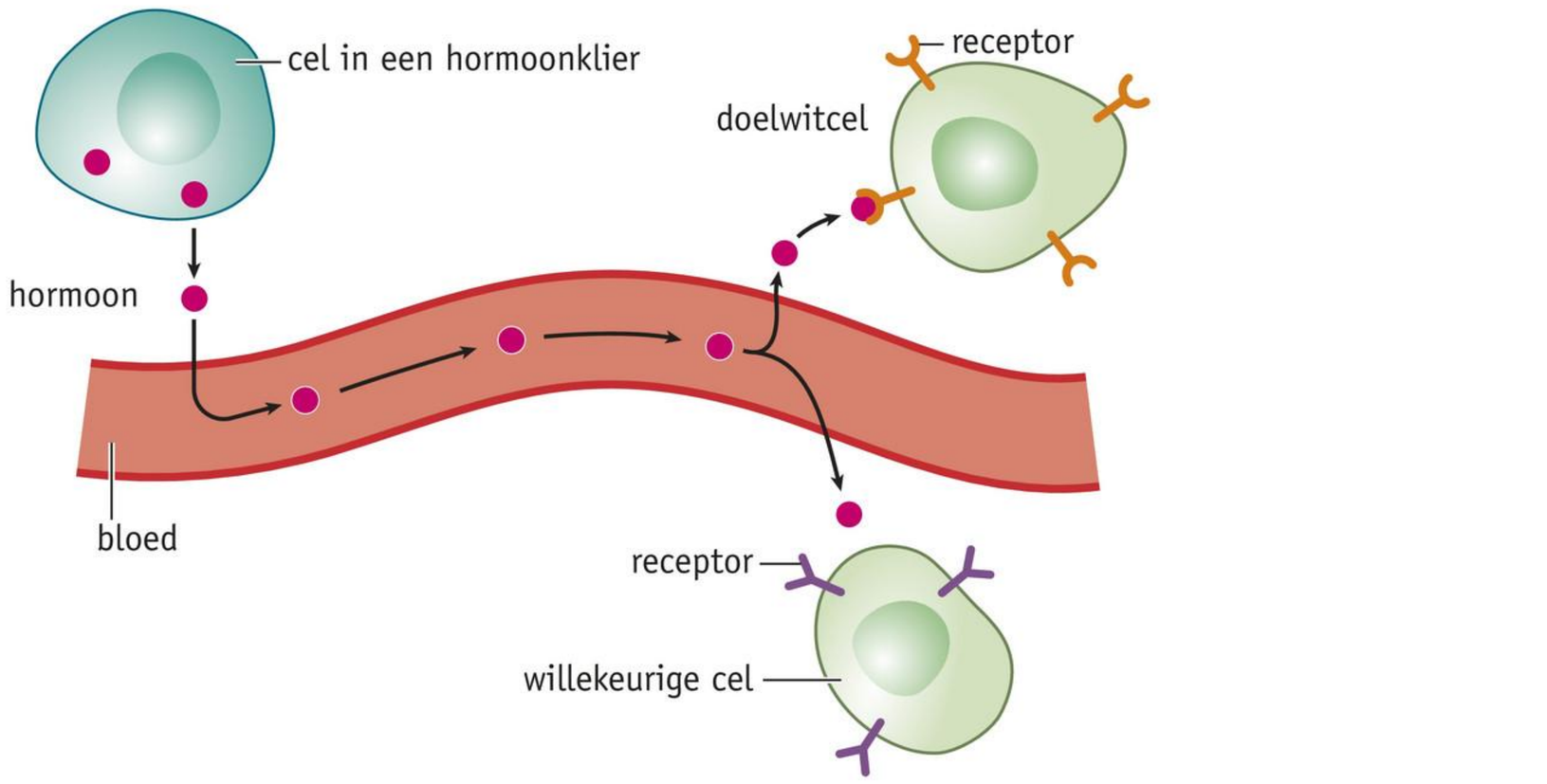
a Welke abiotische factoren worden in de tekst genoemd?

b Welk effect heeft bespeling van een grasmat op de bodem?

c De ruwe smele is bijzonder geschikt voor de grasmat van een voetbalveld.
Voor welke factoren moet de ruwe smele een hoge tolerantie hebben?

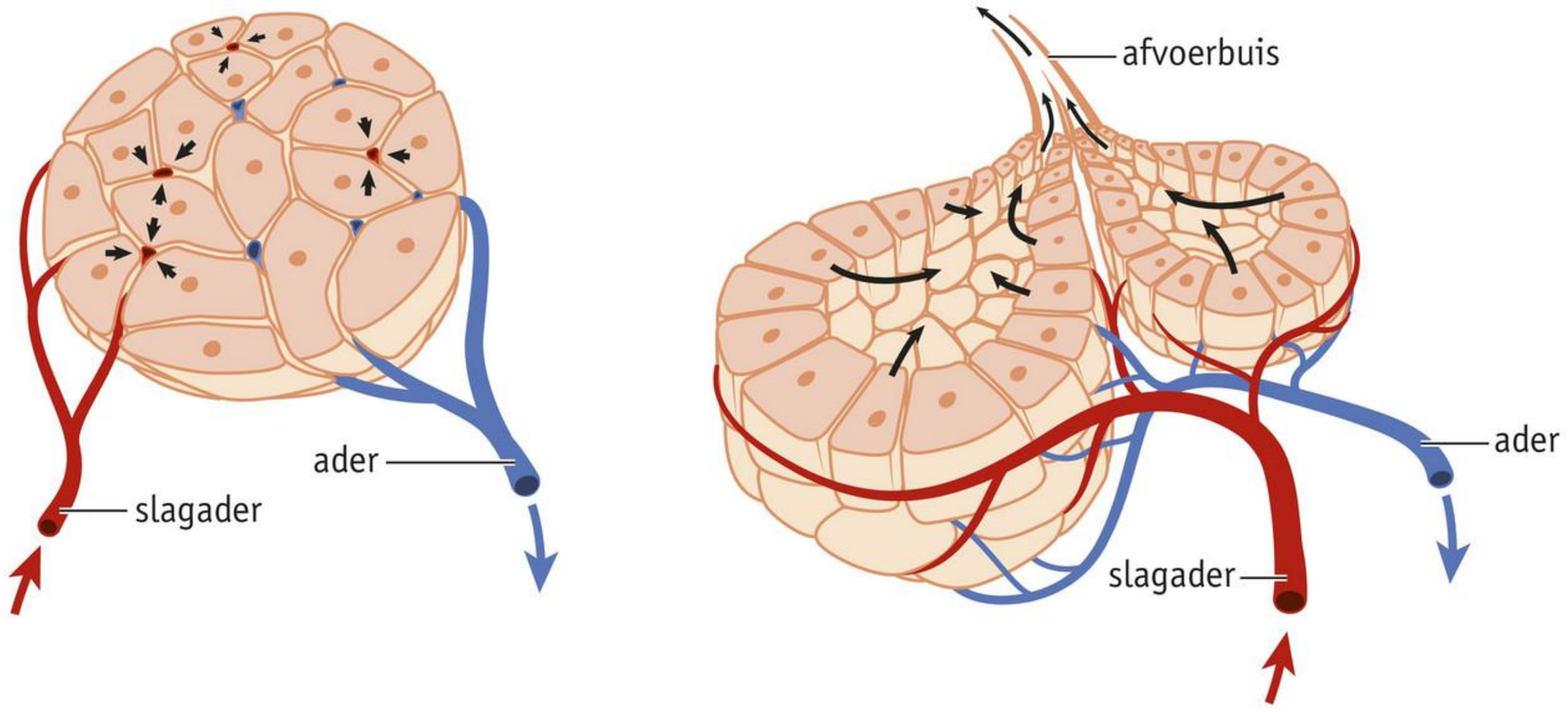
d Toen de ArenA in Amsterdam werd geopend, bleek algauw dat het sluitbare dak problemen opleverde voor de grasmat. Welke abiotische factoren spelen hierbij een rol? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 4** Hormonen zijn alleen werkzaam in cellen van doelwitorganen.



Een hormoonklier geeft zijn hormonen direct af aan het bloed. Je noemt zo'n klier een **endocriene** klier (zie afbeelding 5.1). De afgifte van hormonen door de hormoonklier heet secretie. Klieren met een afvoerbuis heten **exocriene** klieren (zie afbeelding 5.2). Zweetklieren en speekselklieren geven hun product af via een afvoerbuis. Dat heet uitscheiding (excretie).

■ **Afb. 5** Klieren en de afgifte van stoffen.



1 endocriene klier

2 exocriene klier

Opdrachten KENNIS

10 **a** Is een hormoonklier een endocriene of een exocriene klier? Leg je antwoord uit.
b Leg uit dat het even kan duren voordat hormonen de doelwitorganen bereiken.
c Waarvan is de mate van reactie van een doelwitorgaan afhankelijk?

11 Waarom kan een hormoon alleen aan bepaalde receptoren binden?

12 Talg is een vetachtige stof die wordt geproduceerd door talgklieren in de lederhuid (zie afbeelding 6). Talg houdt de huid soepel en beschermt onder andere tegen uitdroging. Is een talgklier een endocriene of een exocriene klier? Leg je antwoord uit.

2 POPULATIES

LEERDOELEN

7.2.1 Je kunt binnen een ecosysteem vormen van concurrentie en van coöperatie onderscheiden.

7.2.2 Je kunt de dynamiek en het evenwicht in een ecosysteem beschrijven.

- Vaardigheden 1, 2, 3, 4 (thema 1)
- Practicum 1

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	7.2.1	**7.2.2**
Onthouden	10a	11a
Begrijpen	9, 10bc, 12b	11b, 12ac
Toepassen	13ac	13bd, 14ac
Analyseren	14b	13ef, 14d

Bosmuizen leven samen in een groep in nesten onder de grond. In de buurt van het nest leggen ze samen voorraadkamers aan voor voedsel. Hierdoor hebben ze een grotere kans om de winter te overleven. Bosuilen en wezels zijn elkaars concurrenten bij het jagen op bosmuizen. Zij kunnen ervoor zorgen dat het aantal bosmuizen plaatselijk enorm afneemt.

CONCURRENTIE

De relaties tussen organismen kunnen zijn gericht op **concurrentie** (competitie, strijd) of op coöperatie (samenwerking). Bij concurrentie gaat het bijvoorbeeld om de beschikbare hoeveelheid voedsel, om een partner voor de voortplanting, om de beschikbare ruimte of om de beschikbare hoeveelheid licht (bij planten). Veel soorten bakenen een territorium af, een eigen gebied waaruit ze soortgenoten weren. Het territorium kan dienen als jachtgebied, om jongen groot te brengen en om voldoende voedsel veilig te stellen. De concurrentie tussen populaties is vaak minder sterk dan de concurrentie binnen populaties.

Binnen een populatie kan de concurrentie moordend zijn. Door sterke concurrentie is de selectiedruk hoog. De organismen die het best zijn aangepast aan het milieu, hebben de grootste overlevingskans en kunnen hun genen doorgeven. Door hoge selectiedruk kan de genetische variatie binnen een populatie kleiner worden.

Als de abiotische omstandigheden in een ecosysteem veranderen, is een grote genetische diversiteit gunstig voor een populatie. De kans is dan groot dat sommige organismen in de populatie goed zijn aangepast aan de nieuwe omstandigheden.

De vachtkleur van muizen varieert bijvoorbeeld van licht tot donker. Wanneer de omstandigheden in het leefgebied van een populatie muizen verandert, bijvoorbeeld doordat een bos ontstaat, dan zijn de donkere muizen in het voordeel. Zij vallen in de schaduw van de bomen minder op voor roofdieren en hebben daardoor een grotere overlevingskans. Hierdoor komen er na enige tijd meer muizen in de populatie voor met een donkere vachtkleur dan met een lichte vachtkleur.

De selectiedruk kan zo zwaar worden, dat een populatie in een bepaald gebied uitsterft. De genetische variatie binnen de populaties jachtluipaarden (*Acinonyx jubatus*, zie afbeelding 11) in Afrika is bijvoorbeeld erg klein. Dit verkleint de overlevingskans van de soort. Bovendien wordt het jachtluipaard in zijn voortbestaan bedreigd door jagers en vernietiging van zijn habitat. Als het aantal jachtluipaarden afneemt, zullen andere roofdieren in aantal toenemen. Ook is het mogelijk dat prooidieren (gazellen) in aantal toenemen. Op die manier verandert door natuurlijke selectie de soortensamenstelling in het ecosysteem.

■ **Afb. 11** Een jachtluipaard met jongen.

COÖPERATIE

In een ecosysteem kunnen organismen van een soort ook samenwerken of kan samenwerking plaatsvinden tussen organismen van verschillende soorten. Wanneer coöperatie plaatsvindt tussen organismen van één soort, is die erop gericht om de overlevingskansen van de individuen van een populatie te vergroten. Zo hebben stokstaartjes bijvoorbeeld een taakverdeling waarbij ze wachter, jager of babysitter kunnen zijn. Een wachter waarschuwt de rest van de groep als er gevaar dreigt.

Het langdurig samenleven van organismen van verschillende soorten heet **symbiose**. Dat kan voor elk van de betrokken organismen voordelig, neutraal of nadelig zijn.

Er zijn drie vormen van symbiose:

- **Mutualisme**: beide soorten organismen hebben voordeel van de samenleving.
- **Commensalisme**: één van beide soorten organismen heeft voordeel, de andere soort heeft geen nadeel of voordeel van de samenleving.
- **Parasitisme**: een organisme (een parasiet) leeft op of in een organisme van een ander soort (de gastheer) en onttrekt er voedsel aan. De parasiet heeft een voordeel. Voor de gastheer is deze samenleving nadelig.

Mutualisme

Korstmossen zijn samenlevingen van schimmels met algen (zie afbeelding 12). Beide soorten hebben voordeel van de samenleving. De algen bezitten bladgroen, waardoor er fotosynthese kan plaatsvinden. De schimmels verbruiken een deel van de organische stoffen die hierbij worden gevormd. Ook nemen de schimmels water en anorganische stoffen op uit de omgeving en ze kunnen deze stoffen vasthouden. De algen gebruiken deze stoffen voor de fotosynthese.

■ **Afb. 12** Korstmossen.

Commensalisme

Loodsmannetjes zijn vissen die vaak zwemmen in de buurt van grote zeedieren zoals haaien, zeeschildpadden en roggen (zie afbeelding 13). Ze eten de prooiresten op van de grote zeedieren en hebben dus voordeel van de samenleving. De grote zeedieren hebben geen voordeel, maar ook geen nadeel van de samenleving.

■ **Afb. 13** Loodsmannetjes zwemmen mee met een haai.

Parasitisme

Bij mensen kan de schurftmijt (*Acarus scabiei,* zie afbeelding 14) schurft veroorzaken. Schurft is een huidaandoening die ontstaat doordat de volwassen vrouwelijke schurftmijt gangetjes in de huid maakt en haar eitjes en uitwerpselen daarin achterlaat. De gangetjes maakt ze door huidcellen met enzymen op te lossen en vervolgens op te eten. Als allergische reactie op de mijt ontstaan in de buurt van de gangetjes en op andere plekken van de huid rode bultjes die heel erg jeuken. Je kunt met de schurftmijt besmet raken door intensief lichamelijk contact, kleding en beddengoed. Andere voorbeelden van parasieten zijn vlooien, luizen, spoelwormen en lintwormen. Maretak (*Viscum album*) en klein warkruid (*Cuscuta epithymum* of duivelsnaaigaren) zijn voorbeelden van plantaardige parasieten. Maretak onttrekt alleen water en anorganische stoffen aan de gastheer (zie afbeelding 15). Duivelsnaaigaren onttrekt water, anorganische en organische stoffen aan de gastheer.

■ **Afb. 14** Een schurftmijt.

■ **Afb. 15** Maretak in een boom.

Opdrachten KENNIS

9 Er zijn verschillende vormen van symbiose.

a Geef van de volgende voorbeelden aan om welke vorm van symbiose het gaat.

1 Zuigvissen leven van de resten van de prooi van een haai.

2 De zeeanemoon leeft van de resten van de prooi van de heremietkreeft en beschermt deze met de netelcellen in zijn tentakels.

3 De porseleinzwam onttrekt water, anorganische en organische stoffen aan een beuk.

b Bij stokstaartjes hebben sommige individuen in de groep de taak van jager. Zij zorgen voor het voedsel.
Is dit een vorm van symbiose of is dit coöperatie?

10 Sneeuwuilen, poolvossen en hermelijnen jagen in Groenland op lemmingen.

a Waar is de relatie tussen sneeuwuilen, poolvossen en hermelijnen op gericht als het gaat om de beschikbare hoeveelheid voedsel?

b Hermelijnen jagen alleen op lemmingen. Sneeuwuilen en poolvossen jagen ook op andere soorten prooidieren. In een deel van Groenland neemt de populatie lemmingen af. De aantallen individuen van andere populaties prooidieren blijven ongeveer gelijk.
Voor welke van de drie soorten predatoren neemt de concurrentie toe?

c Wat kan een hermelijn doen om toch aan voldoende voedsel te komen als het aantal lemmingen afneemt?

DE DYNAMIEK VAN EEN POPULATIE

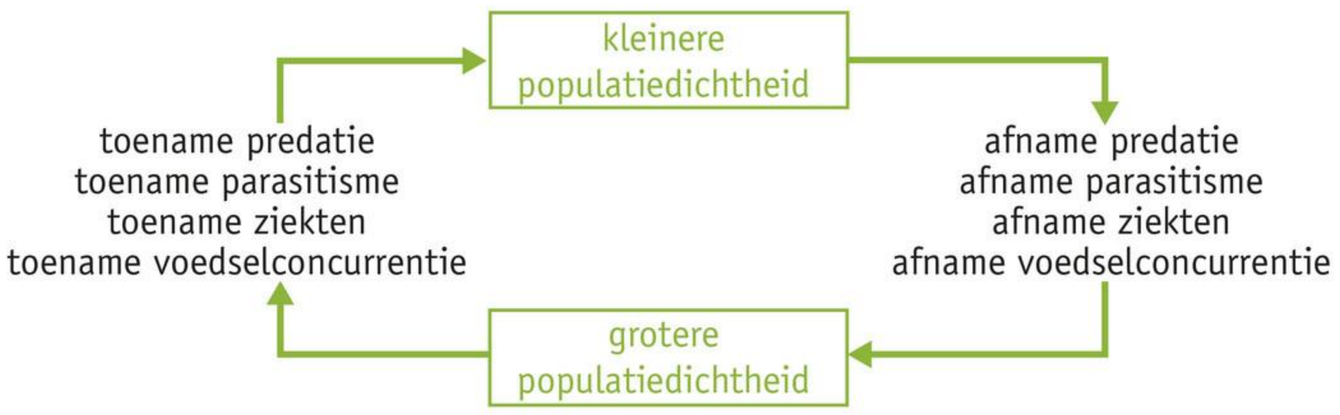
De populatiegrootte van een soort is het totaal aantal individuen van die soort in een bepaald gebied. De populatiedichtheid is het gemiddeld aantal individuen van een soort per oppervlakte-eenheid (op het land) of per volume-eenheid (in het water). De populatiedichtheid van paardenbloemen in een weiland kan bijvoorbeeld twee individuen per vierkante meter bedragen. Er kunnen in een loofbos 0,5 haviken per vierkante kilometer leven en er kunnen in een sloot 22 watervlooien per liter voorkomen.

De populatiegrootte varieert in de loop van de tijd door de invloed van verschillende factoren. Voorbeelden van biotische factoren die de populatiegrootte beïnvloeden zijn:

- voedselrelaties
- parasitisme
- ziekten
- concurrentie

Deze factoren beïnvloeden de populatiegrootte en populatiedichtheid door negatieve terugkoppeling: als de populatiedichtheid groter wordt, krijgen de factoren die een afname van de populatie veroorzaken meer invloed. En als de populatiedichtheid kleiner wordt, worden de factoren waardoor de populatie groeit belangrijker (zie afbeelding 16). Het schommelen van biotische factoren noem je **dynamiek**. Het resultaat hiervan is dat de populatiedichtheid binnen bepaalde grenzen blijft schommelen.

■ **Afb. 16** De populatie wordt beïnvloed door negatieve terugkoppeling.



De populatiegrootte wordt ook beïnvloed door:

- geboorte
- sterfte
- migratie

Door **geboorte** groeit een populatie. Het aantal nakomelingen per soort verschilt. Door **sterfte** wordt een populatie kleiner. Ook de sterfte varieert per soort.
De populatiegrootte kan ook veranderen door **migratie** (verplaatsing, verhuizing). Organismen kunnen van elders een populatie binnentrekken (immigratie) of uit een populatie wegtrekken (emigratie).

Een levensgemeenschap verkeert in een **biologisch evenwicht** wanneer de soortensamenstelling door regulatie min of meer constant blijft over een langere tijd en de populatiedichtheid van de soorten binnen bepaalde grenzen blijft schommelen. Dat evenwicht kan op verschillende manieren worden verstoord. Bijvoorbeeld doordat er organismen van andere soorten vanuit een ander gebied binnendringen. Zulke soorten worden uitheems genoemd, in tegenstelling tot de inheemse soorten die van nature in een gebied voorkomen. Soms gebeurt dat binnentrekken per ongeluk, bijvoorbeeld doordat een vogel door sterke wind uit koers is geraakt (dwaalgast).

Organismen die als gevolg van menselijk handelen terechtkomen in een leefgebied waarin ze van oorsprong niet thuishoren, noem je **exoten**. Sommige exoten bezitten eigenschappen waardoor ze zich in het nieuwe leefgebied kunnen vestigen en verspreiden. Het gevaar bestaat dan dat ze inheemse populaties verdringen. Zo is de halsbandparkiet (*Psittacula krameri*) uit India meegenomen om hier als huisdier te houden en losgelaten in de natuur (zie afbeelding 17). In heel Nederland zie je nu verwilderde populaties in parken leven.

In het begin kunnen de omstandigheden voor een exoot gunstig zijn. De nieuwe populatie telt nog weinig individuen, die daardoor voldoende voedsel zullen aantreffen. De populatie groeit daardoor. Maar na verloop van tijd worden de omstandigheden minder gunstig. Voor de meeste populaties geldt dat de hulpbronnen zoals bijvoorbeeld voedsel en ruimte in het ecosysteem beperkt zijn. Bij een groeiende populatie neemt de invloed van de beperkende factoren toe.

■ **Afb. 17** Halsbandparkieten in de natuur.

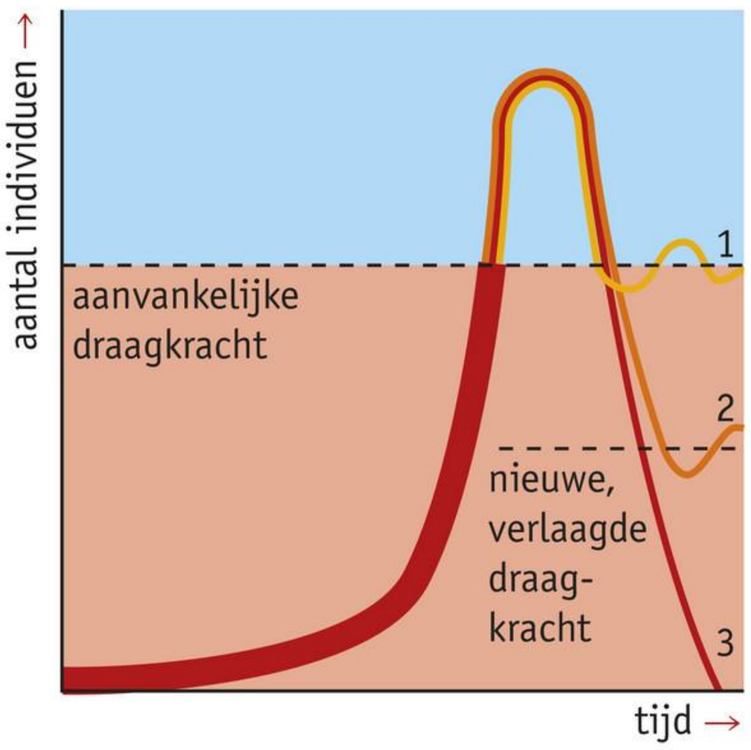
DRAAGKRACHT

De draagkracht van een ecosysteem wordt bepaald door de maximale populatiegrootte van de verschillende populaties die zich over langere tijd in dat ecosysteem kunnen handhaven.

Bij soorten die veel nakomelingen krijgen, treedt gemakkelijk exponentiële groei op als de omstandigheden gunstig zijn. Dit zie je aan de dikke rode lijn in het diagram van afbeelding 18. Het is mogelijk dat na zo'n snelle groei de draagkracht van het ecosysteem wordt overschreden. Daarna wordt de populatie kleiner. Deze terugval kan op verschillende manieren plaatsvinden. Het teveel aan organismen kan bijvoorbeeld sterven, totdat de draagkracht van het ecosysteem is bereikt. Er stelt zich dan een biologisch evenwicht in (lijn 1 in afbeelding 18).

Meestal heeft een overschrijding van de draagkracht ernstige gevolgen voor de populatie. Een te grote populatie rupsen bijvoorbeeld kan alle bladeren van planten wegvreten. Door deze vraat sterft een aantal planten. Dit heeft tot gevolg dat de draagkracht van het ecosysteem voor rupsen terugloopt, waardoor er een massale sterfte onder de rupsen optreedt. Hierna kan zich een biologisch evenwicht instellen bij een kleinere populatie (lijn 2 in afbeelding 18). Een derde mogelijkheid is dat de populatie instort en zich niet meer herstelt (lijn 3 in afbeelding 18).

■ **Afb. 18** Gevolgen van overschrijding van de draagkracht.



Opdrachten KENNIS

11 In Nederland komen verschillende soorten rivierkreeften voor. Alleen de Europese rivierkreeft (*Astacus astacus*) is inheems. Sinds de 19e eeuw zijn er vanuit Amerika rivierkreeften geïmporteerd voor aquaria en siervijvers en voor consumptie.
Deze Amerikaanse rivierkreeften zijn ook in de Nederlandse oppervlaktewateren terechtgekomen.

a Hoe noem je soorten die door menselijk handelen terecht zijn gekomen in een leefgebied waarin ze van oorsprong niet thuishoren?

b Een langdurige periode van kou kan ervoor zorgen dat de Amerikaanse rivierkreeften de winter niet overleven.
Waarom is er in dit geval geen sprake van negatieve terugkoppeling?

12 Tussen 1870 en 1920 werden 20 000 kamelen (*Camelus dromedarius*) geïmporteerd in Australië omdat ze met bepakking grote afstanden in droge gebieden af kunnen leggen. Hierdoor was het mogelijk om het droge binnenland van Australië te verkennen en te ontwikkelen. Door de komst van auto's en vrachtwagens werden kamelen overbodig en werden ze vrijgelaten in het wild (zie afbeelding 19). Vanaf 1930 verdubbelt de populatie kamelen in Australië elke acht tot negen jaar.

■ **Afb. 19** Kamelen in Australië.

a Welke biotische factoren maken de explosieve groei van de populatie kamelen mogelijk?

b Kamelen eten bijna alle soorten (droge) planten. Daar zijn er op de uitgestrekte vlakten voldoende van. Een groot probleem is dat kamelen erg veel water drinken, waardoor waterputten leeg raken.
Waar is de relatie tussen de kamelen en inheemse Australische diersoorten zoals kangoeroes vanwege het gebrek aan water op gericht?

c Water is een beperkende factor voor de groei van de populatie kamelen.
Welke biotische factor kan door een gebrek aan water ook een beperkende factor worden?

Opdrachten INZICHT

13 In een folder van de Canadese overheid is te lezen dat een exoot een organisme is dat buiten zijn natuurlijke verspreidingsgebied voorkomt. Deze locaties konden niet worden bereikt zonder directe of indirecte hulp van mensen. De verspreiding van exoten in een gebied kan ernstige en vaak onomkeerbare gevolgen hebben voor het milieu, de economie en de samenleving.

a Volgens de folder kunnen exoten een bedreiging vormen voor de biodiversiteit van een ecosysteem. Leg dit uit.

b In Canada zijn exoten als rijncentaurie (zie afbeelding 20), aarvederkruid (zie afbeelding 21) en de zebramossel in sommige gebieden inmiddels een plaag. Er zijn verschillende manieren waarop deze exoten een ecosysteem kunnen binnenkomen.
De Canadese overheid vraagt reizigers daarom om maatregelen te nemen die ervoor zorgen dat je niet onbedoeld een exotische soort introduceert.
Noem een manier waarop reizende mensen onbedoeld exoten naar een ander ecosysteem kunnen transporteren.

c De rijncentaurie (*Centaurea stoebe*) is rond 1800 met een lading klaverzaden per ongeluk vanuit Europa in Canada terechtgekomen. De plant wordt niet gegeten door wilde dieren en vee. Uit de wortels van de rijncentaurie komt een chemische stof vrij die de wortelgroei van inheemse planten belemmert.
Leg uit hoe het komt dat er door de komst van de rijncentaurie minder voedsel is voor wilde dieren en vee.

d Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*) of zombiekruid groeit snel in ondiep water en vormt dikke matten die het zonlicht blokkeren.
Leg uit hoe dit kan leiden tot een afname van het aantal inheemse onderwaterplanten en vissen.

e De ronde grondel (*Neogobius melanostomus*, zie afbeelding 22) is een bodemvis. Hij komt als exoot voor in alle vijf de Grote Meren tussen Canada en de Verenigde Staten. De ronde grondel heeft een langer voortplantingsseizoen dan de meeste inheemse bodemvissoorten en kan meerdere keren per seizoen paaien (eitjes en zaadcellen afzetten). Hij heeft vergelijkbare eetgewoonten als andere bodemvissen in de Grote Meren, maar jaagt agressiever op vissoorten zoals donderpad en baars.
Leg uit hoe de ronde grondel de inheemse bodemvissoorten in de Grote Meren snel kan verdringen.

f Volgens afbeelding 18 kan zich in een ecosysteem een biologisch evenwicht instellen bij een kleinere populatie (lijn 2) nadat de draagkracht van een ecosysteem is overschreden. Wanneer de ronde grondel alle andere bodemvissen in het Ontariomeer heeft weggeconcurreerd en door het ontbreken van natuurlijke vijanden enorm in aantal is toegenomen, zal dat uiteindelijk leiden tot het overschrijden van de draagkracht.
Beschrijf hoe zich vervolgens in het Ontariomeer een biologisch evenwicht kan instellen bij een kleinere populatie ronde grondels en een nieuwe verlaagde draagkracht.

■ **Afb. 20** De rijncentaurie.

■ **Afb. 21** Aarvederkruid.

■ **Afb. 22** De ronde grondel.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf*.

Context Leefwereld

OERHOLLANDSE VOGEL VERDWIJNT

Veel landen hebben een vogel die symbool staat voor het land. De nationale vogel van Nederland is de grutto (*Limosa limosa*, zie afbeelding 23), want nergens broeden zoveel grutto's als in Nederland.

Je kunt de grutto vanaf maart tot en met augustus vinden in de buurt van ondiepe plassen en op drassige weilanden waar veel kruidachtige planten groeien. De grutto is een steltloper. Zijn lange poten maken het mogelijk om de bodem goed te onderzoeken en door ondiep water te lopen. Volwassen dieren eten regenwormen en emelten (larven van langpootmuggen). Met hun lange, rechte snavel kunnen ze die gemakkelijk uit de bodem halen. Grutto's maken als nest een ondiep kuiltje in een weiland op een plek waar de begroeiing wat hoger is. Jonge grutto's verlaten binnen een dag het nest en gaan op zoek naar vliegende insecten. Grutto's overwinteren in West-Afrika of in Zuidwest-Europa. Daar zijn ze vegetariër en leven van rijstkorrels.

Het aantal weidevogels in Nederland neemt de laatste jaren sterk af. Dat geldt ook voor grutto's. Hun aantal vermindert elk jaar met 5%. Een belangrijke oorzaak hiervoor is dat veel weilanden met kruidachtige planten en bloemen verdwijnen. In plaats daarvan wordt er snelgroeiend eiwitrijk gras verbouwd voor koeien, zodat die veel melk kunnen produceren. Dat gras wordt vaak al vroeg in het jaar gemaaid. Het leefgebied voor de grutto wordt hierdoor steeds kleiner.

■ **Afb. 23** De grutto.

Opdrachten

14 De belangrijkste oorzaak voor het afnemende aantal grutto's is de achteruitgang van het broedsucces. Voor de gruttokuikens is het lastig om te overleven in een grasland waar snelgroeiend eiwitrijk gras wordt verbouwd.

a Leg uit waarom het voor de gruttokuikens moeilijk is om in dit type grasland aan voldoende voedsel te komen.

b Voor grutto's en andere weidevogels zijn graslanden met langer gras en veel bloemen en kruiden de meest geschikte habitat. Geef hiervoor twee redenen.

c Leg uit waarom een grasland niet te dicht begroeid mag zijn voor de gruttokuikens.

d In afbeelding 24 zie je het verloop van de gruttopopulatie vanaf 2007 tot 2020 in een onderzoeksgebied in Nederland. Door een sterke stijging van de muizenpopulatie in 2019 werd de afname van de gruttopopulatie in dat gebied geremd. In 2020 zijn er relatief veel jonge grutto's waargenomen die in 2019 zijn geboren.
Leg uit waarom de afname van de populatie grutto's na 2019 is afgevlakt.

■ **Afb. 24** Het verloop van de gruttopopulatie in een onderzoeksgebied in Nederland.

3 ECOSYSTEMEN

LEERDOELEN

7.3.1 Je kunt de voedselrelaties binnen een ecosysteem beschrijven.
7.3.2 Je kunt de energiestromen door een ecosysteem beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	7.3.1	**7.3.2**
Onthouden	15a, 16c	18c
Begrijpen	15b, 16abd, 17a, 19	17b, 18ab
Toepassen	22d	20b, 21, 22ab
Analyseren	22e	20ac, 22c

‘Elke morgen ontwaakt in Afrika een gazelle. Hij weet dat hij sneller moet zijn dan de snelste leeuw, anders wordt hij gedood. Elke morgen ontwaakt in Afrika een leeuw. Hij weet dat hij sneller moet zijn dan de langzaamste gazelle, anders sterft hij van de honger. Het doet er niet toe of je een gazelle of een leeuw bent, je kunt beter meteen gaan rennen als de zon opkomt.’ (Thomas L. Friedman)

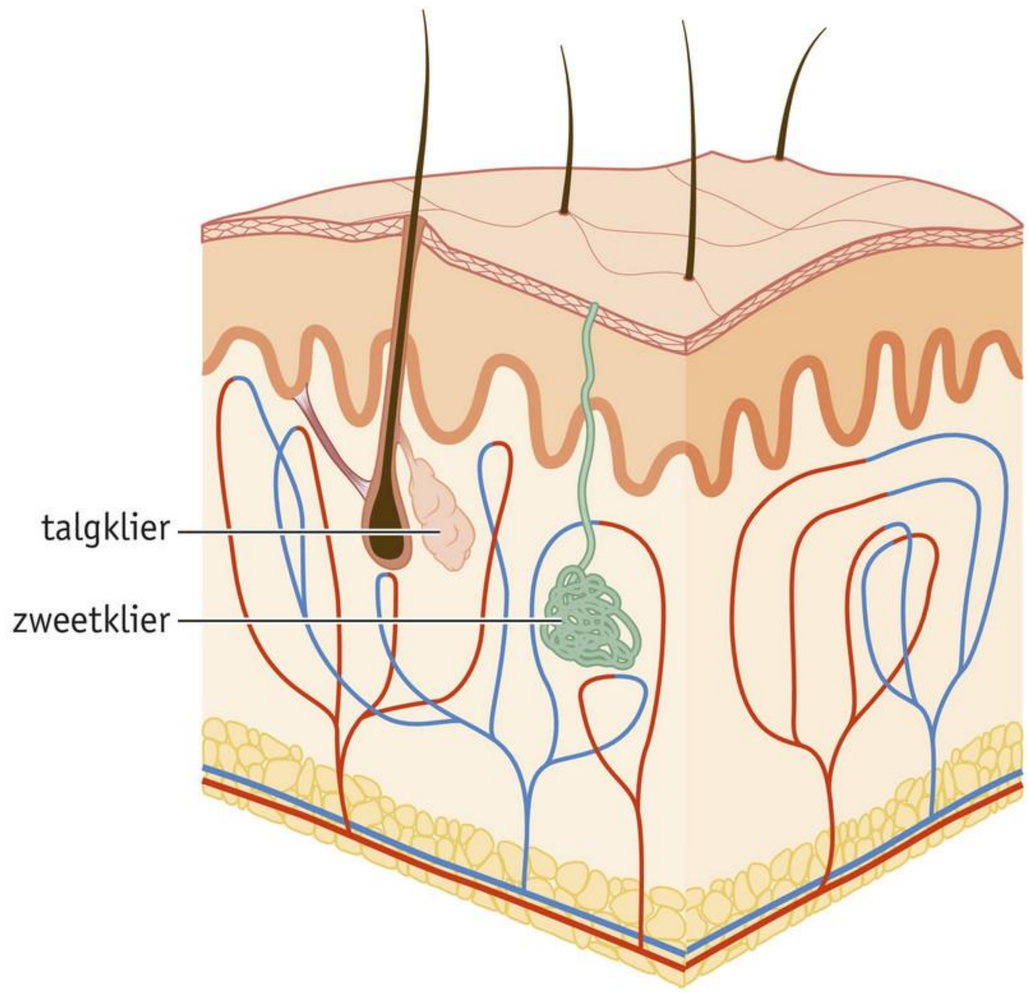
VOEDSELRELATIES

Planten beschermen zich tegen **vraat** (het eten van planten) door dieren. Rozen bijvoorbeeld hebben doornen. Sommige planten maken gifstoffen aan om zich tegen vraatzuchtige dieren te verdedigen. Veel planten maken daarbij gebruik van signaalstoffen. Dat zijn chemische verbindingen die informatie overdragen tussen en binnen organismen. Ook schermacacia’s in Afrika maken zo’n signaalstof als ze worden aangevreten. Zodra andere acacia’s deze stof opvangen, maken ze een gifstof aan waardoor overmatige vraat wordt voorkomen.

Vraat is het begin van een voedselketen. Een **voedselketen** geeft de **voedselrelaties** in een ecosysteem weer. In een voedselketen is een reeks populaties met elkaar verbonden, waarbij elke populatie een voedselbron is voor de volgende populatie (zie afbeelding 25).

In een voedselketen geven de pijlen weer in welke richting energie en voedingsstoffen worden overgedragen, dus van het (op)gegeten organisme naar de eter. De pijlen geven de **energiestroom** door een voedselketen weer.

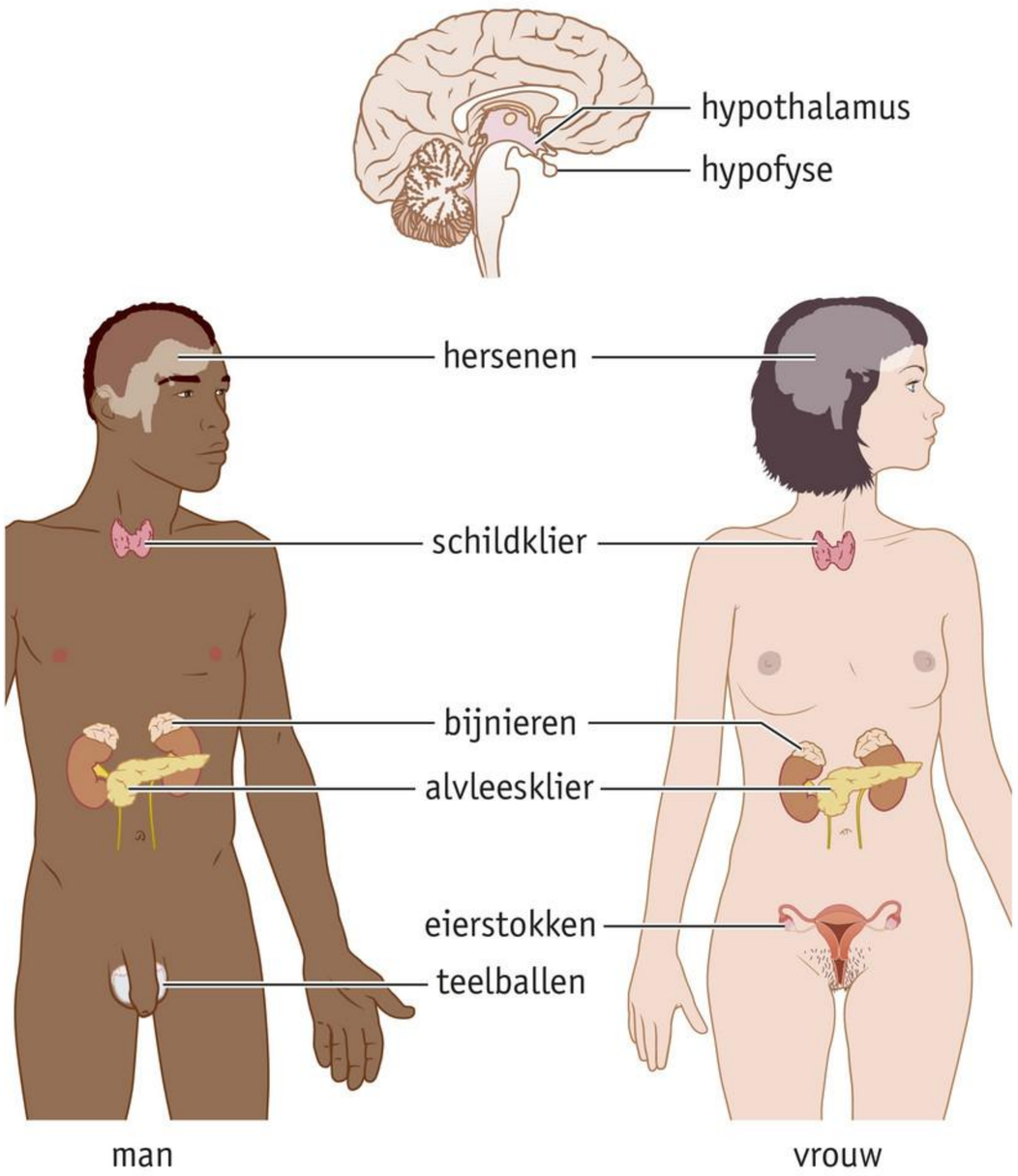
■ **Afb. 6** Doorsnede van de huid met onder andere talgklieren.



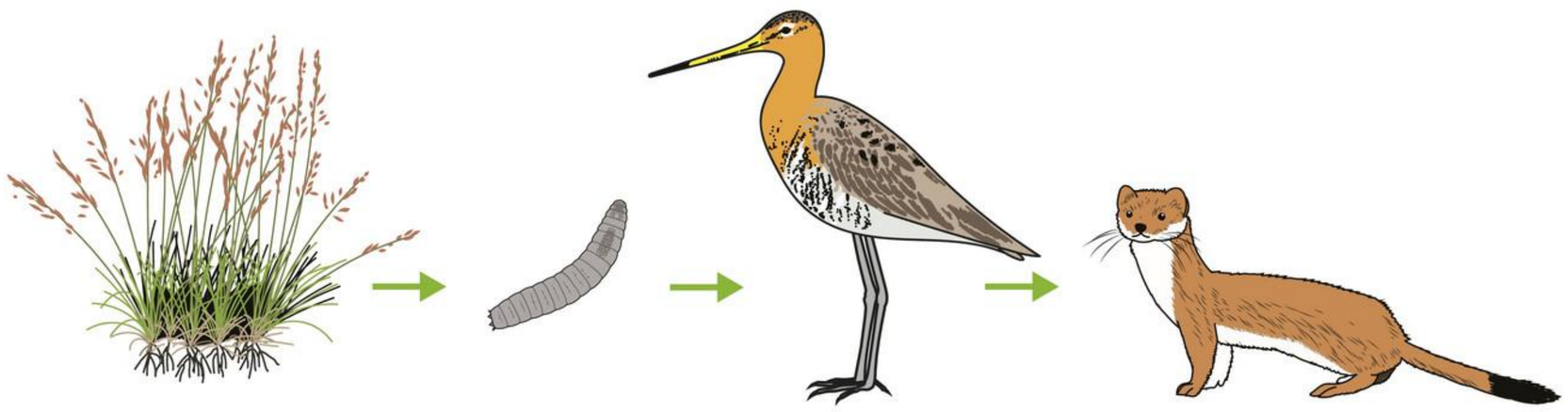
HORMOONKLIEREN

Het **hormoonstelsel** bestaat uit een aantal hormoonklieren. In afbeelding 7 is de ligging van enkele belangrijke hormoonklieren aangegeven (zie *BiNaS* tabel 89A).

■ **Afb. 7** Hormoonklieren van de mens.

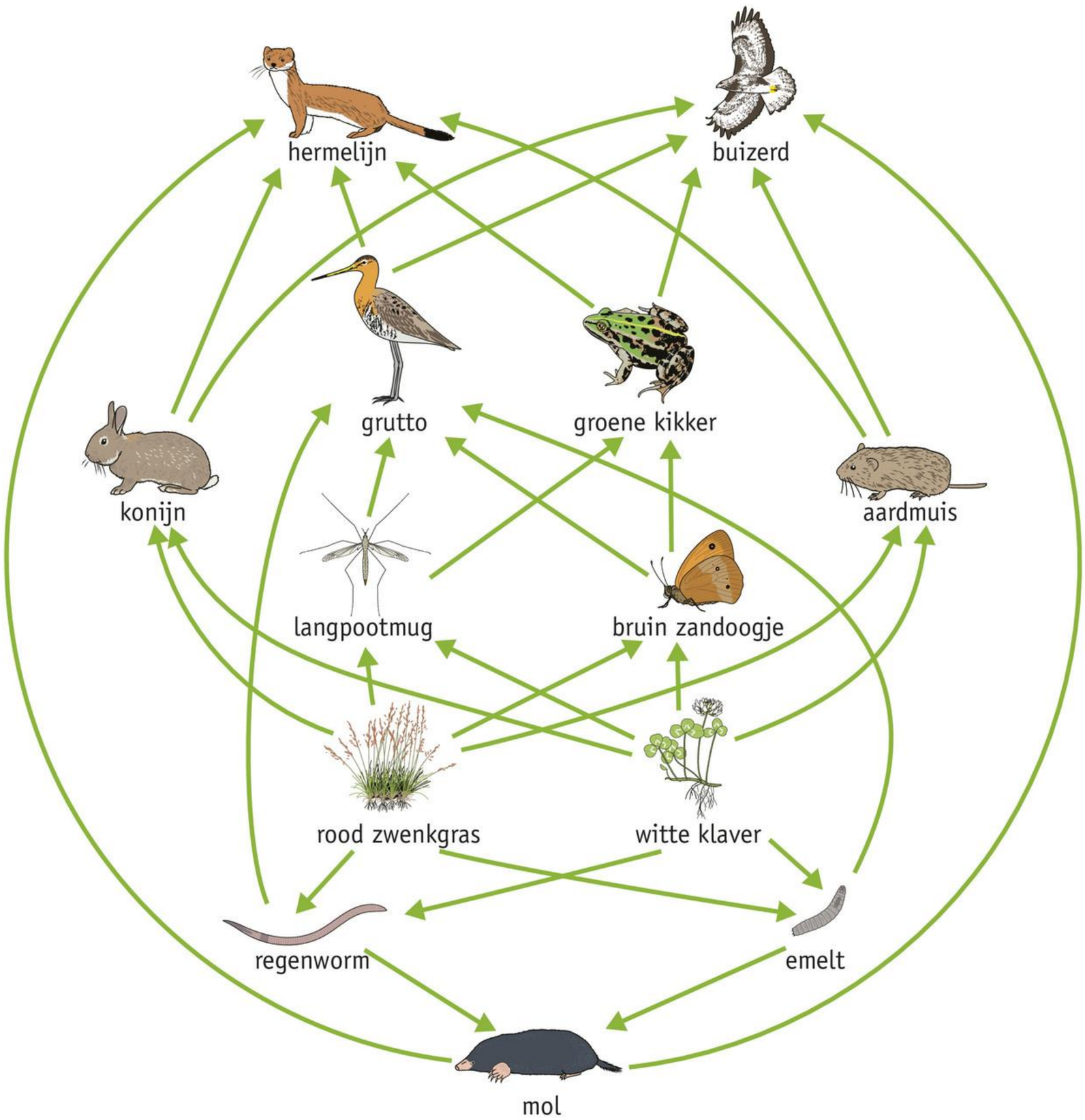


■ **Afb. 25** Een voedselketen.



In een ecosysteem lopen diverse voedselketens door elkaar heen. Het geheel van voedselrelaties in een levensgemeenschap is een **voedselweb** (zie afbeelding 26). Het eten van dieren noem je **predatie**.

■ **Afb. 26** Een voedselweb.



ENERGIESTROOM

Elke schakel in een voedselketen heet een **trofisch niveau**. In het eerste trofisch niveau bevinden zich **autotrofe** organismen. Dit zijn organismen die organische stoffen uit anorganische stoffen kunnen maken. Zij produceren hun eigen voedsel en heten **producenten**. De opbouw van organische moleculen uit kleinere moleculen noem je **assimilatie**. Door assimilatie ontstaan de **organische stoffen** waaruit de cellen van een organisme bestaan.

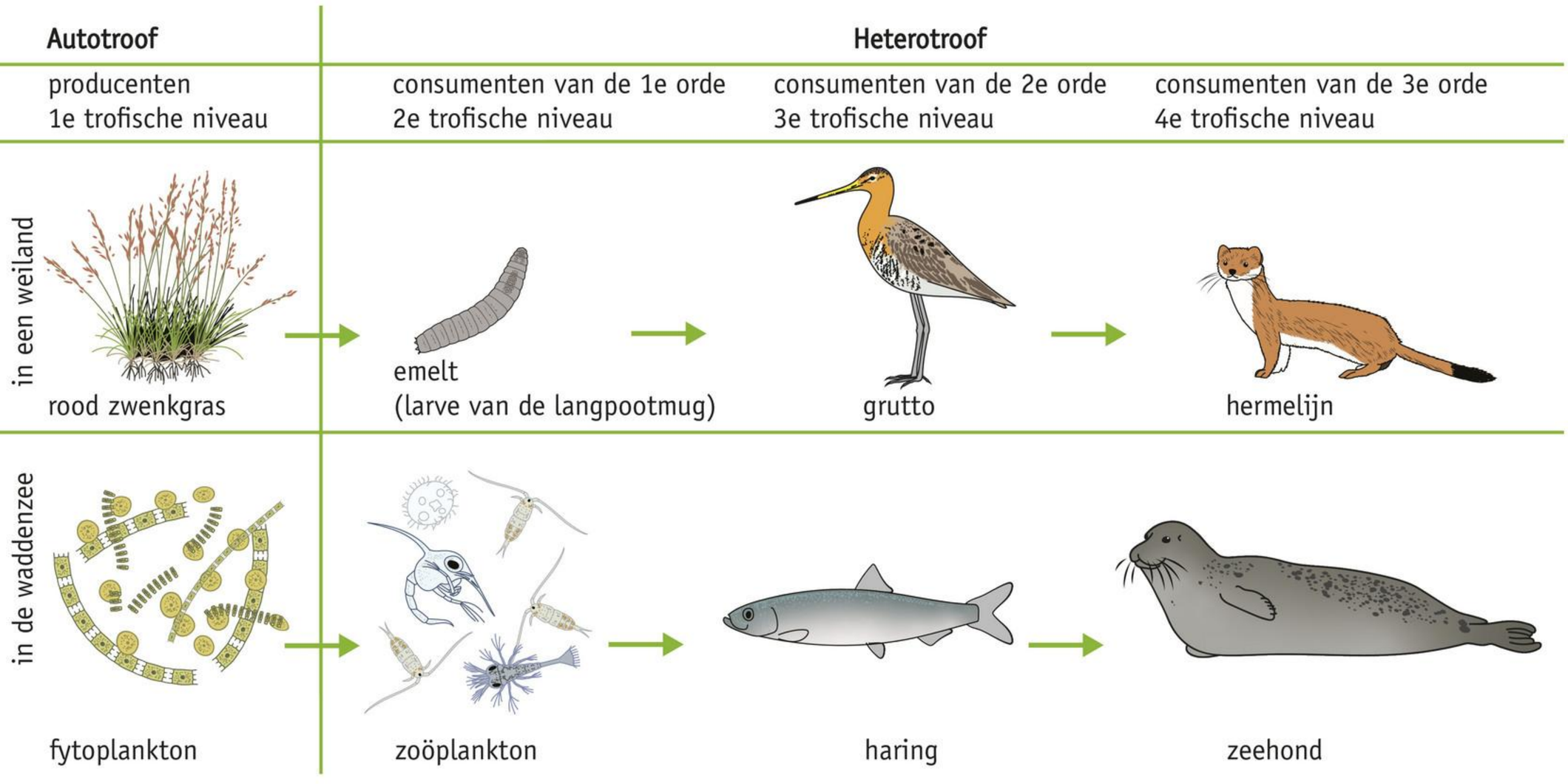
Producenten (planten en cyanobacteriën) zijn in staat met behulp van **fotosynthese** glucose (organische stof) te vormen uit de **anorganische stoffen** koolstofdioxide en water. Dit proces heet koolstofassimilatie. Voor koolstofassimilatie is energie nodig. Planten en cyanobacteriën gebruiken hiervoor de energie van licht (fotosynthese) en zijn autotroof.

Bij voortgezette assimilatie is glucose de grondstof voor de vorming van koolhydraten, eiwitten, vetten en DNA. Voor de voortgezette assimilatie in autotrofe organismen zijn onder andere anorganische stoffen (voedingszouten) nodig.

Heterotrofe organismen zijn niet in staat organische stoffen uit alleen anorganische stoffen te vormen. De meeste bacteriën, schimmels en dieren zijn heterotroof. Dit zijn de **consumenten**. Zij moeten voor de opbouw van hun cellen organische stoffen uit hun voedsel opnemen en bevinden zich daardoor in de tweede en alle volgende schakels van voedselketens. Daarnaast zijn er ook bacteriën en schimmels die dood materiaal afbreken tot anorganische stoffen. Dit zijn **reducenten**.

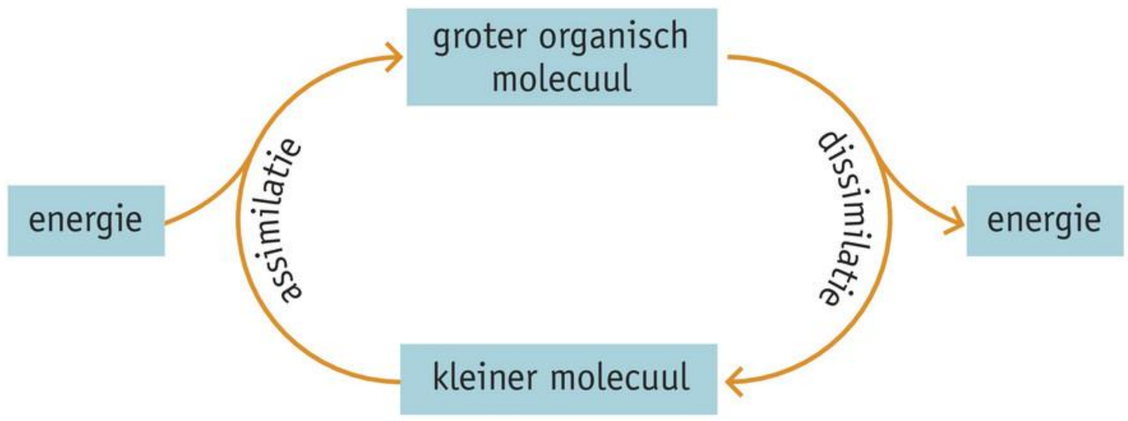
In de tweede schakel vind je de consumenten van de eerste orde, in de derde schakel de consumenten van de tweede orde, enzovoort (zie afbeelding 27). Consumenten van de eerste orde zijn planteneters (herbivoren). Alleseters (omnivoren) zijn te vinden bij de consumenten van de eerste tot de hoogste orde. Vleeseters (carnivoren) tref je aan vanaf de tweede orde.

■ **Afb. 27** Voedselketens.



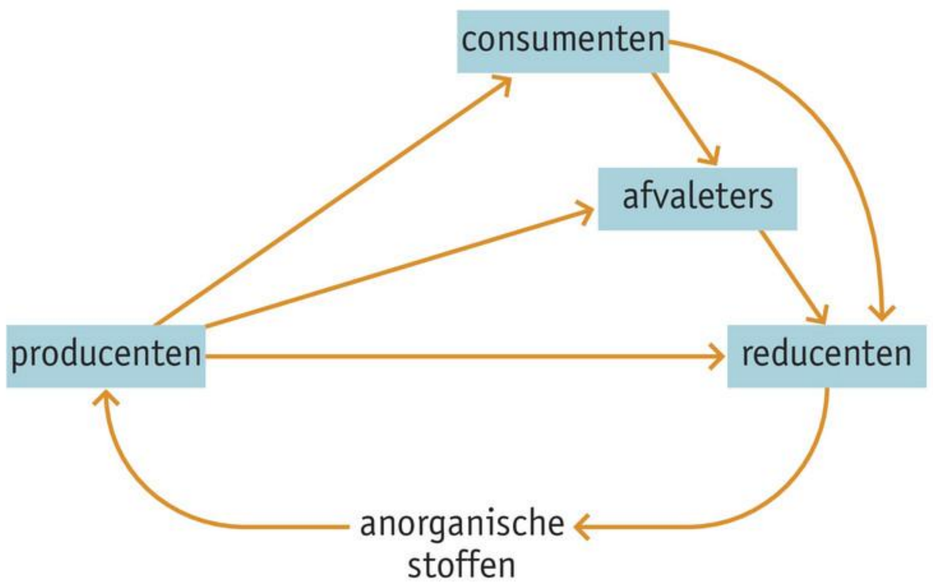
In grote organische moleculen ligt veel energie opgeslagen in de verbindingen tussen de atomen. Bij de afbraak van de organische moleculen komt deze energie weer beschikbaar. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij de verbranding van glucose in cellen. De afbraak van organische moleculen noem je **dissimilatie**. De energie die vrijkomt bij dissimilatie kan weer worden gebruikt voor assimilatie (zie afbeelding 28).

■ **Afb. 28** Assimilatie en dissimilatie.



Afvaleters kunnen dode resten van organismen eten. Net als alle andere dieren zijn afvaleters consumenten, met de bijzondere eigenschap dat ze leven van afgestorven resten van organismen (bladafval, uitwerpselen, dode dieren of planten). Reducenten (bacteriën en schimmels) breken de overgebleven dode resten af tot anorganische stoffen (koolstofdioxide, water, zouten). Dit heet mineralisatie. Producenten kunnen de vrijgekomen anorganische stoffen weer opnemen. Reducenten sluiten de kringloop van stoffen in een ecosysteem (zie afbeelding 29).

■ **Afb. 29** De kringloop van stoffen.



Opdrachten KENNIS

15 Wanneer planten uit de kruisbloemenfamilie (*Brassicaceae*) zoals bloemkool, broccoli en spruiten worden aangevreten door de rups van het koolwitje, maken ze geurstoffen aan die sluipwespen aantrekken. Een sluipwesp legt haar eieren in de rupsen van het koolwitje.

a Hoe noem je chemische stoffen die informatie overdragen tussen en binnen organismen?

b Koolplanten maken ook glucosinolaten aan wanneer insecten aan ze vreten. Door deze stoffen smaken de planten minder lekker of zijn ze giftig voor sommige soorten insecten. Uit onderzoek is gebleken dat ook na het snijden van kool in reepjes of roosjes het gehalte glucosinaten na een dag sterk is toegenomen.
Geef hiervoor een verklaring.

16 In afbeelding 25 is een voedselketen met een grutto weergegeven.

a Zoek in afbeelding 26 een voedselketen met de grutto. Zorg dat deze voedselketen andere organismen bevat dan het voorbeeld uit afbeelding 25.

b Welke organismen in afbeelding 26 zijn autotroof?

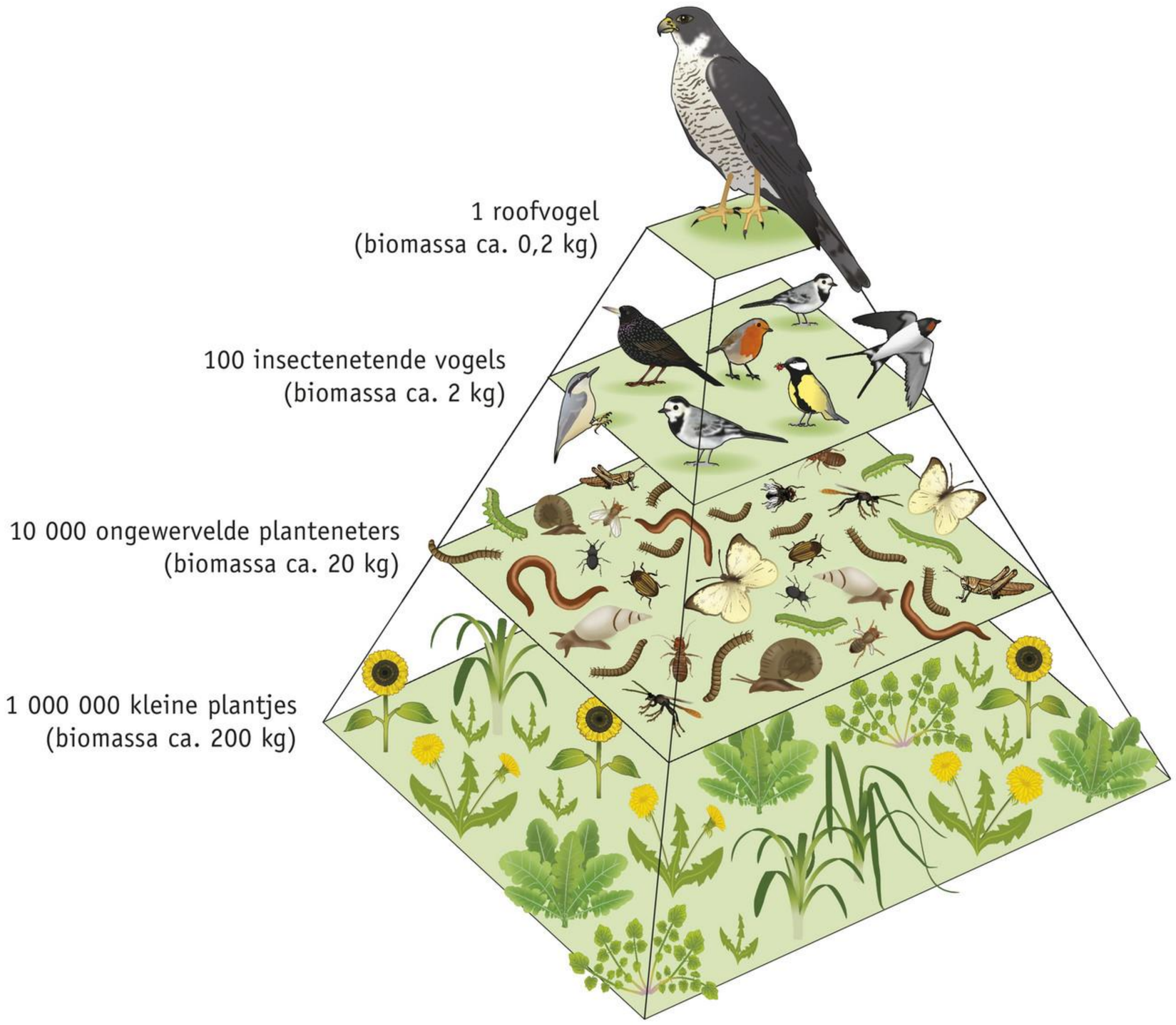
c De regenworm in afbeelding 26 is een afvaleter. Hij eet de afgestorven delen van planten.
Is de regenworm consument, producent of reducent?

d Tot welk trofisch niveau behoort de groene kikker in de voedselketens van afbeelding 26?

PIRAMIDEN EN STROMEN IN ECOSYSTEMEN

De organismen per trofisch niveau kun je weergeven in een ecologische piramide. In afbeelding 30 zie je per trofisch niveau het aantal organismen en de biomassa van die organismen. De **biomassa** is het totale gewicht van alle organische stoffen.

■ **Afb. 30** Ecologische piramide.



Meestal telt een trofisch niveau meer organismen dan het volgende niveau. Zo zijn er veel kleine ongewervelde herbivoren die als voedsel dienen voor een aantal vogels (zie afbeelding 31.1). De piramide van aantallen heeft dan een piramidevorm met een brede basis en een smalle top. Soms heeft een lager trofisch niveau minder organismen dan het volgende niveau. Het aantal bomen in een bos bijvoorbeeld is kleiner dan het aantal herbivoren (slakken, insecten, zaadetende vogels). De piramide van aantallen heeft dan geen piramidevorm.

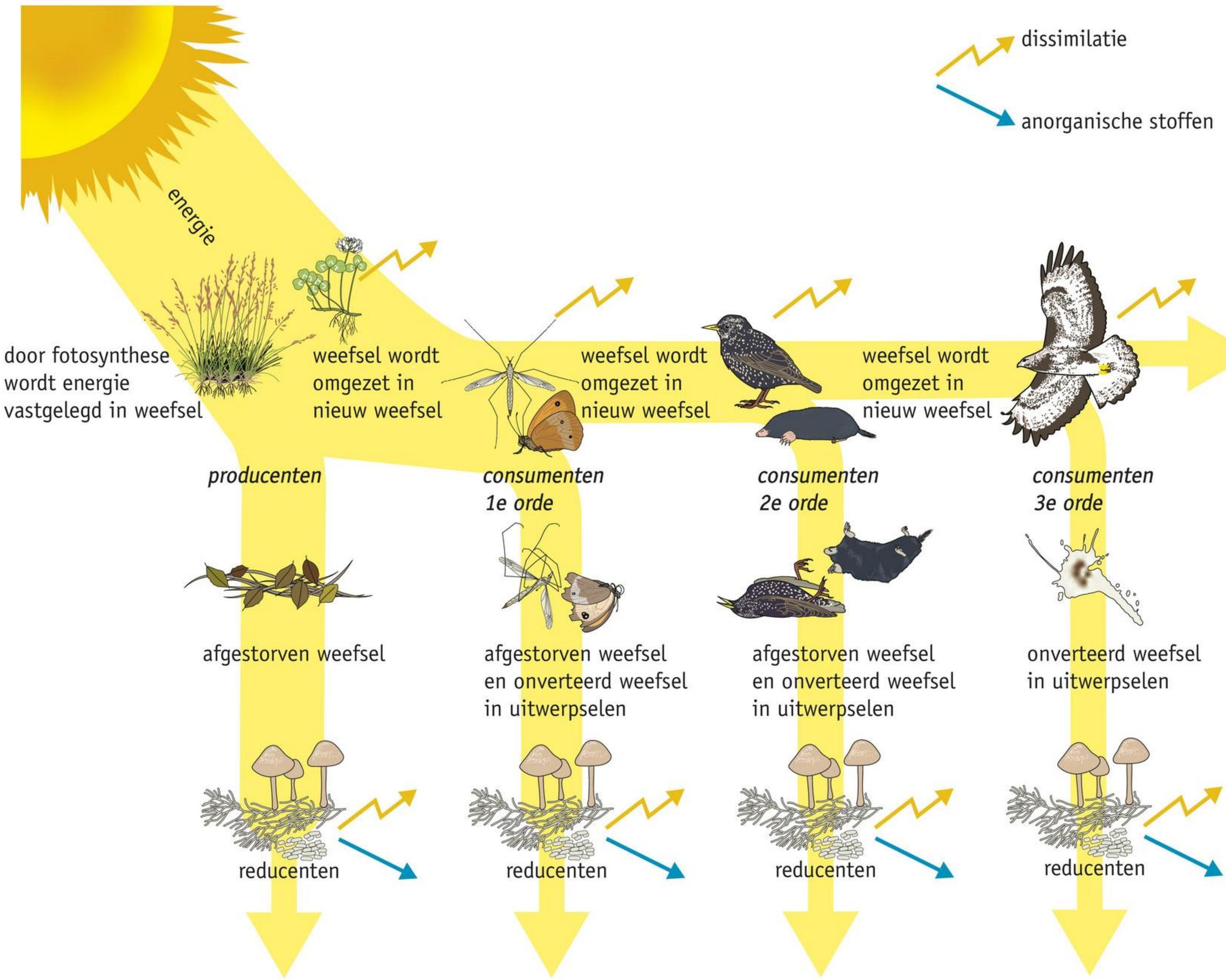
In een piramide van biomassa wordt de biomassa van elk trofisch niveau grafisch weergegeven. De piramide van biomassa heeft vrijwel altijd een piramidevorm, ook als de piramide van aantallen een afwijkende vorm heeft (zie afbeelding 31.2).

■ **Afb. 31** Piramiden van dezelfde voedselketen.

1 van aantallen **2** van biomassa

Een deel van de biomassa (energie) wordt doorgegeven aan het volgende trofisch niveau. Op deze manier ontstaat een energiestroom door het ecosysteem. Afbeelding 32 is een weergave van deze energiestroom.

■ **Afb. 32** Energiestroom in een ecosysteem.



Alle biomassa die producenten in een ecosysteem vormen, noem je de productie van het ecosysteem. De geproduceerde biomassa wordt voor een deel bij de dissimilatie verbruikt.

De weefsels van producenten kunnen afsterven en worden afgebroken door reducenten of worden gegeten. Als ze worden gegeten, komt de energie die in deze weefsels is vastgelegd terecht in de lichamen van consumenten van de eerste orde. Een deel van de gegeten weefsels verlaat het lichaam van de consumenten onverteerd met de ontlasting. Een ander deel wordt verteerd. De energie in de verteerde weefsels wordt door de consumenten vrijgemaakt bij de dissimilatie of benut bij de vorming van nieuwe weefsels.

De consumenten van de eerste orde kunnen sterven en worden afgebroken door reducenten of worden gegeten door consumenten van de tweede orde, enzovoort (zie ook *BiNaS* tabel 93A1).

Opdrachten KENNIS

17 De roofvogel in afbeelding 32 staat aan het einde van de voedselketen. Maar uiteindelijk zal ook hij voedsel worden.

a Voor welke groepen organismen wordt de roofvogel voedsel?

b In het ecosysteem bevatten de consumenten van de eerste orde meer vastgelegde energie dan de consumenten van de tweede orde.
Op welke drie manieren verdwijnt er energie uit de voedselketens tussen deze twee schakels?

18 Een bepaalde vlierstruik heeft een biomassa van 40 000 gram. Van deze vlierstruik leven honderd rupsen, met een gemiddelde biomassa van 1000 g. Van deze rupsen leeft één merel met een biomassa van 100 g.

a Maak een schematische tekening van een piramide van aantallen van deze voedselketen.

b Maak een schematische tekening van een piramide van biomassa van deze voedselketen.

c Welke ecologische piramide heeft vrijwel altijd een piramidevorm?

19 Mestkevers eten de mest (uitwerpselen) van andere soorten organismen.
Zijn mestkevers producenten, consumenten of reducenten? Leg je antwoord uit.

Opdrachten INZICHT

20 In een tropisch regenwoud leven veel meer organismen dan in een woestijn met hetzelfde oppervlak. Er is een verband tussen de productie van een ecosysteem en de totale biomassa van dat ecosysteem.

a Beschrijf welk verband er bestaat tussen de productie van een ecosysteem en de totale biomassa in dat ecosysteem.

b In afbeelding 33 zie je een piramide van biomassa.
Welk percentage van de energie die is vastgelegd in de biomassa van producenten komt in de hermelijn terecht? Geef de berekening.

■ **Afb. 33** Een piramide van biomassa.

c Er zijn veel planten nodig om een organisme aan het einde van een voedselketen in leven te houden. Deze organismen hebben daarom een groot territorium nodig. De meeste voedselketens hebben daarom maar drie tot vijf trofische niveaus. Waarom is er in een voedselketen geen plaats voor meer trofische niveaus?

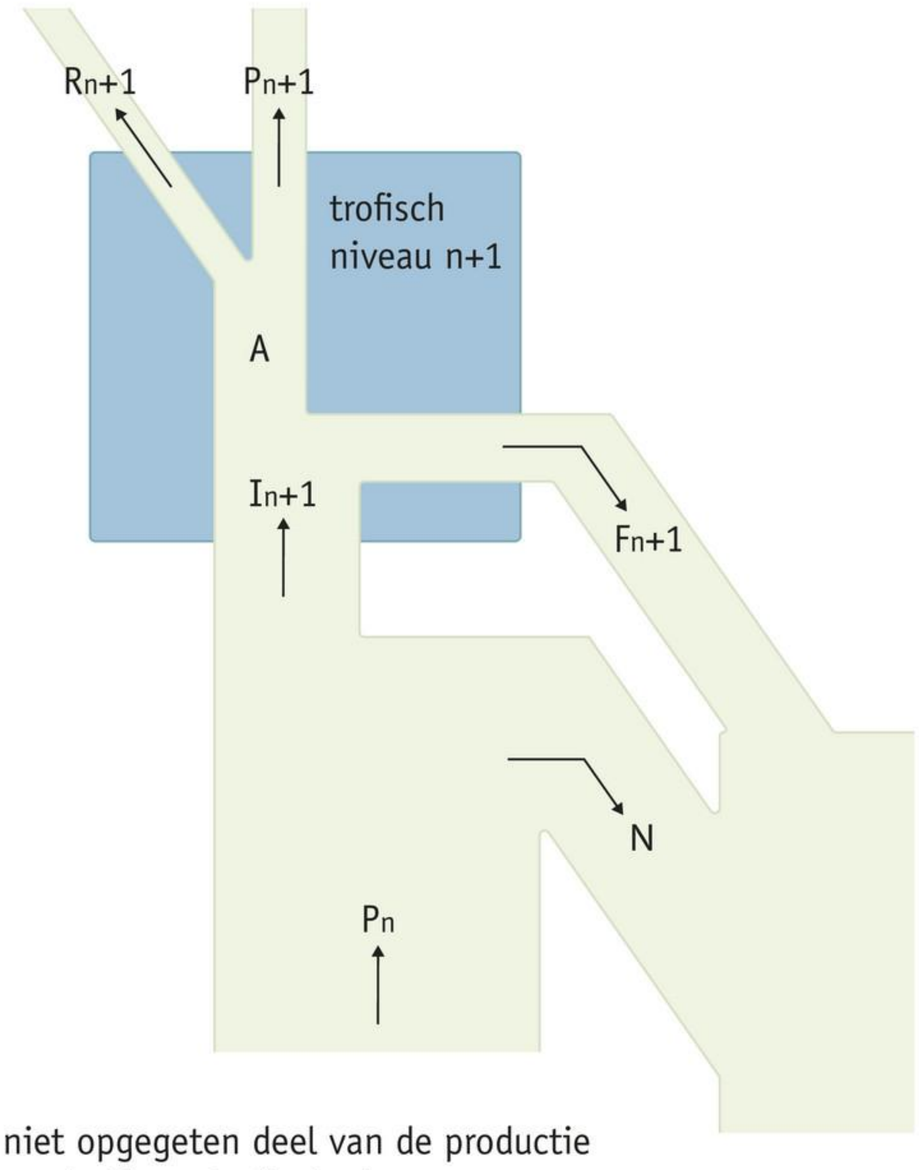
21 Afbeelding 34 is een weergave van het patroon van energiestromen in een ecosysteem.

a Wat geeft pijl R_{n+1} aan? Gebruik bij deze opdracht *BiNaS* tabel 93A.

b Kan trofisch niveau *n* een producent zijn? En kan trofisch niveau n een consument zijn? Leg je antwoord uit.

c Wat gebeurt er met de organische stoffen van *N* en F_{n+1}?

■ **Afb. 34** Energiestromen in een ecosysteem (bron: examen vwo 2000-2).



N = niet opgegeten deel van de productie
Pn = productie op trofisch niveau n
Pn+1 = productie op trofisch niveau n+1
In+1 = energieopname, in de vorm van organische stof, op trofisch niveau n+1
Fn+1 = energieverlies door uitwerpselen op trofisch niveau n+1
A = energieopname, in de vorm van organische stof, via het spijsverteringskanaal in het bloed

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

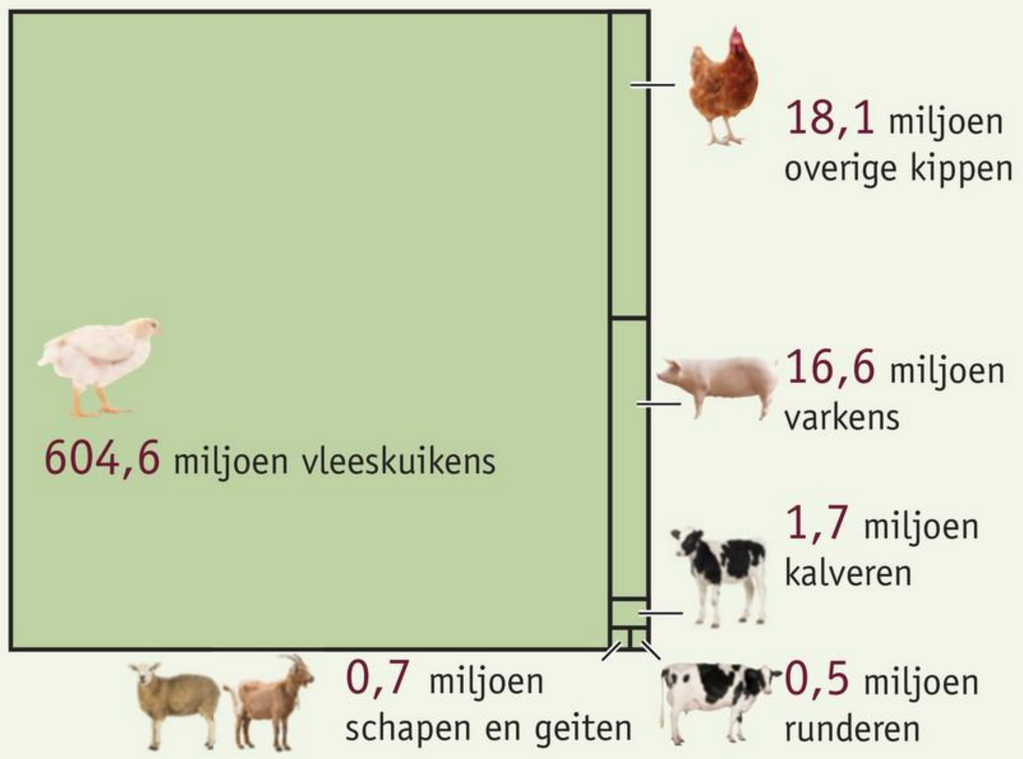
EEN ONSJE MINDER?

Steeds meer mensen in Nederland willen minder of geen vlees eten. Het beperken van dierenleed kan daarvoor een belangrijk argument zijn. In afbeelding 35 zie je hoeveel dieren er in Nederland in 2020 zijn geslacht. Daarnaast worden voor de productie van eieren 44 miljoen leghennen gehouden en voor de productie van melk 1,6 miljoen melkkoeien.

Leghennen leggen elke dag een ei. Net als andere vogels legden hun voorouders alleen in het broedseizoen eieren. Voor het produceren van de kalkschaal van een ei is calcium nodig. Er blijft daardoor weinig calcium over voor de opbouw van stevige botten. Die breken daardoor gemakkelijk. Er zijn kippenrassen die twintig jaar oud kunnen worden. Een leghen wordt na ongeveer anderhalf jaar een soepkip. De kip heeft dan ongeveer vijfhonderd eieren gelegd.

Net als andere zoogdieren geven melkkoeien pas melk als ze een jong hebben gekregen. Het kalfje wordt binnen twee dagen bij de moeder weggehaald. Een melkmachine tapt de melk af die was bedoeld voor het kalfje. Als het kalfje een stier is, wordt het vetgemest en geslacht als het ongeveer zeven maanden oud is. Dat gebeurt ook met een deel van de vrouwelijke kalfjes. Het andere deel wordt melkkoe. Een melkkoe moet elk jaar door kunstmatige inseminatie zwanger worden gemaakt om de melkproductie op gang te houden. Na vijf jaar wordt een melkkoe geslacht.

■ **Afb. 35** Het totaal aantal geslachte dieren in Nederland in 2020.



Opdrachten

22 In afbeelding 36 zie je een piramide van energie die is opgebouwd uit drie trofische niveaus.

a Wat geven de groene vlakken in deze piramide weer?

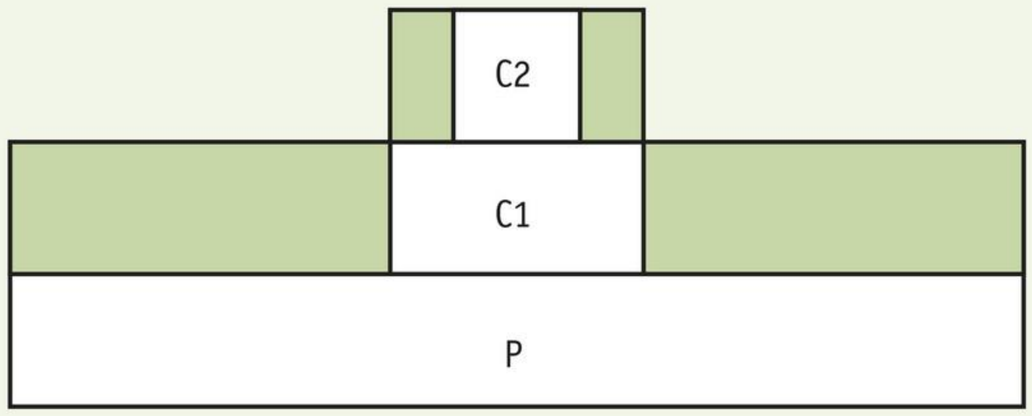
b Leg met behulp van deze afbeelding uit dat er minder energieverlies is als je planten eet in plaats van dieren.

c In Nederland zie je steeds minder melkkoeien in de wei. Veel koeien staan de hele dag op stal. Een reden hiervoor is dat de kwaliteit van het weidegras niet constant is. Een andere reden is dat er meer energieverlies is door dissimilatie.
Leg uit waarom dit voor boeren een reden kan zijn om hun koeien op stal te houden.

d Ongeveer driekwart van alle landbouwgrond in de wereld wordt gebruikt voor de productie van veevoer en voor begrazing.
Leg uit dat dit de biodiversiteit bedreigt wanneer de wereldbevolking blijft groeien en we niet minder vlees gaan eten.

e Mensen die minder of geen vlees willen eten, kiezen vaak voor vleesvervangers waar soja in is verwerkt. Van alle soja die er in de wereld wordt geproduceerd is 76% veevoer, 4% is voor de industrie, 13% procent voor sojaolie en 7% voor menselijke consumptie in de vorm van sojamelk en vleesvervangers als tofu en tempé.
Leg uit waarom er minder landbouwgrond voor het verbouwen van soja nodig is wanneer meer mensen vleesvervangers gaan eten waarin soja is verwerkt.

■ **Afb. 36** Piramide van energie.



4 VERANDERENDE ECOSYSTEMEN

LEERDOELEN

7.4.1 Je kunt aan de hand van kenmerkende soorten enkele ecosystemen beschrijven.

7.4.2 Je kunt veranderingen in een ecosysteem beschrijven.

7.4.3 Je kunt in een model gegeven informatie over ecosystemen gebruiken, bewerken en analyseren.

▶ Practicum 2

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	7.4.1	**7.4.2**	**7.4.3**
Onthouden	24b, 25b		26d
Begrijpen		23, 24ac, 25a	26abc
Toepassen	27c, 29bc	27a, 29a	27d
Analyseren		27b	28, 29d

Een brand verwoest de begroeiing in een bos met alle insecten en organismen die in de bovenste laag van de grond leven. Het duurt even, maar uiteindelijk groeien er weer planten en keren de dieren terug in het gebied. Het bos herstelt zich weer (zie afbeelding 37).

■ **Afb. 37** Begroeiing na een bosbrand.

PIONIER- EN CLIMAXECOSYSTEEM

In de natuur blijft een kale bodem niet lang onbegroeid. De plantengroei maakt het mogelijk dat ook andere organismen zich er kunnen vestigen. Als je niet ingrijpt, verandert de soortensamenstelling in de loop van de tijd voortdurend en komen er steeds meer soorten bij. De oorspronkelijke kale bodem groeit uiteindelijk helemaal dicht. Het proces waarbij de soortensamenstelling in een gebied verandert en het ecosysteem geleidelijk overgaat in een ander ecosysteem, noem je **successie**. Wanneer de soortensamenstelling in het gebied na een bepaalde tijd niet meer verandert, is het eindstadium van de successie bereikt. Deze fase noem je een **climaxecosysteem**.

De eerste planten en dieren die zich vestigen op kale grond noem je pioniersoorten. Ze vormen het beginstadium van de successie: een pioniersecosysteem. Er zijn maar weinig soorten bestand tegen de zeer ongunstige omstandigheden die in een pioniersecosysteem heersen. Er is bijvoorbeeld geen beschutting tegen zon en wind, de temperatuurverschillen kunnen groot zijn en de bodem bevat geen humus. Dat is een mengsel van organische en anorganische stoffen en micro-organismen. Doordat er in een pioniersecosysteem maar weinig soorten voorkomen, is de biomassa klein en het voedselweb eenvoudig.

Door de komst van de pioniersoorten veranderen de omstandigheden:

- Door afgestorven planten komt er humus in de bodem.
- Schaduw zorgt voor kleinere temperatuurverschillen.
- Er is beschutting tegen de wind.

Door humus en minder extreme abiotische factoren kunnen zich andere plantensoorten in het gebied vestigen. Daardoor komen er ook andere soorten dieren. Langzaam wordt het terrein geschikt voor steeds meer soorten organismen en neemt de biodiversiteit toe. Hierdoor wordt het voedselweb ook steeds ingewikkelder. Tijdens de successie is de productie van weefsels in een ecosysteem groter dan de afbraak van weefsels, waardoor de biomassa toeneemt. In de vegetatie ontstaan verschillende lagen. Laag bij de bodem groeien bijvoorbeeld mossen en kruidachtige zaadplanten, daarboven groeien struiken en bomen. Bij het bereiken van het eindstadium van de successie, het climaxecosysteem, is er sprake van:

- De abiotische factoren en de soortensamenstelling zijn min of meer constant.
- De productie is ongeveer even groot als de afbraak van weefsels, waardoor de biomassa vrijwel gelijk blijft.
- De kringloop van stoffen is gesloten: er vindt weinig uitwisseling plaats met de omgeving van het ecosysteem.
- De biodiversiteit heeft zijn maximale waarde bereikt.

Een voorbeeld van een successie is dat op een pasgevormd duin eerst de pioniersoorten helm en biestarwegras verschijnen (zie afbeelding 38). Met hun wortels houden ze het zand bij elkaar en als ze afsterven, komt er humus in de bodem. Al snel vestigen zich de eerste dieren zoals springstaarten tussen de planten. In het volgende stadium van de successie zijn biestarwegras en helm verdrongen door mossen en kruidachtige planten zoals struikheide en dopheide. Dat geeft bijvoorbeeld verschillende soorten vlinders, vogels en konijnen de kans zich hier te settelen. Daarna ontstaat het duinstruweel met bijvoorbeeld duindoorn, meidoorn en kruipwilg. Het eindstadium van de successie is het duinbos met bijvoorbeeld abelen en berken, varens en verschillende soorten paddenstoelen.

DE HYPOFYSE EN DE HYPOTHALAMUS

De **hypofyse** ligt ongeveer in het midden van je hoofd onder je hersenen. De hypofyse produceert verschillende hormonen. Sommige daarvan, zoals thyreoïdstimulerend hormoon (TSH), follikelstimulerend hormoon (FSH) en luteïniserend hormoon (LH), beïnvloeden de werking van andere hormoonklieren (zie afbeelding 8). Het gedeelte van de hersenen dat net boven de hypofyse ligt, is de **hypothalamus**. De hypothalamus regelt de secretie van hormonen door de hypofyse. Via de hypothalamus en de hypofyse zijn het zenuwstelsel en het hormoonstelsel met elkaar verbonden.

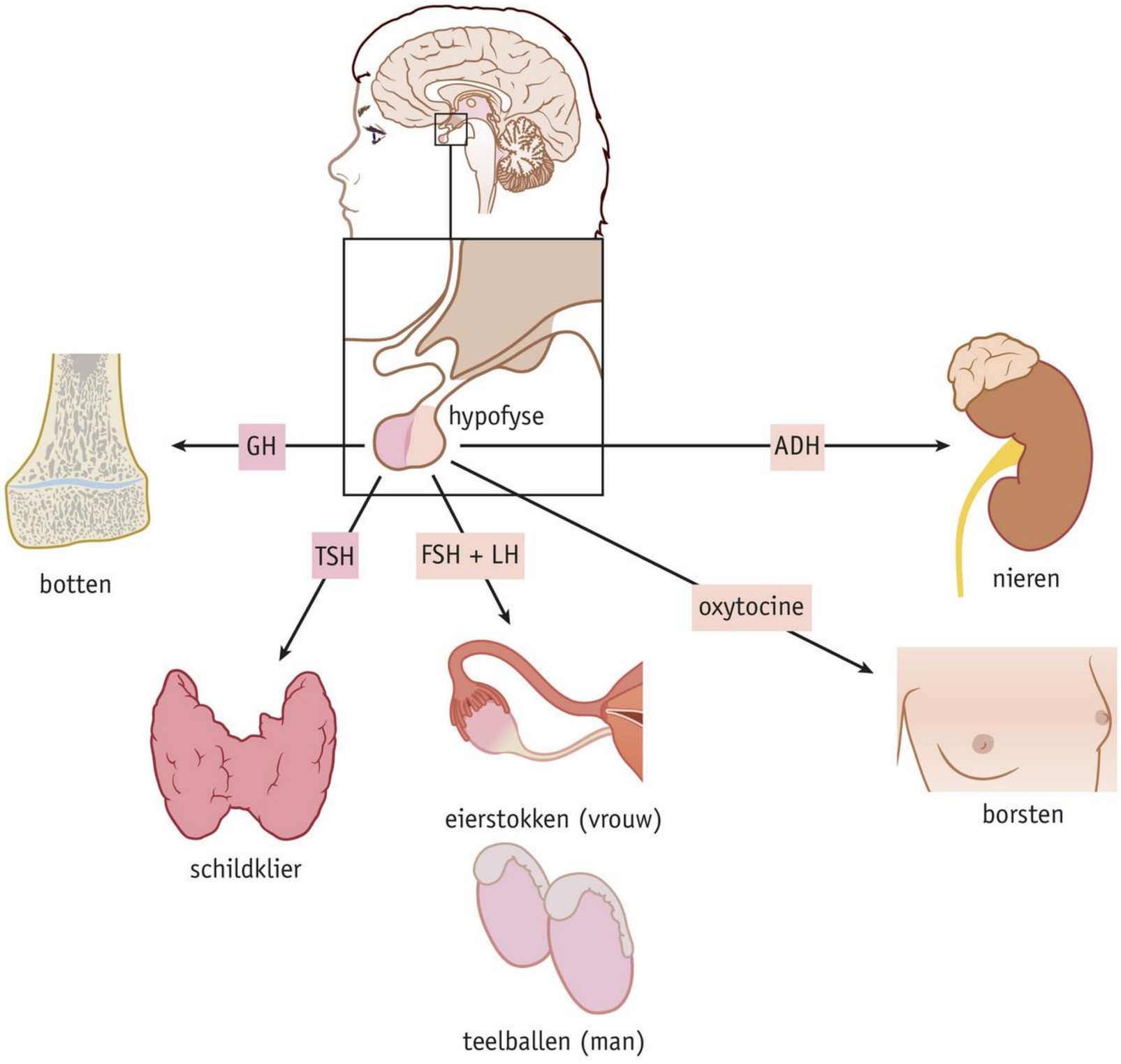
De hypofyse produceert onder andere groeihormoon (GH). Dit hormoon regelt de groei en ontwikkeling. In de puberteit stimuleert het groeihormoon de groei van de beenderen. Als de hypofyse tijdens de groei te veel groeihormoon produceert, kan dat reuzengroei veroorzaken. Produceert de hypofyse tijdens de groei te weinig groeihormoon, dan kan dwerggroei ontstaan.

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

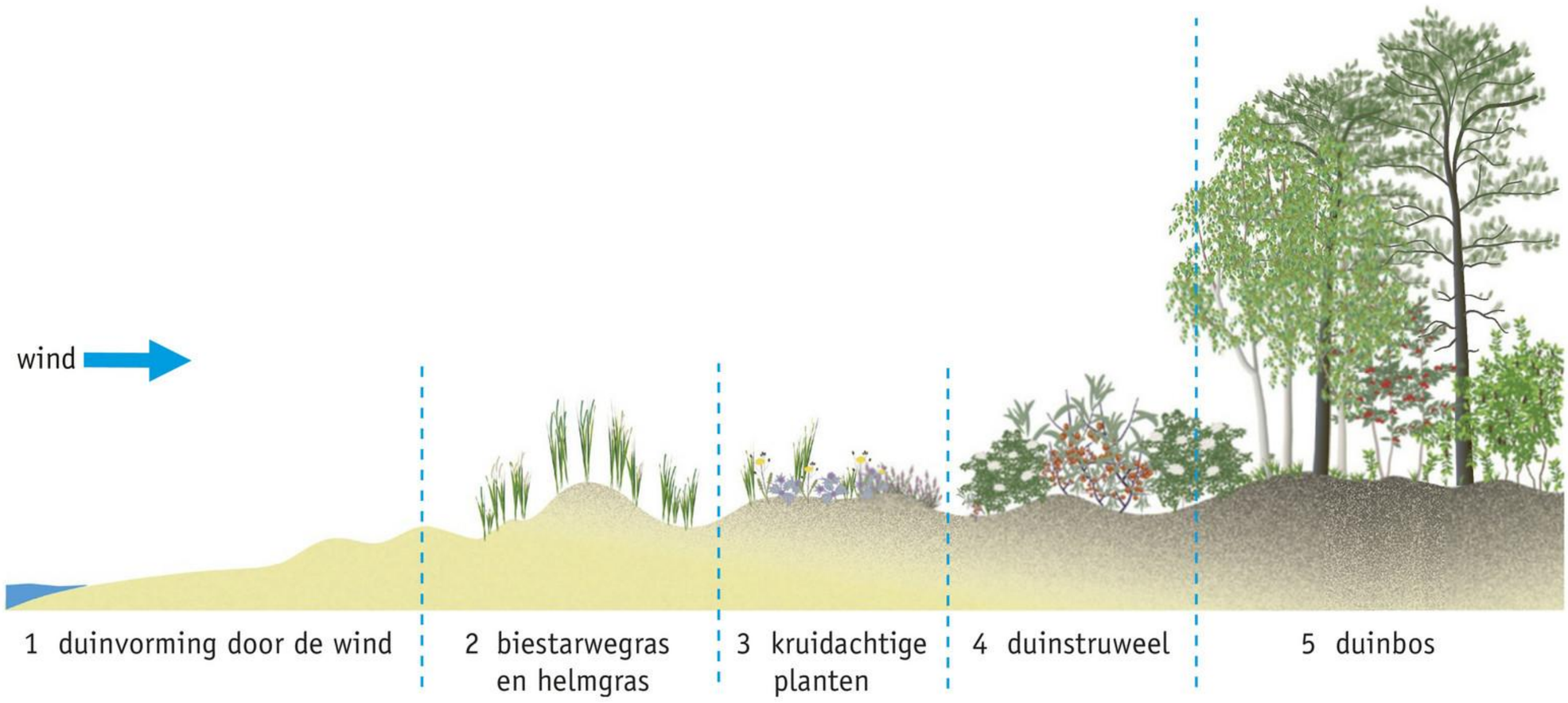
Oxytocine stimuleert het ontstaan van weeën aan het einde van de zwangerschap en tijdens de geboorte. Na de geboorte zorgt oxytocine bij het zogen voor de melksecretie uit de melkklieren in de borsten.

Follikelstimulerend hormoon (FSH) en luteïniserend hormoon (LH) spelen een rol bij de productie van geslachtscellen en zetten de geslachtsorganen aan tot het produceren van geslachtshormonen.

■ **Afb. 8** Hormonen die zijn geproduceerd door de hypofyse en hun doelwitorganen.



■ **Afb. 38** Successie in een duingebied.



Andere voorbeelden van climaxecosystemen zijn tropische regenwouden, koraalriffen en loofbossen. Elk climaxecosysteem heeft kenmerkende soorten. In loofbossen in Nederland komen bijvoorbeeld eekhoorns, everzwijnen, konijnen, herten, wolven, bosbes, eiken, beuken en varens voor.

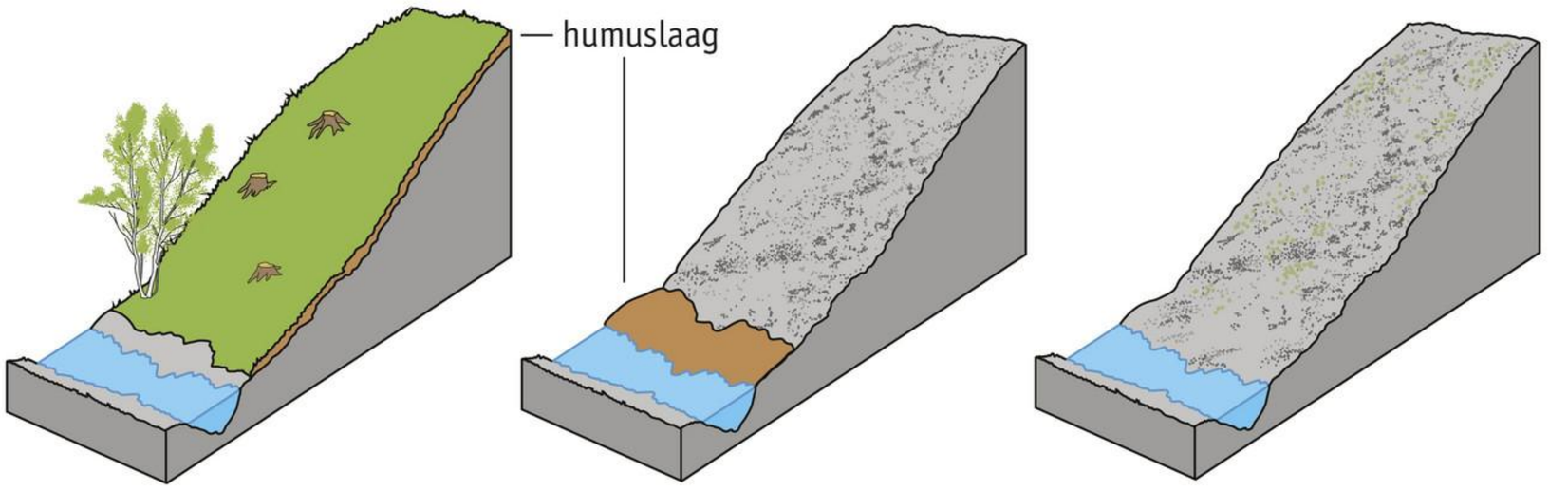
PRIMAIRE EN SECUNDAIRE SUCCESSIE

Climaxecosystemen zijn kwetsbaar voor veranderingen van buitenaf. Tropische regenwouden bijvoorbeeld zijn zeer kwetsbaar doordat de bodem slechts weinig humus bevat. De diversiteit aan afvaleters en reducenten is er groot, waardoor dode planten en dierenresten snel worden omgezet in anorganische stoffen. Deze stoffen bevinden zich slechts korte tijd in de bodem, want ze worden vrijwel direct door de planten opgenomen.

De kringloop in een climaxecosysteem is gesloten. Als in een tropisch regenwoud bomen worden gekapt en afgevoerd, wordt de bodem blootgesteld 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. Dit noem je **primaire successie**. Het kan tientallen jaren duren voordat zulke gebieden weer begroeid raken (zie afbeelding 39).

■ **Afb. 39** Primaire successie na erosie.



Als een stuk loofbos is gekapt, blijft er een kale plek achter waar de abiotische factoren voor de organismen ongunstig zijn. Toch raakt de kale plek meestal weer snel begroeid. Dat komt doordat de successie niet helemaal van voren af aan hoeft te beginnen, want de bodem van het loofbos bevat al humus, vooral in de bovenste laag. Daardoor kunnen soorten uit de omgeving zich er snel en gemakkelijk vestigen.

De kringloop van stoffen is open. Er kan bijvoorbeeld gemakkelijk bodemmateriaal worden afgevoerd. Er kunnen ook gemakkelijk populaties immigreren. Deze situatie noem je **secundaire successie**. De successie naar het climaxecosysteem verloopt in een snel tempo.

INDICATORSOORTEN

Soorten die een aanwijzing geven over een kenmerk van het milieu waarin ze voorkomen, heten indicatorsoorten. Een indicatorsoort geeft aanwijzingen voor bijvoorbeeld de zuurgraad, het vochtgehalte, de voedselrijkdom, het zoutgehalte, de vervuiling en de biodiversiteit. Zo tref je in Nederland watermijten vooral aan in schoon water en weinig in vervuild water. Als je maretak in de natuur tegenkomt, kun je er vrij zeker van zijn dat er kalk in de bodem zit. En als de vleesetende plant ronde zonnedauw ergens groeit, is de bodem stikstofarm en vochtig.

Opdrachten KENNIS

23 Noteer de volgende begrippen op de juiste plek in de tabel.
Kies uit: *blijft gelijk – één laag – eenvoudig – gematigd –gesloten – humusarm – humusrijk – ingewikkeld – meerdere lagen – open – snelle afwisseling van soorten – soortenarm – soortenrijk – sterk wisselend – toename – weinig verandering in soorten.*

Factor	Pioniérecosysteem	Climaxecosysteem
Abiotische factoren		
Kringlopen		
Biomassa		
Bodem		
Vegetatie		
Biodiversiteit		
Voedselweb		
Snelheid van successie		

24 Afbeelding 40.1 is een foto van een ‘landslide area’: een gebied waar erosie heeft plaatsgevonden doordat de bovenste laag van de bodem naar beneden is geschoven.

a Is er sprake van primaire of van secundaire successie wanneer op de helling weer planten gaan groeien?

b Hoe noem je de eerste planten en dieren die zich vestigen op kale grond?

c Het stuk land in afbeelding 40.2 is kaal gemaakt en staat te koop. Als het land een tijdje te koop staat, zal het weer begroeien.
Leg uit waarom de successie hier sneller zal verlopen dan de successie op de helling van afbeelding 40.1.

■ **Afb. 40** Successie.

1 na erosie

2 kaal gemaakt voor bebouwing

25 Als schapen er niet zouden grazen, zou de heide snel dichtgroeien (zie afbeelding 41). Schapen eten het gras dat tussen de heide groeit weg en eten de malse, jonge boompjes op voordat die de kans krijgen groter te worden.

a Leg uit waarom het ecosysteem heide een tussenstadium van de successie is.

b Heide ontstaat op voedselarme grond. Op droge heide tref je voornamelijk struikheide (*Calluna vulgaris*) aan. Op de natte heide groeit vooral dopheide (*Erica tetralix*). Door te kijken welke soort heide er in een gebied voorkomt weet je dus of de bodem over het algemeen droog of vochtig is.
Hoe noem je soorten die een aanwijzing geven over een kenmerk van het milieu waarin ze voorkomen?

■ **Afb. 41** Een heideveld met schapen.

MODELLEREN VAN DE NATUUR

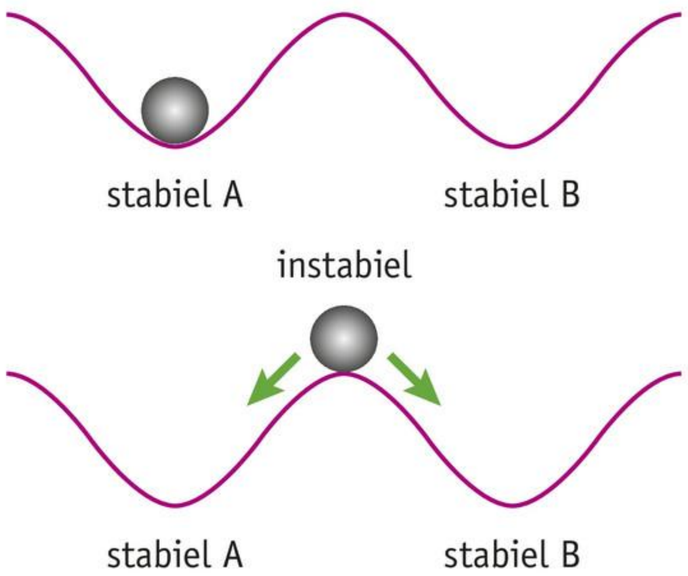
Biotische en abiotische factoren kunnen veranderen, waardoor de soortensamenstelling in een gebied verandert. Hierbij hebben veel factoren invloed op elkaar. Om alle processen te begrijpen is onderzoek nodig. Dat kost tijd en veel geld. Een alternatief is modelleren: daarbij ontwikkel je een computermodel om een bepaalde situatie te kunnen analyseren. Een model is een vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid. Doordat het bij een ecosysteem gaat om een dynamisch systeem dat verandert in de loop van de tijd, is een computermodel heel geschikt om ecologisch onderzoek te doen.

TWEE EVENWICHTSSITUATIES

Konijnen eten grassen, kruiden en jonge struiken. Als hoge grassen en jonge struiken niet worden weggegeten, verdringen ze de kruiden en lage grassen. Bij een lage dichtheid aan konijnen zijn er daardoor weinig kruiden en lage grassen. Bij een hoge dichtheid aan konijnen zijn er juist veel lage grassen en kruiden. Daardoor is er afwisseling in de begroeiing met veel soorten. Beide situaties zijn stabiel, dus in beide situaties is er een biologisch evenwicht.

Bevindt een systeem zich in een van beide toestanden, dan houdt het zichzelf in stand. Bij een kleine verstoring zal het terugkeren naar het evenwicht waarin het zich bevond. Dit is in afbeelding 42 weergegeven met een balletje in een landschap met twee dalen met daartussen een heuvel. Als het balletje in een dal ligt, is de toestand stabiel. Bij een klein duwtje rolt het balletje iets de helling op, maar valt daarna weer terug in het dal (evenwicht). Om van het ene dal naar het andere te komen, heeft het balletje een flinke duw nodig. De instabiele toestand is de heuvel. Daar is een klein zetje al genoeg om het balletje naar een andere evenwichtstoestand te bewegen.

■ **Afb. 42** De relatie tussen twee evenwichten.



Een voorbeeld van zo'n flinke duw die een ecosysteem uit een stabiele toestand kan brengen is een epidemie onder konijnen. Een konijnenpopulatie neemt hierdoor sterk af. Taaie planten en hoge grassen in het duin, zoals duinriet en struiken, krijgen de kans om uit te groeien. Ze verdringen dan de lage grassen en kruiden. Voor konijnen wordt het gebied dan minder geschikt om in te leven, want ze eten geen volwassen houtachtige planten. De populatie konijnen zal niet meer zo groot worden als voor de epidemie. Er ontstaat een nieuw evenwicht.

Opdrachten KENNIS

26 In afbeelding 42 staat 'stabiel A' voor de situatie waarin er veel konijnen zijn.

a Beschrijf de vegetatie van de duinen in deze situatie.

b Doordat de konijnenpopulatie sterk afneemt, verschuift de situatie naar 'stabiel B'. Beschrijf de vegetatie van de duinen in deze situatie.

c Situatie B is stabiel en daardoor is het niet gemakkelijk om vanuit deze situatie terug te gaan naar situatie A, de situatie met veel konijnen.
Leg uit waarom het niet gemakkelijk is om terug te gaan naar een situatie met veel konijnen vanuit situatie B.

d Welke biotische factor is de oorzaak van de verschuiving van situatie A naar situatie B?

Opdrachten INZICHT

27 Wilgenroosje (*Chamaenerion angustifolium*, zie afbeelding 43) groeit in het bos op plaatsen waar de bomen zijn verdwenen door houtkap of door een bosbrand. Het is een van de eerste soorten die na een bosbrand opkomt (zie afbeelding 37). De Engelse naam is dan ook fireweed.

a Is er na een bosbrand sprake van primaire of secundaire successie? Leg je antwoord uit.

b Op de open plekken die ontstaan door houtkap of een bosbrand is er veel meer lichtinval, waardoor de temperatuur op die plek toeneemt. Onder deze omstandigheden mineraliseert humus sneller en stijgt de hoeveelheid voedingsstoffen op de open plek.
Leg uit waarom de hoeveelheid voedingsstoffen in de bodem van de open plek stijgt door meer lichtinval en een hogere temperatuur.

c Wilgenroosje is een indicatorsoort.
Welke twee abiotische factoren zijn kenmerkend voor het milieu waarin wilgenroosje voorkomt?

d Een half jaar na een bosbrand kan de oliebolzwam (*Rhizina undulata*, zie afbeelding 44) verschijnen. Dit is een voorbeeld van een brandplekpaddenstoel: paddenstoelen die alleen verschijnen nadat er brand is geweest.
Een ecoloog wil een computermodel maken van de relatie tussen het aantal brandplekpaddenstoelen en het voorkomen van bosbranden in Nederland.
Welke relatie is er tussen het aantal brandplekpaddenstoelen en het voorkomen van bosbranden?

■ **Afb. 43** Wilgenroosje.

■ **Afb. 44** Oliebolzwam.

28 Laten vossen in Australië inheemse soorten uitsterven?

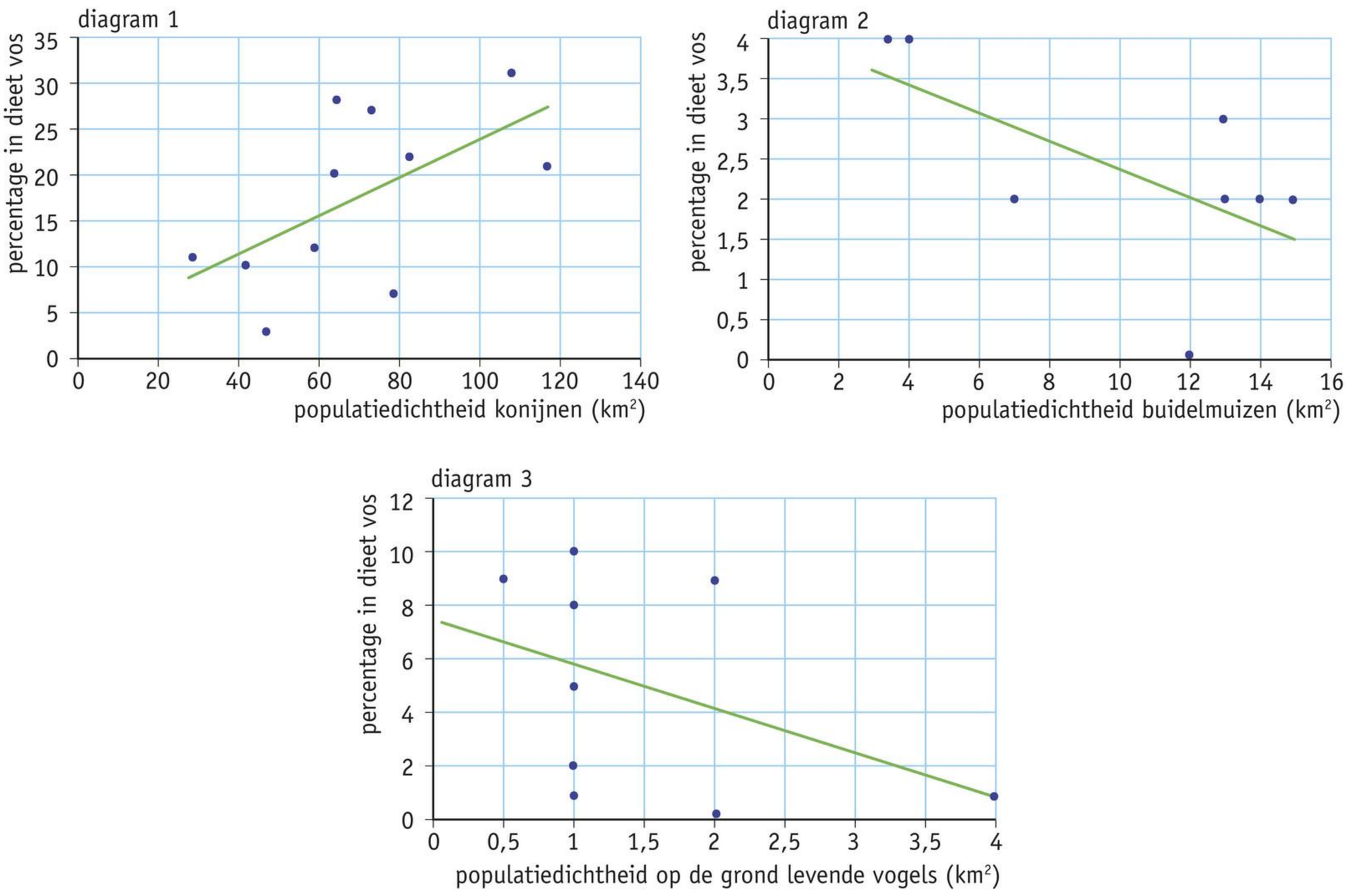
Naar: Voorronde Biologie Olympiade 2020, vraag 26.

In een Australisch onderzoek naar de prooivoorkeur van vossen werd gekeken naar de dichtheid van verschillende prooidieren (konijnen, buidelmuizen en op de grond levende vogels) en het percentage van deze prooidieren in het dieet van de vos. De resultaten zijn weergegeven in de diagrammen van afbeelding 45. Een bewering over de verbanden in de diagrammen is: als er weinig buidelmuizen en op de grond levende vogels zijn, stappen de vossen over op konijnen als prooidieren.

a Wordt deze bewering wel of niet ondersteund door de weergegeven verbanden?

b Een andere bewering over de verbanden in de diagrammen is: de kans dat op de grond levende vogels door de vos uitsterven in het onderzochte gebied is groter dan de kans dat konijnen daar door de vos uitsterven.
Wordt deze bewering wel of niet ondersteund door de weergegeven verbanden?

■ **Afb. 45** Het percentage van verschillende prooidieren in het dieet van de vos.



Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

GRAZERS OP SCHIERMONNIKOOG

Je moet niet verbaasd zijn als je in de duinen van Schiermonnikoog plotseling oog in oog komt te staan met gevaarlijk ogende sayaguesarunderen of vriendelijke exmoorpony's (zie afbeelding 46). Sayaguesa's zijn runderen die behoren tot een zeldzaam Spaans ras. Ze zijn in 2015 in het duingebied neergezet door Natuurmonumenten om het dichtgroeien van de duinen met grassen en struiken tegen te gaan. In 2017 kregen de sayaguesa's gezelschap van zes exmoorpony's. De runderen en pony's zijn bij uitstek geschikt voor het begrazen van schrale natuurgebieden. Natuurmonumenten wil daarmee open stuivende duinen behouden. In dit type duinen kom je dieren en planten tegen die je verder vrijwel nergens in Nederland ziet. Veel van deze soorten worden met uitsterven bedreigd.

De open stuivende duinen verdwijnen door het hoge gehalte aan stikstof in de lucht. Door deze meststof groeien grassen en struiken erg goed. Vroeger aten konijnen de grassen en de jonge kiemplanten van bomen en struiken op. Maar de populatie konijnen is tegenwoordig zo klein, dat zij de successie niet meer kunnen stoppen.

De sayaguesa's en exmoorpony's vullen elkaar aan. De runderen eten hoge grassen en kruiden en in de zomer eten ze ook takken en twijgen van onder andere de vlier en Amerikaanse vogelkers. Exmoorpony's eten in de zomer korte grassen en in de winter stugge grassen en twijgen en bast van bomen. Door het verschil in begrazing ontstaat een landschap met variatie in hoge en lage vegetatie.

■ **Afb. 46** Grote grazers: sayaguesarunderen en exmoorpony's.

Opdrachten

29 Sayaguesa's remmen de successie in het duinlandschap van Schiermonnikoog af.

a Waardoor verloopt de successie in het duinlandschap van Schiermonnikoog snel?

b Een van de soorten die Natuurmonumenten in het duingebied van Schiermonnikoog wil behouden is de honingorchis (*Herminium monorchis*, zie afbeelding 47). Deze plant kom je tegen in de duinen op vochtige, kalkhoudende zandgrond.
Is de honingorchis een pioniersoort? Leg je antwoord uit.

c Is de honingorchis een indicatorsoort? Leg je antwoord uit.

d De konijnenpopulatie op Schiermonnikoog is door ziekten sterk afgenomen.
Leg uit waarom het niet waarschijnlijk is dat de konijnenpopulatie op Schiermonnikoog weer zo groot zal worden als voor de uitbraak van de ziekten.

■ **Afb. 47** De honingorchis.

5 KRINGLOPEN

LEERDOELEN

7.5.1 Je kunt de koolstofkringloop beschrijven.
7.5.2 Je kunt de stikstofkringloop beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	7.5.1	**7.5.2**
Onthouden	30b	32ac
Begrijpen	30ac, 31	32bd, 33
Toepassen	34	35a, 36b, 37b, 38
Analyseren	37d	35b, 36a, 37ac

Door aanscherping in de mestwetgeving, schaarste van grondstoffen, hogere kosten van kunstmest en grotere aandacht voor de aantasting van de omgeving zijn steeds meer agrarische ondernemers zich bewust van het belang van het sluiten van kringlopen.

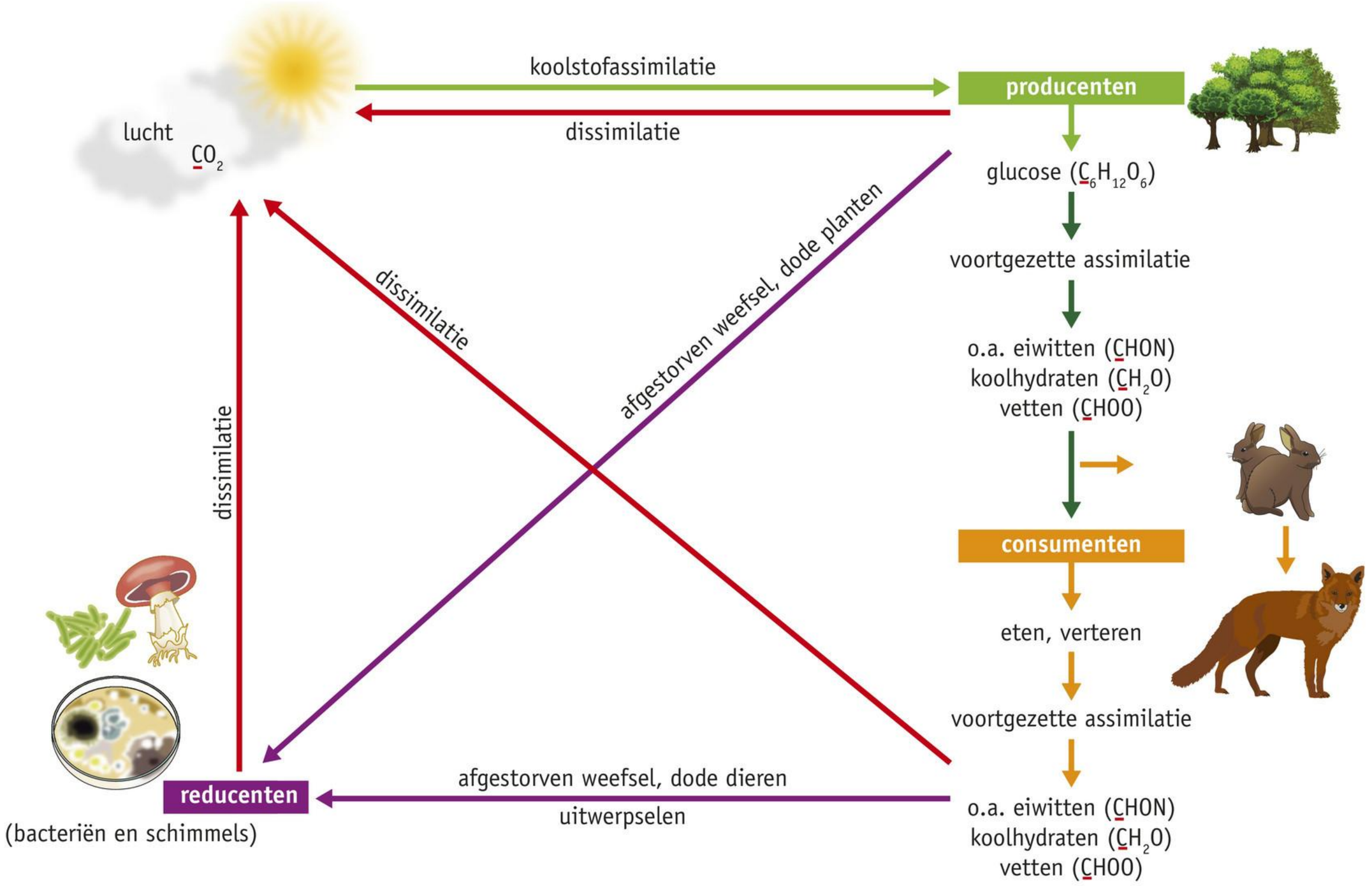
KOOLSTOFKRINGLOOP

Koolstof (C) komt in de lucht voor in koolstofdioxidemoleculen (CO_2). In organismen komt koolstof voor in alle moleculen van organische stoffen. In de levenloze natuur komt koolstof voor in bijvoorbeeld rotsen. Koolstof doorloopt een kringloop in het systeem aarde. In afbeelding 48 is deze **koolstofkringloop** schematisch weergegeven, zie *BiNaS* tabel 93F.

Lucht bestaat voor ongeveer 0,04% uit CO_2. Autotrofe organismen gebruiken CO_2 uit de lucht om door fotosynthese glucose ($C_6H_{12}O_6$) te vormen (koolstofassimilatie). Een deel van die glucose verbruiken ze bij de dissimilatie. De CO_2 die daarbij vrijkomt, geven ze weer af aan de lucht. Een ander deel van de glucose wordt omgezet in de organische stoffen waaruit de autotrofe organismen bestaan, onder andere eiwitten, koolhydraten en vetten. Dit noem je voorgezette assimilatie. De koolstofatomen bevinden zich dan in de moleculen van deze stoffen.

Als een heterotroof organisme een autotroof individu eet, komen de organische stoffen van het autotrofe organisme in het heterotrofe organisme terecht. Na vertering en opname in het bloed wordt een deel van de organische stoffen gebruikt om energie te leveren (dissimilatie). Hierbij komt CO_2 vrij. Een ander deel van de organische stoffen wordt door voortgezette assimilatie omgezet in dierlijke organische stoffen. En een deel van de organische stoffen wordt niet verteerd, maar uitgescheiden met de uitwerpselen. Als een dier op zijn beurt wordt gegeten door een ander dier, komt de koolstof van het ene individu terecht in het andere individu.

■ **Afb. 48** De koolstofkringloop.



Alle dode organismen, dode resten van organismen (bijvoorbeeld afgevallen bladeren) en andere afvalproducten van organismen (bijvoorbeeld uitwerpselen) worden uiteindelijk door reducenten (schimmels en bacteriën) afgebroken tot anorganische stoffen. Dit is ook een voorbeeld van dissimilatie. De CO_2 die hierbij vrijkomt wordt afgegeven aan de lucht. Autotrofe soorten kunnen deze CO_2 weer opnemen.

In deze kringloop gaat koolstof in maximaal een paar honderd jaar eenmaal rond. Daarom noem je deze kringloop de huidige of kortlopende koolstofkringloop. Wanneer organische stoffen gedeeltelijk door bacteriën worden afgebroken, kunnen **fossiele brandstoffen** ontstaan, zoals steenkool, aardolie en aardgas. Doordat fossiele brandstoffen miljoenen jaren geleden zijn gevormd en de opgeslagen koolstof nu bij verbranding vrijkomt, maken zij deel uit van de langlopende koolstofkringloop. Het verbranden van deze fossiele brandstoffen zorgt ervoor dat de hoeveelheid CO_2 in de huidige kortlopende koolstofkringloop toeneemt.

Opdrachten KENNIS

30 Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt er extra koolstof in de kortlopende koolstofkringloop.

a Via welke moleculen komt die extra koolstof in de kringloop?

b Noteer drie verschillende groepen organische moleculen waarin koolstof in organismen voorkomt.

c Een kringloop sluit wanneer na een aantal fasen de uitgangsituatie weer wordt bereikt.
Welke groep organismen sluit de koolstofkringloop?

31 Koolstofatomen uit de lucht kunnen in de organische stoffen van een levercel van een mens terechtkomen.

a Zet de volgende gebeurtenissen in de juiste volgorde:

1 Een plant wordt gegeten door de mens en wordt verteerd.

2 Via fotosynthese worden koolstofatomen ingebouwd in de organische moleculen in glucosemoleculen ($C_6H_{12}O_6$).

3 Vrijgekomen koolstofatomen worden ingebouwd in de levercel van een mens.

4 Koolstof wordt door planten opgenomen uit de lucht in de vorm van CO_2.

b Wanneer organische stoffen gedeeltelijk door bacteriën worden afgebroken, kunnen fossiele brandstoffen ontstaan.
Speelt fotosynthese een rol in de langlopende koolstofkringloop?

c In Sambeek staat een Hollandse Linde (*Tilia × europaea*) die omstreeks 1600 is aangeplant (zie afbeelding 49).
Maakt deze Hollandse linde deel uit van de huidige (of kortlopende) koolstofkringloop, of van de langlopende koolstofkringloop?

■ **Afb. 49** De Hollandse linde in Sambeek.

STIKSTOFKRINGLOOP

Stikstof (N) komt in organismen onder andere voor in eiwitten, DNA en ATP. Net als koolstof doorloopt stikstof een kringloop in het systeem aarde, de **stikstofkringloop**. In afbeelding 50 is deze stikstofkringloop schematisch weergegeven, zie ook *BiNaS* tabel 93G.

Lucht bestaat voor ongeveer 79% uit gasvormig stikstof (N_2). In de bodem komt stikstof voor in ammoniumionen (NH_4^+), nitrietionen (NO_2^-) en nitraationen (NO_3^-). De meeste organismen zijn niet in staat om stikstof uit de lucht te gebruiken. Planten kunnen wel stikstof opnemen uit de bodem, vooral in de vorm van nitraationen. Ze gebruiken de stikstof om organische stoffen zoals aminozuren en eiwitten te vormen. Aminozuren zijn de bouwstenen van eiwitten.

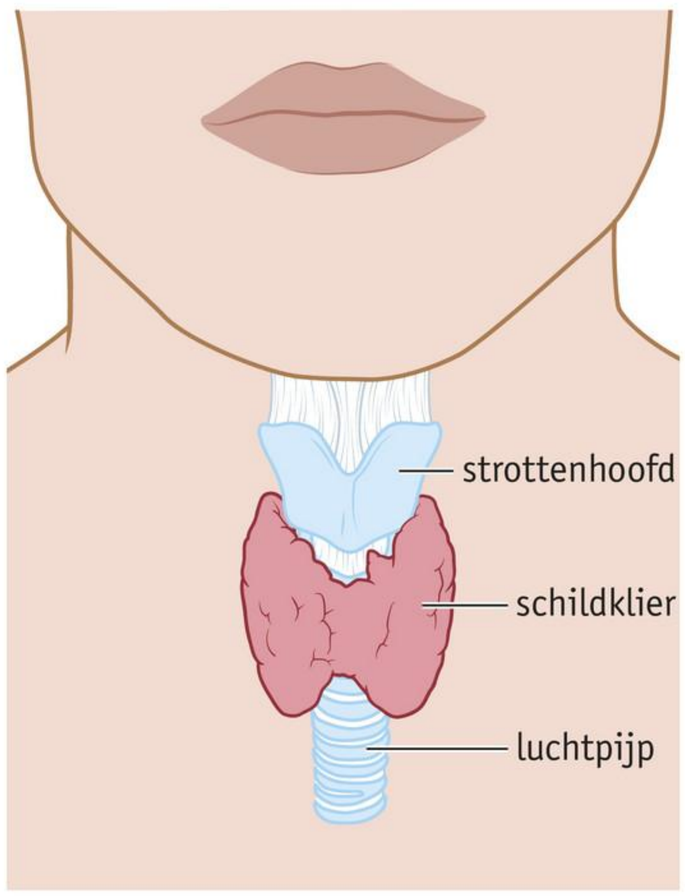
DE SCHILDKLIER

De **schildklier** ligt in de hals, voor het strottenhoofd, tegen de luchtpijp aan (zie afbeelding 9). De schildklier produceert onder andere **schildklierhormoon** (thyroxine). Dit hormoon beïnvloedt de stofwisseling, vooral door de verbranding van glucose te stimuleren. Bij kinderen stimuleert het schildklierhormoon ook de groei en ontwikkeling van het beenderstelsel en de ontwikkeling van het centrale zenuwstelsel.

TSH uit de hypofyse stimuleert de secretie van schildklierhormoon en stimuleert de vorming van schildklierweefsel. Jodium (uit voeding) is noodzakelijk voor de vorming van schildklierhormoon. Als de hoeveelheid schildklierhormoon in het bloed boven de normwaarde komt, remt schildklierhormoon de productie en secretie van TSH. Doordat de hypofyse minder TSH produceert, maakt de schildklier minder schildklierhormoon aan. Als de concentratie van schildklierhormoon in het bloed daalt, neemt de secretie van TSH toe. Door stijging van de TSH-concentratie wordt de secretie van schildklierhormoon gestimuleerd.

Als de schildklier te veel schildklierhormoon 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 schildklierhormoon 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 dan de ontwikkeling van het centrale zenuwstelsel en de lichamelijke ontwikkeling en groei achter. Een te lage productie van schildklierhormoon vanaf de geboorte kan leiden tot dwerggroei. Deze vorm van dwerggroei gaat vaak gepaard met een beperkte geestelijke ontwikkeling.

■ **Afb. 9** De ligging van de schildklier.

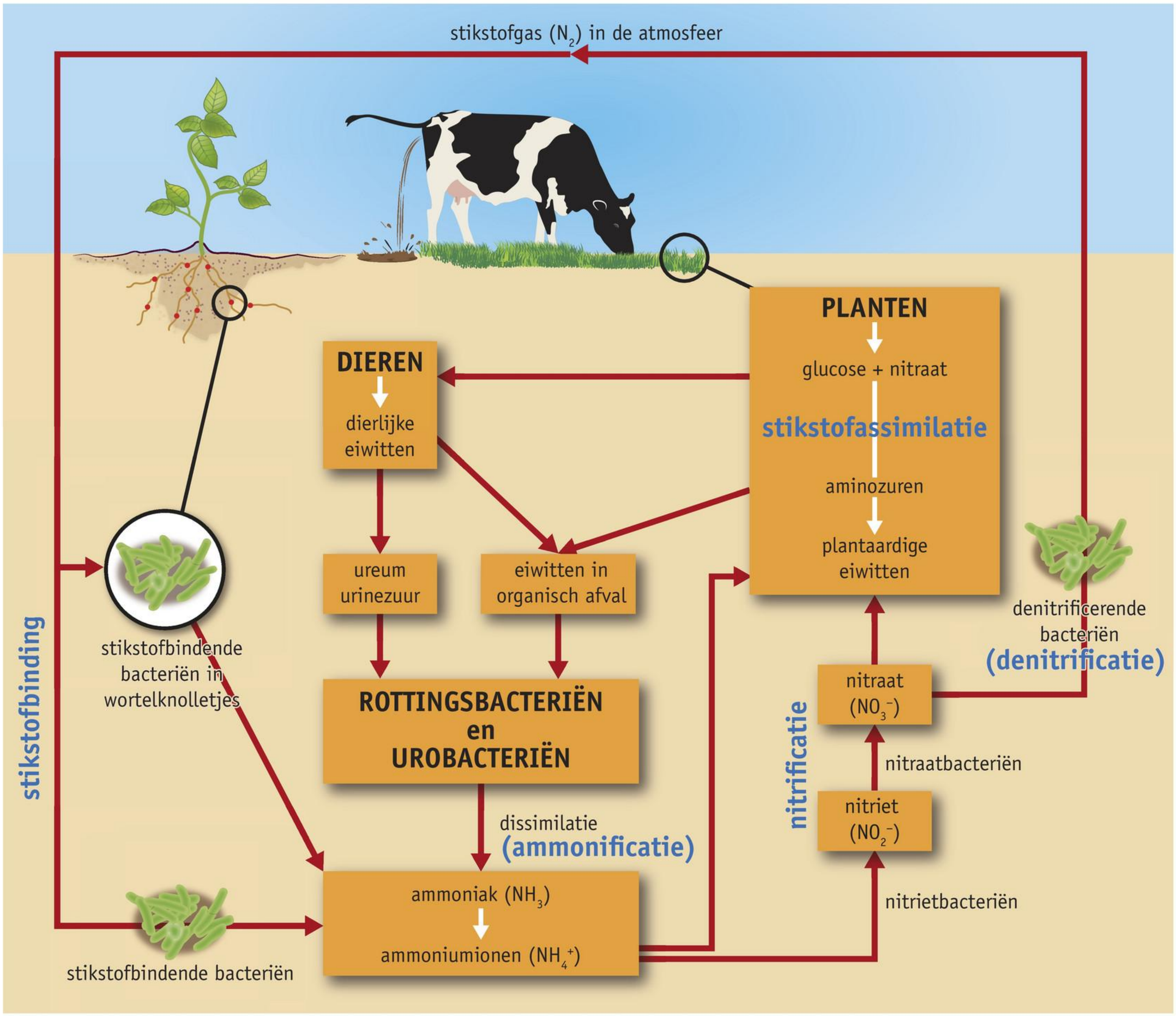


DE EILANDJES VAN LANGERHANS

De alvleesklier (zie afbeelding 10.1) heeft een exocriene functie en een endocriene functie. Hij geeft via een afvoerbuisje verteringssap (alvleessap) af aan de twaalfvingerige darm (zie afbeelding 10.2).

Tussen de cellen die verteringssap maken liggen groepjes cellen: **de eilandjes van Langerhans** (zie afbeelding 10.3). Deze cellen produceren de hormonen **insuline** en **glucagon**, die worden afgegeven aan het bloed. Deze hormonen zorgen ervoor dat de glucoseconcentratie van het bloed min of meer constant blijft.

■ **Afb. 50** De stikstofkringloop (op het land).



Als een dier een plant eet, worden de plantaardige eiwitten afgebroken tot aminozuren. Uit deze aminozuren maakt het dier weer eiwitten. Een deel van de plantaardige eiwitten wordt in het dier afgebroken. Hierbij komt ammoniak (NH_3) vrij. Waterdieren scheiden deze stof met hun urine uit in het water. Landdieren zetten ammoniak eerst om in urinezuur of ureum en scheiden deze stoffen met hun urine uit.

De eiwitten in organisch afval en de afbraakproducten van eiwitten in urine worden opgenomen door rottingsbacteriën en urobacteriën. Bij de dissimilatie van deze stoffen door bacteriën ontstaat ammoniak. Dit proces heet ammonificatie. Een deel van de ammoniak verdwijnt als ammoniakgas in de lucht. Ook bij een dood dier in ontbinding komt ammoniakgas vrij. Het grootste deel van de vrijgekomen ammoniak wordt in het (bodem)water omgezet in ammoniumionen (NH_4^+).

Planten nemen slechts een klein deel van deze ammoniumionen op. De meeste ammoniumionen worden eerst door nitrietbacteriën omgezet in nitrietionen (NO_2^-). Daarna worden de nitrietionen door nitraatbacteriën omgezet in nitraationen (NO_3^-). De nitraationen kunnen weer door planten worden opgenomen. Het proces waarbij ammonium en zuurstof worden omgezet in (onder andere) nitriet, dat vervolgens met zuurstof wordt omgezet in nitraat, heet nitrificatie. De nitriet- en de nitraatbacteriën noem je samen nitrificerende bacteriën.

Bij de vorming van nitraationen uit ammoniumionen hebben nitrificerende bacteriën zuurstof (O_2) nodig, het zijn **aerobe** bacteriën. In een zuurstofarme bodem zijn denitrificerende bacteriën actief. Deze **anaerobe** bacteriën gebruiken geen zuurstof, maar nitraationen (NO_3^-) bij de afbraak van organische stoffen. Ze zetten de nitraationen uit de bodem om in gasvormige stikstof (stikstofgas) die in de lucht verdwijnt. Dit proces heet denitrificatie. Bij denitrificatie ontstaat ook zuurstof dat voor een deel door de wortels van planten wordt opgenomen. Door denitrificatie neemt de hoeveelheid stikstofhoudende ionen in de bodem af: de grond wordt stikstofarm. De meeste planten groeien niet goed op een stikstofarme bodem.

STIKSTOFBINDING

In de bodem komen bacteriën voor die stikstof uit de lucht kunnen gebruiken voor hun stofwisseling. Deze bacteriën bezitten enzymen die de omzetting mogelijk maken van stikstofgas (N_2) naar ammoniak (NH_3) en ammoniumionen (NH_4^+). Dit proces heet stikstofbinding. De stikstofbindende bacteriën produceren meer NH_4^+ dan ze voor hun eigen stofwisseling nodig hebben. Het overschot aan ammoniumionen kunnen planten na nitrificatie gebruiken voor de opbouw van aminozuren. Stikstofbinding in organismen kan alleen plaatsvinden onder anaerobe omstandigheden.

Er zijn ook stikstofbindende bacteriën die leven in wortelknolletjes van vlinderbloemige planten zoals erwten, bonen, klaver, soja en lupine (zie afbeelding 51). Deze bacteriën vormen samen met de plantenwortel knolletjes waarin de bacteriën stikstofgas uit de lucht omzetten in ammoniak en ammoniumionen. Hierdoor kunnen de planten groeien op stikstofarme grond.

Ook de kringlopen van andere elementen zoals fosfor, zwavel, kalium of ijzer beginnen met de opname van de stof uit de bodem, gevolgd door assimilatie (inbouw in een organisch molecuul).

■ **Afb. 51** Wortelstelsel met wortelknolletjes.

Opdrachten KENNIS

32 **a** In welke organische stoffen in organismen komt stikstof voor?
b Bij deze opdracht kun je afbeelding 50 en *BiNaS* tabel 93G gebruiken.
Beschrijf wat er gebeurt tijdens het proces van ammonificatie.
c Nitriet- en nitraatbacteriën noem je samen nitrificerende bacteriën.
Beschrijf de rol van deze bacteriën in de stikstofkringloop.
d Welke organismen kunnen nitraationen omzetten in eiwitten?

33 **a** Welke stoffen in de stikstofkringloop van afbeelding 50 zijn anorganisch?

b Stalmest bestaat uit dode resten van planten (hooi en stro) en uitwerpselen en urine van dieren. Stalmest wordt in de landbouw gebruikt om de grond vruchtbaarder te maken.
In welke volgorde vinden de volgende processen plaats voordat de stikstof in stalmest beschikbaar komt voor planten?

1 Nitraatbacteriën zetten nitriet om in nitraat.
2 Ammoniak wordt in de bodem omgezet in ammoniumionen.
3 Planten kunnen nitraat opnemen met hun wortels.
4 Rottingsbacteriën en urobacteriën zetten eiwitten in dood organisch afval en in urine om in ammoniak.
5 Het grootste deel van de ammoniumionen wordt door nitrietbacteriën omgezet in nitriet.

Opdrachten INZICHT

34 Regenwormen eten afgestorven plantendelen zoals afgevallen bladeren. Wormenmest (zie afbeelding 52) bestaat uit de uitwerpselen van regenwormen en bevat veel organische stoffen.
Niet alle organische stoffen die een regenworm met het eten van afgestorven plantendelen heeft binnengekregen, komen in de wormenmest terecht.

a Wat is er in het lichaam van de regenworm gebeurd met de organische stoffen die niet in de wormenmest terecht zijn gekomen?

b Hoe komt de koolstof uit de organische stoffen in wormenmest in CO_2 in de lucht terecht?

■ **Afb. 52** Wormenmest.

35 Bacteriën in wortelknolletjes leveren ammoniumionen aan een vlinderbloemige plant. Ze ontvangen op hun beurt organische stoffen (glucose) van de plant die ze gebruiken voor hun stofwisseling.

a Hoe noem je deze vorm van symbiose tussen de bacteriën in de wortelknolletjes en een vlinderbloemige plant? Leg je antwoord uit.

b Groenbemesting is het telen van planten op een stuk grond. Als de planten volwassen zijn, worden ze ondergeploegd.
Noteer twee redenen waarom dit met vlinderbloemige planten wordt gedaan.

36 In tabel 1 zie je de concentraties van O_2, CO_2, NO_3^- en NH_4^+ gemeten op verschillende diepten in de Zwarte Zee.

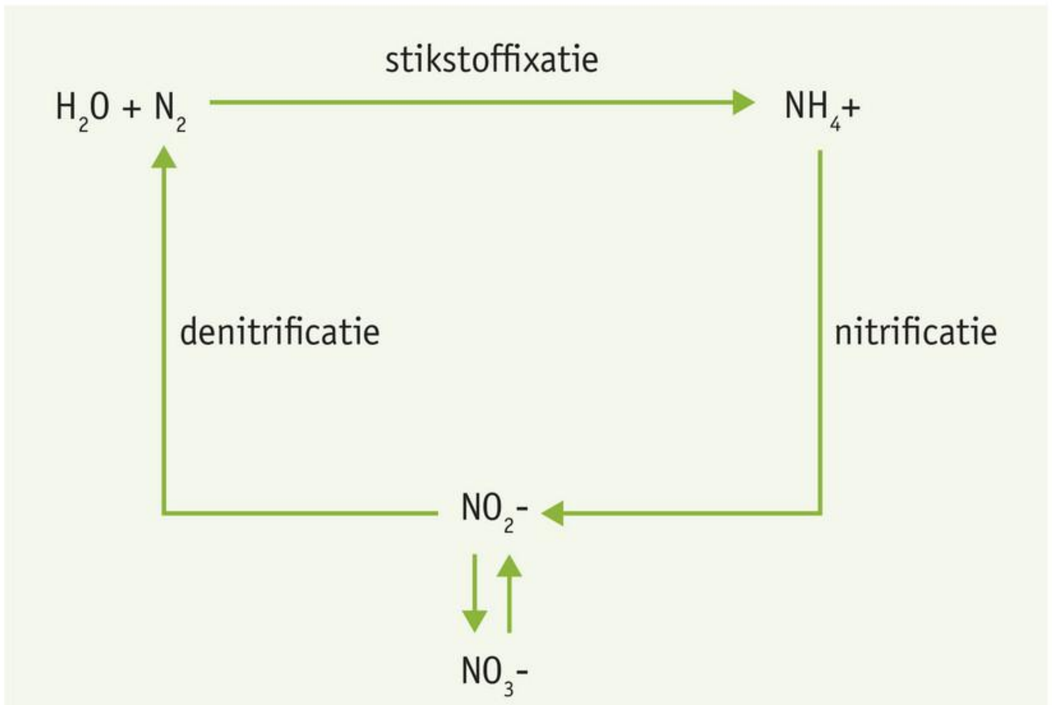
a Hoe komt het dat op een diepte van 40 m geen nitraat voorkomt, terwijl het op een diepte van 20 m wel aanwezig is?

b In de Zwarte Zee vindt op een diepte van 90 m een denitrificatieproces plaats: de anammoxreactie (anaerobe ammoniumoxidatie). Deze reactie vindt plaats in bepaalde soorten anaerobe bacteriën. Ammoniumionen en nitriet reageren met elkaar, waarbij stikstofgas (N_2) en water (H_2O) ontstaan.
Geef in afbeelding 53 met pijlen aan hoe de anammoxreactie in de stikstofkringloop past.

Tabel 1 Concentraties van stoffen op verschillende diepten.

Concentratie (mg/L)				
Diepte (m)	O_2	CO_2	NO_3^-	NH_4^+
0	9,3	0,0	0,16	0,0
20	0,8	14,0	0,21	0,0
40	0,0	54,8	0,00	4,5

Afb. 53 De stikstofkringloop.



Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

VLEESETENDE PLANTEN

In de Westelijke Langstraat, een natuurgebied in Noord-Brabant tussen Waalwijk en Waspik, komen drie verschillende soorten vleesetende planten voor: kleine zonnedauw (*Drosera intermedia*), ronde zonnedauw (*Drosera rotundifolia*) en groot blaasjeskruid (*Utricularia vulgaris*), zie afbeelding 54.

Vleesetende planten hebben aanpassingen waardoor ze dieren, meestal insecten, kunnen vangen en verteren. Ze nemen de voedingsstoffen op die daarbij vrijkomen. Dat maakt het voor deze planten mogelijk om in een habitat te leven waar weinig anorganische stoffen in de bodem of in het water voorkomen.

De kleine zonnedauw en de ronde zonnedauw vangen hun prooien met een kleefval. Aan het uiteinde van de tentakels op hun bladeren zit een druppeltje vocht dat er aantrekkelijk uitziet en een geur verspreidt die insecten aantrekt. Wanneer een insect ervan probeert te eten, komt het vast te zitten in het plakkerige vocht. Het blad rolt zich dan om het insect en scheidt enzymen af om het insect te verteren.

Groot blaasjeskruid is een drijvende waterplant zonder wortelstelsel. Aan de stengels met bladeren zitten doorzichtige blaasjes die worden afgesloten met een klep die alleen naar binnen toe open kan. Binnen het blaasje heerst een onderdruk. Wanneer een prooi de voelharen op de buitenkant van de klep aanraakt, zetten de wanden van het blaasje uit en zuigt het blaasje water met daarin de prooi naar binnen. Na ongeveer een half uur is de prooi verteerd en kan het blaasje opnieuw een prooi vangen.

■ **Afb. 54** Vleesetende planten uit natuurgebied de Westelijke Langstraat.

1 kleine zonnedauw

2 ronde zonnedauw

3 groot blaasjeskruid

Opdrachten

37 **a** Waarom tref je vleesetende planten vooral aan op stikstofarme grond of in stikstofarm water?

b Leg uit waarom vleesetende planten een concurrentievoordeel hebben.

c In afbeelding 54.2 zie je dat de bloemen van de ronde zonnedauw ver boven de bladeren uitsteken.
Leg uit waarom dit functioneel is.

d Bekijk afbeelding 48 van de koolstofkringloop.
Bij welke groep organismen zou je de vleesetende planten indelen? Leg je antwoord uit.

38 In de tijd dat Darwin leefde dachten plantkundigen dat de blaasjes aan groot blaasjeskruid drijforganen waren (zie afbeelding 54.3). Darwin sprak dit tegen nadat hij een experiment had uitgevoerd met blaasjeskruid.
Bedenk zelf een experiment waarmee je kunt aantonen of de blaasjes aan groot blaasjeskruid wel of geen drijforganen zijn.
Beschrijf de werkwijze en geef de mogelijke conclusie.

6 DUURZAAMHEID EN NATUURBESCHERMING

LEERDOELEN

7.6.1 Je kunt de voornaamste oorzaken en gevolgen van milieuproblemen toelichten.
7.6.2 Je kunt uitleggen wat duurzame ontwikkeling is.
7.6.3 Je kunt maatregelen voor natuurbescherming toelichten.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	7.6.1	**7.6.2**	**7.6.3**
Onthouden	39a	42c	43b
Begrijpen	39b, 40, 41	42ab	43ac
Toepassen	48a	48b, 49	46, 50c
Analyseren	44	45	47, 50ab

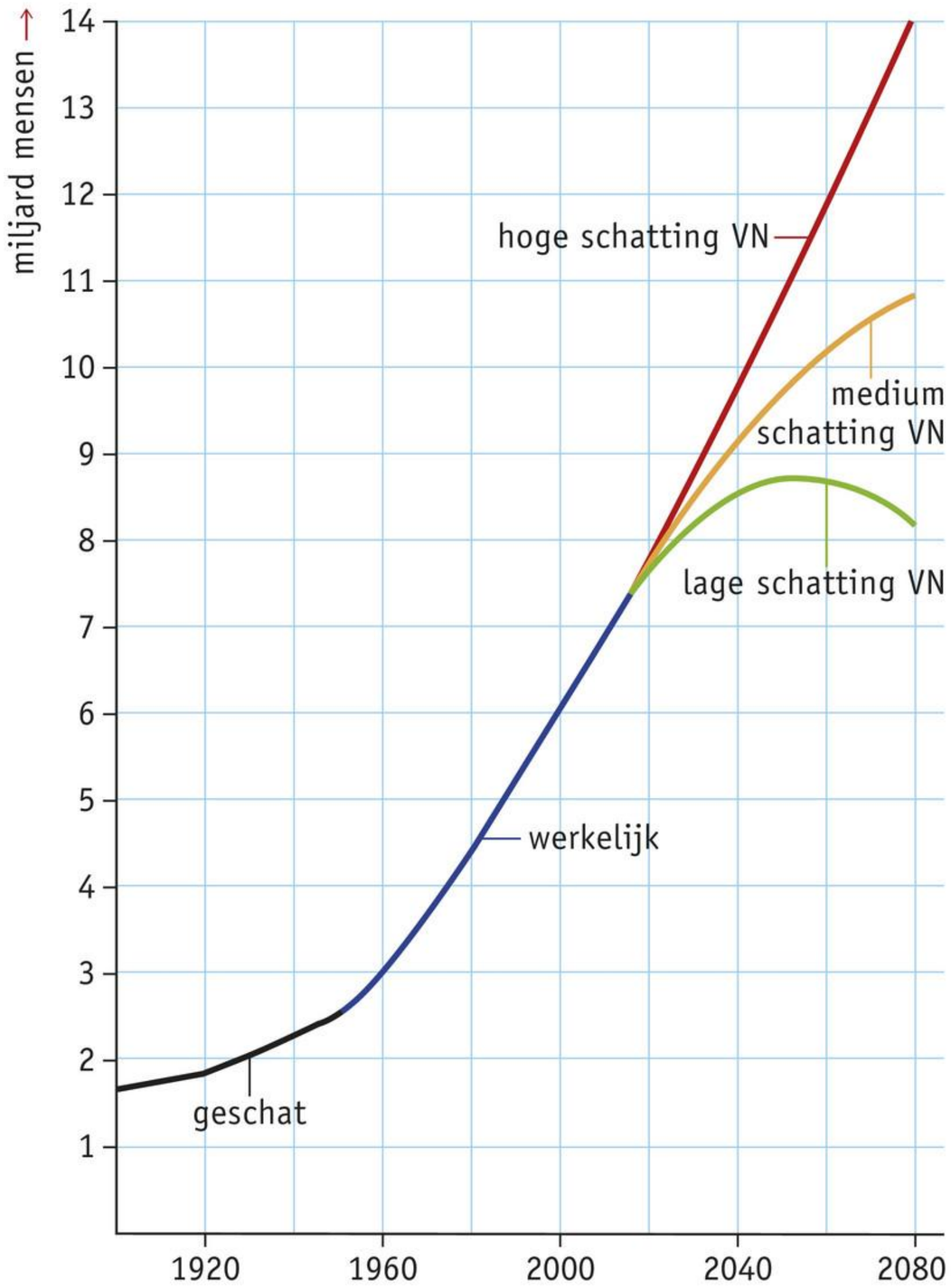
Nederland is een van de dichtstbevolkte gebieden van de wereld. Toch wordt maar 13% van het landoppervlak gebruikt voor gebouwen en wegen. De rest van het landoppervlak is natuur (12%) en binnen- en buitenwater (22%), of in gebruik als landbouwgrond (53%).

MENSEN BEÏNVLOEDEN HET MILIEU

Door hun levenswijze voegen mensen stoffen toe aan het milieu. Dat kan leiden tot vervuiling. Ook onttrekken mensen veel stoffen aan het milieu, wat kan leiden tot uitputting. Menselijk ingrijpen verstoort vaak het natuurlijk milieu, waardoor milieuproblemen ontstaan. Als mensen het milieu sterk veranderen, noem je dat aantasting.

De belangrijkste oorzaken van milieuproblemen zijn de enorme bevolkingstoename en menselijke activiteiten zoals het gebruik van fossiele brandstoffen, ontbossing en bepaalde industriële en agrarische activiteiten. De wereldbevolking is de laatste honderd jaar explosief gegroeid en groeit de komende tijd nog verder (zie afbeelding 55). Hierdoor neemt de druk op het milieu toe. Ecosystemen kunnen hierdoor uit evenwicht raken. Om het milieu te kunnen beschermen, moet je de oorzaken van de verschillende milieuproblemen goed in beeld hebben.

■ **Afb. 55** Groei van de wereldbevolking.



Vanaf halverwege de twintigste eeuw neemt de gemiddelde temperatuur op aarde toe. De opwarming leidt tot klimaatveranderingen met gevolgen voor de beschikbaarheid van water, de landbouw, onze gezondheid en de biodiversiteit.

De biodiversiteit op aarde gaat snel achteruit. Sinds 1970 is de populatiegrootte van gewervelde dieren wereldwijd bijvoorbeeld met 68% afgenomen. Door menselijke druk, zoals bevolkingsgroei, vernietiging van habitats, handel in wilde dieren, vervuiling en klimaatverandering sterven soorten steeds sneller uit. Tegen het einde van de 21e eeuw is klimaatverandering waarschijnlijk de hoofdoorzaak van het uitsterven van soorten. Door de intensiteit en snelheid van de klimaatverandering kunnen veel soorten organismen niet snel genoeg evolueren om te overleven in nieuwe omstandigheden. Sommige soorten lukt dat wel, waardoor zij de overhand kunnen krijgen. Andere soorten worden zeldzamer, of sterven uit.

VERANDERINGEN IN LANDBOUW

Door technologische ontwikkelingen en de groei van de wereldbevolking is de landbouw in grote delen van de wereld sterk veranderd. Steeds meer mensen hebben voedsel nodig, waardoor ook steeds meer landbouwgrond nodig is. Dit gaat vaak ten koste van de natuur. Om de maximale productie en winst te behalen is er veel intensieve landbouw. Intensieve landbouw zorgt in Nederland voor voedselzekerheid en betaalbaar voedsel, maar gaat ten koste van het milieu. Landbouwmachines en de glastuinbouw verbranden fossiele brandstoffen, waardoor de CO_2-uitstoot toeneemt. CO_2 zorgt samen met de uitstoot van methaan uit dierlijke mest voor een toename van broeikasgassen in de atmosfeer. Ammoniak die afkomstig is uit dierlijke mest en kunstmest leidt tot bodemverzuring en aantasting van het grondwater. En door bemesting en bestrijdingsmiddelen raakt het oppervlaktewater vervuild. In Nederland zijn hierdoor veel insecten- en vogelsoorten in de landbouwgebieden verdwenen.

DUURZAME VOEDSELPRODUCTIE

Door nieuwe ontdekkingen en technische verbeteringen kun je de land- en tuinbouw duurzamer maken. Voor verduurzaming en optimalisering passen agrarisch ondernemers bijvoorbeeld steeds vaker precisielandbouw toe. Met technologieën zoals gps, sensortechnologie, ICT en robotisering (*smart farming*) stellen ze de toestand van de bodem of het gewas en eventuele gebreken of behoeften vast (zie afbeelding 56). Daarna kunnen ze per plaats of zelfs per plant bepalen welke behandeling er moet volgen. Precisielandbouw wordt ook in de veehouderij toegepast. Koeien kunnen bijvoorbeeld sensoren dragen die hun gedrag en gezondheid registreren, zodat de individuele verzorging kan worden aangepast (zie afbeelding 57).

Verticale landbouw kan een oplossing bieden voor het tekort aan landbouwgrond. Bij deze vorm van landbouw teel je gewassen in meerdere lagen boven elkaar (zie afbeelding 56). Dat kan bijvoorbeeld in leegstaande kantoren. Het energieverbruik is momenteel nog hoog, maar wanneer je de teelt volledig controleert, hoef je geen gebruik te maken van pesticiden, verbruik je per kilogram groente maar 2 tot 4 L water, en is er tot twintig keer minder land nodig.

Een andere ontwikkeling is het gebruik van ledlampen in de glastuinbouw (zie afbeelding 58). Doordat ledlampen niet heet worden, kun je ze niet alleen boven, maar ook tussen planten plaatsen. Door ledlampen met verschillende kleuren licht toe te passen en op het juiste moment de juiste intensiteit te geven, kan een kweker de fotosynthese optimaliseren.

■ **Afb. 56** Verticale landbouw waarbij gebruik wordt gemaakt van een robot.

■ **Afb. 57** Koe met sensor.

■ **Afb. 58** Gebruik van ledlampen in de tuinbouw.

Europa heeft als doel om in 2030 25% van de landbouw te vervangen door **biologische landbouw**. Dit is een vorm van landbouw die nadrukkelijk rekening houdt met het milieu en dierenwelzijn. Op deze manier voorkom je uitputting van de grond en dierenleed. Maar er zitten ook nadelen aan biologische landbouw:

- De productiviteit is lager, waardoor je nog meer landbouwgrond nodig hebt om aan de vraag te kunnen voldoen. Dit gaat ten koste van de natuur.
- Er zijn vaardigheden vereist. Je heb meer kennis nodig over een gewas, omdat je geen gebruik maakt van snelle oplossingen zoals chemische bestrijdingsmiddelen en kunstmest.
- Biologische landbouw is tijdrovend.

Biologische landbouw is hierdoor kostbaarder dan intensieve landbouw.

Opdrachten KENNIS

39 **a** Wat zijn de belangrijkste oorzaken van milieuproblemen?
b Noteer drie manieren waarop de CO_2-concentratie in de lucht toeneemt door intensieve land- en tuinbouw.

40 IJsberen leven vooral van zeehonden die ze vangen op ijsschotsen op zee. Door de opwarming van de aarde smelt er steeds meer van het leefgebied van ijsberen weg. Ze kunnen daardoor niet voldoende voedsel vinden om een vetreserve aan te leggen om de maanden april tot en met juni te overleven. In die periode vinden ze nauwelijks voedsel. IJsberen gaan dood van de honger als ze dan geen vetreserve hebben. Waarom lukt het ijsberen niet om zich door evolutie aan te passen aan de veranderende omstandigheden?

41 Door precisielandbouw krijgen boeren meer inzicht in de daadwerkelijke behoeften van de gewassen of dieren op hun bedrijf, zodat ze daar hun middelen op af kunnen stemmen. Het gaat bijvoorbeeld om bestrijdingsmiddelen, mest en water om gewassen te bevloeien.
a Waarom is precisielandbouw duurzamer dan de gebruikelijke intensieve landbouw?
b Voor de 2,5 miljard mensen die in 1950 leefden, was er 5600 m^2 per persoon nodig voor de productie van voedsel. Voor 2050 is de voorspelling dat er 9 miljard mensen zijn. Er is dan voor voedselproductie slechts 1500 m^2 per persoon beschikbaar. Waarom kan precisielandbouw een deel van de oplossing voor dit probleem zijn?
c Leg uit waarom het gunstig is dat je ledlampen ook aan de zijkant van gewassen kunt plaatsen.

DUURZAME ONTWIKKELING

Voor de periode 2015-2030 zijn door alle lidstaten van de Verenigde Naties zeventien duurzame werelddoelen vastgesteld, de *Sustainable Development Goals*. De doelen moeten een einde maken aan armoede, ongelijkheid en klimaatverandering. Doel 15 is bijvoorbeeld: beschermen van ecosystemen, bossen en biodiversiteit.

Er is sprake van **duurzame ontwikkeling** als kan worden voorzien in de behoeften van de huidige generatie mensen zonder de behoeften van de toekomstige generaties in gevaar te brengen. Onze levenswijze mag ook niet ten koste gaan van de natuur nu en in de toekomst. Bij de activiteiten die we 'hier en nu' ondernemen, wordt rekening gehouden met de effecten 'later en ergens anders'. Het gebruik van biobrandstoffen vermindert bijvoorbeeld de afhankelijkheid van aardolie en de uitstoot van broeikasgassen. Maar als daarvoor tropisch bos wordt gekapt, tast dit de biodiversiteit aan. Bij duurzame ontwikkeling gaan mensen op een verantwoordelijke wijze om met hun omgeving en de schaarse hulpbronnen zoals grondstoffen, water en lucht.

Bij duurzame processen worden producten hergebruikt of gerecycled. Bij **hergebruik** worden producten of delen daarvan opnieuw gebruikt. Kleding, meubels en auto's zijn voorbeelden van producten die je opnieuw kunt gebruiken.

Recyclen, afkomstig van het Engelse woord *recycling*: in een kring rondgaan, is het opnieuw gebruiken van grondstoffen en materialen voor een vergelijkbaar doel of voor een ander doel. Zo kan glas dienen als grondstof voor het maken van glazen producten (vergelijkbaar doel) en kun je plastic verbranden voor energie (ander doel). Om grondstoffen en materialen te kunnen recyclen moet je ze eerst sorteren. In Nederland gebeurt dit vaak in containers voor papier, plastic en glas. Ook groente-, fruit- en tuinafval (gft) en klein chemisch afval worden vaak gescheiden.

Door te recyclen en te hergebruiken zijn er minder grondstoffen nodig. Voor het maken van papier hoef je minder bomen te kappen en voor het maken van plastic hoef je minder aardolie uit de bodem te pompen. Ook hoef je minder natuurgebieden op te offeren voor de productie van katoen voor de kledingindustrie. Ten slotte is er minder uitstoot van schadelijke gassen en CO_2, doordat hergebruik of recyclen minder energie kost. Al deze ontwikkelingen kunnen leiden tot **duurzaamheid**, waarbij de maatschappij voor onbepaalde tijd productief kan blijven, zonder dat dit ten koste gaat van de omgeving.

Niet alle producten kun je hergebruiken of zijn recyclebaar. Deze producten eindigen bij het restafval.

NATUURBESCHERMING

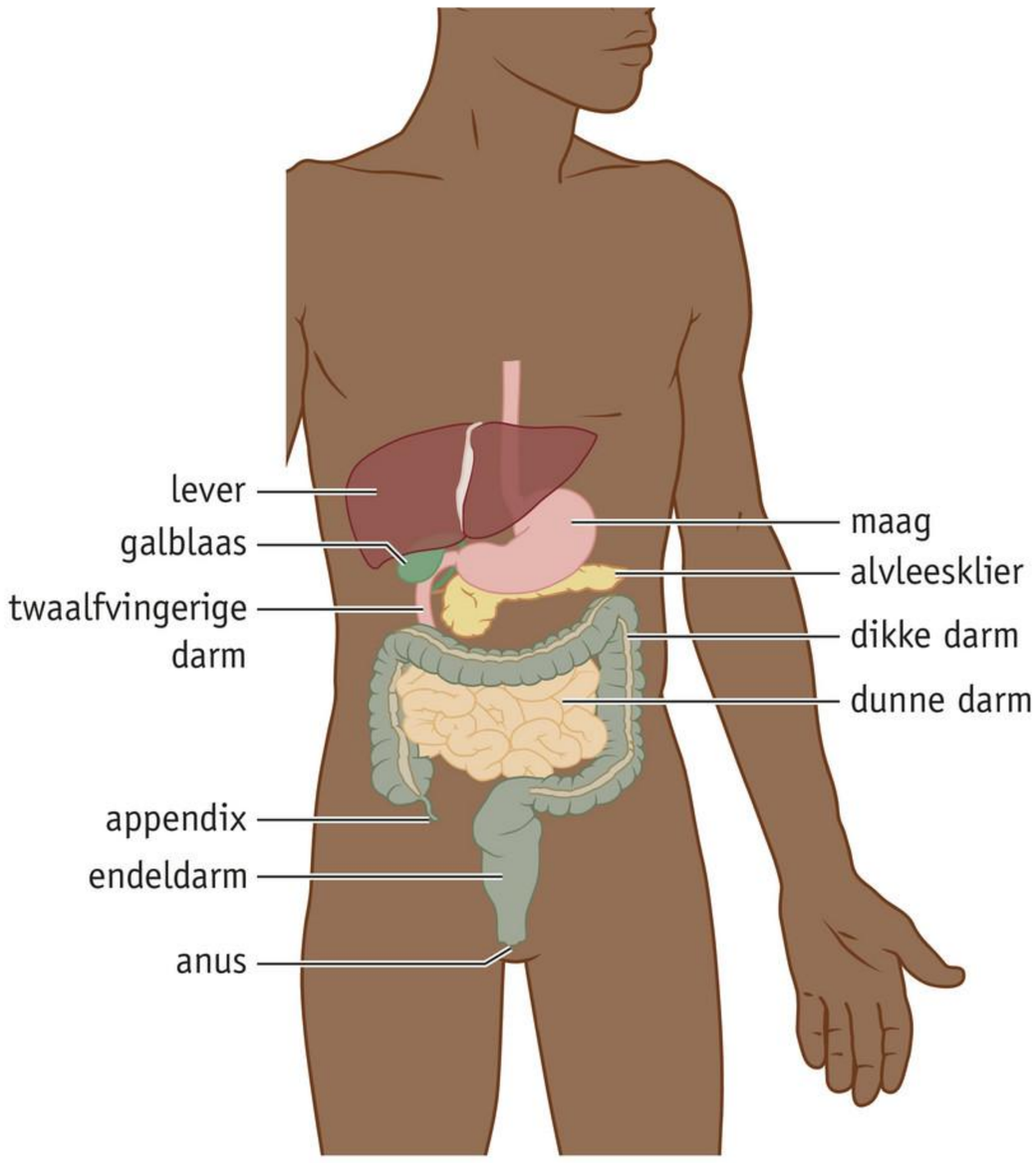
De bevolkingstoename, de veranderde levenswijze en de opkomst van grootschalige landbouw en veehouderij hebben een grote invloed gehad op de hoeveelheid natuurlijk terrein en bos en de daar levende planten en dieren. In de hele wereld zijn grote gebieden natuurgrond in cultuur gebracht, om meer landbouwgrond te krijgen of te bebouwen voor huisvesting. Daarvoor worden hele bossen gekapt. In afbeelding 59 zie je een voorbeeld van houtkap in het Amazonegebied. Het kappen van bossen heeft **gevolgen voor de biodiversiteit**. Veel plantensoorten zijn in aantal afgenomen of zelfs verdwenen. Door ruimte- en voedselgebrek neemt ook het aantal dieren af en sommige dieren zijn uitgestorven. Dit zorgt voor een afname van de biodiversiteit.

■ **Afb. 59** Houtkap in het Amazonegebied.

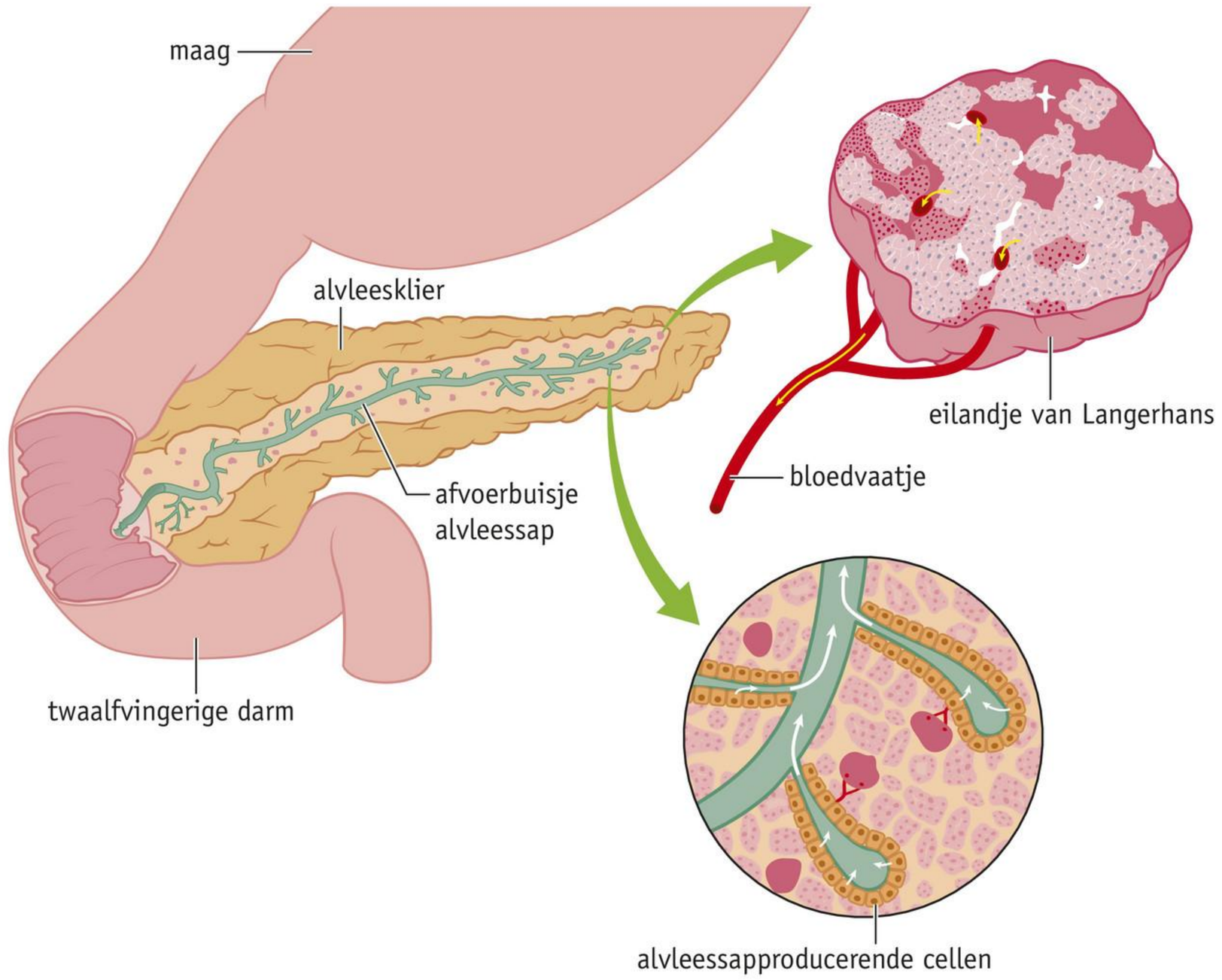
De overheid en diverse organisaties beschermen de natuur tegen de invloed van de mens. Deze natuurbescherming is gericht op het behouden, herstellen of ontwikkelen van de natuur en de biodiversiteit. Je noemt dit **natuurbeheer**. Natuurbeheer is het beheren en beschermen van de natuur. Natuurbeheer kan op verschillende manieren:

- Niets doen en zo de natuur haar gang laten gaan. Op die manier kan een spontane successie op gang komen.
- De natuur actief beheren, zoals kappen, maaien of dieren laten grazen.

■ **Afb. 10** De alvleesklier.



1 de ligging van de alvleesklier



2 de productie van spijsverteringssap en hormonen in de alvleesklier

Door bijvoorbeeld het grondwaterpeil te laten stijgen of door de bodem voedselarmer (schraler) te laten worden, kunnen specifieke planten- en diersoorten terugkeren in een gebied. Veel natuurbeheer wordt uitgevoerd door grote gespecialiseerde natuurbeheerders. Voorbeelden van natuurbeheer zie je in natuurgebieden zoals de Biesbosch en de Oostvaardersplassen (zie afbeelding 60).

■ **Afb. 60** Konikpaard in de Oostvaardersplassen.

Om na te gaan in hoeverre je het milieu in een gebied moet beschermen, kun je kijken naar indicatorsoorten. Aan de hand van deze organismen kun je een verandering of verontreiniging van het milieu signaleren. Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*, zie afbeelding 61) is bijvoorbeeld een veelvoorkomend korstmos en is een indicator voor de aanwezigheid van ammoniak in de lucht. Ook een verbetering van de milieuomstandigheden is meetbaar met indicatorsoorten.

■ **Afb. 61** Groot dooiermos.

VERANDEREND LANDSCHAP

Er komen in Nederland bijna geen natuurlijke ecosystemen meer voor. De natuur is vooral door grote verkeerswegen in kleine stukjes verdeeld. Dit noem je versnippering. Door maatregelen op het gebied van ruimtelijke ordening worden natuurgebieden met elkaar verbonden door bijvoorbeeld ecoducten, dassentunnels, boombruggen en ecoduikers, een doorlaat voor water onder een weg. Dieren kunnen hierdoor over of onder een weg door. Hierdoor kan het verspreidingsgebied van planten- en diersoorten groter worden.

Een andere manier om de biodiversiteit te vergroten is het aanbrengen van variatie in het landschap. Dit is een vorm van verstoring van het milieu met een positieve invloed. Door menselijk ingrijpen ontstaat er dan variatie in bodem, waterhuishouding, reliëf en weersinvloeden, denk aan beschutte plekken. In een gebied met veel variatie, bijvoorbeeld een houtwal (zie afbeelding 62), vinden veel verschillende soorten een geschikte leefomgeving.

■ **Afb. 62** Houtwal in het natuurgebied langs de beek Ruiten Aa in Groningen.

RODE LIJSTEN

De Wet natuurbescherming bevat alle regels voor de bescherming van Nederlandse natuurgebieden en soorten. Daarnaast zijn er de Rode lijsten. Op een Rode lijst staat een overzicht van soorten die uit Nederland zijn verdwenen of dreigen te verdwijnen. Op de Nederlandse Rode lijsten staan alleen bedreigde soorten die zich in Nederland voortplanten. Een soort is pas wettelijk beschermd als hij is opgenomen in de Wet natuurbescherming.

Opdrachten KENNIS

42 Nienke koopt in een kringloopwinkel een ladekastje voor op haar kamer. Ze verft het groen.

a Is hier sprake van hergebruik of van recycling?

b Tom heeft een duurzame kledinglijn van T-shirts opgezet. In India worden petflessen niet gerecycled en daarom laat Tom ze daar inzamelen. In China worden ze gewassen en geplet tot kleine korrels. Daarna worden er draden van gemaakt waar T-shirts mee worden geweven. Voor één T-shirt zijn acht petflessen en een kleine beetje katoen nodig.
Waarom is hier sprake van recycling?

c Geef drie redenen waarom hergebruiken en recyclen duurzaam is.

43 Zoek naar 'Rode lijst' op de site van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

a Op welke Rode lijst staan de meeste soorten die uit Nederland zijn verdwenen of dreigen te verdwijnen?

b Zijn de soorten die op de Rode lijsten staan wettelijk beschermd?

c Noteer vijf manieren van beheer die zijn gericht op het behouden, herstellen of ontwikkelen van natuur en de biodiversiteit.

Opdrachten INZICHT

44 Verticale landbouw kent nadelen. Het verbouwen van gewassen die meer voedingsstoffen bevatten, zoals aardappelen en wortelen is een probleem.
Waarom zijn gewassen als aardappelen en wortelen niet geschikt voor verticale landbouw?

45 De smaakstof vanille is afkomstig van de vrucht van de vanille-orchidee (*Vanilla planifolia*, zie afbeelding 63). De plant wordt geteeld in landen als Suriname, Madagaskar en Indonesië en de langwerpige vruchten worden daarna geëxporteerd. Door in een kas de juiste omstandigheden te creëren en de bloemen kunstmatig met de hand te bestuiven, is het een bedrijf gelukt om vanille-orchideeën in Nederland te telen en de vruchten te oogsten.
Leg uit dat het waarschijnlijk niet duurzamer is om vanille-orchideeën in Nederland te telen.

■ **Afb. 63** De vruchten van de vanille-orchidee.

46 In een natuurlijk rivierlandschap is er een grote variatie in overgangen van nat naar droog, van laag naar hoog en van diep naar ondiep.
De rivier de Maas werd in de afgelopen 150 jaar steeds meer een scheepvaartkanaal met stenen oevers. Hierdoor nam de biodiversiteit in en langs de Maas af. Rijkswaterstaat heeft in samenwerking met verschillende natuurbeheerorganisaties op verschillende plaatsen langs de Maas weer variatie in het landschap aangebracht en de stenen op de oevers weggehaald (zie afbeelding 64).
Leg uit hoe dit de biodiversiteit kan vergroten.

■ **Afb. 64** Een extra geul en oevers zonder stenen langs de Maas.

47 Na de Tweede Wereldoorlog werd de landbouw in Nederland ingericht voor het gebruik van grote landbouwmachines. Hagen en akkerranden met kruiden en bloemen (zie afbeelding 65) werden verwijderd om landbouwpercelen te vergroten. Inmiddels zijn we erachter gekomen dat er in die hagen en akkerranden insecten en vogels leven die veel schadelijke insecten uit gewassen weghouden. Als de hagen en vogels terugkeren, kan het gebruik van bestrijdingsmiddelen beperkt blijven.
Bedenk drie andere voordelen van hagen en akkerranden langs landbouwpercelen.

■ **Afb. 65** Hagen en akkerranden.

48 Je CO_2-voetafdruk wordt bepaald door de hoeveelheid CO_2 die je uitstoot door de keuzen die je tijdens je leven maakt.

a Leg uit dat het kopen en bezitten van een berg spullen je CO_2-voetafdruk vergroot.

b Het is niet gemakkelijk om je leefstijl aan te passen om duurzamer te leven. En blijkbaar houd je in je hoofd vaak een denkbeeldig scorebord bij om te kunnen rechtvaardigen waarom je soms minder duurzame keuzen maakt. Bijvoorbeeld: ik heb geen auto, dus ik kan best een keer mijn boodschappen laten bezorgen door een bestelbusje. Of: ik heb geen kinderen op de wereld gezet en daarom mag ik vaker vliegen.
Geef aan of je het wel of niet eens bent met deze redenering en leg je antwoord uit.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Beroep

BELEIDSMEDEWERKER MILIEU

Nico Rawee (zie afbeelding 66) koos na zijn havo-examen voor de hbo-studie Milieukunde. Deze bachelorstudie leert je hoe je milieuproblemen kunt signaleren, analyseren, oplossen en voorkomen. Je wordt toegelaten met de profielen NT en NG. Als je scheikunde hebt, word je ook toegelaten met het profiel EM. Je komt tijdens je studie meer te weten over onderwerpen als duurzaamheid, hernieuwbare energie, afvalbeheer, opruimtechnologieën, natuurbeheer en waterkwaliteit.

Na je studie kun je bijvoorbeeld aan de slag als duurzaamheidscoördinator. Je bepaalt dan het duurzaamheidsbeleid van de organisatie waarvoor je werkt. Als specialist luchtkwaliteit geef je informatie over de luchtkwaliteit in bepaalde situaties. Ook beoordeel je rapportages over de luchtkwaliteit en begeleid je onderzoeken.

Nico Rawee is nu programmamanager natuur Landelijk Gebied bij de provincie Groningen en werkt met een team. ‘Ons team is onder andere verantwoordelijk voor het opstellen van natuurbeheerplannen en de aanleg van het Natuurnetwerk Nederland in Groningen. Het Natuurnetwerk loopt door heel Nederland en verbindt de grotere natuurgebieden met elkaar. Wij zoeken oplossingen voor barrières tussen die gebieden zoals (snel)wegen en kanalen. Oplossingen waar je dan aan kunt denken zijn natte en droge verbindingen (faunapassages), zoals tunnels en buizen onder wegen en kanalen. Dit noemen we ontsnippering. Ook kopen we bijvoorbeeld landbouwgronden die we omvormen tot natuur. Het doel is dat soorten (planten en dieren) niet uitsterven, hun leefgebied uitbreiden en zich onderling voortplanten.’

■ **Afb. 66** Nico Rawee.

Opdrachten

49 **a** Bedenk een reden waarom mensen milieukunde willen studeren.
b Zou de studie milieukunde iets voor jou zijn? Leg uit waarom wel of waarom niet.

50 Door wegen, vaarwegen en spoorwegen is de natuur in Nederland in kleinere stukjes verdeeld (versnippering). Veel dieren leven daardoor gedwongen in een klein leefgebied.
a Waarom heet het verbinden van natuurgebieden met faunapassages ‘ontsnippering’?
b Leg uit dat faunapassages ook de genetische variatie en daardoor de overlevingskans van een populatie kunnen vergroten.
c Op welke manier vergroten faunapassages de overlevingskans van dieren die van het ene natuurgebied naar het andere natuurgebied trekken?

7 VOEDSELPRODUCTIE

LEERDOELEN

7.7.1 Je kunt beschrijven hoe in de landbouw wordt toegewerkt naar een optimale voedselproductie.

7.7.2 Je kunt de oorzaken en gevolgen van eutrofiëring van water en mogelijke oplossingen daarvoor beschrijven.

▶ Practicum 3

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	7.7.1	**7.7.2**
Onthouden	51b, 53c	
Begrijpen	51a, 52, 53ab	54, 55
Toepassen	56	57a, 58a, 59b, 60b
Analyseren		57b, 58b, 59a, 60a, 61

De focus van de Nederlandse landbouw lag lang op het produceren van zo veel mogelijk voedsel tegen zo laag mogelijke kosten. Hierdoor raakt de bodem uitgeput, neemt de biodiversiteit af en verslechtert de leefomgeving. Natuurinclusieve kringlooplandbouw waarbij de boer lokaal voedsel levert en een goede prijs voor zijn producten krijgt, kan hier verandering in brengen.

Om de sterk groeiende wereldbevolking te kunnen blijven voeden is er steeds meer voedsel nodig. Enkele manieren om de **voedselproductie** te verhogen zijn:

- bescherming van landbouwgewassen en landbouwhuisdieren tegen ziekten en plagen
- bemesting
- aanpassing van de erfelijke eigenschappen van landbouwgewassen en landbouwhuisdieren

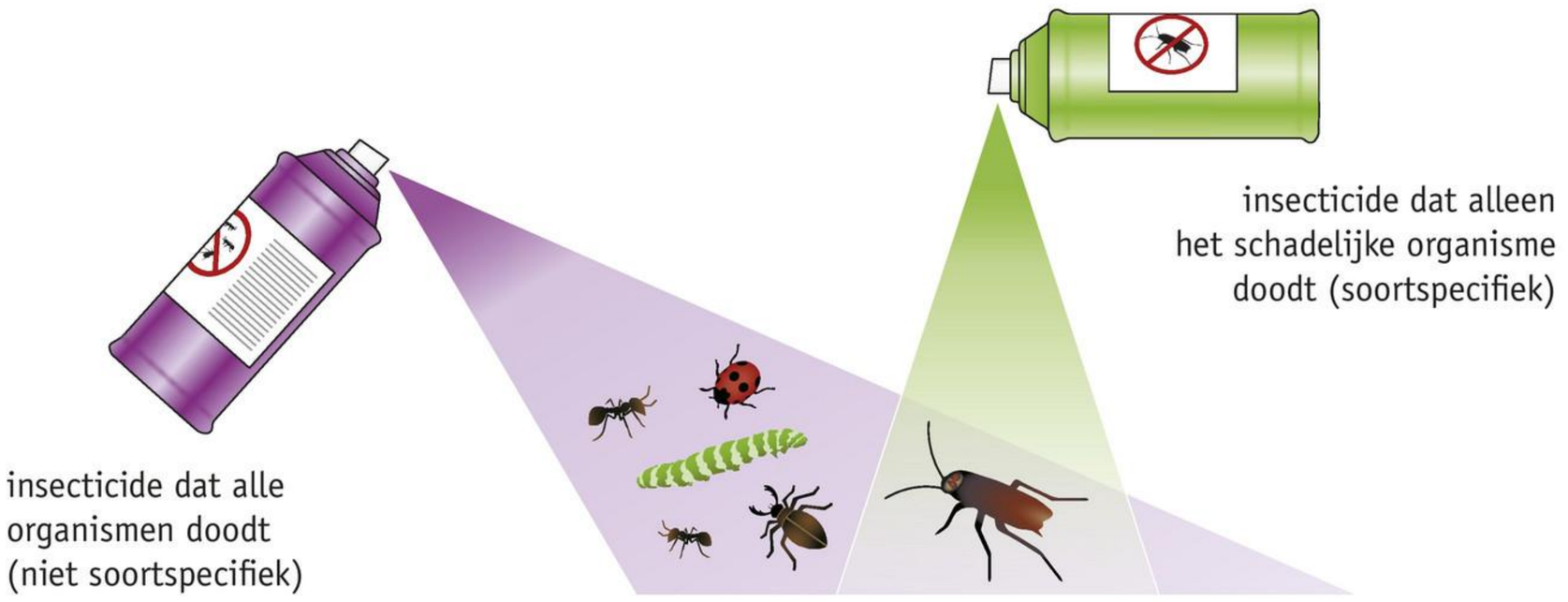
BESCHERMING TEGEN ZIEKTEN EN PLAGEN

Plantenziekten en vraat door organismen zoals insecten kunnen de opbrengst van voedingsgewassen sterk verminderen (zie afbeelding 67). Gewassen kun je tegen ziekten en plagen beschermen door mechanische bestrijding, op een biologische manier, of met chemische **bestrijdingsmiddelen**.

■ **Afb. 67** De rupsen van een koolwitje vreten het blad van witte kool aan.

Chemische bestrijdingsmiddelen (pesticiden) hebben als voordeel dat ze effectief zijn. Ziekten en plagen kun je met chemische bestrijdingsmiddelen meestal goed bestrijden. Om die reden gebruiken veel boeren ze. Chemische bestrijdingsmiddelen kunnen grote nadelen hebben. Sommige pesticiden bestrijden niet alleen de soort die de plaag veroorzaakt. Een insecticide kan ook onschadelijke insecten doden (zie afbeelding 68).

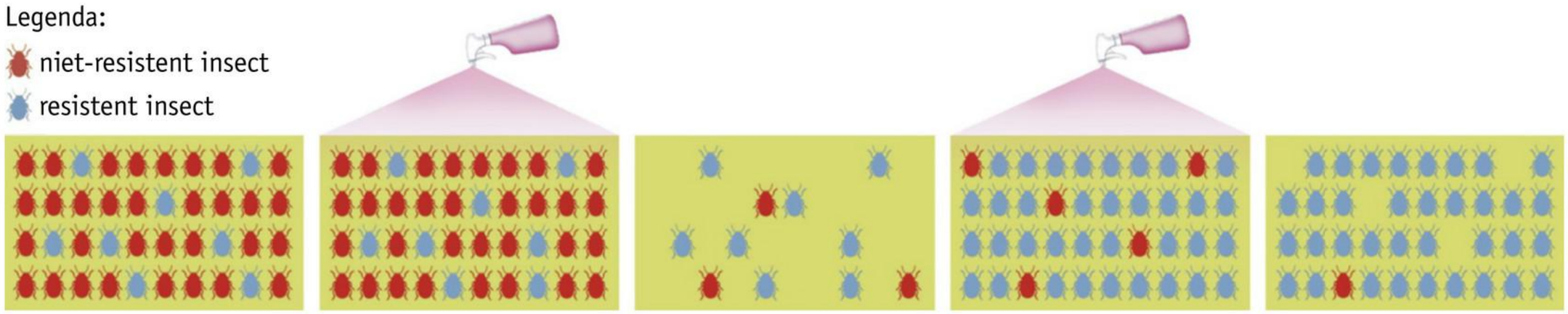
■ **Afb. 68** Soortspecifiek en niet-soortspecifiek.



Een ander nadeel is dat de soort die je bestrijdt **resistent** kan worden tegen het bestrijdingsmiddel. De soort wordt er dan ongevoelig voor. Resistentie ontstaat vooral bij soorten die zich snel voortplanten, zoals de meeste plaagorganismen.

In veel populaties komen individuen voor met gemuteerde genen, waardoor ze resistent zijn tegen het gebruikte pesticide. Resistentie is dus een erfelijke eigenschap. Vooral de resistente individuen overleven en planten zich voort, zodat er na een aantal generaties een resistente populatie is en er een nieuwe plaag optreedt (zie afbeelding 69). Om deze plaag te bestrijden, moet je dan een hogere concentratie van het pesticide gebruiken, of een ander pesticide.

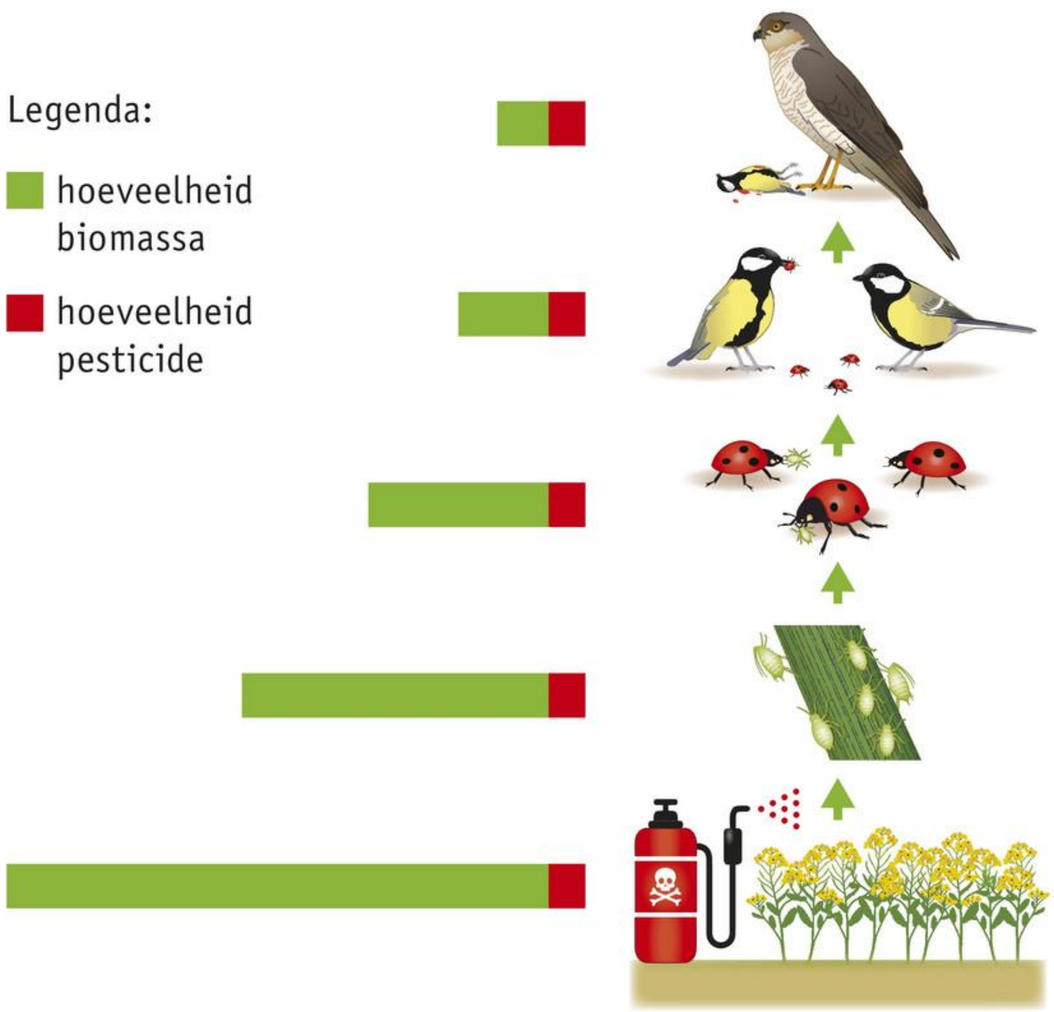
■ **Afb. 69** Het ontstaan van resistentie tegen een chemisch bestrijdingsmiddel.



Sommige pesticiden zijn **persistent**. Dat betekent dat ze niet of zeer langzaam op een natuurlijke manier worden afgebroken. Wanneer dieren bespoten planten eten, krijgen ze ook de resten van pesticiden in hun lichaam. Ze slaan deze pesticiden op, vooral in vetweefsel. Wanneer deze dieren worden gegeten, komen de pesticiden in de volgende schakel van de voedselketen terecht. Hierdoor neemt de hoeveelheid pesticide per trofisch niveau toe. De dieren die aan het eind van een voedselketen staan, hebben enorm hoge concentraties in hun lichaam. De biomassa neemt per trofisch niveau af. Als het pesticide niet wordt afgebroken, neemt de concentratie in elke schakel naar verhouding toe (zie afbeelding 70). Dit heet **accumulatie**.

Een deel van de pesticiden kan terechtkomen in sloten en rivieren, waardoor het water wordt vervuild. Weer een ander deel komt met het regenwater in het grondwater terecht. Drinkwater wordt voor een belangrijk deel opgepompt uit de grond. Daardoor vormen pesticiden een bedreiging voor de kwaliteit van ons drinkwater.

■ **Afb. 70** Accumulatie van een pesticide in een voedselketen.

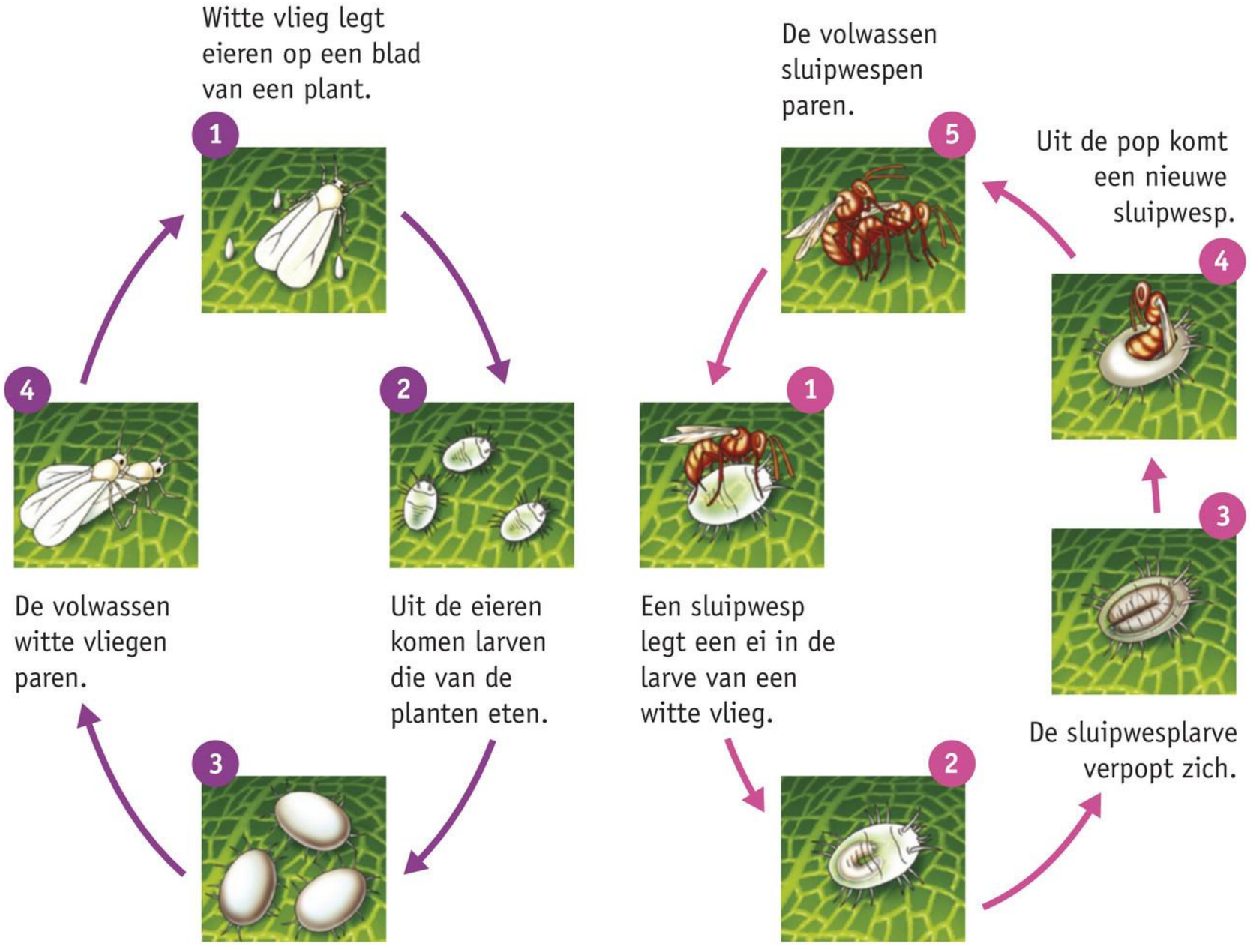


Deze nadelen hebben geleid tot de ontwikkeling van minder schadelijke bestrijdingsmiddelen. Sommige bestrijdingsmiddelen zijn bijvoorbeeld **biologisch afbreekbaar**. Micro-organismen kunnen ze afbreken en daardoor blijven ze kort in het ecosysteem.

BIOLOGISCHE BESTRIJDING

De biologische landbouw past vooral biologische bestrijding toe en gebruikt veel minder chemische bestrijdingsmiddelen. Schadelijke organismen worden vaak bestreden met hun natuurlijke vijanden, zoals predatoren, parasieten of ziekteverwekkers. Een voorbeeld is de bestrijding van witte vlieg met sluipwespen (zie afbeelding 71). Witte vlieg zuigt sappen op uit planten en kan hierdoor grote schade aanrichten bij de teelt van bijvoorbeeld groenten in kassen. Om witte vlieg te bestrijden, kun je de poppen van sluipwespen in kassen verspreiden of volwassen sluipwespen loslaten.

■ **Afb. 71** Biologische bestrijding van witte vlieg met sluipwespen.



Opdrachten KENNIS

51 **a** In welk organisme van de voedselketen van afbeelding 25 tref je door accumulatie de hoogste concentratie pesticide per kilogram lichaamsgewicht aan?
b Noteer drie mogelijke nadelen van chemische bestrijdingsmiddelen.

52 De samenleving van de witte vlieg en de sluipwesp is nadelig voor de witte vlieg. De sluipwesp heeft voordeel van de samenleving.
a Hoe noem je deze vorm van symbiose tussen de witte vlieg en de sluipwesp?
b Leg uit hoe het komt dat er bij de bestrijding van witte vlieg met sluipwespen geen gevaar bestaat voor het ontstaan van een sluipwespenplaag.

BEMESTING

Planten nemen water en voedingszouten op uit de bodem. Voedingszouten zijn anorganische stoffen zoals nitraat, fosfaat, sulfaat, natrium, kalium en calcium die planten gebruiken als voedingsstoffen. Door de oogst van voedingsgewassen en door uitspoeling verdwijnen deze anorganische stoffen uit de kringloop van stoffen op landbouwgrond. Door **uitspoeling** zakken anorganische stoffen met het regenwater weg naar diepere lagen.

Door bemesting voegen boeren weer voedingszouten toe aan de bovenste bodemlagen van landbouwgrond. Hiervoor gebruiken ze kunstmest of stalmest. Kunstmest bestaat vooral uit stikstofhoudende anorganische stoffen (onder andere nitraat) en fosfaat. De anorganische stoffen nemen de voedingsgewassen direct op.

Stalmest bestaat uit uitwerpselen en urine van dieren die zijn vermengd met stro. Reducenten (bacteriën en schimmels) in de bodem breken de organische stoffen in stalmest af tot anorganische stoffen. De anorganische stoffen kunnen door voedingsgewassen worden opgenomen en gebruikt bij het maken van organische stoffen (de voortgezette assimilatie).

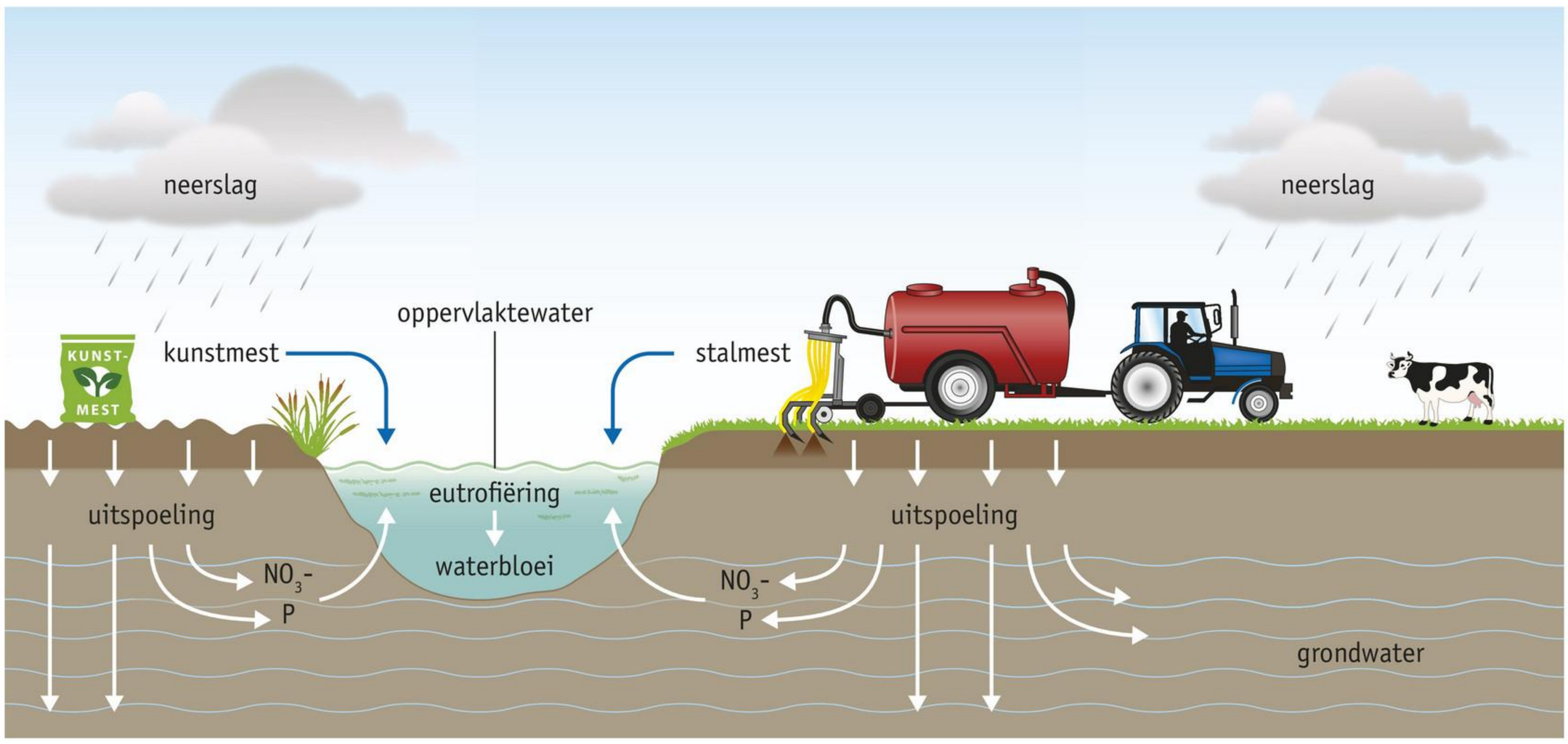
In de intensieve veehouderij wordt veel meer mest geproduceerd dan boeren zelf nodig hebben voor bemesting van hun land. Hierdoor ontstaat een mestoverschot. Als meer mest op het land wordt uitgereden dan de planten kunnen opnemen, noem je dat overbemesting. In de biologische landbouw krijgen planten niet meer mest dan ze kunnen opnemen en er wordt geen kunstmest gebruikt.

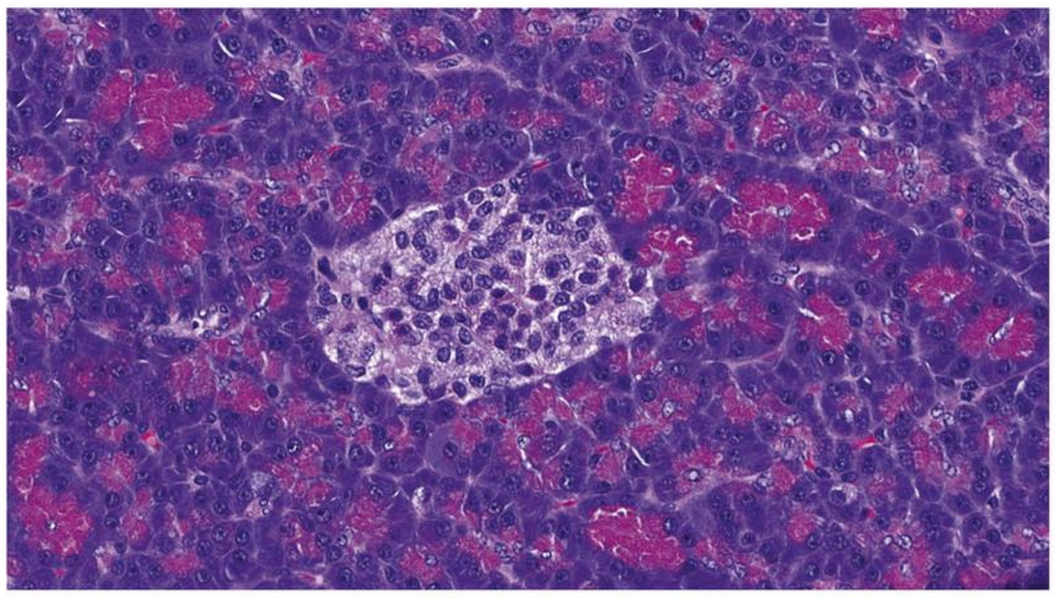
EUTROFIËRING

In het oppervlaktewater, zoals het water in sloten, rivieren, kanalen en de bovenste lagen van zeeën en oceanen blijven dode resten van planten en dieren achter. Reducenten zetten deze organische stoffen om in anorganische stoffen. Dit noem je het zelfreinigend vermogen van water. Producenten in het water gebruiken de anorganische stoffen bij de opbouw van organische stoffen. In stabiele zoetwaterecosystemen is de productie van organische stoffen in evenwicht met de afbraak.

Bij (over)bemesting met stalmest spoelt een deel van de mest met de regen van het land af en komt terecht in het oppervlaktewater. Door afbraak van de organische stoffen in de stalmest neemt de hoeveelheid anorganische stoffen zoals fosfaat (P) en nitraat (NO_3^-) in het water sterk toe. De anorganische stoffen die vrijkomen door de afbraak van stalmest in de bodem spoelen uit naar het grondwater en kunnen via het grondwater in het oppervlaktewater terechtkomen (zie afbeelding 72). Ook bij gebruik van kunstmest kunnen door uitspoeling anorganische stoffen in het oppervlaktewater terechtkomen.

■ **Afb. 72** Door overbemesting komen er meer anorganische stoffen in het oppervlaktewater.





3 een eilandje van Langerhans (vergroting 275×)

De glucoseconcentratie in het bloed noem je ook wel de bloedsuikerspiegel. De glucoseconcentratie wordt uitgedrukt in millimol glucose per liter bloed (mmol/L). Bij een gezond persoon wordt de glucoseconcentratie gehandhaafd tussen 4,0 en 8,0 mmol/L. De normwaarde is 5,0 mmol/L (0,9 g/L).

In je voedsel komen vrijwel altijd koolhydraten voor. Koolhydraten worden in het verteringsstelsel afgebroken, vooral tot glucose. Glucose wordt in de dunne darm opgenomen in het bloed. De glucoseconcentratie in het bloed zal daardoor boven de normwaarde van 5,0 mmol/L stijgen. Cellen in de eilandjes van Langerhans gaan dan meer insuline produceren en dat:

- stimuleert de cellen in het lichaam om meer glucose op te nemen uit het bloed;
- stimuleert de cellen in de lever en spieren om glucose om te zetten in **glycogeen**. Glycogeen wordt in de cellen van deze organen opgeslagen.

De glucoseconcentratie in het bloed zal hierdoor dalen naar de normwaarde. Als je een tijdje niet hebt gegeten, kan de glucoseconcentratie in je bloed beneden de normwaarde van 5,0 mmol/L zakken. De cellen in de eilandjes van Langerhans produceren dan het hormoon glucagon. Dit stimuleert de cellen in de lever en spieren om glycogeen om te zetten in glucose en af te geven aan het bloed. De glucoseconcentratie in het bloed zal hierdoor stijgen naar de normwaarde.

DE NIEREN EN DE BIJNIEREN

De nieren produceren het hormoon **epo** (erytropoëtine) wanneer ze onvoldoende zuurstof krijgen aangevoerd. Dit hormoon stimuleert de productie van rode bloedcellen in het rode beenmerg. Rode bloedcellen vervoeren zuurstof. Als de zuurstofvoorziening van de nieren hierdoor weer is toegenomen tot de normwaarde, wordt de productie van epo geremd.

De **bijnieren** liggen als kapjes boven op de nieren (zie afbeelding 11). Een bijnier bestaat uit bijnierschors en bijniermerg. Bij een stressreactie produceert het bijniermerg adrenaline. **Adrenaline** is een hormoon met een snelle, kortdurende werking dat de stofwisseling bevordert. Onder invloed van adrenaline zetten cellen in de lever en in spieren glycogeen om in glucose. Hierdoor stijgt de glucoseconcentratie in het bloed. Ook gaat je 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, zoals de organen van het verteringsstelsel, worden geremd. Zo stelt adrenaline het lichaam in staat om in stressvolle situaties alert te zijn en snel te kunnen handelen. Bijvoorbeeld wanneer je boos of angstig bent, wanneer je ergens enorm van schrikt of wanneer je situaties als belastend ervaart.

Water met veel anorganische stoffen is voedselrijk of eutroof. Als de hoeveelheid anorganische stoffen in het water sterk toeneemt, spreek je van **eutrofiëring** of vermesting. Door eutrofiëring zijn in Nederland veel voedselarme wateren en bodems voedselrijker geworden. Daardoor zijn er soorten planten verdwenen en andere soorten bijgekomen. Sommige soorten planten zijn verdwenen doordat ze alleen in een voedselarm milieu kunnen leven. Andere soorten zijn verdwenen doordat ze zijn overwoekerd door soorten die beter zijn aangepast aan voedselrijke milieus.

Als gevolg van eutrofiëring van oppervlaktewater kunnen sommige soorten waterplanten, bijvoorbeeld algen, zich enorm uitbreiden. Door een sterke algengroei krijgt het water een groene kleur. Dit verschijnsel heet waterbloei (zie afbeelding 73). Vooral een hoge concentratie fosfaat en nitraat in het water veroorzaakt waterbloei.

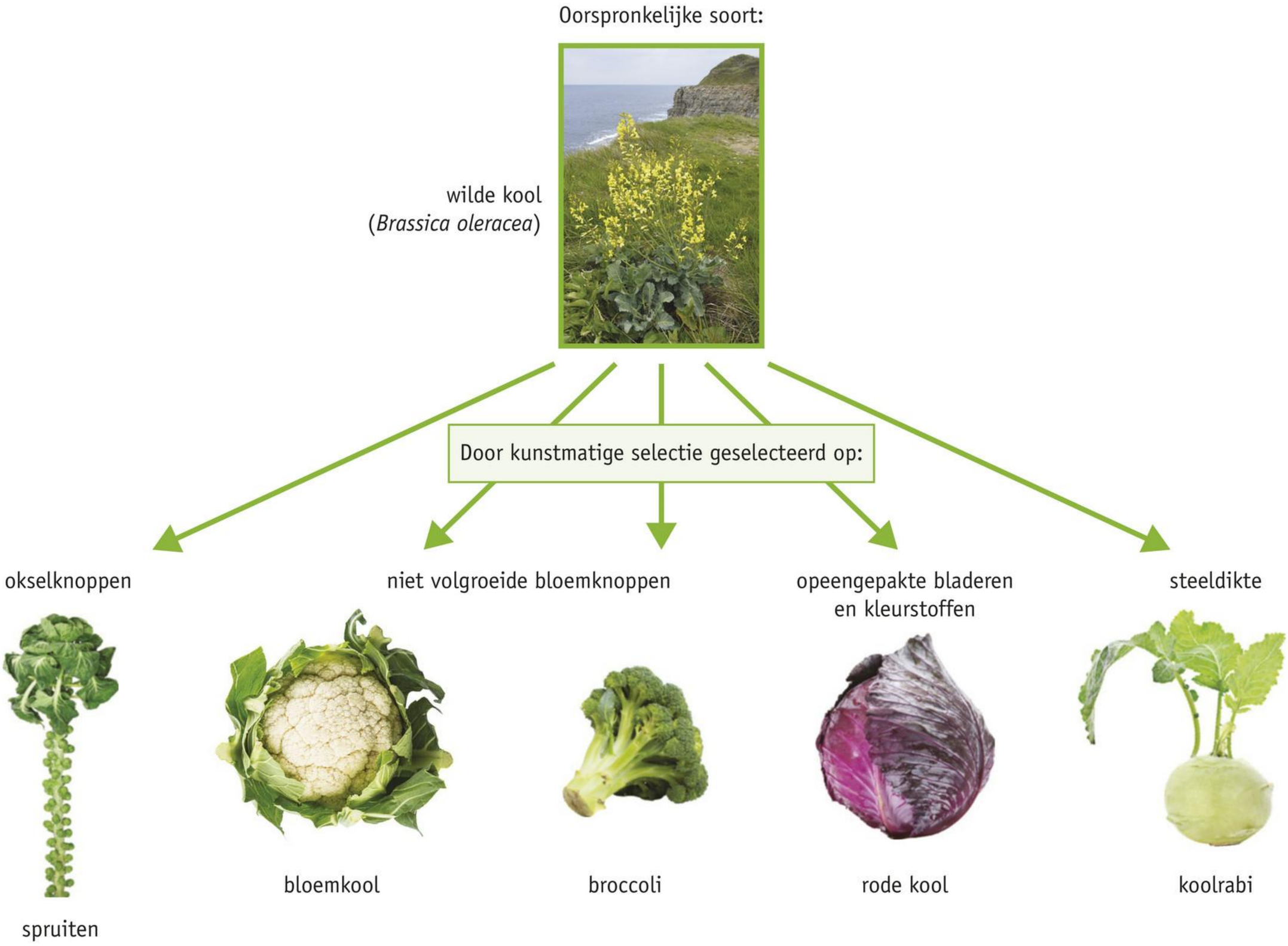
■ **Afb. 73** Waterbloei.

Door de sterke toename van algen en door de sterke uitbreiding van drijvende waterplanten zoals eendenkroos, dringt licht minder ver door in het water. Hierdoor sterven veel planten die onder water leven. Algen leven betrekkelijk kort en gaan in grote aantallen tegelijk dood. Samen met de afgestorven waterplanten veroorzaakt deze massale algensterfte een flinke toename in de hoeveelheid organisch materiaal (dode resten). Hierdoor vermeerderen reducenten in het water zich snel. Doordat de reducenten veel zuurstof verbruiken, bevat het water minder zuurstof. Daardoor sterven waterdieren, vooral vissen. Dit leidt tot nog meer organische afvalstoffen, nog meer reducenten en nog minder zuurstof. Uiteindelijk ontstaat water waarin vrijwel geen planten, dieren en reducenten meer voorkomen.

VERANDERING VAN ERFELIJKE EIGENSCHAPPEN

De voedselproductie kun je ook verhogen door **veredelen**. Dat is het veranderen van de erfelijke eigenschappen van voedingsgewassen en landbouwhuisdieren.
In een veredelingsbedrijf (planten) of fokkerij (dieren) selecteert de veredelaar of fokker eerst individuen met de gewenste eigenschap(pen). Dit noem je kunstmatige selectie. De veredelaar of fokker laat de geselecteerde individuen kruisen. De nakomelingen met de gunstigste erfelijke eigenschappen worden gebruikt om verder te kweken of fokken. Op deze manier ontstaan steeds betere, 'veredelde' planten of dieren, die bijvoorbeeld een grote vruchtbaarheid, een hoge voedingswaarde of een hoge melkproductie hebben. Door veredeling kunnen ook resistente of nieuwe soorten ontstaan. De verschillende koolgewassen in afbeelding 74 zijn ontstaan doordat veredelaars al eeuwen koolplanten selecteren op eigenschappen die het meest worden gewaardeerd.

■ **Afb. 74** Veredeling van kool.



Een andere manier om de genetische eigenschappen van organismen te veranderen, is genetische modificatie. Met behulp van speciale technieken wordt daarbij het DNA van een organisme veranderd. Hierdoor kun je voedingsgewassen bijvoorbeeld resistent maken tegen ziekten en plagen.

Opdrachten KENNIS

53 **a** Op welke twee manieren vermindert de hoeveelheid anorganische stoffen (voedingszouten) in landbouwgrond?

b Op welke manier verdwijnen anorganische stoffen uit de kringloop van stoffen op landbouwgrond?

c Hoe kunnen boeren weer anorganische stoffen toevoegen aan de bovenste lagen van landbouwgrond?

54 **a** Zet de gevolgen van eutrofiëring van oppervlaktewater in de goede volgorde.

1 Er ontstaat water waarin vrijwel geen planten, dieren en reducenten meer in voorkomen.

2 Waterplanten die onder water leven krijgen minder licht en sterven af.

3 Door de sterfte van waterdieren ontstaat nog meer organisch afval en komen er nog meer reducenten.

4 Reducenten vermeerderen zich snel en verbruiken veel zuurstof, waardoor waterdieren (vooral vissen) sterven door zuurstofgebrek.

5 Als gevolg van eutrofiëring is er een sterke algengroei (waterbloei).

6 Dode waterplanten en dode algen (algen leven maar kort) worden afgebroken door reducenten.

b Door het optreden van waterbloei krijgen waterplanten die onder water leven geen licht meer.
Waarom sterven deze waterplanten?

55 Natuurlijke selectie wordt gezien als de tegenhanger van kunstmatige selectie.
Beschrijf het verschil tussen beide processen.

Opdrachten INZICHT

56 Wanneer in de landbouw stalmest of compost (plantaardige resten) wordt gebruikt voor bemesting, is het belangrijk dat schimmels en bacteriën in de bodem in leven blijven.

a Leg uit waarom schimmels en bacteriën in de bodem belangrijk zijn voor een hoge opbrengst van landbouwgewassen.

b In Nederland is niet genoeg ruimte om voldoende veevoer te verbouwen voor al onze landbouwhuisdieren. We kopen daarom veel voer en grondstoffen voor voer in het buitenland, bijvoorbeeld sojabonen en tapioca. Brazilië is de grootste leverancier van sojabonen voor Nederland.
Leg uit hoe het onderbreken van de kringloop van stoffen in Brazilië in Nederland een mestoverschot oplevert.

57 Vooral vissen sterven wanneer in oppervlaktewater eutrofiëring optreedt.

a Noteer twee oorzaken voor vissterfte als gevolg van eutrofiëring van oppervlaktewater.

b De zuurstofconcentratie in oppervlaktewater schommelt gedurende een etmaal.
Leg uit waarom vissen die leven in oppervlaktewater waarin eutrofiëring optreedt vooral aan het einde van de nacht sterven door zuurstofgebrek.

58 In de wereldzadenbank op Spitsbergen (zie afbeelding 75) worden zaden van zo veel mogelijk wilde plantensoorten en veredelde plantenrassen opgeslagen bij een temperatuur van –18 °C. Zo blijven de zaden langer goed. Ook de zaden van veel voedselgewassen worden hier opgeslagen.

a Leg uit dat een zadenbank een genenbank is.

b Veel van de opgeslagen soorten en rassen worden nu niet gebruikt in de land- en tuinbouw, maar ze kunnen van pas komen als milieufactoren veranderen. Bijvoorbeeld als het klimaat warmer wordt.
Waarom is het belangrijk dat ook de zaden van soorten en rassen die we nu niet gebruiken worden opgeslagen?

■ **Afb. 75** De wereldzadenbank in Spitsbergen.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

STIKSTOFCRISIS

De lucht die je inademt bestaat voor 78% uit onschadelijk stikstofgas (N_2). Stikstof komt ook voor in stikstofverbindingen, zoals stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH_3). Wanneer er te veel van deze verbindingen terechtkomen in de bodem, het water of de lucht, is dat schadelijk voor de natuur en de gezondheid. Omdat Nederland van alle EU-landen de meeste stikstofverbindingen uitstoot, heeft een adviescommissie in 2019 maatregelen voorgesteld.

Stikstofverbindingen ontstaan op verschillende manieren (zie afbeelding 76):

- Bij hoge temperaturen reageert het stikstofgas uit de lucht met zuurstof. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij de verbranding in automotoren, fabrieken, vliegtuigmotoren, gasfornuizen en houtkachels. Hierdoor ontstaan NO_x-verbindingen. NO_x-verbindingen reageren in de lucht met andere deeltjes en vormen dan fijnstof. Deze deeltjes worden met de wind meegevoerd en slaan uiteindelijk ergens neer.
- Er komt veel ammoniakgas vrij als vaste mest wordt gemengd met urine van dieren in stallen (drijfmest). Een deel van de ammoniak komt in de grond terecht door het uitrijden van drijfmest. Wat niet door planten wordt opgenomen, komt met regenwater in het grondwater en oppervlaktewater terecht. Een ander deel komt als ammoniakgas in de lucht en kan in de buurt tot wel honderden kilometers verderop neerslaan. Ammoniak kan ook reageren met stofdeeltjes in de lucht en fijnstof vormen dat door de wind wordt verspreid.

Het grootste deel van de stikstofneerslag in Nederland, en dus ook in natuurgebieden, is afkomstig van de veeteelt.

■ **Afb. 76** Oorzaken van stikstofneerslag.

Opdrachten

59 De extra stikstof verstoort de natuurlijke stikstofkringloop.

a Leg uit waarom grassen en bramen de oorspronkelijke heideplantensoorten in heidegebieden kunnen verdringen door de extra stikstof.

b Soorten als stekelbrem en kruipbrem groeien vaak tussen de heideplanten op de hei. Ze zijn nu in veel heidegebieden verdwenen, ook op plaatsen waar geen grassen en bramen groeien.
Leg uit waarom stekelbrem en kruipbrem in veel heidegebieden zijn verdwenen.

60 Planten hebben stikstof nodig en nemen daarom nitraat op uit de bodem. Als er veel stikstof in de bodem aanwezig is, ontwikkelen planten kleinere wortelstelsels. De bovengrondse groene plantendelen groeien door de stikstof snel. Een boom heeft hierdoor bijvoorbeeld veel takken met veel grote bladeren boven de grond (de kroon) en een klein wortelstelsel.

a Nederland heeft steeds vaker te maken met hittegolven en droge perioden. Waarom laten in droge perioden vooral bomen met een klein wortelstelsel hun bladeren al in de zomer vallen?

b Wat zijn voor een boom de gevolgen van het bladverlies in de zomer?

61 Volgens veel deskundigen is er maar één oplossing voor de stikstofcrisis: wereldwijd moeten we de veestapel verkleinen.
Waarom is het verkleinen van de veestapel volgens deze deskundigen een doeltreffende maatregel om de stikstofuitstoot te verminderen?

8 ENERGIE

LEERDOEL

7.8.1 Je kunt oorzaken van de klimaatverandering en mogelijke oplossingen daarvoor beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	7.8.1
Onthouden	62a, 63b, 64a
Begrijpen	62bcd, 63a, 64bc, 65
Toepassen	67, 68, 69a
Analyseren	66, 69bc

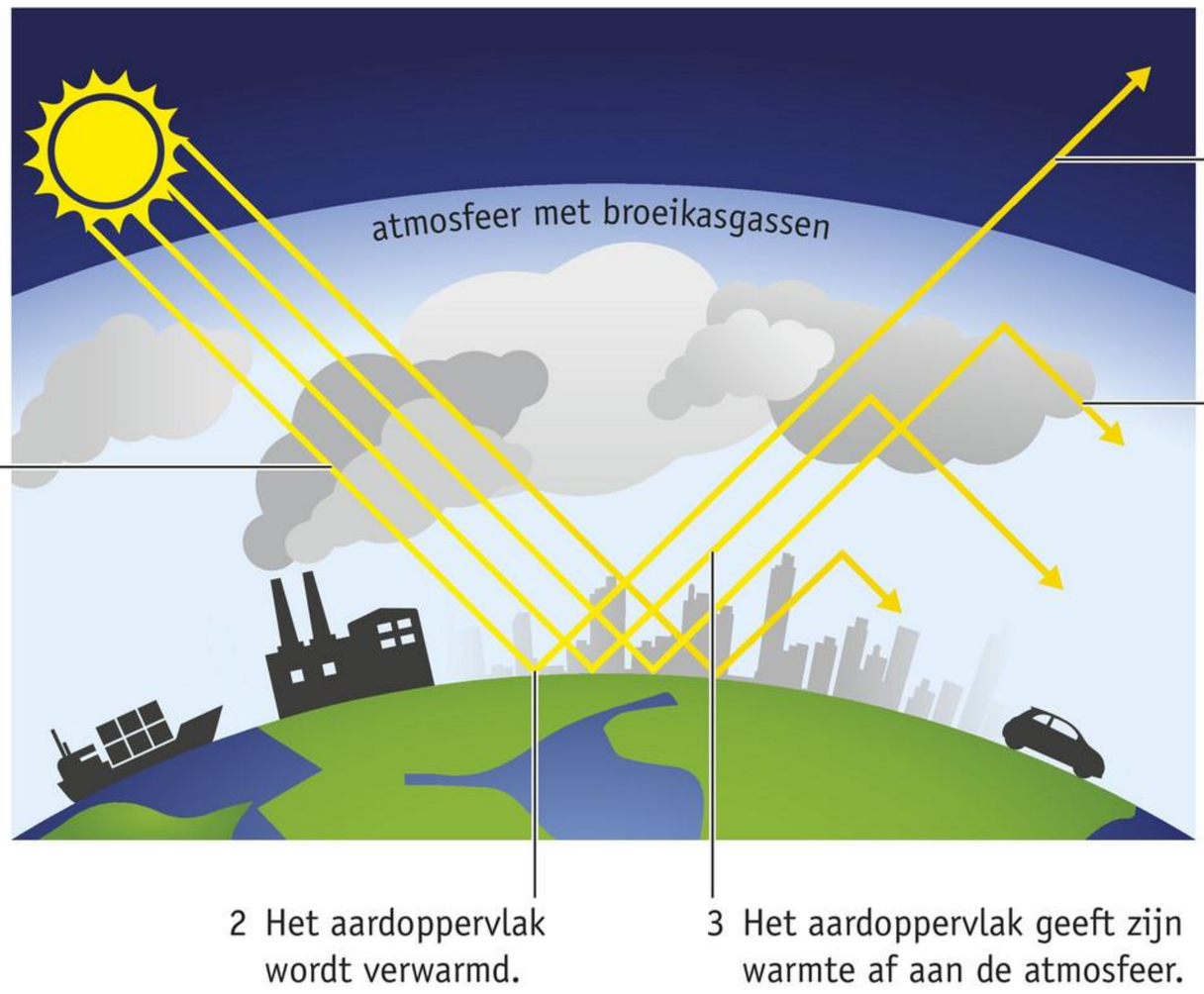
Sinds 1958 wordt de CO_2-concentratie van de lucht constant gemeten. Uit ijsonderzoek op de Noordpool is gebleken dat er aan het begin van de industriële revolutie (1750) gemiddeld 278 CO_2-moleculen per miljoen luchtmoleculen waren. In 2021 waren dat er gemiddeld 417. Dat is 50% meer.

VERSTERKT BROEIKASEFFECT

Het klimaat op aarde wordt voor een groot deel bepaald door de atmosfeer (dampkring). Dat is een mengsel van verschillende gassen die zonnestralen naar de aarde doorlaten. De zonnestralen verwarmen het aardoppervlak en die geeft de warmte weer af aan de atmosfeer. Net als een broeikas houdt een aantal gassen in de atmosfeer een deel van deze warmte vast. Dit voorkomt dat de aarde veel warmte verliest aan het heelal en dit noem je **broeikaseffect**. Zonder deze gassen in de atmosfeer zou de temperatuur aan het aardoppervlak ruim 30 °C lager zijn. De gassen in de dampkring die het broeikaseffect veroorzaken, heten broeikasgassen. De belangrijkste natuurlijke broeikasgassen zijn koolstofdioxide (CO_2), methaan (CH_4), lachgas (N_2O) en waterdamp (H_2O).

Veel milieuproblemen hebben te maken met de uitstoot van gassen in de lucht. Door de uitstoot van broeikasgassen houdt de atmosfeer meer warmte vast, waardoor de temperatuur op aarde stijgt. Dit noem je het **versterkte broeikaseffect** (zie afbeelding 77). Vooral de stijging van de CO_2-concentratie in de atmosfeer versterkt het broeikaseffect. Het CO_2-gehalte stijgt door de verbranding van fossiele brandstoffen.

■ **Afb. 77** Het versterkte broeikaseffect.



Methaan (CH_4) is een broeikasgas dat onder andere wordt gevormd bij de afbraak van organische stoffen door anaerobe bacteriën. Belangrijke bronnen van methaangas zijn veeteelt, winning van fossiele brandstoffen, de toendra in Siberië (zie afbeelding 78), vuilstortplaatsen en rijstvelden (zie afbeelding 79). Methaan houdt de warmte 34 keer beter vast dan koolstofdioxide en zorgt voor ongeveer 20% van het broeikaseffect. Methaan wordt in de atmosfeer veel sneller afgebroken dan CO_2 en lachgas.

■ **Afb. 78** Toendra.

■ **Afb. 79** Rijstvelden.

Lachgas (N_2O, distikstofmonoxide) is vooral bekend als drug, maar het is ook een broeikasgas. Lachgas wordt vooral gevormd door bacteriën tijdens de nitrificatie en denitrificatie van nitraat in de bodem en in water, mestopslagen of composthopen. Het risico op uitstoot van lachgas door de bodem neemt toe als er meer ammonium- en nitraationen aanwezig zijn, bijvoorbeeld door het gebruik van kunstmest of door stikstofneerslag. De veeteelt is hierdoor een belangrijke bron van lachgas. Doordat de verblijfsduur van lachgas in de atmosfeer erg lang is, werkt het 265 keer zo sterk als CO_2. Lachgas breekt bovendien de ozonlaag af. Hierdoor wordt schadelijke uv-straling minder goed tegengehouden.

Waterdamp versterkt de opwarming die wordt veroorzaakt door de uitstoot van andere broeikasgassen. Een warmere atmosfeer houdt meer waterdamp vast: bij elke graad Celsius temperatuurstijging kan de atmosfeer 7% meer water vasthouden en wordt het broeikaseffect nog meer versterkt.

GEVOLGEN VAN HET VERSTERKTE BROEIKASEFFECT

De gemiddelde temperatuur op aarde stijgt sneller dan wetenschappers hadden verwacht. De gevolgen ervan zijn merkbaar (zie afbeelding 80):

- De poolijskappen en gletsjers smelten, waardoor de zeespiegel stijgt. In de vorige eeuw is de zeespiegel met 14 tot 20 cm gestegen. Voor een deel is dat veroorzaakt doordat water uitzet bij stijging van de temperatuur. Volgens het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) stijgt het gemiddelde zeeniveau van de oceanen tegen het jaar 2100 met ongeveer 82 cm als we niets doen aan de uitstoot van broeikasgassen.
- De weersomstandigheden worden steeds extremer. Het verschilt van plaats tot plaats, maar hittegolven, orkanen, zware regenval en lange droge perioden komen steeds vaker voor.
- In sommige gebieden neemt de kans op overstromingen toe door de toename van neerslag.
- Langdurigere perioden van droogte belemmeren niet alleen de groei van bomen en gewassen, maar daardoor neemt ook de kans op bosbranden toe.
- Door het smelten van gletsjers in de bergen, meer verdamping en perioden van droogte kan er een tekort aan zoetwater ontstaan.
- Oceanen nemen een deel op van de extra CO_2 die wordt uitgestoten en ze verzuren daardoor. Als de zuurgraad toeneemt, lost calciumcarbonaat (kalkzouten) op. Organismen met een skelet of schelp van calciumcarbonaat, zoals koralen en weekdieren, hebben dan meer moeite om die te vormen.
- Soms verplaatsen planten- en diersoorten zich naar gebieden of wateren waar de temperatuur lager is. Dat kan gevolgen hebben voor een ecosysteem.
- De biodiversiteit neemt af. Niet alleen door de directe invloed van de toename van de gemiddelde temperatuur op aarde, maar ook door de indirecte invloed ervan. Koraalriffen sterven bijvoorbeeld af doordat de temperatuur van het zeewater stijgt. Andere soorten organismen verdwijnen door afname van hun leefgebied of door verandering van het gebied waar ze leven.

De invloed van de klimaatverandering is niet overal even groot. De poolgebieden warmen bijvoorbeeld twee keer zo snel op als de rest van de wereld. Ze kunnen daardoor op den duur zelfs helemaal verdwijnen.

■ **Afb. 80** De gevolgen van klimaatverandering in de zomer van 2022.

Opdrachten KENNIS

62 Van nature komen er broeikasgassen voor in de atmosfeer. Ze zorgen ervoor dat de atmosfeer warmte vasthoudt (het broeikaseffect), waardoor er een leefbare temperatuur op aarde heerst. Zonder het broeikaseffect zou de gemiddelde temperatuur op aarde ongeveer –18 °C zijn.

a Waarom veroorzaakt de extra uitstoot van broeikasgassen door activiteiten van de mens problemen?

b Welke drie factoren bepalen hoeveel een broeikasgas bijdraagt aan de opwarming van de aarde?

c Niet alle broeikasgassen in de atmosfeer nemen toe door de verbranding van fossiele brandstoffen of landbouw.
Van welk broeikasgas in de atmosfeer neemt de concentratie toe door de uitstoot van andere broeikasgassen?

d Een moeras is een gebied dat permanent of tijdelijk onder water staat. Moerasplanten die als ze afsterven in het water terechtkomen, worden afgesloten van de buitenlucht. In moerassen vind je vaak een afzetting van dood plantenmateriaal. Dat materiaal wordt voor een deel afgebroken door bacteriën. Verklaar waarom methaan vaak moerasgas wordt genoemd.

63 **a** Leg uit waardoor het verbranden van fossiele brandstoffen de kortlopende koolstofkringloop verstoort.

b Noteer twee directe gevolgen van de extra CO_2 die wordt toegevoegd aan de kortlopende koolstofkringloop.

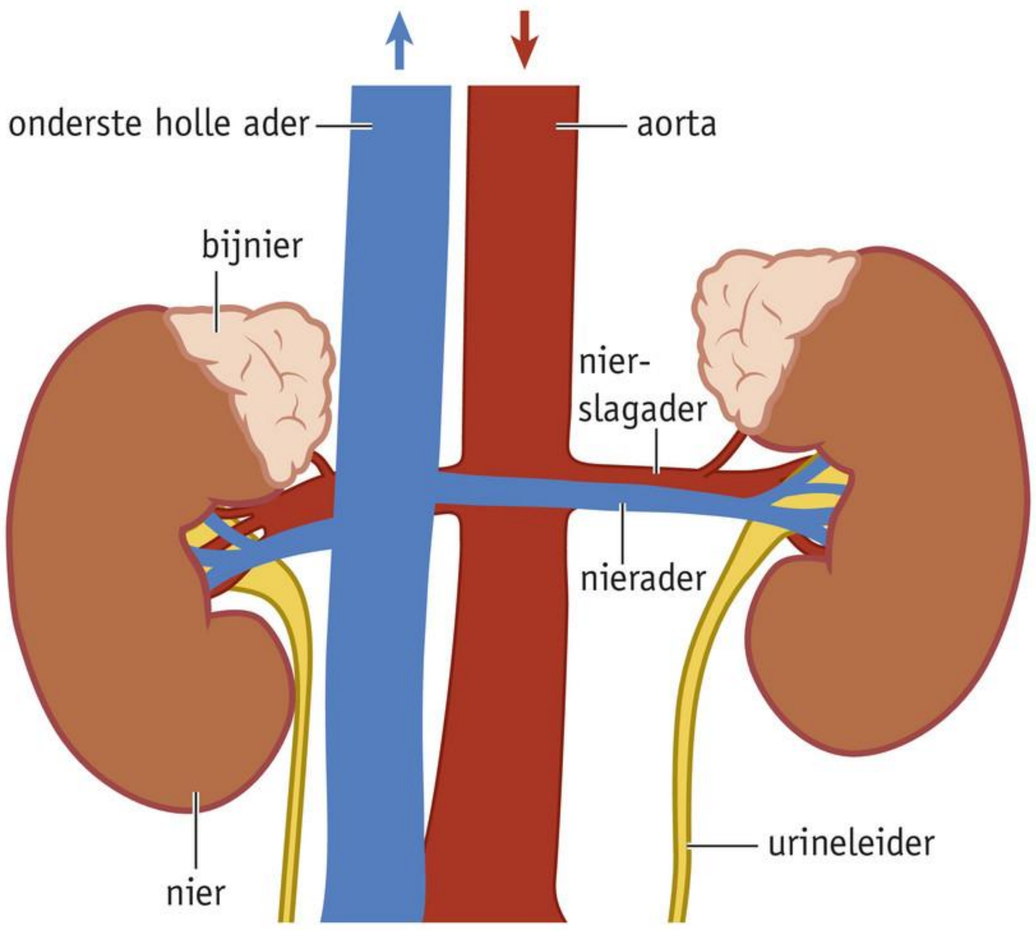
MOGELIJKE OPLOSSINGEN

Als mensen de klimaatverandering veroorzaken, kunnen ze dit proces ook stoppen. Bijvoorbeeld door klimaatneutraal te leven. Klimaatneutraal betekent dat een overheid, organisatie, proces of product niet bijdraagt aan klimaatverandering. Wanneer er uitstoot van broeikasgassen is, wordt die gecompenseerd. Het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen is essentieel voor het stoppen van de klimaatverandering. Dat kan op allerlei manieren:

- Door bij **energieproductie** gebruik te maken van duurzame of **hernieuwbare energiebronnen** zoals de zon, wind, waterkracht en aardwarmte kan de productie en het gebruik van fossiele brandstoffen verminderen (zie afbeelding 81 en 82). Hierdoor neemt ook de vervuiling af. Duurzame energiebronnen raken niet op en bij gebruik ervan komen geen broeikasgassen zoals CO_2 en methaan in de atmosfeer.
- Door gebouwen en woningen goed te isoleren gaat er minder warmte of kou verloren. Bovendien is er minder energie nodig om ze te verwarmen of om de temperatuur te verlagen.
- **Energiebesparing**: je gebruikt minder energie door bijvoorbeeld apparaten die altijd stand-by staan uit te zetten, korter te douchen en de thermostaat lager te zetten. Of je doet hetzelfde met minder energie door bijvoorbeeld ledverlichting te gebruiken.
- Restwarmte uit bijvoorbeeld de industrie is te gebruiken voor de verwarming van gebouwen.
- Het gebruik van fossiele brandstoffen in het verkeer kan afnemen. Bij langere afstanden kun je kiezen voor auto's en vrachtwagens die rijden op duurzaam opgewekte elektriciteit of voor het openbaar vervoer. In plaats van te vliegen, kun je kiezen voor vervoer per (hogesnelheids)trein. Bij kortere afstanden kun je kiezen voor lopen, fietsen, een elektrische scooter of openbaar vervoer.
- **Biobrandstof** gebruiken. Biobrandstoffen worden gemaakt uit organisch materiaal en zijn hernieuwbaar. Bij het verbranden van biobrandstoffen komt dezelfde CO_2 vrij die de biomassa tijdens de groei uit de lucht heeft gehaald. Dat maakt biobrandstof in principe klimaatneutraal. Maar biobrandstoffen zijn alleen duurzaam wanneer ze worden gemaakt uit organisch restafval zoals rioolslib, stro, houtsnippers en resten van gewassen die niet voor menselijke consumptie geschikt zijn. Biobrandstoffen uit voedselgewassen zijn niet duurzaam, omdat hiervoor bossen zijn gekapt waardoor natuurlijke ecosystemen zijn verdwenen. Dat leidt tot een afname van biodiversiteit en een hogere CO_2-uitstoot.
- Ontbossing voorkomen en bossen aanplanten.
- Minder mest gebruiken in de landbouw.
- Minder veeteelt.
- Minder vlees eten.
- Seizoensgroente en -fruit kopen en geen groente en fruit aanschaffen die uit andere delen van de wereld wordt geïmporteerd.

Het is onzeker of het genoeg is om door deze maatregelen de uitstoot van broeikasgassen voldoende te verminderen. Daarom wordt er door verschillende organisaties en bedrijven onderzoek gedaan naar methoden om CO_2 uit de lucht en oceanen te kunnen verwijderen. In IJsland wordt al CO_2 onder de grond gepompt. Het vulkanische gesteente daar reageert met de CO_2, waardoor het voor altijd wordt vastgelegd.

■ **Afb. 11** De nieren en bijnieren.



Opdrachten KENNIS

13 Noteer drie hormoonklieren die zowel bij mannen als bij vrouwen voorkomen.

14 Waarom kun je de hypofyse het ‘regelcentrum’ van het hormoonstelsel noemen?

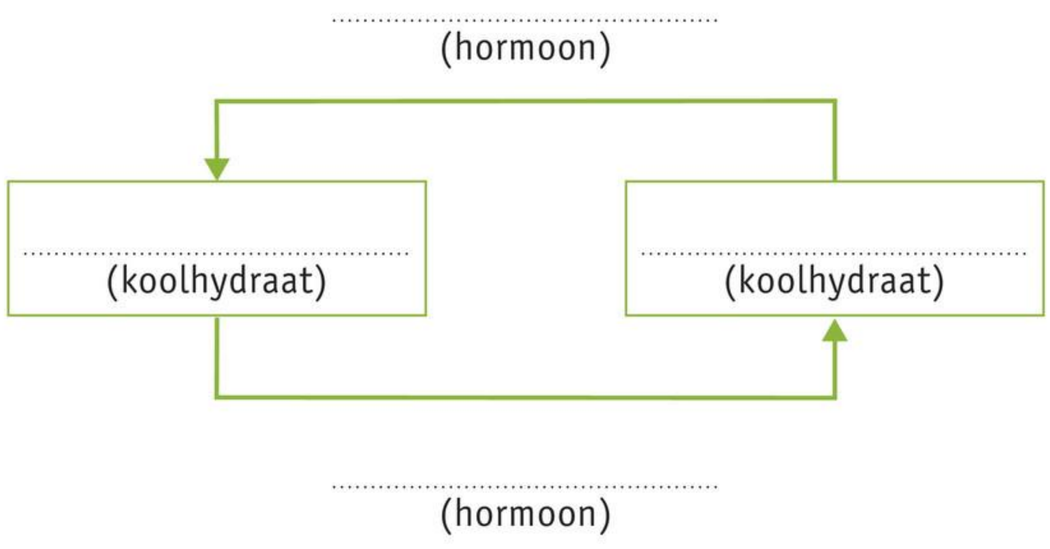
15 **a** Waarom wordt de bloedsuikerspiegel gehandhaafd rondom een dynamisch evenwicht?

b In afbeelding 12 zie je de regelkring van de bloedsuikerspiegel. Maak deze regelkring compleet. Kies uit: *glucagon – glucose – glycogeen – insuline*.

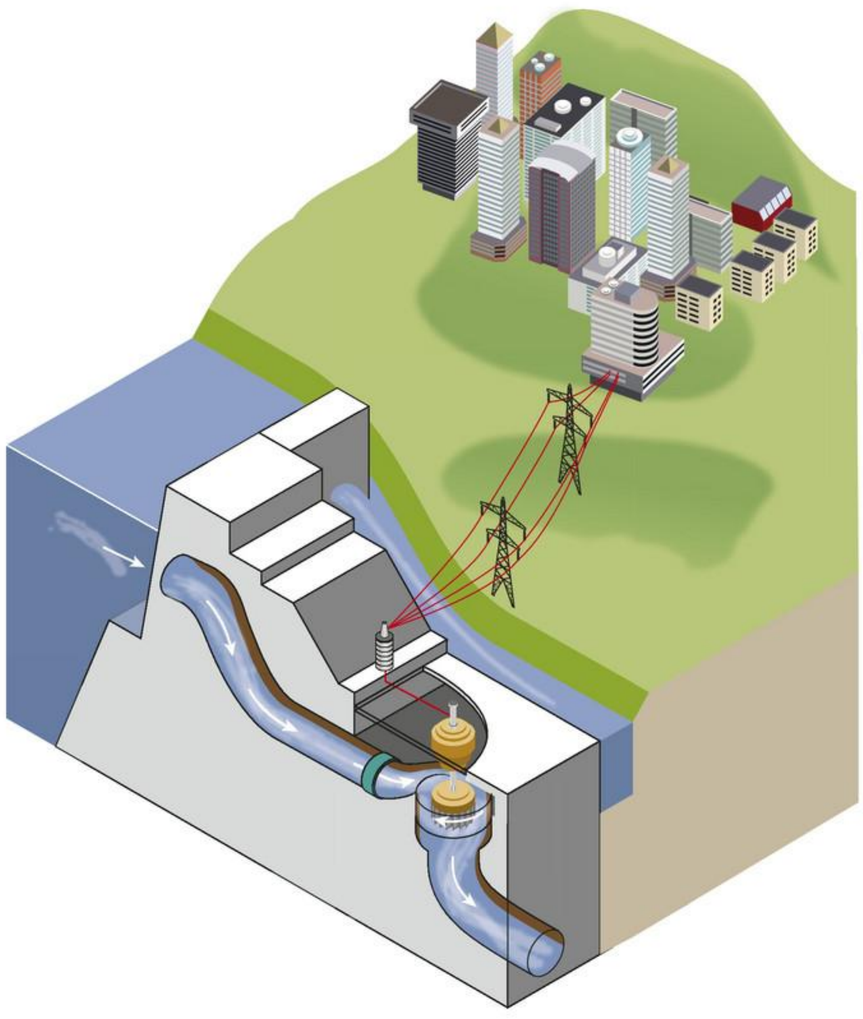
c Een wielrenner begint zijn dag enkele uren voor de start van een wedstrijd met een koolhydraatrijk ontbijt, zoals bijvoorbeeld boterhammen met zoet beleg en pannenkoeken met suiker of stroop.
Bevat het bloed van de wielrenner kort na de maaltijd veel insuline of veel glucagon? Leg je antwoord uit.

d Na twee uur fietsen zonder tussendoor te eten is de bloedsuikerspiegel van de wielrenner sterk gedaald. Bevat het bloed nu veel insuline of veel glucagon? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 12** De regelkring van de bloedsuikerspiegel.



■ **Afb. 81** Energieproductie door een waterkrachtcentrale.



■ **Afb. 82** Pijpleiding in IJsland vervoert warm water afkomstig uit de bodem.

Opdrachten KENNIS

64 **a** Noteer vijf hernieuwbare energiebronnen.

b Welke hernieuwbare energiebronnen zijn ook duurzaam?

c Door het gebruik van duurzame energiebronnen neemt de uitstoot van broeikasgassen af.
Leg uit waarom ook de vervuiling afneemt door het gebruik van duurzame energiebronnen.

65 De totale uitstoot van broeikasgassen in Europa bestaat voor 79% uit koolstofdioxide, voor 11% uit methaan en voor 6% uit lachgas. Koolstofdioxide en lachgas kunnen honderden jaren in de atmosfeer blijven hangen. Methaan verdwijnt al na tientallen jaren uit de atmosfeer.

a Noteer twee redenen waarom methaan voor 20% bijdraagt aan het versterkt broeikaseffect, terwijl het maar 11% van de totale uitstoot bedraagt en relatief snel uit de atmosfeer verdwijnt.

b Rijst wordt verbouwd op land dat onder water staat (zie afbeelding 79). Het voordeel hiervan is dat rijstplanten voedingsstoffen uit een natte bodem beter opnemen.
Leg uit hoe rijstvelden bijdragen aan de uitstoot van methaan.

c De grootte van je CO_2-voetafdruk wordt bepaald door de hoeveelheid CO_2 die je uitstoot tijdens je leven door alles wat je doet en gebruikt. In China wordt veel meer CO_2 uitgestoten dan in Europa, omdat in China veel spullen worden geproduceerd. Toch is de CO_2-voetafdruk van een persoon uit China lager dan de CO_2-voetafdruk van een persoon uit Europa.
Leg uit waardoor de CO_2-voetafdruk van een persoon uit Europa groter is.

Opdrachten INZICHT

66 Je kunt drie groepen biobrandstoffen onderscheiden:

1 biobrandstoffen die zijn gemaakt van voedselgewassen zoals suikerriet, maïs en graan of uit eetbare plantaardige oliën en dierlijke vetten

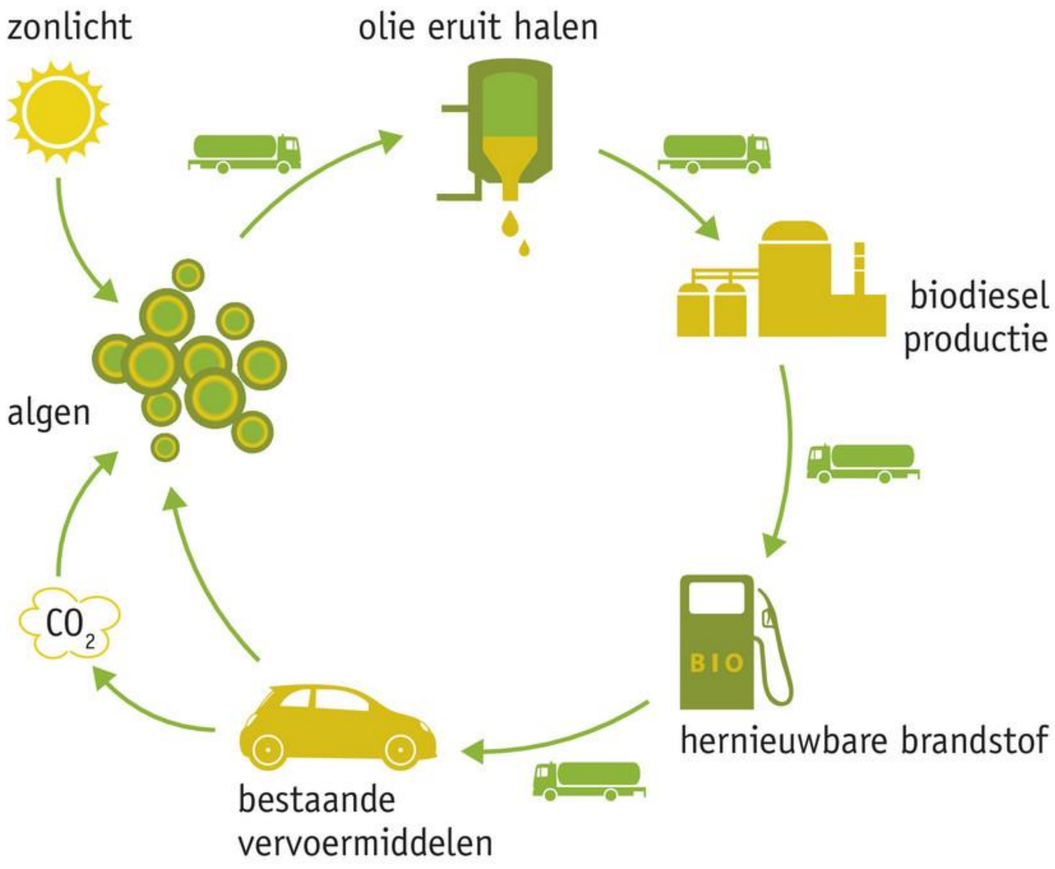
2 biobrandstoffen die zijn gemaakt van planten en vetten die niet worden gegeten, zoals stro, houtsnippers, gebruikt frituurvet en restafval

3 biobrandstoffen die zijn gemaakt uit algen en zeewier

a Noteer twee nadelen van de productie van biobrandstof met de biomassa uit groep 1.

b Bij het maken van biodiesel uit algen en bij de verbranding ervan in een auto ontstaat CO_2 (zie afbeelding 83). In Europese richtlijnen staat dat de totale uitstoot van CO_2 bij de productie en verbranding van biobrandstoffen 60% lager moet zijn dan van fossiele brandstoffen.
Bekijk afbeelding 83. De productieketen voor biobrandstof begint bij het kweken van algen en eindigt bij de verbranding in de auto.
Welke activiteiten in dit productieproces zorgen ervoor dat er meer CO_2 vrijkomt dan dat de algen door fotosynthese hebben vastgelegd? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 83** De productie en verbranding van biodiesel uit algen.



67 Door klimaatverandering komt de voedselproductie onder druk te staan.

a Noteer drie gevolgen van klimaatverandering en geef aan hoe die ervoor zorgen dat de productie van voedsel afneemt.

b Door stijging van de temperatuur kan het verspreidingsgebied van insecten groter worden.
Leg uit hoe dit een bedreiging kan vormen voor de gezondheid van mensen.

c Leg uit dat klimaatverandering kan leiden tot massale verplaatsing (migratie) van groepen mensen.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Beroep

ADVISEUR DUURZAAM ORGANISEREN

Tijdens het hele zomerseizoen kun je in Nederland festivals bezoeken. Vanwege wettelijke regels en door de vraag van het festivalpubliek maken de organisatoren steeds vaker duurzame keuzen om de negatieve effecten op het milieu te verminderen (zie afbeelding 84). Stephan houdt zich als adviseur duurzaam organiseren bij evenementen bezig met het gebruik van hernieuwbare energie. Hij heeft de hbo-opleiding Environmental Science for Sustainability, Ecosystems and Technology gevolgd. Stephan heeft er geleerd om duurzame oplossingen te vinden voor complexe problemen.

Stephan legt uit: ‘In plaats van vervuilende dieselgeneratoren te laten draaien, kun je stroom leveren door een park met zonnepanelen dat tijdelijk voor een festival of evenement wordt aangelegd. Ook elektrische auto’s van bezoekers van het festival kunnen een deel van de stroom leveren. Bezoekers melden zich van tevoren aan en maken afspraken over de hoeveelheid stroom die uit de auto mag worden gehaald, zodat ze na het festival nog thuis kunnen komen. Op de dag van het festival parkeren de deelnemers hun auto op een speciale plaats. Omdat festivals meestal op plekken plaatsvinden waar normaal geen stroomvoorziening is, is deze mobiele stroomvoorziening ideaal. Een batterij op vier wielen rijdt naar de plaats waar je energie wilt hebben en kan daar worden ontladen.’

■ **Afb. 84** Stroomverbruik op een festival.

Opdrachten

68 De opleiding die Stephan heeft gevolgd is Engelstalig.

a Wat is hiervan het voordeel?

b Is een Engelstalige opleiding iets voor jou? Licht je antwoord toe.

69 **a** Leg uit waarom dieselgeneratoren vervuilend zijn.

b Waarom kunnen elektrische auto’s slechts een deel van de stroom op een festival leveren?

c Festival Lowlands heeft op een parkeerplaats een zonnecarport gebouwd (zie afbeelding 85). De zonnepanelen leveren niet alleen tijdens het festival energie, maar ook de rest van het jaar. Stel dat je zelf een duurzaam festival mag organiseren waarbij je al gebruikmaakt van zonnepanelen en stroom van elektrische auto’s.
Bedenk nog twee andere duurzame oplossingen om de negatieve effecten van het festival voor het milieu te beperken.

■ **Afb. 85** Zonnecarport op de parkeerplaats van festival Lowlands.

HOP-OVERS VOOR DE GEWONE GROOTOORVLEERMUIS

LEERDOELEN

7.S.1 Je kunt de invloed van de mens op de leefwijze van de gewone grootoorvleermuis toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.

7.S.2 Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair denken en systeemdenken toepassen op het herstel van de vliegroutes van de gewone grootoorvleermuis door hop-overs.

Vleermuizen maken gebruik van echolocatie om in het donker hun weg te vinden en voedsel te zoeken. De gewone grootoorvleermuis komt verspreid voor in heel Nederland. Met zijn grote oren kan de gewone grootoorvleermuis de vleugelslagen van insecten horen en zo prooien ontdekken waardoor hij minder gebruik hoeft te maken van echolocatie.

In de zomer rusten de vleermuizen overdag in boomholten en op zolders. Van half oktober tot begin april overwinteren ze in kalksteengroeven, bunkers, forten, oude fabrieken, kerktorens en op zolders.

Gewone grootoorvleermuizen jagen vooral op beschutte open plekken in bossen en parken. Soms jagen ze ook in gebouwen zoals schuren en stallen met vee en op zolders. Ze vliegen meestal na zonsondergang uit voor de jacht. De vleermuizen hebben dan vaste vliegroutes en jagen in de omgeving van hun verblijfplaats op vlinders, muggen, spinnen, kevers, vliegen, rupsen en oorwormen. Grote prooien nemen ze mee naar hun hangplaats om daar op te eten. Om in de schemering en in het donker hun weg te kunnen vinden, gebruiken ze oriëntatiepunten in het landschap: ze volgen vaak boomkronen, houtwallen en andere beplanting.

De gewone grootoorvleermuis komt niet voor op de Rode lijst van zoogdieren, maar wordt wel genoemd in de Wet natuurbescherming. Dat betekent bijvoorbeeld dat je ze niet mag verstoren in hun leefgebied. Bij de aanleg van een snelweg door bossen is de kap van bomen vaak niet te voorkomen. Hierdoor verdwijnen er oriëntatiepunten voor de gewone grootoorvleermuizen, waardoor hun vaste vliegroutes worden onderbroken. Het is in zo'n geval verplicht om een alternatieve vliegroute aan te bieden of oriëntatiepunten te herstellen, zodat de vleermuizen vanuit hun verblijfplaats het gebied waar ze voedsel zoeken kunnen blijven bereiken. Dat kan door hop-overs aan te leggen die de onderbrekingen in de vliegroute verkleinen. Natuurlijke hop-overs zijn bomen die vlak langs de weg of in de middenberm zijn geplaatst. Wanneer de onderbreking te groot is om met bomen te overbruggen, kan een kunstmatige hop-over worden aangelegd. Dat is een overspanning van de weg die ervoor zorgt dat vleermuizen via echolocatie weer hun weg kunnen vinden (zie afbeelding 1).

■ **Afb. 1** Een hop-over.

Opdrachten

1 Vul in de tabel de volgende begrippen in bij het juiste organisatieniveau.
Kies uit: *bossen – gewone grootoorvleermuis – leefgebied – oorwurmen – oren – vleermuizen – vleugels – vlinders.*

Organisatieniveau	Begrip
Systeem aarde	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

2 Een vleermuizenpopulatie zoekt voedsel meestal in meerdere gebieden in de omgeving van haar verblijfplaats. Op welk gebied de keuze valt, hangt af van de omstandigheden. Factoren die daarbij een rol kunnen spelen zijn: voedselaanbod op een bepaald moment, afstand tot de verblijfplaats en concurrentie met andere vleermuizen.

a Welke van de genoemde factoren zijn biotisch?

b Vleermuizen hebben vaak last van vlooien, mijten en teken.
Om welke vorm van symbiose gaat het in dit geval? Leg je antwoord uit.

3 In het najaar eten de vleermuizen zo veel, dat ze een vetreserve kunnen opbouwen. Van oktober tot april houden ze een winterslaap. Ze verbruiken dan veel minder energie doordat hun lichaamstemperatuur, die normaal 39 °C is, daalt naar 6 °C. Het hart slaat nog maar een paar keer per minuut en ze hangen ondersteboven aan een balk of tak. Leg uit waarom vleermuizen die vaak wakker worden uit hun winterslaap de winter niet overleven.

4 Voor hun vaste vliegroutes volgen gewone grootoorvleermuizen vaak boomkronen, houtwallen en ander beplanting. In afbeelding 2 zie je een kunstmatige hop-over.

a Leg uit waarom er meer vleermuizen zullen omkomen door het verkeer als deze hop-over er niet zou zijn.

b Het is belangrijk dat een hop-over onverlicht is.
Leg uit waarom dit belangrijk is.

PRACTICA

Practicumopdracht 1

ONDERZOEKSDOEL

7.0.1 Je kunt een korstmos onder de microscoop bekijken en delen herkennen en tekenen.

- Basisstof 2
- Vaardigheden 1, 2, 3 en 4 (thema 1)

Korstmossen

30 minuten

INLEIDING

In deze practicumopdracht maak je een preparaat van een korstmos. Je bekijkt het preparaat met een microscoop en je maakt er een tekening van.

MATERIAAL

- een stukje tak met korstmos
- een microscoop
- prepareermateriaal

METHODE

- 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 uit elkaar trekken en hiervan een preparaat maken.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400×. Je ziet algen en schimmels.

RESULTAAT

Een tekening waarin de cellen van de algen en schimmels zijn aangegeven.

Practicumopdracht 2

ONDERZOEKSDOEL

7.0.2 Je kunt de biodiversiteit van twee gebieden vergelijken.

- Basisstof 4

Biodiversiteit

40 minuten

INLEIDING

Biodiversiteit of biologische diversiteit is een begrip dat je gebruikt voor de verscheidenheid aan organismen binnen een ecosysteem. In deze practicumopdracht vergelijk je de biodiversiteit van twee verschillende gebieden.

ONDERZOEKSVRAAG

Hoe kun je de biodiversiteit van twee verschillende gebieden vergelijken?

HYPOTHESE

Je kunt de biodiversiteit van twee verschillende gebieden vergelijken met behulp van de diversiteitsindex (of Yule's index).

MATERIAAL

- een computer met Excel
- Excelbestand met de gegevens uit tabel 1

Tabel 1 Vergelijking van het aantal bodemdieren in twee verschillende biotopen (methode: lijntransect).

Soort	Tuin 1	Tuin 2
Duizendpoot	8	2
Gewone loopkever	12	1
Huisjesslak	5	0
Kortschildkever	4	0
Kruisspin	4	5
Mier	0	28
Miljoenpoot	9	1
Naaktslak	6	1
Oorworm	7	2
Pissebed	12	34
Rolpissebed	8	1
Aantal soorten	10	9
Totaal	75	75

METHODE

- Voer volgens de natuurwetenschappelijke methode een onderzoek uit naar de soortenrijkdom van een bepaalde groep organismen in twee verschillende gebieden met behulp van de diversiteitsindex. Je meet de soortenrijkdom in twee verschillende gebieden. Het kan bijvoorbeeld gaan om het aantal diersoorten in de strooisellaag van een loofbos en een naaldbos, maar ook om het aantal vogelsoorten in een woonwijk en in een park, het aantal bacteriën op de deurkruk van het toilet en aan de binnenkant van je broodtrommel. Ook kun je denken aan het aantal plantensoorten per kwadrant in twee verschillende graslanden of het aantal waterdieren in twee verschillende sloten.
- Van je docent krijg je een Excelbestand. In dit bestand zijn de gegevens uit tabel 1 als voorbeeld ingevuld. Vul in het Excelbestand je eigen meetgegevens in en bereken met behulp van het bestand de diversiteitsindex. De index houdt rekening met het aantal verschillende soorten in een gebied en de verhouding tussen de gevonden aantallen. Op het schoolplein van school A komen bijvoorbeeld vijf verschillende korstmossen voor: twintig van elke soort. Op het schoolplein van school B komen ook vijf verschillende soorten voor: 45 van één soort, twee van een

andere soort en van drie andere soorten elk een exemplaar. Het aantal soorten korstmossen is op elk schoolplein gelijk. De diversiteit op schoolplein A is echter veel groter. De diversiteitsindex *Y* (Yule's index) brengt deze verschillen aan het licht.

$$Y = \frac{N^2}{n_1(n_1 - 1) + n_2(n_2 - 1) + \ldots \text{ enz.}}$$

N	=	het totaal aantal waarnemingen in een gebied
n_1, n_2, ...	=	aantal waarnemingen van eerste, tweede, ... soort
Y	=	de kans dat na een waarneming van soort A bij een volgende waarneming een andere soort B wordt waargenomen

Bij het bepalen van de diversiteit probeer je het totale aantal waarnemingen (*N*) in elk gebied dat je onderzoekt zo veel mogelijk gelijk te houden. Zo is zowel in tuin 1 als in tuin 2 het aantal dieren 75 (zie tabel 1). Het aantal soorten in tuin 1 en tuin 2 verschilt weinig. Toch is de biodiversiteit in tuin 1 groter door de verhouding waarin de verschillende soorten voorkomen.

- Beschrijf de fasen van je onderzoek.

RESULTATEN

1 Geef de resultaten overzichtelijk weer.

CONCLUSIE

2 Welke conclusie kun je trekken?

Practicumopdracht 3

ONDERZOEKSDOEL

7.O.3 Je kunt onderzoeken of de kleur (golflengte) van licht invloed heeft op de groei en ontwikkeling van planten.

▶ Basisstof 7

Invloed van kleur (golflengte) op de ontwikkeling van planten

75 minuten

INLEIDING

In Nederlandse kassen wordt gewerkt met variatie in verlichting om de productie op te voeren. Anders dan in de volle grond op de akker wordt in kassen het normale dag- en nachtritme doorbroken door meer licht aan te bieden en daarmee de fotosynthese te stimuleren. Bovendien wordt gewerkt met de kleur (golflengte) van de verlichting die het beste resultaat oplevert (zie afbeelding 1). In deze practicumopdracht onderzoek je of de kleur van het licht invloed heeft op de groei en ontwikkeling van planten.

ONDERZOEKSVRAAG

Heeft de kleur (golflengte) van het licht invloed op de groei en ontwikkeling van planten?

HYPOTHESE

Vooral blauw en rood licht zorgen voor een sterkere fotosynthese en groei van planten.

MATERIAAL

- zaden of kiemplanten van bijvoorbeeld boon of tuinkers
- petrischaaltjes met filtreerpapier of watten
- water
- bekerglazen
- lampen in de kleuren blauw, geel, groen en rood of 'witte' lampen en gekleurd doorzichtig folie in de kleuren blauw, geel, groen en rood
- weegschaal

■ **Afb. 1** Ledverlichting in een kas.

METHODE

- Bedenk een proefopstelling om in het klein een kas na te bootsen en de invloed van de lichtkleur te onderzoeken. Gebruik afhankelijk van het materiaal dat op school beschikbaar is, een serie gekleurde (led)lampen of witte lampen met een kleurfilter ervoor. Maak ook een controlegroep waarbij je alleen wit licht gebruikt. Maak een duidelijk schema met een tekening van je opstelling en je werkplan en geef daarbij aan wat je motivering is om het zo te doen. Laat dit schema controleren door je docent of de TOA.
- Weeg op vooraf vastgestelde tijden het gewicht van de planten uit je onderzoeksgroep en uit de controlegroep.

RESULTATEN

Zet de resultaten van je experimenten uit in een tabel en/of een grafiek.

CONCLUSIE

1 **a** Beantwoord de onderzoeksvraag.
b Is je hypothese juist?

DISCUSSIE

2 Leg uit dat bedrijven in de glastuinbouw een voorkeur hebben voor het gebruik van ledlampen bij hun kasverlichting.

3 Geef een verklaring voor de gevonden verschillen tussen de groei van planten bij verschillende golflengten. Betrek in je antwoord het feit dat chlorofyl (bladgroen) de hoofdrol speelt bij de fotosynthese.

SAMENVATTING

7.1.1 BASISSTOF 1

Je kunt beschrijven wat een ecosysteem is en wat de kenmerken ervan zijn.

- Ecosysteem: min of meer natuurlijk begrensd gebied (bijv. duingebied, heideveld) waarin een wisselwerking plaatsvindt tussen verschillende biotische en abiotische factoren.
- Biotische factoren: invloeden afkomstig van de levende natuur.
- Abiotische factoren: invloeden van de levenloze natuur.
  - De abiotische factoren in een ecosysteem vormen samen de biotoop.
- Binnen een ecosysteem heeft elke soort zijn eigen habitat (het leefgebied van een organisme).
- Organisme (individu): één levend wezen.
- Populatie: groep organismen van dezelfde soort in een bepaald gebied, die zich onderling voortplanten.
- Levensgemeenschap: alle populaties in een ecosysteem.

7.1.2

Je kunt biotische en abiotische factoren binnen een ecosysteem benoemen.

Voorbeelden van biotische factoren:

- voedselaanbod, parasitisme, ziekten, concurrentie, predatie, bescherming door vegetatie, vegetatie als nestgelegenheid

Voorbeelden van abiotische factoren:

- Bodemgesteldheid.
  - Zand: grote bodemdeeltjes, open structuur, veel lucht en weinig water. Kan water niet goed vasthouden.
  - Klei: kleine bodemdeeltjes, weinig lucht en veel water. Kan water goed vasthouden.
  - Humus: mengsel van organische en anorganische stoffen en micro-organismen (reducenten). Humus verbetert de structuur van de bodem en gaat uitspoeling van mineralen tegen.
  - Andere factoren: o.a. de pH (zuurgraad), grondwaterstand, gehalte aan anorganische stoffen (voedingszouten).
- Licht.
  - Nodig voor fotosynthese. Zonplanten groeien het best bij een hoge lichtintensiteit (bijv. in het open veld), schaduwplanten bij een lage lichtintensiteit (bijv. op de bodem van een loofbos).
  - De daglengte heeft bij veel organismen invloed op het tijdstip van voortplanting (bijv. bloemvorming bij planten, paring en eileg bij dieren).
  - In oppervlaktewater dringt alleen licht door in de bovenste lagen.
- Water.
  - Landplanten in een vochtig milieu hebben zwak ontwikkelde wortelstelsels, bladeren met een dunne cuticula en veel huidmondjes.
  - Landplanten in een droog milieu hebben goed ontwikkelde wortelstelsels, bladeren met een dikke cuticula en weinig huidmondjes (speciaal aan de onderkant van de bladeren).
- Temperatuur.
  - De enzymactiviteit is afhankelijk van de temperatuur.

7.1.3

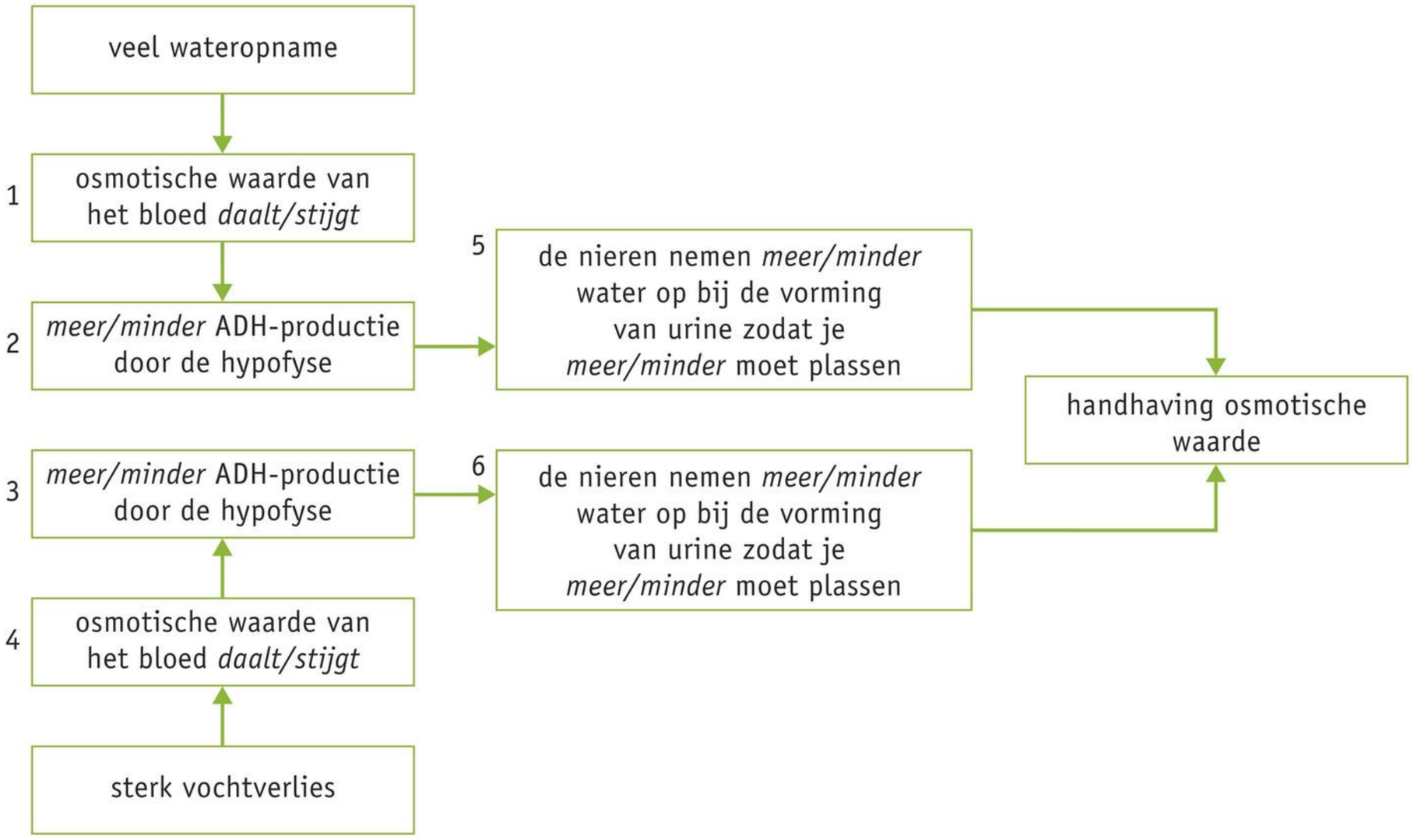
Je kunt de invloed van de belangrijkste abiotische factoren op organismen beschrijven.

- Abiotische factoren zijn van invloed op de soortensamenstelling in een gebied.
- Soortensamenstelling: de verschillende soorten (planten, dieren, schimmels, prokaryoten) die in een gebied voorkomen.
- Tolerantie: het vermogen van organismen om schommelingen in een abiotische factor te verdragen.
- Optimum: de waarde van een abiotische factor die het gunstigst is voor het organisme.
- Beperkende factor: factor die bepaalt hoeveel organismen van een soort in een gebied kunnen overleven.
  - Soorten met een grote tolerantie hebben een groot verspreidingsgebied.
  - Verspreidingsgebied: het gebied op aarde waar een soort voorkomt.

Opdrachten INZICHT

16 Onder invloed van ADH (antidiuretisch hormoon) uit de hypofyse produceren de nieren minder urine, waardoor er meer water blijft behouden voor het inwendige milieu. Door meer of minder productie van ADH wordt de osmotische waarde van het inwendige milieu gehandhaafd.
Maak het schema van afbeelding 13 kloppend. Kies steeds het juiste woord.

■ **Afb. 13** De regelkring van ADH.



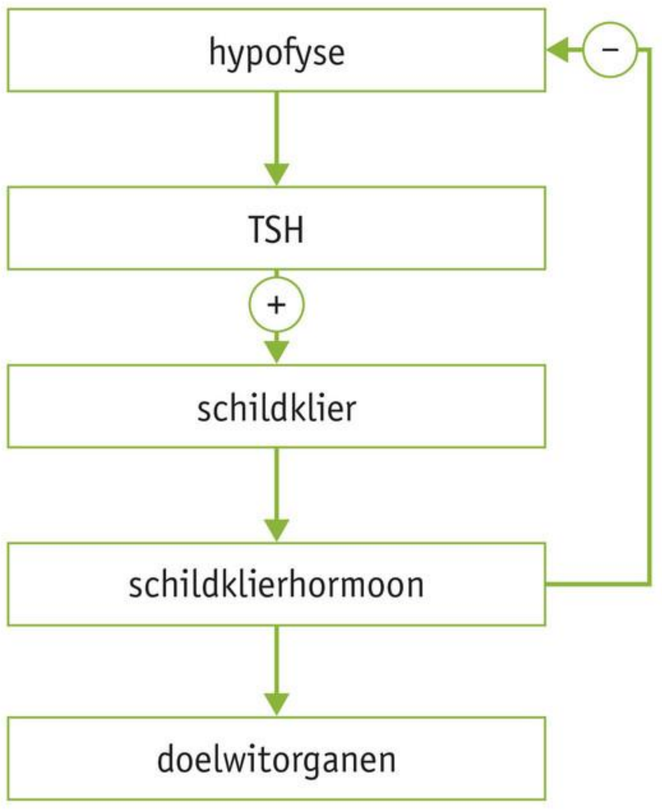
17 Afbeelding 14 is een schematische tekening van de regelkring van de schildklierhormoonproductie. Daarbij treden terugkoppelingsmechanismen (feedbackmechanismen) op.
In de eerste week na de geboorte krijgen baby's in Nederland een hielprik. Hun bloed wordt onderzocht op een aantal zeldzame ziekten. Een van deze ziekten is congenitale hypothyreoïdie (CHT). Een kind met CHT maakt te weinig schildklierhormoon aan doordat de schildklier afwezig is of doordat de schildklier niet goed werkt.

a Wat zijn de gevolgen voor een kind als CHT niet wordt behandeld?

b Waardoor verloopt de ontwikkeling van een baby met CHT vóór de geboorte normaal?

c Heeft een kind met CHT veel of weinig TSH in zijn bloed? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 14** Regeling van de schildklierhormoonconcentratie in het bloed.



7.2.1 BASISSTOF 2

Je kunt binnen een ecosysteem vormen van concurrentie en van coöperatie onderscheiden.

- Concurrentie (competitie, strijd): bijv. om voedsel, ruimte, een partner.
  - Concurrentie tussen populaties is meestal minder sterk dan binnen een populatie.
- Natuurlijke selectie: de organismen die het best zijn aangepast aan het milieu, hebben de grootste overlevingskans.
  - Bij sterke concurrentie is de selectiedruk groot.
  - Door natuurlijke selectie kan de soortensamenstelling in populaties en ecosystemen veranderen.
- Symbiose: langdurige samenleving van organismen van verschillende soorten.
- Mutualisme: beide organismen hebben voordeel.
- Commensalisme: het ene organisme heeft voordeel en het andere geen voordeel en geen nadeel.
- Parasitisme: een organisme (parasiet) leeft op of in een organisme van een andere soort (gastheer) en onttrekt er voedsel aan.

7.2.2

Je kunt de dynamiek en het evenwicht in een ecosysteem beschrijven.

- Populatiegrootte: het totale aantal individuen van een soort in een bepaald gebied.
- Populatiedichtheid: het gemiddelde aantal individuen van een soort per oppervlakte-eenheid (op het land) of per volume-eenheid (in het water).
  - De populatiedichtheid blijft binnen bepaalde grenzen schommelen door negatieve terugkoppeling van biotische factoren.
  - Als de populatie groter wordt, nemen predatie, parasitisme, ziekten en concurrentie toe en neemt de hoeveelheid voedsel af. Hierdoor krimpt de populatie weer.
  - Als de populatie kleiner wordt, nemen predatie, parasitisme, ziekten en concurrentie af en neemt de hoeveelheid voedsel toe. Hierdoor groeit de populatie weer.
- Dynamiek: het schommelen van biotische factoren.
- De populatiegrootte kan ook veranderen door geboorte, sterfte en migratie.
  - Als een soort zich nieuw in een ecosysteem vestigt, kan populatiegroei plaatsvinden.
- Inheems: soort die van nature in een gebied voorkomt.
- Uitheems: soort die niet van nature in een gebied voorkomt.
- Exoot: soort die als gevolg van menselijk handelen terechtkomt in een gebied waar hij van oorsprong niet thuishoort.
- Draagkracht: de maximale populatiegrootte van de verschillende populaties die over langere tijd in een ecosysteem kunnen worden gehandhaafd.
  - Na overschrijding van de draagkracht en het instorten van een populatie kan zich een nieuw biologisch evenwicht instellen, meestal met een lagere draagkracht.

7.3.1 BASISSTOF 3

Je kunt de voedselrelaties binnen een ecosysteem beschrijven.

- Vraat: het eten van planten door dieren.
  - Signaalstoffen: chemische verbindingen die informatie overdragen tussen en binnen organismen.
  - Andere planten reageren op signaalstoffen, bijv. door de aanmaak van gifstoffen, waardoor vraat wordt voorkomen.
- Voedselketen: een reeks soorten waarbij elke soort een voedselbron is voor de volgende soort.
  - Een voedselketen geeft de voedselrelaties in een ecosysteem weer.
  - De pijlen in een voedselketen geven weer in welke richting energie en voedingsstoffen worden overgedragen.
- Voedselweb: het geheel van voedselrelaties in een levensgemeenschap.
- Predatie: het eten van dieren.
- Trofisch niveau: schakel in de voedselketen.
  - Het eerste trofische niveau bestaat uit autotrofe organismen.
- Producenten: organismen die in staat zijn tot fotosynthese (koolstofassimilatie).
  - Kunnen organische stoffen uit anorganische stoffen maken (autotroof).
  - Leveren de organische stoffen waar het hele ecosysteem van leeft.
- Consumenten: organismen die andere organismen als voedsel nodig hebben.
  - Moeten organische stoffen uit hun voedsel opnemen (heterotroof).
  - Planteneters (herbivoren), vleeseters (carnivoren) en alleseters (omnivoren).
  - Consumenten van de eerste orde worden gegeten door consumenten van de tweede orde,

die worden gegeten door consumenten van de derde orde, enz.
- Reducenten (bacteriën en schimmels) breken dood organisch materiaal af tot anorganische stoffen.
  - In grote organische moleculen ligt veel energie opgeslagen in de verbindingen tussen de atomen.
- Assimilatie: vorming van grote organische moleculen uit kleine (anorganische) moleculen. Hierbij wordt energie vastgelegd in de verbindingen.
- Koolstofassimilatie (fotosynthese): vorming van glucose uit koolstofdioxide en water. De benodigde energie is bij fotosynthese afkomstig van licht.
- Voortgezette assimilatie: uit o.a. glucose worden koolhydraten, eiwitten, vetten en DNA gevormd.
- Dissimilatie: afbraak van organische moleculen. Hierbij komt energie vrij die is opgeslagen in de verbindingen.

7.3.2

Je kunt de energiestromen door een ecosysteem beschrijven.

- Biomassa: het totale gewicht van alle organische stoffen.
- Ecologische piramiden geven de voedselrelaties in een ecosysteem weer.
  - Piramide van aantallen: aantal organismen per trofisch niveau.
  - Piramide van biomassa: biomassa per trofisch niveau.
- De energiestroom door een ecosysteem (zie ook *BiNaS* tabel 93A).
  - Productie: alle biomassa die in een ecosysteem door producenten wordt gevormd.
  - Energieverlies: door afgestorven weefsels, onverteerd voedsel en dissimilatie.

7.4.1 BASISSTOF 4

Je kunt aan de hand van kenmerkende soorten enkele ecosystemen beschrijven.

- Elk ecosysteem heeft zijn kenmerkende soorten. Bijv.:
  - duinen: biestarwegras en helmgras
  - heide: dopheide, kraaiheide, struikheide
  - loofbos: eekhoorns, everzwijnen, konijnen, herten, wolven, bosbes, eiken, beuken en varens
  - naaldbos: bekertjesmos, douglasspar, grove den, zwarte specht
- Indicatorsoorten: soorten die een aanwijzing geven over een kenmerk van het milieu waarin ze voorkomen, bijv. over de zuurgraad, het vochtgehalte, de voedselrijkdom, het zoutgehalte, vervuiling en de biodiversiteit.

7.4.2

Je kunt veranderingen in een ecosysteem beschrijven.

- Successie: verandering van de soortensamenstelling in een ecosysteem.
- Pionierecosysteem: ecosysteem dat als eerste ontstaat in een onbegroeid gebied.
- Climaxecosysteem: eindstadium in de successie.
  - Bijv. tropische regenwouden, koraalriffen en (in Nederland) loofbossen.
- Primaire successie: successie op een bodem zonder humus.
- Secundaire successie: successie als er al een bodem met humus aanwezig is.
  - Secundaire successie verloopt sneller dan primaire successie.
- Erosie: de bovenste laag van de bodem spoelt of waait weg.

Zie de tabel onderaan de bladzijde.

Factor	Pionierecosysteem	Climaxecosysteem
Abiotische factoren	Sterk wisselend	Gematigd
Kringlopen	Open	Gesloten
Biomassa	Toename	Blijft gelijk
Bodem	Humusarm	Humusrijk
Vegetatie	Eén laag	Meerdere lagen
Biodiversiteit	Soortenarm	Soortenrijk
Voedselweb	Eenvoudig	Ingewikkeld
Snelheid van successie	Snelle afwisseling van soorten	Weinig verandering in soorten

7.4.3

Je kunt in een model gegeven informatie over ecosystemen gebruiken, bewerken en analyseren.

- Ecologisch model:
  - De biotische factoren in een ecosysteem kunnen in verschillende evenwichtssituaties verkeren.
  - Bij een kleine verstoring kan de evenwichtssituatie worden gehandhaafd.
  - Bij een flinke verstoring kan er blijvend een nieuwe evenwichtssituatie ontstaan.

7.5.1 BASISSTOF 5

Je kunt de koolstofkringloop beschrijven.

- Koolstof doorloopt een kringloop in het systeem aarde (zie ook *BiNaS* tabel 93F):
  - Producenten nemen koolstofdioxide (CO_2) op uit de lucht en produceren hiermee organische stoffen.
  - Consumenten nemen de organische stoffen van andere organismen op als voedsel.
  - Reducenten breken organische resten af tot anorganische stoffen, waaronder CO_2.
  - In de huidige of kortlopende koolstofkringloop gaat koolstof in maximaal een paar honderd jaar eenmaal rond.
- Fossiele brandstoffen zijn miljoenen jaren geleden gevormd en opgeslagen en maken deel uit van de langlopende koolstofkringloop.
  - Door verbranding van fossiele brandstoffen komt extra CO_2 in de huidige koolstofkringloop.

7.5.2

Je kunt de stikstofkringloop beschrijven.

- Stikstof doorloopt een kringloop in het systeem aarde (zie ook *BiNaS* tabel 93G):
  - Producenten nemen stikstof vooral op via nitraationen (NO_3^-).
  - Uit nitraationen en glucose worden stikstofhoudende organische verbindingen (bijv. eiwitten) opgebouwd.
  - Consumenten scheiden stikstof uit met hun urine (als ammoniak, ureum of urinezuur).
- Ammonificatie: rottingsbacteriën en urobacteriën breken de eiwitten in organisch afval en de afbraakproducten van eiwitten in urine af tot o.a. ammoniak (NH_3).
- Nitrificatie: nitrietbacteriën zetten ammoniak en ammoniumionen (NH_4^+) om in nitrietionen (NO_2^-) en nitraatbacteriën zetten nitrietionen om in nitraationen.
- Nitrificerende bacteriën zijn aerobe bacteriën: ze zijn actief in een zuurstofrijke bodem.
- Denitrificatie: denitrificerende bacteriën zetten nitraationen om in gasvormige stikstof (N_2).
- Denitrificerende bacteriën zijn anaerobe bacteriën: ze zijn actief in een zuurstofarme bodem.
- Stikstofbinding: stikstofbindende bacteriën zetten gasvormige stikstof om in ammoniak.
  - Stikstofbinding kan alleen plaatsvinden onder anaerobe omstandigheden.
  - Stikstofbindende bacteriën: vrij levend in de bodem en in de wortelknolletjes van vlinderbloemige planten.

7.6.1 BASISSTOF 6

Je kunt de voornaamste oorzaken en gevolgen van milieuproblemen toelichten.

- Oorzaken van milieuproblemen:
  - de bevolkingsgroei
  - de veranderde wijze van leven (industriële productie, chemische en technische ontwikkeling, grootschalige landbouw, veranderde infrastructuur en welvaartsgroei)
- Gevolgen van milieuproblemen:
  - vervuiling door afvalstoffen
  - uitputting van grondstoffen
  - aantasting van het landschap
  - vermindering van de biodiversiteit

7.6.2

Je kunt uitleggen wat duurzame ontwikkeling is.

- Duurzame voedselproductie:
  - precisielandbouw (smart farming) toepassen
  - verticale landbouw in bijv. leegstaande kantoren
  - ledlampen gebruiken in de glastuinbouw
- Biologische landbouw: voorkomt uitputting van de grond en dierenleed, maar heeft een lagere productiviteit, vereist vaardigheden en is tijdrovend.
- Duurzame ontwikkeling: als kan worden voorzien in de behoeften van de huidige generatie mensen zonder de behoeften van de toekomstige generaties en de natuur in gevaar te brengen.
- Voorbeelden van duurzame processen:
  - hergebruik: producten of delen daarvan worden hergebruikt
  - recyclen: het opnieuw gebruiken van grondstoffen en materialen voor een vergelijkbaar doel of voor een ander doel
  - door recyclen en hergebruik zijn er minder grondstoffen nodig

- Duurzaamheid: de maatschappij kan voor onbepaalde tijd productief blijven, zonder dat dit ten koste gaat van de omgeving.
  - Producten die niet kunnen worden hergebruikt of recyclebaar zijn, eindigen bij het restafval.

7.6.3

Je kunt maatregelen voor natuurbescherming toelichten.

- De bevolkingstoename, de veranderde levenswijze en de opkomst van de grootschalige landbouw en veehouderij hebben gevolgen voor de biodiversiteit, die neemt daardoor af.
- Versnippering: de natuur is vooral door grote verkeerswegen in kleine stukjes verdeeld.
- Natuurbescherming: het behouden of het ontwikkelen van natuur met als doel om de biodiversiteit te behouden.
- Maatregelen voor natuurbescherming:
  - niets doen en de natuur haar gang laten gaan, waardoor een spontane successie op gang kan komen
  - actief beheer zoals kappen, maaien of dieren te laten grazen
  - aanbrengen van variatie in het landschap
  - tegengaan van versnippering door met bijv. ecoducten, dassentunnels, boombruggen en ecoduikers natuurgebieden met elkaar te verbinden
- Rode lijst: overzicht van soorten die uit Nederland zijn verdwenen of dreigen te verdwijnen.
  - De soort moet zich in Nederland voortplanten.
  - De soort wordt pas wettelijk beschermd na opname in de Wet natuurbescherming.

7.7.1 BASISSTOF 7

Je kunt beschrijven hoe in de landbouw wordt toegewerkt naar een optimale voedselproductie.

Manieren om de voedselproductie te verhogen.

- Bescherming tegen ziekten en plagen:
  - Bestrijding met chemische bestrijdingsmiddelen (pesticiden). Voordeel: effectief. Nadelen: vaak niet soortspecifiek, resistentie, persistentie en accumulatie.
  - Resistent: de soort die wordt bestreden, wordt ongevoelig voor het bestrijdingsmiddel.
  - Persistent: pesticiden kunnen niet of zeer langzaam op een natuurlijke manier worden afgebroken.
  - Accumulatie: als een pesticide niet wordt afgebroken, neemt de concentratie in elke schakel van de voedselketen naar verhouding toe.
  - Sommige bestrijdingsmiddelen zijn biologisch afbreekbaar en daardoor minder schadelijk.
  - Biologische bestrijding: bijv. schadelijke organismen bestrijden met hun natuurlijke vijanden (bijv. bestrijding van witte vlieg met sluipwespen).
- Bemesting.
  - Door oogsten en uitspoeling worden mineralen (voedingsstoffen) onttrokken aan de kringloop van stoffen op landbouwgrond.
  - Met stalmest, kunstmest of groenbemesting worden weer mineralen (vooral stikstof en fosfaat) toegevoegd.
- Erfelijke eigenschappen van organismen aanpassen.
- Veredeling: het veranderen van de erfelijke eigenschappen van voedingsgewassen en landbouwhuisdieren door kunstmatige selectie en kruising.
- Kunstmatige selectie: de veredelaar of fokker selecteert individuen met de gewenste eigenschap(pen) om te kruisen.
- Genetische modificatie: met behulp van speciale technieken wordt het DNA van een organisme veranderd.

7.7.2

Je kunt de oorzaken en gevolgen van eutrofiëring van water en mogelijke oplossingen daarvoor beschrijven.

- Zelfreinigend vermogen van water: reducenten zetten organische afvalstoffen om in anorganische stoffen.
- Eutrofiëring (vermesting): sterke toename van de hoeveelheid anorganische stoffen (vooral fosfaat en nitraat) in oppervlaktewater.
- Oorzaken van eutrofiëring:
  - overbemesting met stalmest
  - bemesting met kunstmest
- Door afspoeling en uitspoeling komen mineralen terecht in oppervlaktewater.
  - Een deel van de mest spoelt van het land af naar het oppervlaktewater.
  - Een deel van de anorganische stoffen spoelt via het grondwater uit naar het oppervlaktewater.
- Gevolgen van eutrofiëring:
  - verandering van de soortensamenstelling

  - waterbloei: sommige soorten waterplanten, bijv. algen, breiden zich enorm uit en kleuren het water groen
- Gevolgen van waterbloei:
  - veel planten die onder water leven sterven doordat er minder licht in het water doordringt
  - algen leven kort en sterven snel
  - grote hoeveelheden organische afvalstoffen
  - reducenten vermeerderen zich snel en verbruiken veel zuurstof, waardoor zuurstofgebrek ontstaat voor waterdieren
  - er ontstaat water waarin vrijwel geen planten, dieren en reducenten meer voorkomen

7.8.1 BASISSTOF 8

Je kunt oorzaken van de klimaatverandering en mogelijke oplossingen daarvoor beschrijven.

- Broeikaseffect: gassen in de atmosfeer houden warmtestraling van de aarde vast.
  - De belangrijkste broeikasgassen zijn koolstofdioxide, methaan, lachgas en waterdamp.
- Oorzaken versterkt broeikaseffect:
  - Vooral: stijging van de CO_2-concentratie in de atmosfeer door toename van de verbranding van fossiele brandstoffen.
  - Methaan (CH_4) wordt gevormd bij de afbraak van organische stoffen door anaerobe bacteriën. Belangrijke bronnen: veeteelt, winning van fossiele brandstoffen, de toendra in Siberië, vuilstortplaatsen en rijstvelden.
  - Lachgas (N_2O) wordt vooral gevormd door bacteriën tijdens de nitrificatie en denitrificatie van nitraat in de bodem en in water, mestopslagen of composthopen.
- Gevolgen van versterkt broeikaseffect door stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde:
  - stijging van de zeespiegel (zeewater zet uit en pool- en gletsjerijs smelt)
  - extremere weersomstandigheden
  - droogte
  - overstromingen
  - tekort aan zoetwater
  - oceanen verzuren waardoor organismen minder goed een kalkskelet kunnen vormen
  - verplaatsing van planten- en diersoorten
  - afname biodiversiteit
- Mogelijke oplossingen:
  - bij de energieproductie gebruikmaken van duurzame of hernieuwbare energiebronnen
  - gebouwen en woningen isoleren
  - energiebesparing
  - restwarmte gebruiken
  - afname gebruik fossiele brandstoffen voor vervoersmiddelen
  - biobrandstof gebruiken
  - ontbossing voorkomen en bossen aanplanten
  - minder mest gebruiken in de landbouw
  - minder veeteelt
  - minder vlees eten
  - seizoensgroente en -fruit kopen
- Duurzame energiebronnen: het gebruik ervan heeft geen effect op het milieu. Er komen bijv. geen broeikasgassen in de atmosfeer.
- Hernieuwbare energiebronnen: raken niet op.

SAMENHANG

7.S.1 Je kunt de invloed van de mens op de leefwijze van de gewone grootoorvleermuis toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.

7.S.2 Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair denken en systeemdenken toepassen op het herstel van de vliegroutes van de gewone grootoorvleermuis door hop-overs.

ONDERZOEK - PRACTICA

7.0.1 Je kunt een korstmos onder de microscoop bekijken en delen herkennen en tekenen.

7.0.2 Je kunt de biodiversiteit van twee gebieden vergelijken.

7.0.3 Je kunt onderzoeken of de kleur (golflengte) van licht invloed heeft op de groei en ontwikkeling van planten.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Oefentoets*.

EXAMENOPGAVEN

ALG DOET OLIEPALM NA

Naar: examen 2022-1, vraag 1, 2, 5, 6 en 7.

Door de aanleg van oliepalmplantages in Zuidoost-Azië gaan vele hectaren oerwoud verloren. Mede daarom wordt palmolie door milieuorganisaties als niet-duurzaam bestempeld. Voor onderzoeker Lenny de Jaeger was dit een reden om op zoek te gaan naar een manier om olie te produceren met behulp van algen.

Palmolie wordt gewonnen uit de olierijke vruchten van de oliepalm en wordt gebruikt als ingrediënt van veel voedingsmiddelen en verzorgingsproducten, maar ook voor de productie van biodiesel. Olie geproduceerd door algen in kwekerijen in Nederland kan een duurzaam alternatief bieden voor palmolie.

1p **1** Boskap leidt tot het verkleinen van leefgebied voor planten en dieren. Dit is een argument om het gebruik van palmolie vanuit ecologisch oogpunt niet-duurzaam te noemen.
Geef een ander argument waarom gebruik van olie van oliepalmplantages in Zuidoost-Azië vanuit ecologisch oogpunt minder duurzaam is dan gebruik van in Nederland geproduceerde algenolie.

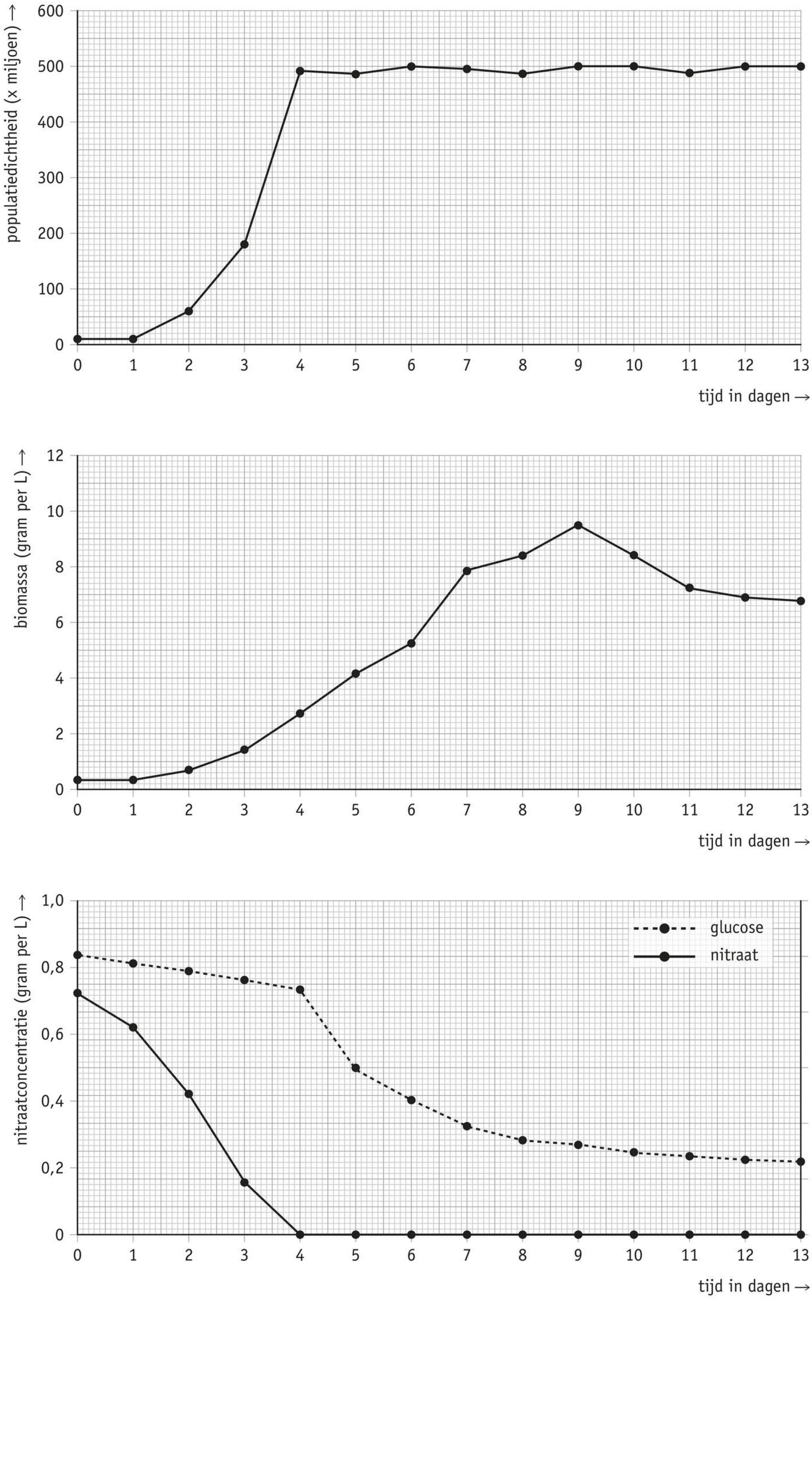
De Jaeger vond een veelbelovende kandidaat: de eencellige alg *Scenedesmus obliquus*. Deze alg maakt monosachariden met behulp van zonlicht en zet die onder bepaalde omstandigheden om in zetmeel, aminozuren of vetzuren. De vetzuren kunnen worden gebruikt als grondstof voor de productie van plantaardige olie.

1p **2** Hoe noem je het proces dat de alg gebruikt voor het maken van vetzuren uit monosachariden?

A aerobe dissimilatie
B anaerobe dissimilatie
C koolstofdissimilatie
D voortgezette assimilatie

De Jaeger ontwikkelde met behulp van mutagene straling een mutant van *S. obliquus* die geen zetmeel maakt. Hierdoor heeft deze mutant een efficiëntere vetzuurproductie en een hoger vetzuurgehalte. Wellicht produceert deze mutant voldoende vetzuren om te concurreren met de oliepalm. Het nadeel van deze alg is dat hij alleen in zoetwater leeft. Voor grootschalige productie heeft een zoutwater-alg de voorkeur. Daarom deed De Jaeger vervolgonderzoek naar de alg *Neochloris oleoabundans*, die ook olie produceert en overleeft in zoutwater.
Hoewel *N. oleoabundans* tot het plantenrijk behoort, is het mogelijk om deze alg zonder licht in een bioreactor te kweken. Er wordt dan glucose en nitraat toegevoegd aan de kweekvloeistof. Op deze manier kunnen de algen efficiënter vetzuren produceren. In een onderzoek werd *N. oleoabundans* gekweekt zonder licht. Elke dag werd van de populatie algen de populatiedichtheid en de biomassa bepaald. Van de kweekvloeistof werden de glucoseconcentratie en de nitraatconcentratie gemeten (zie afbeelding 1).

■ **Afb. 1**


populatiedichtheid (x miljoen) →
600
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
tijd in dagen →
biomassa (gram per L) →
12
10
8
6
4
2
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
tijd in dagen →
nitraatconcentratie (gram per L) →
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
glucoseconcentratie (gram per L) →
60
50
40
30
20
10
0
glucose
nitraat
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
tijd in dagen →

1p **3** Hebben de algen tijdens dit onderzoek een autotrofe levenswijze en/of een heterotrofe levenswijze?

A geen van beide
B alleen een autotrofe levenswijze
C alleen een heterotrofe levenswijze
D beide

OP ZOEK NAAR DE GROOTSTE BLOEDZUIGER VAN NEDERLAND

Naar: examen 2022-2, vraag 40 en 41.

De grootste bloedzuiger van Nederland stelt hoge eisen aan zijn leefgebied. In Nederland zijn nog maar een paar van deze gebieden. De ecologen Ron Felix en Bram Koese onderzoeken verschillende methodes om de populatiedichtheid van deze soort te bepalen.

De bloedzuiger *Hirudo medicinalis*, (afbeelding 2) komt voor in vennetjes, beekjes en moerassen. Zijn habitat moet aan een aantal kenmerken voldoen. De eieren moeten in een zelfgemaakt kuiltje op een zandige oever naast ondiep water gelegd kunnen worden, waar ze door de warmte van de zon tot ontwikkeling kunnen komen. Ook moet er voldoende voedsel aanwezig zijn. De larven eten de eerste dagen waterslakjes. Waterslakken komen alleen voor in water met een pH hoger dan 5,5. Na een aantal dagen stapt de bloedzuiger over op bloed van amfibieën en van zoogdieren, zoals reeën en grote grazers, die het water inlopen om te drinken.

■ **Afb. 2** De bloedzuiger *Hirudo medicinalis*.

2p **4** Verschillende milieufactoren zijn van invloed op het aantal bloedzuigers.
Enkele van deze factoren zijn:

1 diepte van het water
2 pH van het water
3 waterslakjes
4 zandige oever

Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende factor abiotisch of biotisch is.

2p **5** Tussen organismen kunnen verschillende relaties voorkomen. Vier relaties zijn: commensalisme, mutualisme, parasitisme en predatie.

- Welke relatie bestaat er tussen een larve van de bloedzuiger en een waterslak?
- Welke relatie bestaat er tussen de volwassen bloedzuiger en een zoogdier?

Noteer je antwoord zo:
relatie met waterslak: ...
relatie met zoogdier: ...

MANGROVE IN ARNHEM

Naar: examen 2022-3, vraag 11, 13, 14, 15 en 16.

In het zoute water in de Arnhemse mangrovehal leven mangrovekwallen (afbeelding 3) en degenkrabben (afbeelding 4).

■ **Afb. 3** Mangrovekwal.

■ **Afb. 4** Degenkrab.

2p **6** Mangrovekwallen, die ondersteboven op de modderbodem liggen, hebben een mutualistische relatie met bepaalde algen. De algen leven beschermd in de tentakels van de kwal en geven organische stoffen af die de mangrovekwal nodig heeft. Degenkrabben woelen de bodem om bij het zoeken naar voedsel. Daardoor wordt het water minder helder. Als gevolg hiervan neemt een bepaalde abiotische factor af, waardoor de mangrovekwallen moeilijker kunnen overleven.

- Noteer deze abiotische factor.
- Verklaar dat door de afname van deze abiotische factor de overlevingskans van mangrovekwallen afneemt.

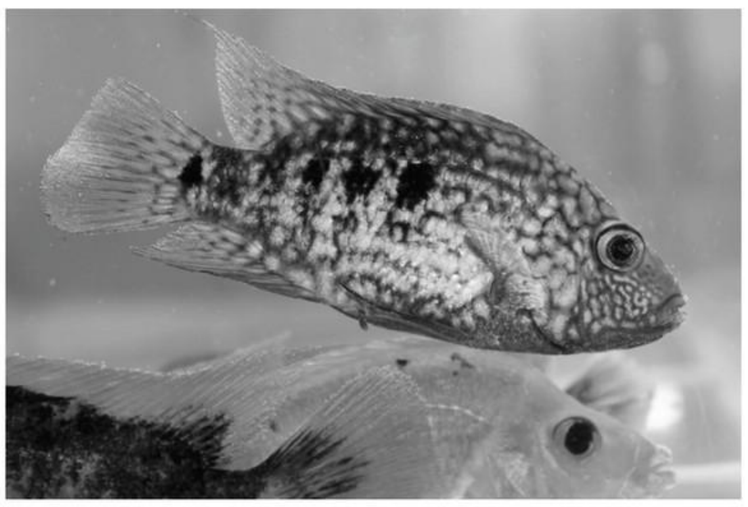
In de mangrovehal is ook een groot zoetwaterbassin aangelegd. Daarin leven zeekoeien, schildpadden en vissoorten als cichliden en zwaarddragers. Willeke Huizinga monitort de biotische en abiotische factoren in deze hal. Ze laat regelmatig de concentraties nitraat en fosfaat van het water controleren. De waterkwaliteit is in gevaar als de concentratie nitraat hoger wordt dan de norm van 20 mg/L of de concentratie fosfaat hoger wordt dan de norm van 4,0 mg/L.

1p **7** Als de concentraties fosfaat en nitraat blijven toenemen, wordt het water te voedselrijk, waardoor algenbloei kan ontstaan.
Noteer de biologische naam van zo'n toename van de concentratie van mineralen.

2p **8** Om het probleem van een te hoge concentratie aan mineralen in het water aan te pakken, gebruikt Willeke een filtersysteem met bacteriën.
Vier typen bacteriën zijn:
1 denitrificerende bacteriën
2 nitraatbacteriën
3 rottingsbacteriën
4 stikstofbindende bacteriën
Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bacteriën wel of niet de nitraatconcentratie in het water kunnen laten afnemen.

In het bassin groeien de populaties van vissoorten zoals de parelmoercichlide (afbeelding 5) en de groene zwaarddrager (afbeelding 6) erg hard. Daarom overweegt Willeke maatregelen te nemen om de populaties te reguleren.

■ **Afb. 5** Parelmoercichlide.



■ **Afb. 6** Groene zwaarddrager.

Een mogelijke maatregel is het wegvangen van een deel van deze populaties met behulp van grote netten. Willeke wil de regulatie liever op een natuurlijke manier laten plaatsvinden door een predator te introduceren die op zwaarddragers en cichliden jaagt.

2p **9** Bij regulatie met behulp van een predator vindt selectie plaats op andere eigenschappen dan bij regulatie met behulp van netten.
- Noteer één eigenschap van zwaarddragers die zal gaan verschillen tussen een populatie die wordt gereguleerd door een predator en een populatie die wordt gereguleerd met een net.
- Licht toe hoe dit verschil tussen de twee populaties ontstaat.

1p **10** Het introduceren van een predator kan ook problemen veroorzaken in het ecosysteem in het bassin.
Beschrijf zo'n probleem.

Ga naar de *Examentrainer.*

18 In de eierstokken van een vrouw rijpt maandelijks een follikel onder invloed van FSH (follikelstimulerend hormoon). Door de invloed van FSH beginnen meerdere follikels tegelijk te rijpen. De follikel met de meeste hormoonreceptoren bereikt een voorsprong op de andere follikels. In deze follikel 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.

19 In de lever worden hormonen afgebroken.
Leg uit dat de afbraak van hormonen noodzakelijk is om een goede regeling van processen in het lichaam mogelijk te maken.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

NOTITIES

REGISTER

A

abiotische factoren 161
accumulatie 216
achterste oogkamer 88
actiefase 44
adaptatie 86
adequaat gedrag 106
adequate prikkel 86
ADH 18
adrenaline 21
aeroob 200
anaeroob 200
animale zenuwstelsel 26
anorganische stoffen 180
antagonisten 54
antidiuretisch hormoon 18
assimilatie 180
autonome zenuwstelsel 26
autotroof 180

B

baltsgedrag 126
beperkende factor 164
bestrijdingsmiddelen 214
bewegingszenuwcellen 30
bijnieren 21
biobrandstof 228
biologisch afbreekbaar 216
biologisch evenwicht 173
biologische landbouw 206
biomassa 182
biotische factoren 161
blinde vlek 88
broedzorg 126
broeikaseffect 224
bronst 126

C

cellen van Schwann 29
centra in de hersenschors 33
centrale zenuwstelsel 26
chemische receptoren 85
commensalisme 170
concurrentie 169
conditionering 116
consumenten 180
coolingdown 56

D

dissimilatie 180
doelwitorgaan 15
doping 57
dreiggedrag 124
duurzaamheid 208
duurzame ontwikkeling 207
dwarsgestreept spierweefsel 51
dynamiek 173

E

ecosysteem 161
eilandjes van Langerhans 19
endocrien 16
energiebesparing 228
energieproductie 228
energiestroom 178
epo 21
ethogram 108
eutrofiëring 219
exocrien 16
exoten 174

F

fossiele brandstoffen 197
fotosynthese 180

G

geboorte 173
gedrag 106
gele vlek 88
gevoelszenuwcellen 30
gevolgen voor de biodiversiteit 208
gewenning 86, 115
gezichtscentra in de hersenen 92
glad spierweefsel 51
glucagon 19
glucoseconcentratie 10
glycogeen 21
grote hersenen 32

H

habitat 161
hergebruik 207
hernieuwbare energiebronnen 228
hersenschors 32
hersenstam 32
herstelfase 44
heterotroof 180
homeostase 10
hormonen 15
hormoonconcentratie 15
hormoonklieren 15
hormoonreceptoren 15
hormoonstelsel 17
hypofyse 18
hypothalamus 18

I

imitatie 116
imponeergedrag 124
impulsen 28
impulsgeleiding 44
inprenting 115
insuline 19
inwendige milieu 10
inzicht 118

K

kegeltjes 100
kleine hersenen 33
koolstofkringloop 196

L

langzame spiervezels 55
levensgemeenschap 160
lichtreceptoren 86

M

mechanische receptoren 85
migratie 173
mutualisme 170
myelineschede 29

N

natuurbeheer 208
negatieve terugkoppeling 11
netvlies 88
neurotransmitters 29

O

optimum 164
optisch chiasma 102
organische stoffen 180
overspronggedrag 125

P

parasitisme 170

paringsgedrag 126
perifere zenuwstelsel 26
persistent 216
pezen 52
pijnreceptoren 86
positieve terugkoppeling 11
predatie 179
prikkel 28
prikkeldrempel 86
producenten 180
protocol 108
pupil 88

R
recyclen 207
reducenten 180
reflexboog 39
regelkring 10
resistent 215
respons 107
ruggenmerg 34

S
schakelcellen 30
schildklier 19
schildklierhormoon 19
signaalverwerking 28
sleutelprikkel 113
snelle spiervezels 55
soortensamenstelling 162
spiercellen 51
spiervezels 51
sprongsgewijze impulsgeleiding 46
staafjes 100
stereoscopie 102
sterfte 173
stikstofkringloop 198
supranormale prikkel 113
symbiose 170
synapsen 29

T
tastreceptoren 85
temperatuurreceptoren 86
territoriumgedrag 125
tolerantie 164
trial and error 116
trofisch niveau 180

U
uithoudingsvermogen 55
uitspoeling 217
uitwendige milieu 11

V
vegetatieve zenuwstelsel 26
veredelen 220
versterkte broeikaseffect 224
verzoeningsgedrag 124
voedselketen 178
voedselproductie 214
voedselrelaties 178
voedselweb 179
voorste oogkamer 88
vraat 178

W
warming-up 55

Z
zenuwstelsel 26
zintuigen 84
zuurstofconcentratie 10

COLOFON

ONTWERP BINNENWERK
Bianca Enthoven

ONTWERP OMSLAG
Michael Brugmans (Kimmic concept & design)
Bianca Enthoven

UITVOERING BINNENWERK
Crius Group

EINDREDACTIE
Claud Biemans
Marianne Gommers

AUTEURS
Marianne Gommers
Carin van Haren
Elke de Schrevel

BUREAUREDACTIE
Renske Berckmoes
Maurice Breugelmans

BEELDRESEARCH
BenU International Picture Service, Amsterdam

FOTO'S EN ILLUSTRATIES
123RF, bluestock: blz. 109 (26); 123RF, dvarg: blz. 101 (18); 123RF, Jukka Palm: blz. 209 (60); 123RF, Richard Whitcombe: blz. 208; AdobeStock, Aldona: blz. 66; Alex Wiersma / Provincie Groningen: blz. 213; ANP Foto / AFP, Sebastien Salom Gomis: blz. 121; ANP Foto / Science Photo Library, Adam Gault: blz. 38; ANP Foto / Science Photo Library, Eye of Science: blz. 35 (28), 86; ANP Foto, Michiel Wijnbergh: blz. 212 (65); ANP Foto, Robin van Lonkhuijsen: blz. 14; ANP Foto, Siebe Swart: blz. 156; ANP Foto, Soenar Chamid Sportfotografie: blz. 58; ANP Foto, Spaarnestad Photo: blz. 25; ANP Foto, Ton Borsboom: blz. 191 (40.2); ANP Foto, Valerie Kuypers: blz. 136 (54); Bas Teunis Zoological Illustrations, Sinderen: blz. 125 (41); Bastiaan Heus Fotografie, Haarlem: blz. 59 (52); Bouwfotografe: blz. 233; Buiten-beeld, Nico van Kappel: blz. 195 (47); Courtesy World Access For The Blind / John Ker: blz. 83 (1); Dierenwelzijnsweb: blz. 116; Dreamstime, Slowmotiongli: blz. 43; Edwin Verbaal / Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: blz. 11, 22 (12), 23 (14), 27 (17), 45 (35, 36), 46 (38), 52 (43), 56, 86, 88 (3.2), 90, 93 (6.2, 7.1, 7.2), 94 (8, 9.1), 95 (9.2, 9.3, 10), 96, 98, 101 (17), 102, 104, 109 (25.2), 110, 113, 117 (34.2), 128, 150, 152; Erik Eshuis Infographics, Groningen: blz. 23 (13), 32 (24), 46 (37), 109 (25.1), 143, 165 (4), 173, 175 (18), 181 (28, 29), 182 (31), 197, 199, 229 (81); Getty Images, haydenbird: blz. 75 (3); Getty Images, Tetra Images / Don Mason: blz. 6; Henk van der Vrande: blz. 52 (44), 55 (46), 85, 92; https://doi.org/10.11646/zootaxa.4748.1.9 WESTON, J.N.J. et al. 2020. New species of Eurythenes from hadal depths of the Mariana Trench, Pacific Ocean (Crustacea: Amphipoda). Zootaxa 4851(1): 151–162. (CC BY 4.0): blz. 160 (1.1); Imageselect / AGE, Don Johnston: blz. 151; Imageselect / Alamy Stock Photo, Frank Teigler / Hippocampus Bildarchiv: blz. 248 (6); Imageselect / Alamy Stock Photo, Henri Koskinen: blz. 193 (44); Imageselect / Alamy Stock Photo, Landmark Media: blz. 158, 159; Imageselect / Alamy Stock Photo, Marko Steffensen: blz. 160 (1.2); Imageselect / Alamy Stock Photo, Science History Images: blz. 29 (19); Imageselect / Science Source, Ralph C. Eagle Jr.: blz. 100 (15); iStockphoto, kazakovmaksim: blz. 248 (5); Jan Daanen / Medilan, Maastricht: blz. 99, 189 (38); Jan van de Kam, Griendtsveen: blz. 74; Jeannette Steenmeijer, Zwolle: blz. 182 (30), 205, 215 (68), 216, 218, 223, 225 (77), 227, 230, 245; Maikel Samuels photographer: blz. 246; Medical Visuals / Maartje Kunen, Arnhem: blz. 16 (4, 5.1, 5.2), 17 (6, 7), 18, 19, 20 (10.1, 10.2), 22 (11), 27 (16), 28, 29 (20), 32 (23), 33, 34, 35 (27), 36 (29, 30), 40, 41, 46 (37), 47, 53, 59 (51), 77 (5); Naar: Marlow NJ, Croft DB (2016) The effect of rabbit-warren ripping on the consumption of native fauna by foxes in the arid zone of New South Wales. Conservation Science Western Australia 10: 4. [online]. https://~www.dpaw.wa.gov.au/CSWAjournal: blz. 194; Nardo Kaandorp: blz. 198; Nature in Stock / FLPA, Winfried Wisniewski: blz. 124; Nature in Stock, Tony Heald / Naturepl: blz. 125 (40.2); Paul Veenvliet, Ljubljana: blz. 161, 166 (6, 8), 177 (24), 179 (25, 26), 180, 183, 184, 185, 186 (36), 189 (39); Rijkswaterstaat, J. v. Houdt: blz. 212 (64); Roeland Vermeulen, FREE Nature: blz. 195 (46); Shutterstock, 3dsam79: blz. 167; Shutterstock, alekso94: blz. 130; Shutterstock, Alexandr Medvedkov: blz. 75 (2); Shutterstock, Alexandra Kolmakova: blz. 171 (13); Shutterstock, Alizada Studios: blz. 62; Shutterstock, AManias: blz. 225 (79); Shutterstock, Amy Kerkemeyer: blz. 77 (4); Shutterstock, Andrey_Popov: blz. 105; Shutterstock, anetapics: blz. 122 (38.2); Shutterstock, Anna Kraynova: blz. 131 (48); Shutterstock, ArtbyPixel: blz. 186 (35); Shutterstock, Bearok: blz. 206 (58); Shutterstock, Billion Photos: blz. 50; Shutterstock, Christian Vinces: blz. 132 (51.3); Shutterstock, Claudia Schmidt: blz. 172 (15); Shutterstock, damann: blz. 176 (21); Shutterstock, Daniel Hoz: blz. 133; Shutterstock, divedog: blz. 166 (7); Shutterstock, EcoPrint: blz. 112; Shutterstock, Edwin Butter: blz. 247 (3); Shutterstock, Egeris: blz. 111 (27); Shutterstock, Elena_Gr: blz. 214; Shutterstock, Elnur: blz. 60; Shutterstock, Emilio100: blz. 209 (61); Shutterstock, Eric Isselee: blz. 186 (35); Shutterstock, Eugene Powers: blz. 8; Shutterstock, evgenii mitroshin: blz. 193 (43); Shutterstock, fizkes: blz. 132 (51.1); Shutterstock, Galyna Syngaievska: blz. 186 (35); Shutterstock, Gilmanshin: blz. 117 (34.1); Shutterstock, HAOS: blz. 171 (12); Shutterstock, Heart's Content Studio of Maine: blz. 108; Shutterstock, Hillbillypirate: blz. 229 (82); Shutterstock, Hoyberry: blz. 191 (40.1); Shutterstock, Igor Tichonow: blz. 211; Shutterstock, Irina Bg: blz. 88 (3.1); Shutterstock, j. Hindman: blz. 247

(4); Shutterstock, Jahangir Alam Onuchcha: blz. 201; Shutterstock, Jamie Hall: blz. 126 (42); Shutterstock, Jiang Hongyan: blz. 220; Shutterstock, JIANG TIANMU: blz. 203 (54.3); Shutterstock, Johan Swanepoel: blz. 165 (5.2); Shutterstock, John Carnemolla: blz. 119; Shutterstock, John Navajo: blz. 114; Shutterstock, Just dance: blz. 57; Shutterstock, linerpics: blz. 106; Shutterstock, Luke SW: blz. 206 (57); Shutterstock, mady70: blz. 91; Shutterstock, Mahathir Mohd Yasin: blz. 220; Shutterstock, Marcella Miriello: blz. 138; Shutterstock, Marcin Kadziolka: blz. 222; Shutterstock, Martin Fowler: blz. 220; Shutterstock, Martin Pelanek: blz. 174; Shutterstock, Maximillian cabinet: blz. 203 (54.2); Shutterstock, MG Best For You: blz. 220; Shutterstock, Michele Morrone: blz. 168; Shutterstock, Monkey Business Images: blz. 55 (47.2); Shutterstock, Mr. Tham Tharawattantham: blz. 220; Shutterstock, Nebojsa Tatomirov: blz. 136 (53); Shutterstock, Nikolay_E: blz. 237; Shutterstock, nwdph: blz. 170; Shutterstock, Olhastock: blz. 186 (35); Shutterstock, Oliver Denker: blz. 160 (1.3); Shutterstock, Ondrej Prosicky: blz. 103, 123; Shutterstock, OsA2811: blz. 176 (20); Shutterstock, Pickless: blz. 63; Shutterstock, Pi-Lens: blz. 187; Shutterstock, Piotr Piatrouski: blz. 231 (84); Shutterstock, Pyty: blz. 219; Shutterstock, R. de Bruijn_Photography: blz. 191 (41); Shutterstock, Rob Christiaans: blz. 177 (23); Shutterstock, Rohappy: blz. 13; Shutterstock, Roman Zaiets: blz. 9; Shutterstock, Rostislav Stefanek: blz. 176 (22); Shutterstock, Rudmer Zwerver: blz. 203 (54.1); Shutterstock, Sabine Schemken: blz. 220; Shutterstock, Sampajano_Anizza: blz. 131 (50); Shutterstock, SciePro: blz. 172 (14); Shutterstock, Sergey Uryadnikov: blz. 129; Shutterstock, Sergio Photone: blz. 55 (47.1); Shutterstock, slowmotiongli: blz. 122 (38.1); Shutterstock, sruilk: blz. 98; Shutterstock, Stanislav Fosenbauer: blz. 175 (19); Shutterstock, Stanislavskyi: blz. 111 (28); Shutterstock, tim link: blz. 80; Shutterstock, Tiwuk Suwantini: blz. 132 (51.2); Shutterstock, Tory Kallman: blz. 127; Shutterstock, TVGD: blz. 210; Shutterstock, TY Lim: blz. 131 (49); Shutterstock, vetpathologist: blz. 21; Shutterstock, Vitaliy Kaplin: blz. 225 (78); Shutterstock, Worachat Tokaew: blz. 200; Shutterstock, yevgeniy11: blz. 186 (35); Shutterstock, Yuriy Balagula: blz. 165 (5.1); Shutterstock, Zapp2Photo: blz. 206 (56); Shutterstock, Zocchi Roberto: blz. 126 (43); Shutterstock: blz. 83 (2); Solarfields: blz. 231 (85).

Omslag: ANP Foto / Nature Photo Library / Nick Hawkins

MALMBERG

ISBN 978 94 020 6868 9
Release 7.0, vierde oplage

MIX
Papier | Ondersteunt verantwoord bosbeheer
FSC® C172387
FSC www.fsc.org

Alle rechten voorbehouden. Geen tekst- en datamining toegestaan. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, St.b. 471, en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp).
Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

©2025 Malmberg 's-Hertogenbosch.

Ondanks vele inspanningen is het de uitgever misschien niet gelukt alle rechthebbenden te achterhalen. Wie denkt rechthebbende te zijn, kan zich wenden tot de uitgever.

Eindredactie
Claud Biemans
Marianne Gommers

Auteurs
Marianne Gommers
Carin van Haren
Elke de Schrevel

Biologie voor jou voor de bovenbouw van de havo bestaat uit vier boeken. Je leert in klas 4 en 5 onder andere over de ontwikkeling van organismen. Ook jij maakt een ontwikkeling door: van een beginneling tot iemand met een goede kennis van de biologie.

▲

Jonge zeeschildpadden kruipen ’s nachts op het strand uit hun ei en trekken meteen naar zee. Hun geslacht is bepaald door de temperatuur van het ei in de kuil op het strand. Als het ei relatief warm is, ontstaat een vrouwtje. Als het op een koudere plek ligt, kruipt er een mannetje uit het ei.

MAX

Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.

Je mag in dit boek schrijven en aantekeningen maken.

Je hebt ook toegang tot de online leeromgeving.

Release 7.0

FSC www.fsc.org
MIX
Papier | Ondersteunt verantwoord bosbeheer
FSC® C172387

ISBN 978 94 020 6868 9

9 789402 068689
596128-04

MALMBERG

Context Leefwereld

DE NEDERLANDSE REUZIN

Kaatje van Dijk uit Roosendaal. Deze naam zegt je waarschijnlijk niets. Maar in de vorige eeuw was ze een groot deel van haar leven een beroemdheid, want ze ging door het leven als de ‘Nederlandse reuzin’ (zie afbeelding 15). Met een lengte van 2,32 meter en schoenmaat 56 zag je Kaatje niet gauw over het hoofd.

Hoe kan het dat sommige mensen zo lang worden als Kaatje? Dat kan doordat de hypofyse te veel groeihormoon afgeeft. Vaak is de oorzaak hiervan een goedaardige tumor in de hypofyse. Wanneer er vanaf jonge leeftijd te veel groeihormoon wordt geproduceerd, kan een kind erg lang worden en is er sprake van reuzengroei.

Kaatje is ongeveer 75 jaar oud geworden. Dat is best oud als je bedenkt dat haar aandoening tot lichamelijke problemen kan leiden, zoals diabetes en hart- en vaatziekten.

Tegenwoordig komen ‘reuzen’ niet vaak meer voor in de Westerse wereld. Dat is te danken aan de kennis over de werking van hormonen. Voor mensen bij wie sprake is van reuzengroei zijn er behandelingen. De hypofysetumor kan operatief worden verwijderd of bestraald en medicijnen kunnen de hormoonproductie onderdrukken. Daardoor wordt er minder groeihormoon afgegeven en wordt de groei beperkt. Voor Kaatje kwamen deze behandelingen te laat. Zij heeft met haar aandoening een plekje in de geschiedenis veroverd.

■ **Afb. 15** Kaatje van Dijk, de ‘Nederlandse reuzin’.

Opdrachten

20 **a** Bij mensen met reuzengroei is de hypofyse soms vergroot door een goedaardig gezwel. Verklaar het verband tussen de vergrote hypofyse en de verschijnselen die bij reuzengroei horen.

b Waarom wordt bij de behandeling van deze aandoening niet de gehele hypofyse verwijderd?

21 Een goedaardige tumor in de hypofyse kan ook ontstaan bij volwassenen. Wanneer er dan te veel groeihormoon wordt geproduceerd, groeien deze mensen niet meer in de lengte. Een volwassen mens heeft alleen nog groeireceptoren in de weefsels van zijn handen, voeten en gezicht.

a Wat zijn de gevolgen van een te hoge productie van groeihormoon bij een volwassen persoon?

b In de loop der jaren kunnen de tanden en kiezen uit elkaar gaan staan. Vooral tussen de tanden en kiezen in de onderkaak ontstaan ruimtes. Leg uit hoe dat kan.

3 HET ZENUWSTELSEL

LEERDOELEN

5.3.1 Je kunt de bouw, functies en werking van de verschillende delen van het zenuwstelsel beschrijven.

5.3.2 Je kunt de bouw en signaalverwerking van de verschillende typen zenuwcellen beschrijven.

5.3.3 Je kunt de bouw, functies en werking van de hersenen en het ruggenmerg beschrijven.

- Vaardigheden 1, 2 en 4 (thema 1)
- Practica 1 en 2

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	5.3.1	**5.3.2**	**5.3.3**
Onthouden	22		26a, 27a
Begrijpen		23, 24, 33a	25, 26bcd, 27b
Toepassen	32	31a, 33b, 34	29
Analyseren	35, 36	31b	28, 30

Het zenuwstelsel speelt een belangrijke rol bij de waarneming en aansturing van je lichaam. Je hersenen behoren tot het zenuwstelsel. Dit orgaan is onder andere verantwoordelijk voor beweging, bewuste waarneming, lichaamstemperatuur, hartslag, ademhaling en bloeddruk, maar ook voor geheugen, bewustzijn en emoties.

DE BOUW EN WERKING VAN HET ZENUWSTELSEL

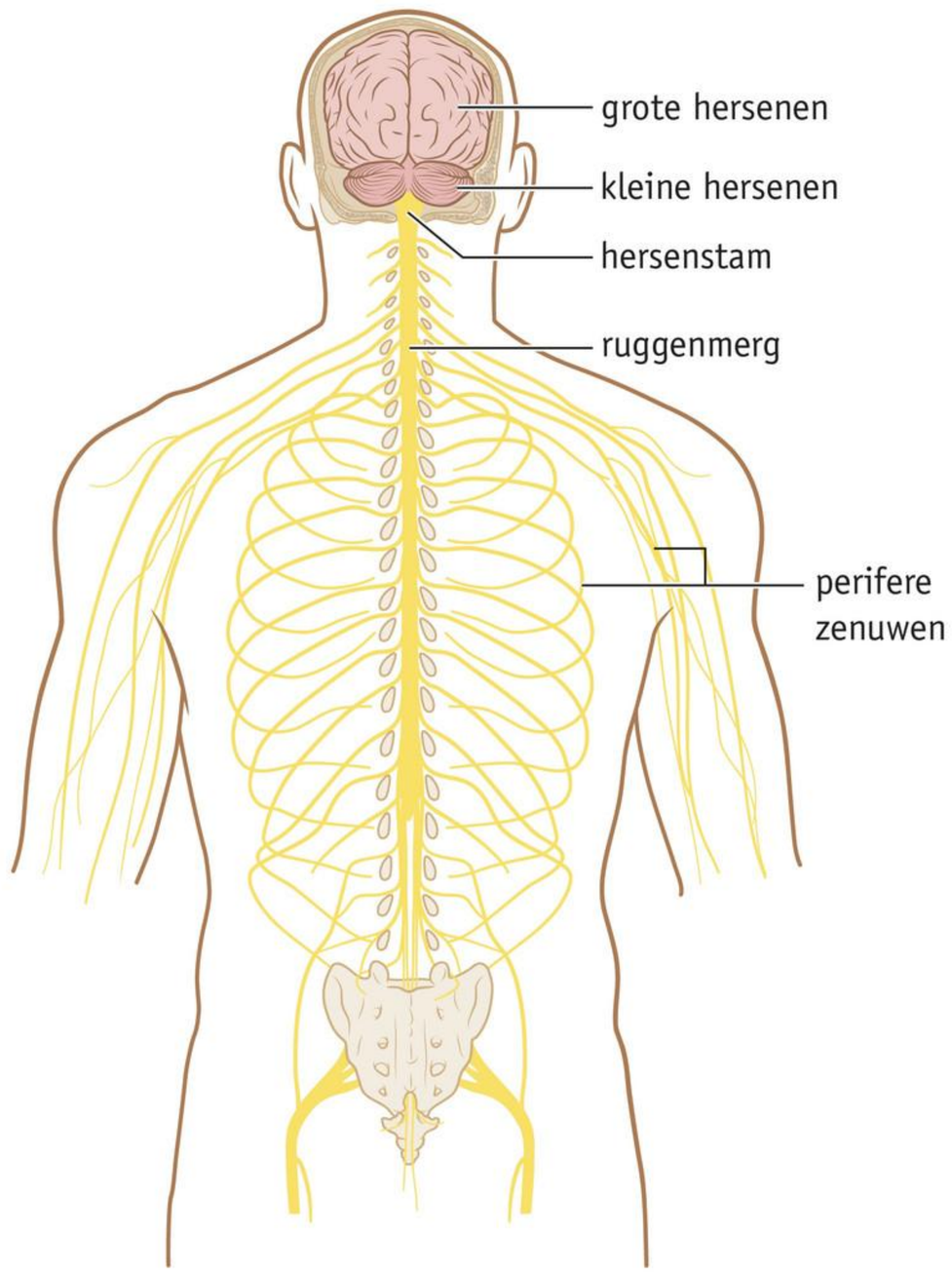
Het **zenuwstelsel** is een communicatienetwerk dat alle delen van het lichaam met elkaar verbindt. Op basis van de bouw (zie afbeelding 16) kun je het zenuwstelsel indelen in:

- het **centrale zenuwstelsel** dat bestaat uit de grote hersenen, de kleine hersenen, de hersenstam en het ruggenmerg;
- het **perifere zenuwstelsel** dat bestaat uit zenuwen die alle delen van het lichaam verbinden met het centrale zenuwstelsel.

Je kunt het zenuwstelsel ook indelen op basis van de functie:

- Het **animale zenuwstelsel** regelt vooral de bewuste reacties en de houding en beweging van het lichaam. Ook reflexen verlopen via het animale zenuwstelsel.
- Het **autonome zenuwstelsel** (**vegetatieve zenuwstelsel**) regelt vooral de werking van inwendige organen. Het regelt bijvoorbeeld de hartslagfrequentie, de werking van de spijsverteringsorganen en de nieren, en de verwijding of vernauwing van de bloedvaten. Dit zijn onbewuste reacties of processen die niet onder invloed staan van je wil.

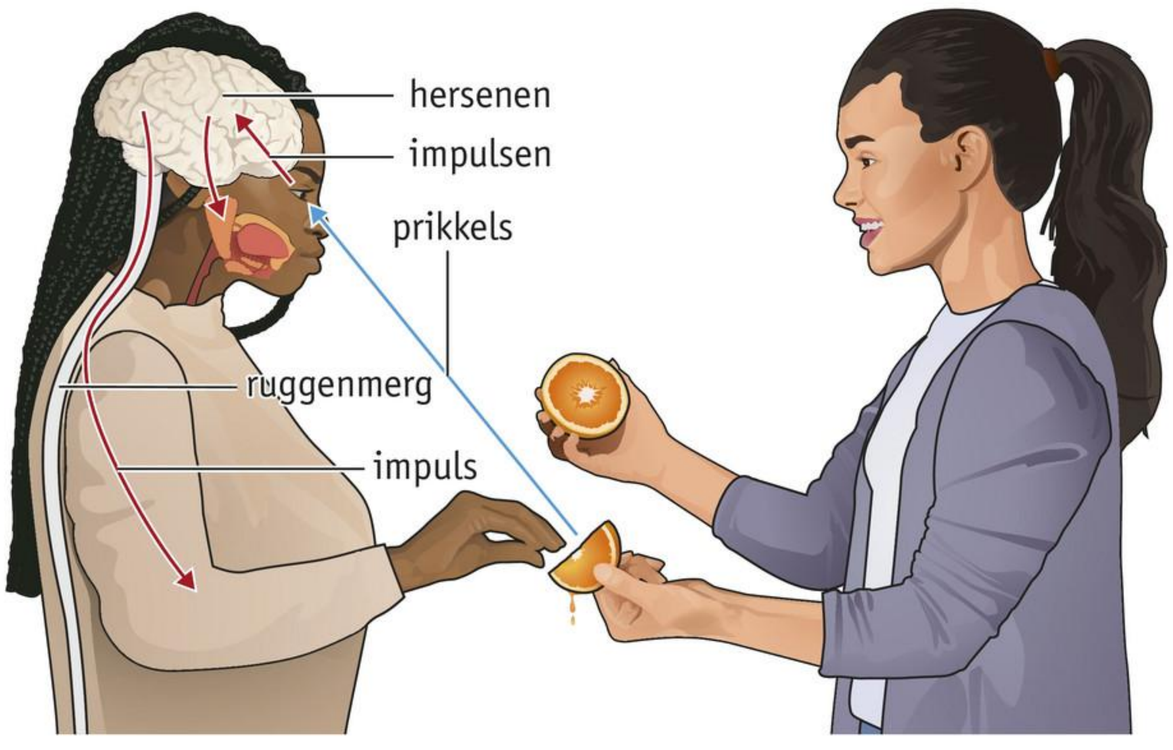
■ **Afb. 16** Het zenuwstelsel, ingedeeld op basis van bouw (schematisch).



PRIKKELS EN IMPULSEN

Het zenuwstelsel speelt een belangrijke rol bij het tot stand komen van gedrag. Wanneer een klasgenoot bijvoorbeeld 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 17 is schematisch weergegeven welke processen daarbij in je lichaam plaatsvinden.

■ **Afb. 17** De werking van het zenuwstelsel (schematisch).



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. **Impulsen** zijn een soort elektrische signalen. De impulsen die in de zintuigcellen in je ogen en in je neus ontstaan, worden door zenuwen naar je hersenen geleid. Daar worden de impulsen verwerkt. De hersenen reageren door impulsen af te geven. 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.

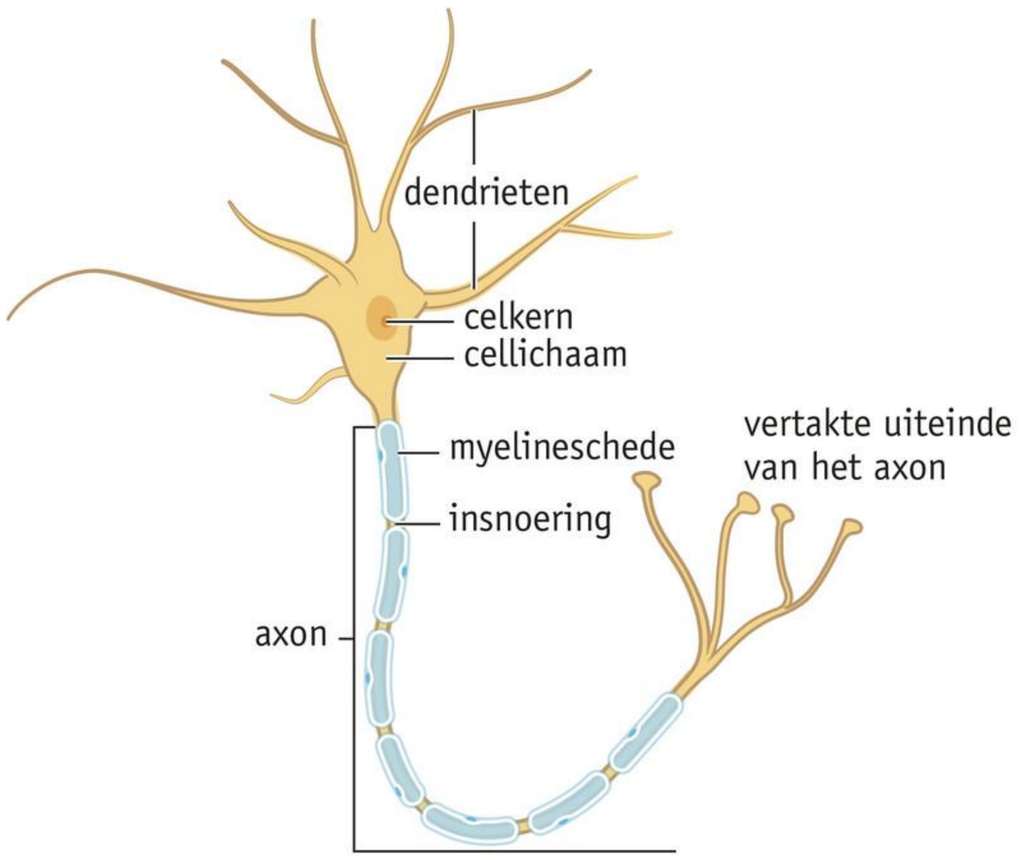
Het opvangen van prikkels uit de omgeving en het tot stand komen van gedrag is mogelijk door **signaalverwerking**, waarbij:

- zintuigcellen prikkels (signalen) opvangen uit het milieu en deze omzetten in impulsen;
- zenuwcellen de impulsen naar het centrale zenuwstelsel geleiden en van het centrale zenuwstelsel naar spieren en klieren;
- spieren reageren op impulsen door samen te trekken of te ontspannen en klieren reageren op impulsen door stoffen af te scheiden.

ZENUWCELLEN

Zenuwweefsel bevat zenuwcellen (neuronen). Een zenuwcel is opgebouwd uit een cellichaam met uitlopers (zie afbeelding 18). In het cellichaam bevinden zich de kern en het grootste deel van het cytoplasma met mitochondriën, ribosomen en endoplasmatisch reticulum. De cellichamen van vrijwel alle zenuwcellen liggen in of dicht bij het centrale zenuwstelsel.

■ **Afb. 18** Een zenuwcel (neuron, schematisch).



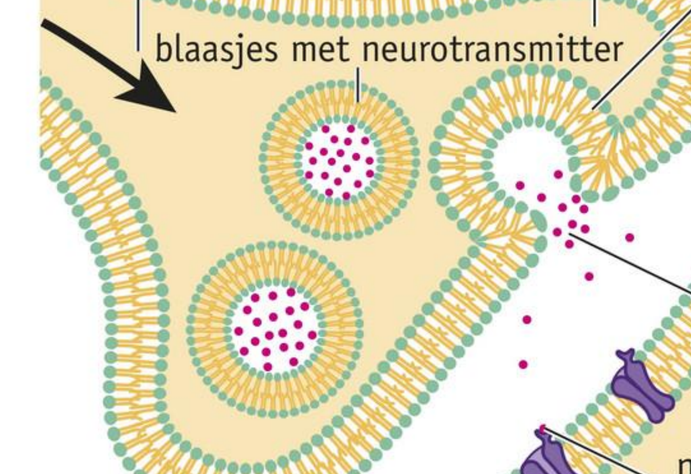
Zenuwcellen kunnen impulsen ontvangen en doorgeven. Een uitloper van een zenuwcel die impulsen ontvangt en naar het cellichaam toe geleidt, heet een dendriet. Een uitloper die impulsen van het cellichaam af geleidt, heet een axon. De uiteinden van dendrieten en axonen zijn meestal sterk vertakt. Hierdoor kan een zenuwcel contact hebben met veel andere cellen. Axonen en dendrieten kunnen tot wel meer dan een meter lang zijn.

Veel axonen zijn omgeven door een myelineschede. Een **myelineschede** bestaat uit **cellen van Schwann**. Tussen twee opeenvolgende cellen van Schwann zit een kleine onderbreking: een insnoering. Een uitloper zonder myelineschede noem je ongemyeliniseerd.

De vertakkingen van een axon eindigen in **synapsen** (zie afbeelding 19). Dat zijn plaatsen waar de impulsoverdracht plaatsvindt: een impuls wordt van de ene cel naar de andere cel doorgegeven. Een synaps is een spleet tussen het uiteinde van een axon 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** (signaalmoleculen) in het uiteinde van dit axon met het celmembraan. Hierdoor komt de inhoud vrij in de synaptische spleet (zie afbeelding 20). De neurotransmitters binden vervolgens aan receptoren in het membraan van de doelwitcel en kunnen daardoor in die cel een reactie op gang brengen of stoppen. Door de binding aan de receptoren kunnen bijvoorbeeld impulsen in een andere zenuwcel ontstaan. Hierna laten de neurotransmitters los en worden ze weer door het axon opgenomen in blaasjes of door enzymen in de synaptische spleet afgebroken. Zo kunnen ze niet opnieuw aan de receptoren binden en een nieuwe impuls veroorzaken.

Communicatie via zenuwcellen is snel en doelgericht, doordat de uitlopers impulsen snel geleiden en er neurotransmitters bij de doelwitcel vrijkomen. Zo kan bijvoorbeeld het samentrekken van veel spiercellen tegelijkertijd worden gecoördineerd om een gerichte, snelle beweging mogelijk te maken.

■ **Afb. 19** Een foto van een cel met uiteinden van axonen (SEM, vergroting 6000×).



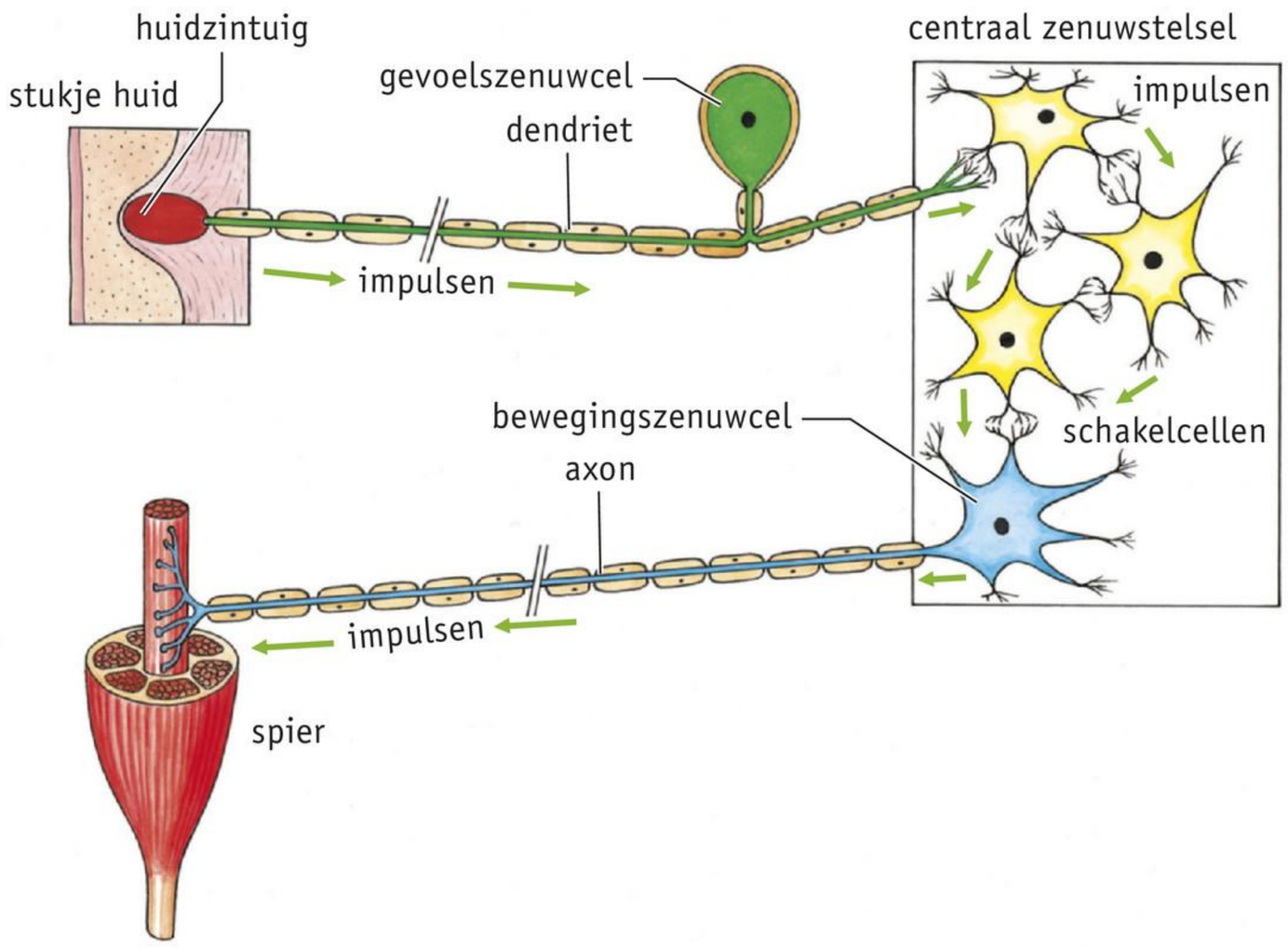
■ **Afb. 20** Impulsoverdracht in een synaps (schematisch).

TYPEN ZENUWCELLEN

Je kunt drie typen zenuwcellen onderscheiden: gevoelszenuwcellen, schakelcellen en bewegingszenuwcellen (zie afbeelding 21). Zie ook *BiNaS* tabel 88A.

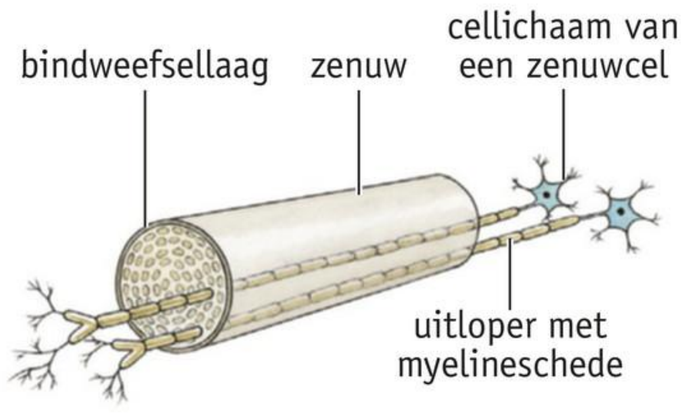
- **Gevoelszenuwcellen** (sensorische zenuwcellen) geleiden impulsen van zintuigcellen naar het centrale zenuwstelsel. De cellichamen van de meeste gevoelszenuwcellen liggen vlak bij het centrale zenuwstelsel. Een gevoelszenuwcel heeft één lange dendriet en één kort axon.
- **Schakelcellen** geleiden impulsen binnen het centrale zenuwstelsel. Schakelcellen kunnen impulsen van gevoelszenuwcellen ontvangen 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 naar een spier of klier.

■ **Afb. 21** Typen zenuwcellen (schematisch).



De uitlopers van gevoelszenuwcellen en bewegingszenuwcellen liggen bij elkaar in zenuwen. De myelineschede isoleert axonen in een zenuw van elkaar. Om een zenuw heen ligt een laag bindweefsel. Deze laag zorgt voor bescherming (zie afbeelding 22).

■ **Afb. 22** Een zenuw met enkele zenuwcellen (schematisch).



Er zijn drie typen zenuwen: gevoelszenuwen, bewegingszenuwen en gemengde zenuwen. Een gevoelszenuw bevat alleen uitlopers van gevoelszenuwcellen en een bewegingszenuw bevat alleen uitlopers van bewegingszenuwcellen. De meeste zenuwen bevatten zowel uitlopers van gevoelszenuwcellen als van bewegingszenuwcellen. Je noemt dit gemengde zenuwen. Voorbeelden zijn de zenuwen die de armen of benen verbinden met het ruggenmerg.

Opdrachten KENNIS

22 **a** Uit welke delen bestaat het centrale zenuwstelsel?

b Noteer drie organen die worden aangestuurd door het autonome zenuwstelsel.

23 Van de drie typen zenuwcellen komen er twee in het centrale zenuwstelsel voor. Welke typen zijn dat? Licht je antwoord toe.

24 In de tabel wordt het zenuwstelsel vergeleken met het hormoonstelsel. Vul het schema in. Kies uit: *hormonen – langzame en geleidelijke processen – neurotransmitters – snelle en kortdurende processen – uit blaasjes in het uiteinde van een axon – uit de cellen van een hormoonklier – via de synaptische spleet – via het bloed.*

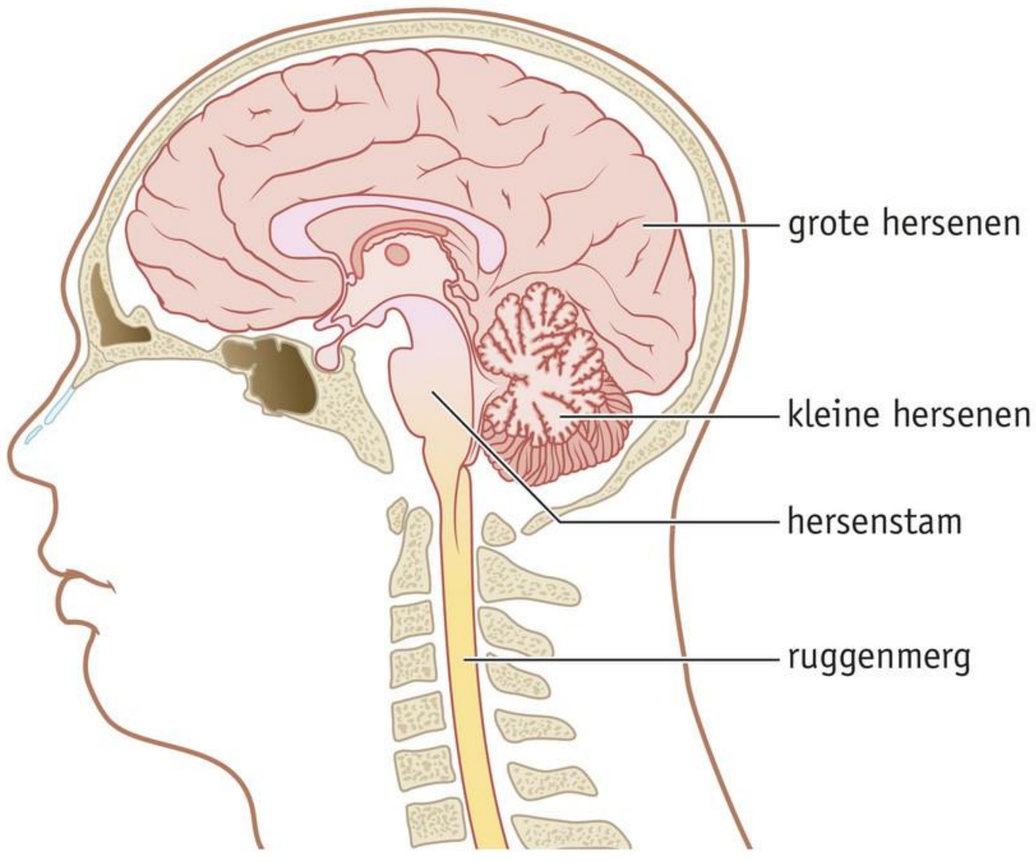
	Zenuwstelsel	Hormoonstelsel
Welke signaalmoleculen worden er gebruikt?		
Waar komen de signaalmoleculen vandaan?		
Hoe bereiken de signaalmoleculen de receptoren van de doelwitcellen?		
Welk type processen worden op deze manier aangestuurd?		

25 Een axon of dendriet kan meer dan een meter lang zijn.
Waar in het lichaam tref je zulke lange uitlopers van de zenuwcellen aan?

DE HERSENEN

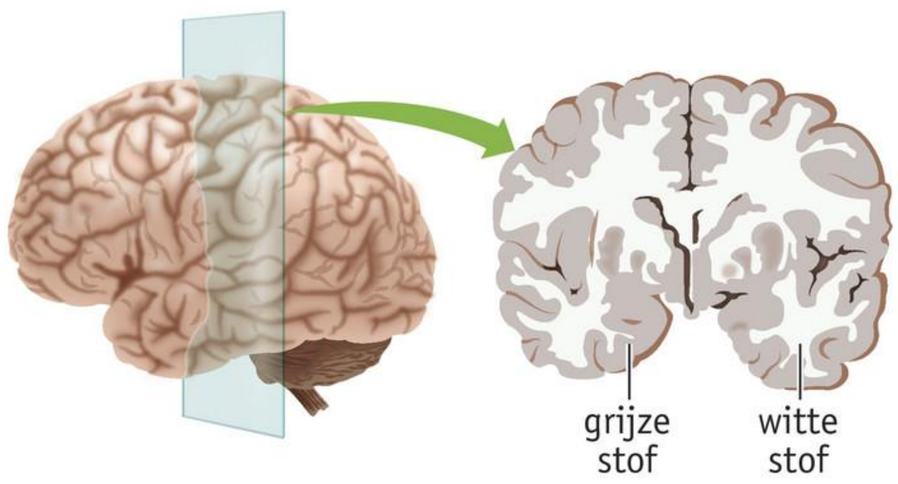
De hersenen bestaan uit de grote hersenen, de kleine hersenen en de hersenstam (zie afbeelding 23). Ze zijn omgeven door drie hersenvliezen die bescherming bieden. Het hersenvocht dat in de holten in de hersenen wordt aangemaakt, beschermt de hersenen en het ruggenmerg tegen schokken, zorgt voor transport van voedingsstoffen en afvalstoffen en speelt een rol bij het handhaven van de juiste temperatuur voor deze organen.

■ **Afb. 23** Lengtedoorsnede van de hersenen.



De grote en de kleine hersenen bestaan elk uit een linkerhelft en een rechterhelft. Ze zijn in het midden verbonden door de hersenbalk. In de **hersenschors** (het buitenste gedeelte) van de grote en de kleine hersenen ligt de grijze stof. Hierin liggen de cellichamen van schakelcellen. Doordat de hersenschors sterk is gevouwen, zitten er veel plooien en groeven in. In het merg (het binnenste gedeelte) ligt de witte stof met daarin de uitlopers van schakelcellen (zie afbeelding 24). De witte kleur wordt veroorzaakt door de myelinescheden die om de axonen heen liggen.

■ **Afb. 24** Dwarsdoorsnede van de grote hersenen.



De **hersenstam** is de verbinding tussen de grote en kleine hersenen en het ruggenmerg. De hersenstam geleidt impulsen van de grote en kleine hersenen naar het ruggenmerg en omgekeerd. In de hersenstam liggen verschillende centra die belangrijke lichaamsfuncties regelen, zoals het hartritme, de snelheid waarmee je ademhaalt en de bloeddruk.

Op de overgang van hersenstam naar ruggenmerg 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 naar de linkerhersenhelft. In de **grote hersenen** word je je bewust van de waarnemingen die je doet. Ook ontstaan daar de impulsen om spieren aan te sturen voor bewuste bewegingen.

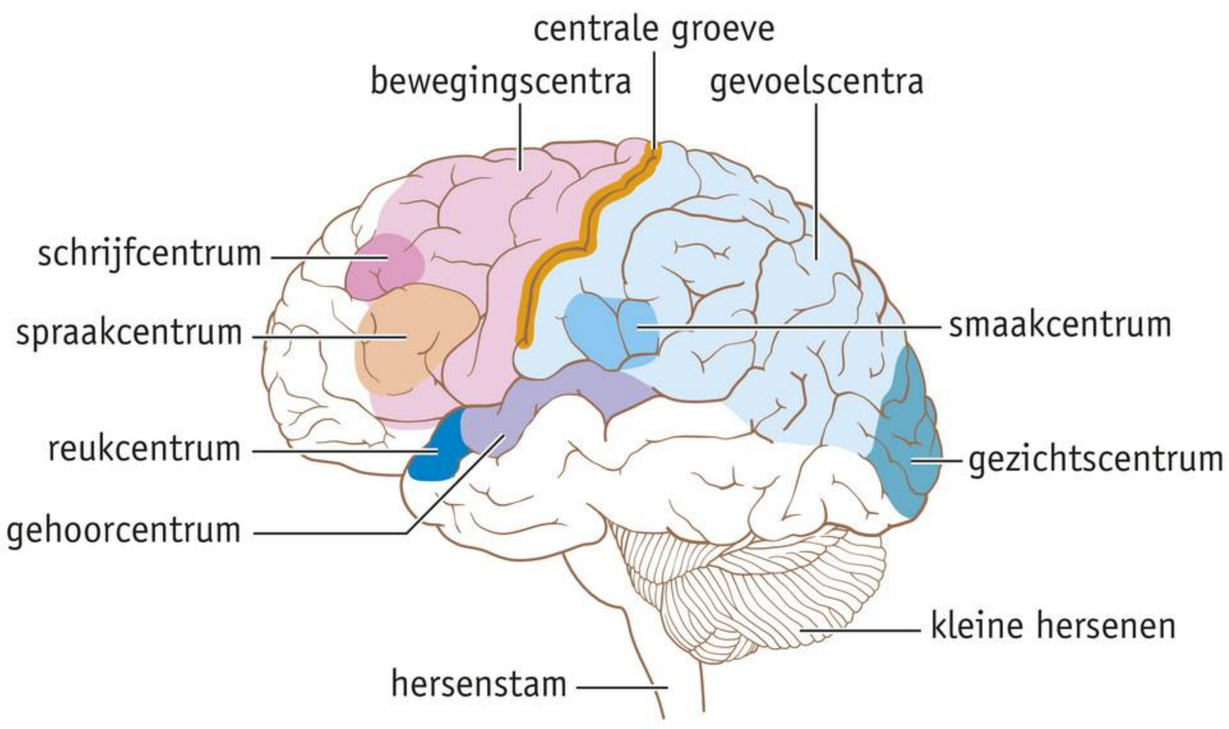
De **kleine hersenen** spelen een belangrijke rol bij het handhaven van je evenwicht en het coördineren van je bewegingen. Je waarnemingen worden hier afgestemd op je bewegingen. Hierdoor kun je bijvoorbeeld tijdens het sporten tegelijk rennen, om je heen kijken en de bal op het juiste moment in de basket werpen.

HERSENCENTRA

De hersenschors in de grote hersenen bestaat uit gebieden (centra) met verschillende functies. Van een aantal **centra in de hersenschors** is de functie bekend (zie afbeelding 25). Je kunt gevoelscentra en bewegingscentra onderscheiden. In gevoelscentra komen impulsen aan. De plaats in de hersenschors waar deze impulsen aankomen en worden verwerkt, bepaalt de aard van de waarnemingen die je doet. In het gezichtscentrum komen bijvoorbeeld impulsen aan die afkomstig zijn van je ogen. Doordat de impulsen in het gezichtscentrum worden verwerkt, zie je iets en word je je bewust van wat je ziet.

In bewegingscentra ontstaan impulsen voor bewegingen die je bewust wilt maken. De plaats waar de impulsen ontstaan, bepaalt welke skeletspieren er gaan bewegen. Een bewegingscentrum voor een bepaald lichaamsdeel ligt vlak bij het gevoelscentrum voor dat lichaamsdeel. Zie ook *BiNaS* tabel 88C.

■ **Afb. 25** Buitenaanzicht van de hersenen met de ligging van de hersencentra.



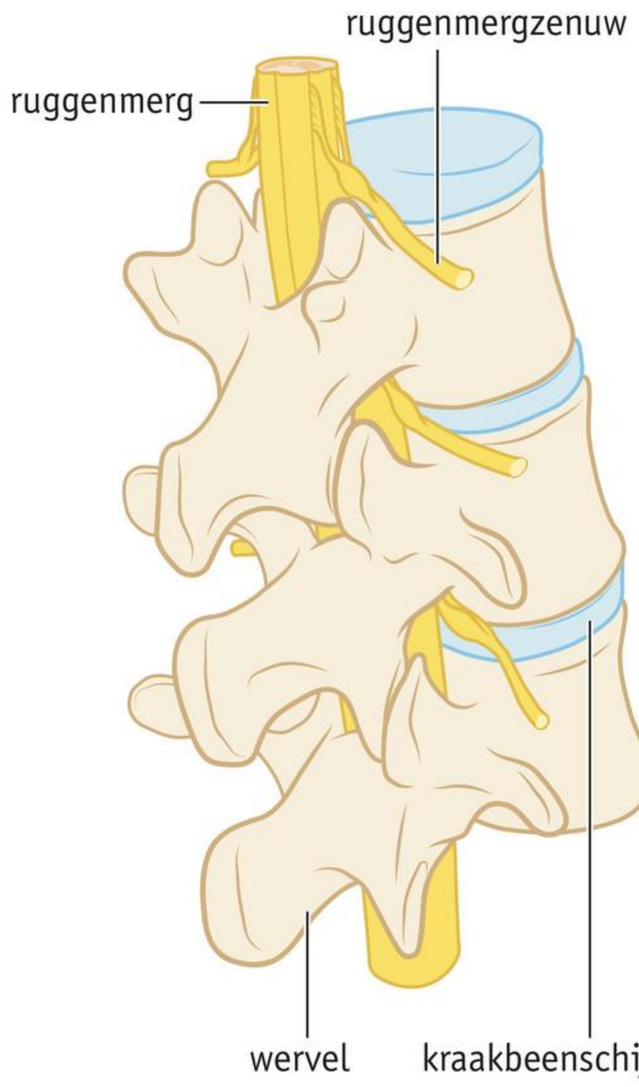
Doordat de impulsbanen elkaar kruisen in de hersenstam heeft de linkerhersenhelft gevoelscentra en bewegingscentra voor alle lichaamsdelen aan de rechterkant van het lichaam, en andersom. Hoewel de hersenhelften qua bouw gelijk zijn, hebben ze geen identieke functie. Zo kunnen de meeste mensen beter gezichten herkennen met hun rechterhersenhelft en blijkt het spreken meer vanuit de linkerhersenhelft te komen.

HET RUGGENMERG

Het **ruggenmerg** ligt bij gewervelden goed beschermd in het wervelkanaal dat wordt gevormd door de gaten in de op elkaar liggende wervels (zie afbeelding 26). Om het ruggenmerg heen liggen drie ruggenmergvliezen die bescherming bieden. In het midden van het merg bevindt zich een holte: het centrale kanaal. Dit kanaal is gevuld met vocht en staat rechtstreeks in verbinding met het hersenvocht in de hersenholten.

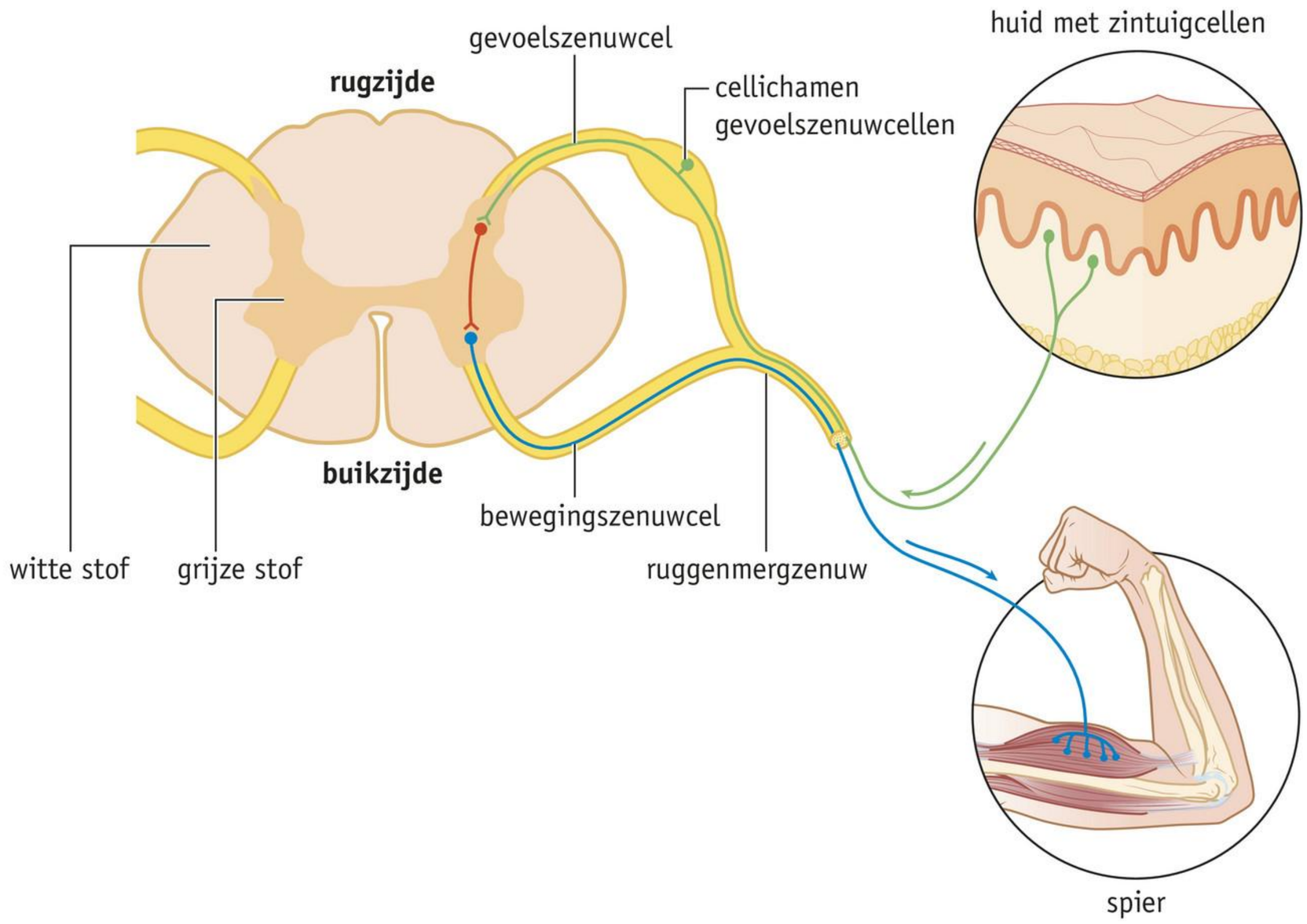
Het ruggenmerg loopt vanaf de bovenste halswervel (de atlas) tot aan de tweede lendenwervel. Van de halswervels tot aan het staartbeen verlaten ruggenmergzenuwen het wervelkanaal. Ze komen door openingen links en rechts tussen de wervels naar buiten en verbinden het ruggenmerg met de weefsels en organen van de ledematen en de romp.

■ **Afb. 26** De ligging van het ruggenmerg in de wervelkolom.



Ruggenmergzenuwen zijn gemengde zenuwen. Aan de rugkant van het ruggenmerg komen de uitlopers van gevoelszenuwcellen bij elkaar in gevoelszenuwen. De verdikkingen in deze zenuwen worden gevormd door een opeenhoping van cellichamen van gevoelszenuwcellen: de ruggenmergzenuwknopen. De cellichamen van de gevoelszenuwcellen in de ruggenmergzenuwknopen zijn door axonen verbonden met schakelcellen in het ruggenmerg. De cellichamen van de bewegingszenuwcellen bevinden zich in het ruggenmerg. Uitlopers van bewegingszenuwcellen komen aan de buikkant bij elkaar in bewegingszenuwen. Een gevoelszenuw en een bewegingszenuw komen samen in een ruggenmergzenuw (zie afbeelding 27).

■ **Afb. 27** De ligging van zenuwcellen in het ruggenmerg en in een ruggenmergzenuw (schematisch).



In afbeelding 28 zie je een foto van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg. In het buitenste gedeelte van het ruggenmerg 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 ook hier veroorzaakt door de myelineschede om de uitlopers.

In het midden bevindt zich een vlindervormig gedeelte dat donkerder van kleur is: de grijze stof. In het midden en aan de rugzijde in de grijze stof liggen de cellichamen van schakelcellen. Aan de buikzijde liggen de cellichamen van bewegingszenuwcellen. Zie ook *BiNaS* tabel 88J.

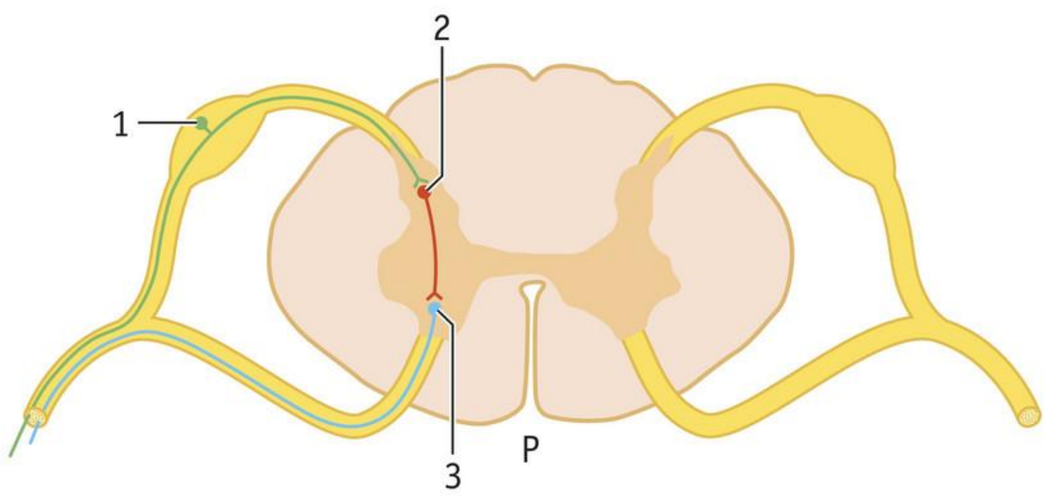
■ **Afb. 28** Een microscopische foto van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg.

Opdrachten KENNIS

26 **a** Uit welke drie delen bestaan de hersenen?
b Liggen de uitlopers van zenuwcellen in de schors of in het merg van de hersenen? Leg je antwoord uit.
c Het drinken van alcohol heeft invloed op het functioneren van de hersenen. Zo kunnen mensen na het drinken van alcohol moeite hebben met het lopen in een rechte lijn. Welk deel van de hersenen werkt dan minder goed?
d Iemand kan blind zijn, terwijl de ogen van deze persoon goed functioneren. Hoe kun je dat verklaren?

27 In afbeelding 29 is een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg met aangesloten zenuwen schematisch getekend.
a Met welk nummer is het cellichaam van een bewegingszenuwcel aangegeven?
b Ligt P aan de buikzijde of aan de rugzijde? Leg je antwoord uit.

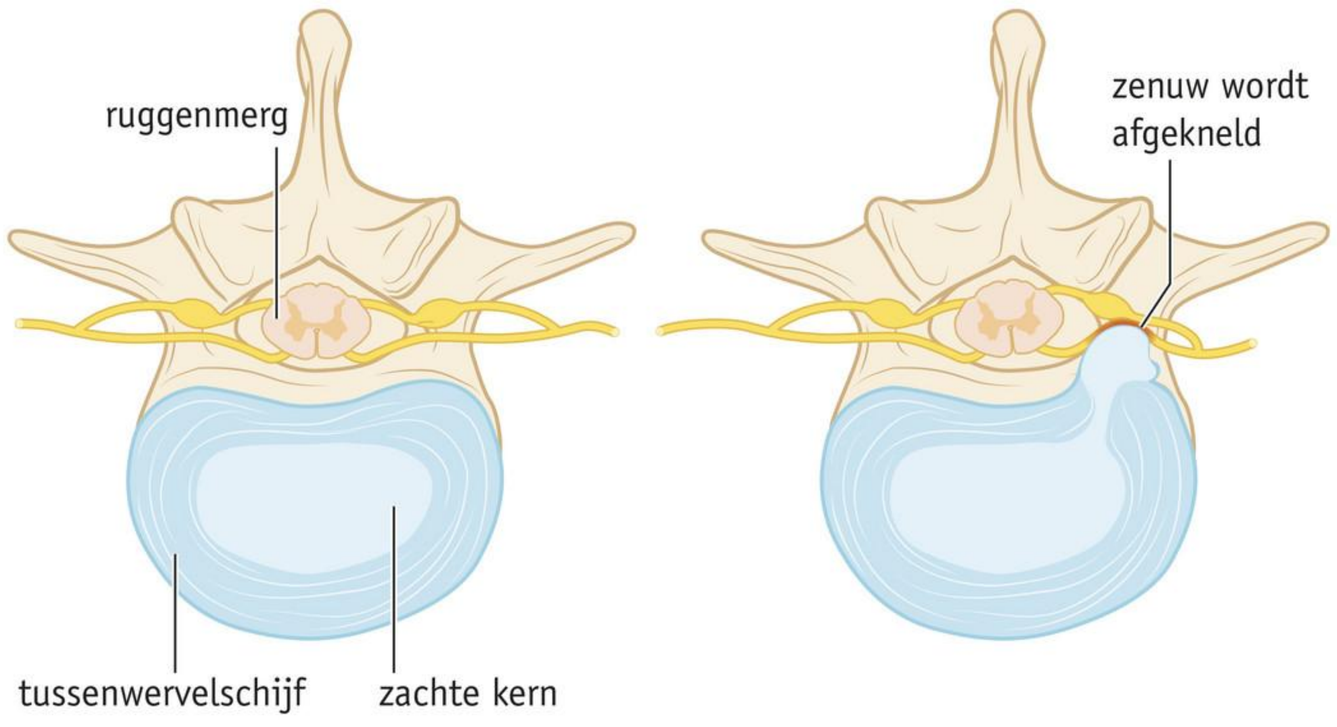
■ **Afb. 29** Dwarsdoorsnede van het ruggenmerg met aangesloten zenuwen.



Opdrachten INZICHT

28 Bij een hernia in de rug is er een tussenwervelschijf gescheurd, waardoor de inhoud ervan tegen de zenuwen in het ruggenmerg drukt (zie afbeelding 30). Iemand met een hernia heeft vaak pijn in de rug, maar er kunnen ook symptomen optreden zoals gevoelloosheid of krachtverlies in een been of voet.
Verklaar deze verschijnselen.

■ **Afb. 30** Een hernia.



tussenwervelschijf en ruggenmerg in normale situatie

hernia

29 Bij een dwarslaesie in de rug is het ruggenmerg zo erg beschadigd dat impulsen niet meer kunnen worden doorgegeven. Een dwarslaesie kan op verschillende plaatsen in de rug voorkomen.
Kan iemand met een dwarslaesie in de nek nog schrijven? Leg je antwoord uit.

30 Bij het verwijderen van een hersentumor ondergaan patiënten soms een ‘wakkere operatie’. Ze zijn tijdens de operatie bij bewustzijn. Dat is mogelijk doordat de hersenen geen pijn voelen. Tijdens de operatie moet de patiënt bepaalde taken uitvoeren. Bijvoorbeeld woorden nazeggen en zinnen voorlezen.
Waarom is het voor een arts van belang dat de patiënt deze taken tijdens de operatie uitvoert?

31 ALS (amyotrofische laterale sclerose) is een ziekte waarbij zenuwcellen worden aangetast en ten slotte afsterven. Deze ziekte begint vaak met klachten over vermoeidheid. Na verloop van tijd is er ook sprake van krachtverlies en moeite hebben met lopen en spreken. Uiteindelijk raakt een ALS-patiënt geheel verlamd.

a Welk type zenuwcellen sterven af bij ALS? Leg je antwoord uit.

b Op welke manier zou je bij een ALS-patiënt kunnen aantonen dat de andere typen zenuwcellen nog wel werkzaam zijn?

32 Waardoor kunnen impulsen in synapsen maar in één richting worden doorgegeven?

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

GIF ALS MEDICIJN

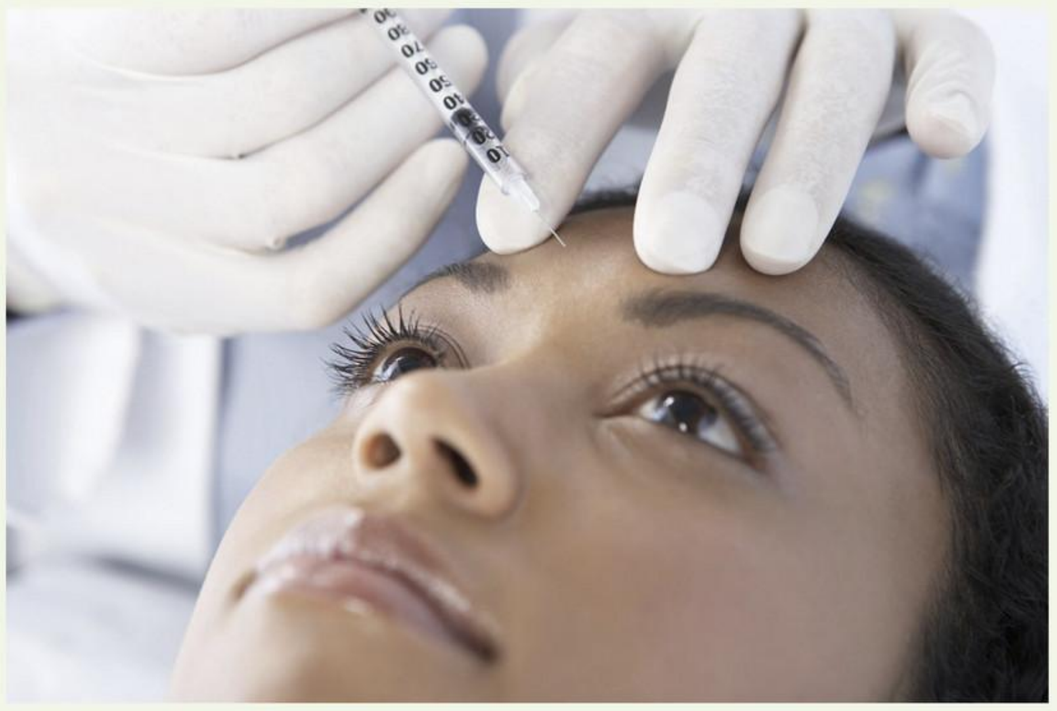
Iedereen wil oud worden, maar niemand wil oud zijn. Sommige mensen hebben veel over voor de ‘eeuwige jeugd’. Zij laten zich met regelmaat injecteren met botox om rimpels te voorkomen en een jong uiterlijk te behouden (zie afbeelding 31). Maar botox wordt door artsen ook voor andere medische doeleinden gebruikt.

Botox (officiële naam botulinetoxine) is een gif dat wordt geproduceerd door de bacterie *Clostridium botulinum*. Deze stof beïnvloedt de werking van zenuwcellen. Het zorgt ervoor dat er geen neurotransmitters uit zenuwcellen vrijkomen. Hierdoor wordt de impulsoverdracht van een zenuwcel naar een spier tijdelijk stilgelegd. Op de plek in het gezicht waar de botox is geïnjecteerd, kan iemand de spieren niet aanspannen en ontstaan dus geen rimpels. Het gif is levensgevaarlijk, maar omdat het zeer sterk is verdund, kan het veilig worden gebruikt.

Botox wordt niet alleen gebruikt om rimpels te voorkomen. Botox kun je ook gebruiken om scheel kijken tegen te gaan. Wanneer iemand scheel kijkt, trekken de oogspieren aan een kant van het oog vaak te hard. Botox kan ervoor zorgen dat deze spieren ontspannen, waardoor het oog recht blijft staan. Botox blokkeert ook de werking van de zenuwen in de huid die je zweetklieren aansturen, waardoor de klieren minder of helemaal geen zweet meer produceren. Deze behandeling kan uitkomst bieden voor mensen die overmatig zweten.

De werking van botox is tijdelijk. Na enkele maanden moet de behandeling worden herhaald.

■ **Afb. 31** Het injecteren van botox.



Opdrachten

33 **a** Door botox wordt de impulsoverdracht van zenuwcellen naar een spier tijdelijk stilgelegd.
Om welke type zenuwcellen gaat het?

b Botox heeft geen invloed op de werking van andere typen zenuwcellen. Leg uit waarom dat een voordeel is.

34 Een negatief effect van het gebruik van botox kan zijn dat je er een emotieloos of uitdrukkingsloos gezicht van krijgt. Hoe is dat te verklaren?

35 De bacterie *Clostridium botulinum* komt in zeldzame gevallen ook voor in voedsel. Wanneer iemand dit gif via het voedsel binnenkrijgt, zijn de eerste verschijnselen vaak moeite met slikken en praten. Vervolgens verslappen de spieren in de armen en benen. In ernstige gevallen kan zo’n vergiftiging leiden tot de dood.
Hoe kun je dit verklaren?

36 Curare is gif dat bindt aan de receptoren van spieren zonder de receptor te activeren.
Wat is het effect als curare bindt aan de receptoren in een spier? Leg je antwoord uit.

4 REFLEXEN EN HET AUTONOME ZENUWSTELSEL

LEERDOELEN

5.4.1 Je kunt de functie van reflexen en een reflexboog beschrijven.

5.4.2 Je kunt de werking van het autonome (vegetatieve) zenuwstelsel beschrijven.

▶ Practicum 3

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	5.4.1	**5.4.2**
Onthouden	37	40
Begrijpen	38, 39, 47, 48	41, 42
Toepassen	45, 49, 50	46, 51
Analyseren	44	43

Met je ogen knipperen, niezen en slikken doe je zonder erbij na te denken. Het zijn voorbeelden van reflexen: vaste en snelle reacties op uitwendige prikkels. Hoe komen deze onbewuste reacties tot stand en wat is het nut ervan?

BEWUSTE EN ONBEWUSTE REACTIES

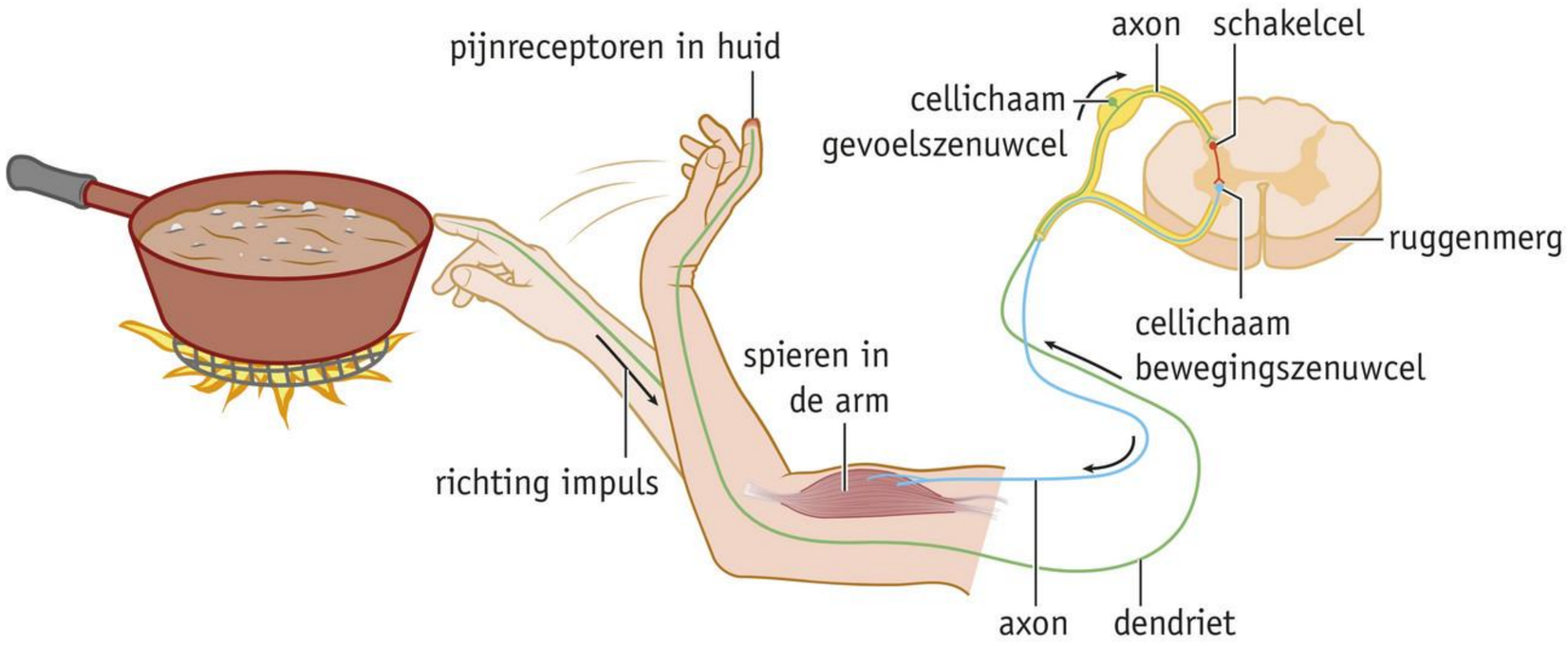
Het animale zenuwstelsel regelt vooral bewuste reacties. Bij een beweging die je bewust wilt maken ontstaan er impulsen in bewegingscentra van de grote hersenen. Deze impulsen gaan via de kleine hersenen en het ruggenmerg naar bewegingszenuwcellen en je spieren, waardoor deze samentrekken en je een beweging maakt. Het animale zenuwstelsel is ook verantwoordelijk voor onbewuste reacties.

REFLEXEN

Je trekt onmiddellijk je handen terug als je een hete pan aanraakt. Deze reactie is een voorbeeld van een reflex. Je hebt snel en zonder er over na te denken gehandeld. Een reflex is een vaste, snelle, onbewuste reactie op een bepaalde prikkel. Bij een reflex leggen impulsen een andere weg af dan bij een bewuste reactie. De weg die impulsen bij een reflex afleggen, noem je een **reflexboog** (zie afbeelding 32). De grote hersenen maken geen deel uit van reflexbogen. De impulsen van zintuigen worden door gevoelszenuwcellen naar schakelcellen in het ruggenmerg of in de hersenstam geleid en direct doorgegeven aan bewegingszenuwcellen. Hierdoor is de weg die een impuls aflegt bij een reflex korter en neemt de reactiesnelheid toe. De reflexbogen van romp en ledematen verlopen via de schakelcellen in het ruggenmerg. De reflexbogen van hoofd en hals verlopen via de schakelcellen in de hersenstam. Bij een reflex gaan er

ook impulsen naar de grote hersenen. Die impulsen komen aan als de reflex al heeft plaatsgevonden. Hierdoor word je je wat later bewust van je reactie.

■ **Afb. 32** De weg van een impuls bij een reflex.



Er bestaan veel verschillende reflexen. 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 de handhaving van bepaalde houdingen van je lichaam en bij bewegingen. Kleine spanningsverschillen in de spieren leiden tot reflexmatige correcties, waardoor je bijvoorbeeld rechtop kunt staan zonder om te vallen.

Voorbeelden van reflexen zijn de hoestreflex, de slikreflex, de pupilreflex, de ooglidreflex, de voetzoolreflex en de zuigreflex. Ook de afscheiding van speeksel is een reflex. Sommige reflexen kun je onderdrukken, andere niet.

Opdrachten KENNIS

37 Welk deel van het zenuwstelsel is verantwoordelijk voor reflexen?

38 **a** Wat is de prikkel voor de terugtrekreflex in het voorbeeld in de tekst?
b Gaan er bij de terugtrekreflex ook impulsen naar de hersenen? Zo ja, naar welk deel van de hersenen?

39 Bij de ooglidreflex knipper je met je oogleden als er iets heel dicht bij je oog komt.
a Welke functie heeft deze reflex?
b Beschrijf de weg waarlangs de impulsen bij deze reflex worden geleid.

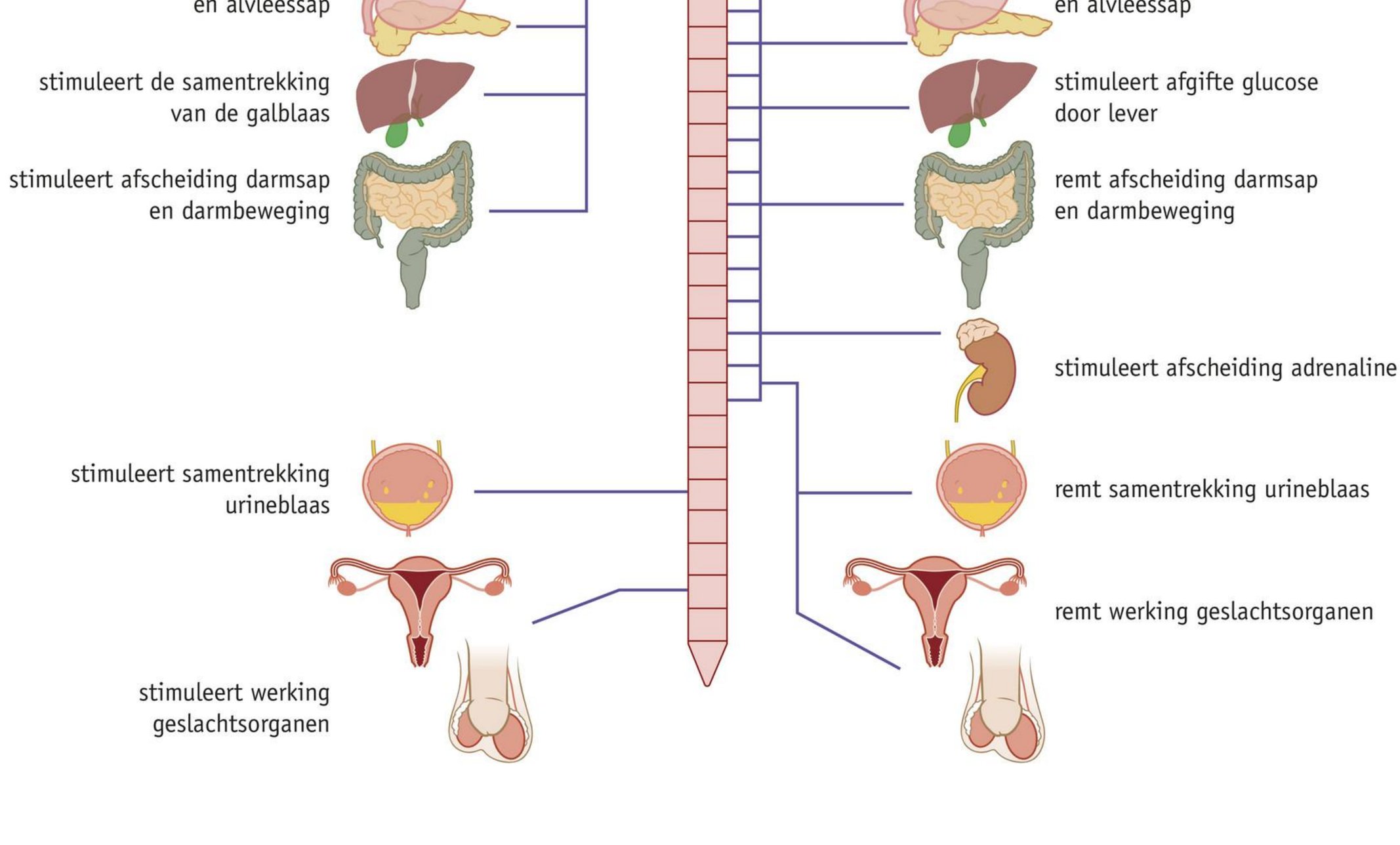
HET AUTONOME ZENUWSTELSEL

Het autonome (of vegetatieve) zenuwstelsel staat niet onder invloed van de wil. Het werkt nauw samen met het hormoonstelsel en regelt onder andere de werking van de spieren van inwendige organen en klieren. Het autonome zenuwstelsel kun je onderverdelen in het orthosympatische deel en het parasympatische deel (zie afbeelding 33). Deze delen hebben een tegengestelde werking. Ze werken samen om de homeostase in het lichaam te handhaven, zie ook *BiNaS* tabel 88L.

Het orthosympatische deel beïnvloedt de organen op zo'n manier dat het lichaam activiteiten kan verrichten waarvoor energie nodig is. Door verbranding te bevorderen wordt energie vrijgemaakt. Impulsen vanuit het orthosympatische deel verhogen de hartslagfrequentie, verwijden de bloedvaten naar de skeletspieren, zetten de lever aan

om glycogeen om te zetten in glucose, verhogen de ademfrequentie en verwijden de vertakkingen van de bronchiën. Het orthosympatische deel remt de organen van het verteringsstelsel en de nieren in hun werking.

■ **Afb. 33** Het autonome zenuwstelsel.



Het parasympatische deel beïnvloedt de organen zodat het lichaam in een toestand van rust en herstel kan komen. Het bevordert de stofwisseling. Impulsen vanuit het parasympatische deel 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.

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. Elk doelwitorgaan wordt aangestuurd door twee zenuwen van het autonome zenuwstelsel: een orthosympatische en een parasympatische zenuw. Hierdoor kan de werking van een orgaan worden gestimuleerd of geremd.

Opdrachten KENNIS

40 **a** Uit welke twee delen bestaat het autonome zenuwstelsel?
b Noteer drie organen die worden aangestuurd door het autonome zenuwstelsel.

41 **a** Welk deel van het autonome zenuwstelsel is tijdens je slaap het meest actief? Leg je antwoord uit.
b Noteer een activiteit in je dagelijkse leven waarbij het orthosympatische deel van je autonome zenuwstelsel het meest actief is.

42 Behoort een zenuwcel die is verbonden met een zweetklier tot het animale zenuwstelsel of tot het autonome zenuwstelsel? Leg je antwoord uit.

Opdrachten INZICHT

43 Bevinden zich in je arm uitlopers van het autonome zenuwstelsel? Leg je antwoord uit.

44 Sommige reflexen kun je onderdrukken, andere reflexen niet.
a Geef een voorbeeld van een reflex die je niet kunt onderdrukken.
b Geef ook een voorbeeld van een reflex die je wel kunt onderdrukken.

45 Coma is het Griekse woord voor 'diepe slaap'. Het is een toestand van diepe bewusteloosheid als gevolg van hersenletsel waardoor een deel van de hersenen niet meer werkt. Het verschil met slaap is dat je een comapatiënt niet wakker kunt maken. Mensen die in coma liggen, reageren niet op geluid of een pijnprikkel. De reacties van patiënten in coma zijn vaak reflexen.
a Geef aan of bij een persoon die in coma ligt de gevoelszenuwcellen, de schakelcellen en/of de bewegingszenuwcellen nog functioneren. Leg je antwoord uit.

Naar: Biologie Olympiade 2020, vraag 36.

b Van welke van de hierna genoemde reflexen verlopen de reflexbogen via de schakelcellen in de hersenstam? Leg je antwoord uit.
kniepeesreflex – ooglidreflex – pupilreflex – terugtrekreflex

46 **Gelletje breekt Dumoulin op**

Naar: Biologie Olympiade 2018, vraag 6.

Tijdens een zware bergetappe in de Ronde van Italië kon wielrenner Tom Dumoulin zijn ontlasting niet meer ophouden. Na een sanitaire noodstop zette hij de achtervolging weer in. Aan de finish vertelde Dumoulin dat het eten van een zoete geleiachtige voedingsstof met veel glucose de oorzaak van de noodstop was.
Voor wielrenners is het belangrijk om voldoende energie binnen te krijgen door te eten. Maar eten kan tegelijkertijd problemen opleveren, omdat tijdens het fietsen de darmwerking is verminderd.
Leg uit hoe het komt dat tijdens het fietsen de darmwerking van een wielrenner is verminderd.

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

HOE KATTEN OP HUN POOTJES TERECHTKOMEN

De meeste mensen overleven het niet als ze van een hoge verdieping van een flat vallen. Katten wel. Dat bewees de kat Marley uit België. Toen zij van de elfde verdieping naar beneden viel, was een van haar achterpoten verbrijzeld door de klap, maar ze leefde nog.

Dat Marley nog leefde, kwam door haar supersnelle valreactie. In een reflex draaien katten hun lichaam tijdens een val, zodat ze altijd met hun pootjes op de grond terechtkomen (zie afbeelding 34). De ruggengraat van katten is erg flexibel. Daardoor kunnen vallende katten een snelle draaibeweging maken. Daarbij trekken ze hun ruggengraat krom, waardoor ze de klap beter kunnen opvangen. Katten zijn zo goed in vallen dat er zelfs een spreekwoord over is.

Andere belangrijke reflexen bij katten en andere zoogdieren zoals de mens zijn de zoekreflex en de zuigreflex. Zodra een pasgeboren kitten een warme bron voelt, bijvoorbeeld een tepel, beweegt het hoofd in de richting van de warme bron. Bij deze zoekreflex wordt het hoofd naar achteren gehouden en de bek geopend, zodat de tepel snel in de bek kan worden genomen. Zodra de bek de tepel aanraakt, zal de kitten gaan zuigen. Deze reflexen zijn van levensbelang. Een pasgeboren zoogdier is afhankelijk van moedermelk om te overleven. Zou het jong de tepel van de moeder niet vinden, dan zou het niet overleven. Kittens weten de tepel blindelings te vinden, ook al gaan hun ogen meestal pas ruim een week na de geboorte open.

■ **Afb. 34** Draaireflex bij een vallende kat.

Opdrachten

47 Wat is de functie van de reflex waardoor een kat tijdens een val de poten omlaag draait?

48 Verlopen de reflexen die in de tekst worden genoemd via het autonome of via het animale zenuwstelsel?

49 De zuigreflex is onmisbaar voor het voortbestaan van een soort. Leg dit uit.

50 Zodra de tepel van een moederpoes in de bek van een kitten komt, begint het jong te zuigen. Beschrijf de weg van de impulsen bij de zuigreflex.

51 Welk deel van het autonome zenuwstelsel van een kitten zal het meest actief zijn tijdens het drinken bij de moeder? Leg je antwoord uit.

5 IMPULSGELEIDING

LEERDOELEN

5.5.1 Je kunt beschrijven hoe impulsgeleiding plaatsvindt.
5.5.2 Je kunt beschrijven hoe impulsoverdracht plaatsvindt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	5.5.1	**5.5.2**
Onthouden	52, 53	56
Begrijpen	54, 55	57, 58, 62a
Toepassen	61a	59, 61b, 62bc
Analyseren	60	62d, 63

Sommige medicijnen, cafeïne, alcohol en drugs hebben effect op de werking van je hersenen. Dat komt doordat ze de impulsoverdracht in je hersenen beïnvloeden.

IMPULSGELEIDING

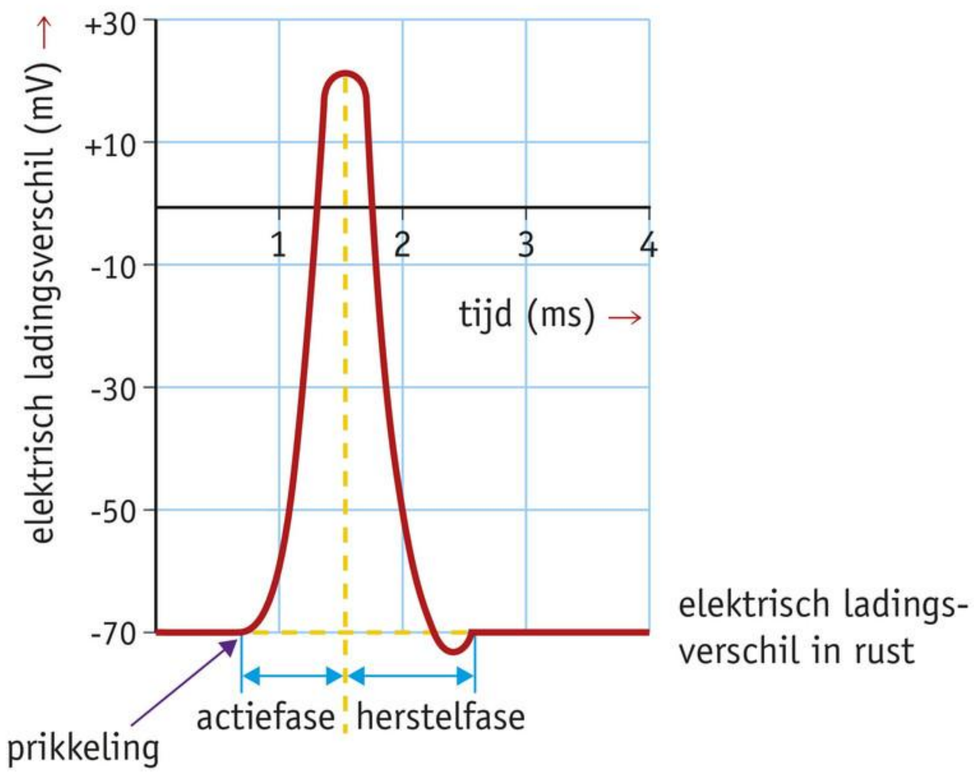
Het zenuwstelsel maakt communicatie mogelijk tussen zintuigcellen en zenuwcellen, tussen zenuwcellen onderling en tussen zenuwcellen en spieren en klieren. Dat gebeurt door **impulsgeleiding** en de afgifte van neurotransmitters.

Bij een zenuwcel die geen impuls geleidt zitten er in het cytoplasma meer ionen met een negatieve elektrische lading dan aan de buitenkant van de zenuwcel. Hierdoor heeft het cytoplasma een negatieve lading ten opzichte van de buitenkant van de cel. Het verschil in elektrische lading is bij alle zenuwcellen die geen impuls geleiden ongeveer even groot (–70 mV). Het verschil in ionenconcentratie wordt gehandhaafd doordat er actief transport plaatsvindt.

Bij het ontstaan van een impuls in een zenuwcel verandert de doorlaatbaarheid voor ionen op een bepaalde plaats van het celmembraan. Er vindt dan ionentransport plaats, waardoor de elektrische lading aan beide zijden van het celmembraan verandert. De binnenkant van het celmembraan krijgt ongeveer 1 ms (milliseconde) een positieve lading ten opzichte van de buitenkant. Dit noem je de **actiefase** van een impuls. Daarna wordt de oorspronkelijke elektrische lading weer hersteld. Daardoor kan het celmembraan na de actiefase gedurende korte tijd geen impulsen geleiden. Dit noem je de **herstelfase**. De herstelfase duurt ook ongeveer 1 ms (zie afbeelding 35).

Wanneer een uitloper van een zenuwcel kunstmatig wordt geprikkeld, worden in twee richtingen impulsen voortgeleid: naar het uiteinde van de uitloper en naar het cellichaam. De impulsen kunnen maar in één richting aan andere cellen worden doorgegeven. Dit komt doordat alleen via een synaps de impulsen worden doorgegeven.

■ **Afb. 35** Het verloop van een impuls.



Er ontstaat alleen een impuls in een zenuwcel als door de sterkte van een prikkel het elektrische ladingsverschil boven de drempelwaarde van –50 mV komt. Deze drempelwaarde noem je de prikkeldrempel. Dit is de kleinste sterkte van een prikkel die een impuls veroorzaakt. Als de prikkel te zwak is, wordt de prikkeldrempel niet gehaald en leidt dat niet tot een impuls in de zenuwcel.

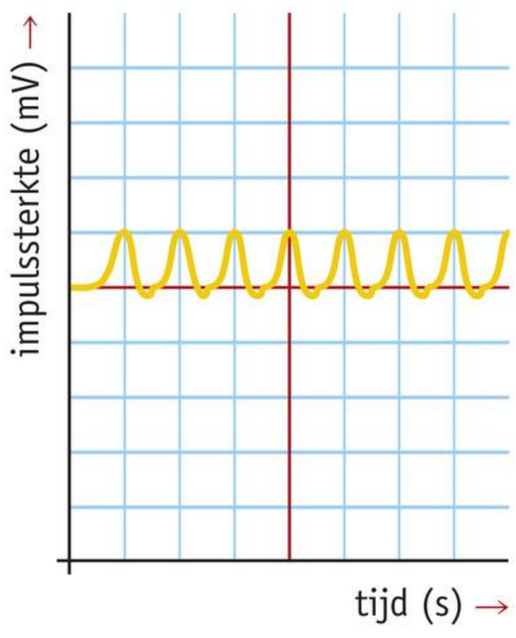
IMPULSSTERKTE EN IMPULSFREQUENTIE

De omzetting van een prikkel in een impuls gebeurt volgens het alles-of-nietsprincipe. Alleen wanneer de prikkeldrempel wordt bereikt, ontstaat er een impuls. De impulssterkte is voor alle zenuwcellen gelijk.

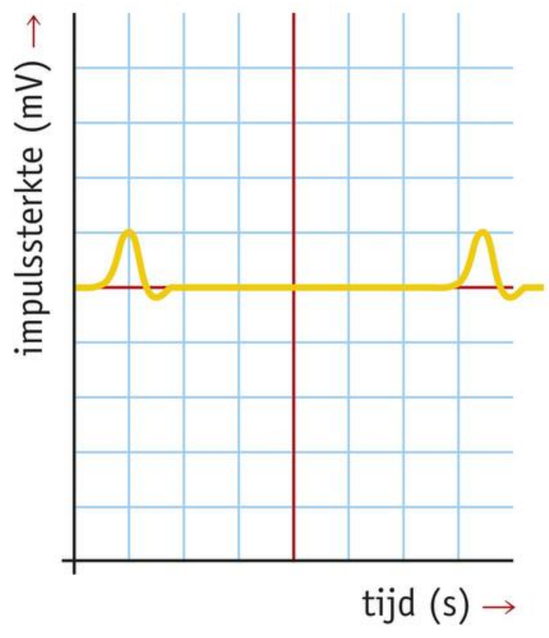
Zintuigcellen verwerken prikkels die in sterkte kunnen verschillen. Een geluid kan bijvoorbeeld hard of zacht zijn. Door een sterkere prikkel worden er per seconde meer impulsen door dezelfde zenuwcel geleid. Het aantal impulsen dat per tijdseenheid (bijvoorbeeld per seconde) door een zenuwcel wordt geleid, 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 en kan toenemen totdat de maximale impulsfrequentie is bereikt (zie afbeelding 36.1). Wanneer je oren een zacht geluid opvangen, is de impulsfrequentie laag (zie afbeelding 36.2). Hoe sterker de prikkel, hoe hoger de impulsfrequentie is.

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

■ **Afb. 36** Impulsgeleiding in een zenuwcel.



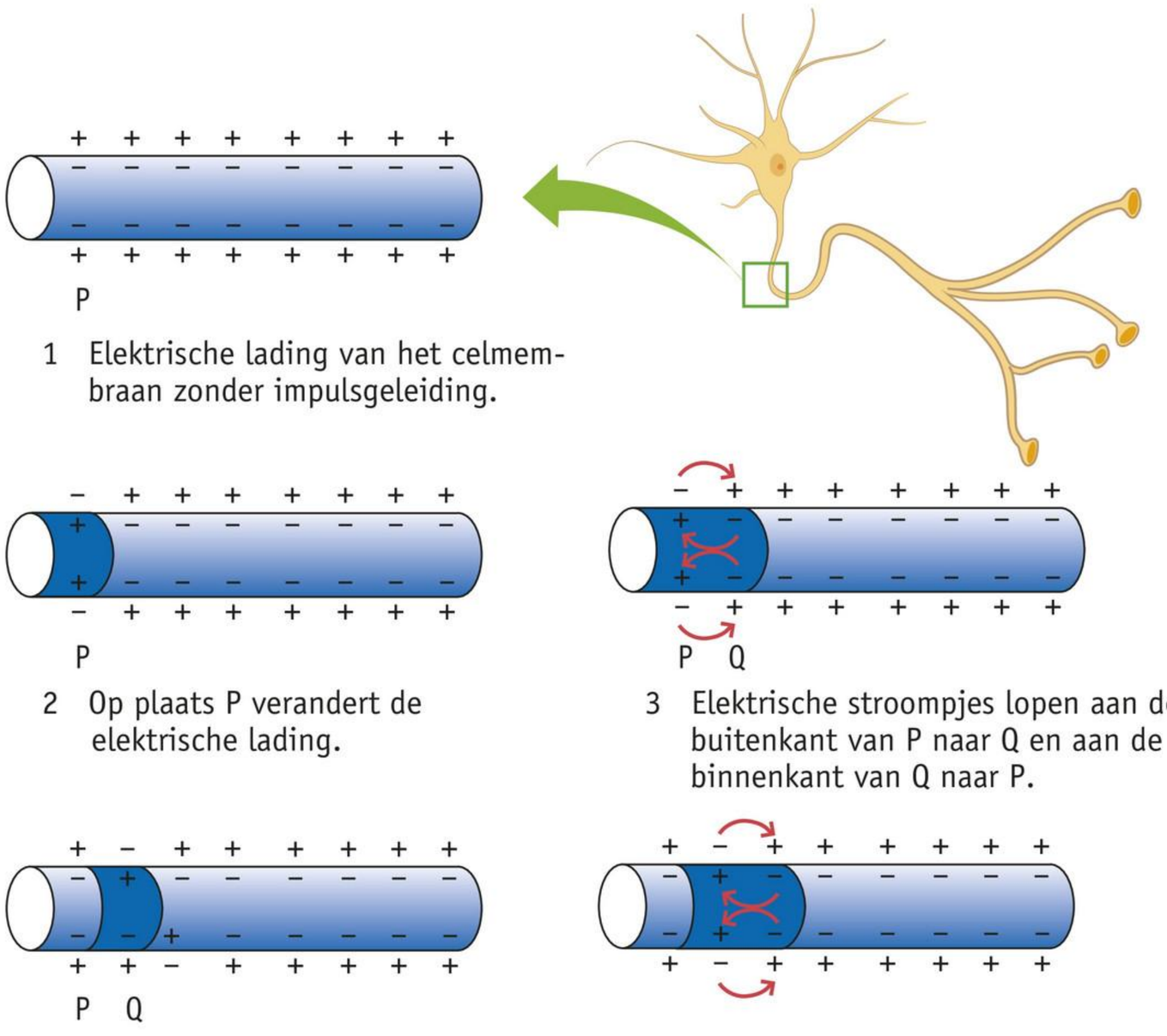
1 impulsfrequentie na een sterke prikkel



2 impulsfrequentie na een zwakke prikkel

Afbeelding 37 geef weer hoe een zenuwcel een impuls geleidt in een ongemyeliniseerde uitloper van een zenuwcel. Afbeelding 37.1 stelt de uitloper in rust voor, waarbij de binnenkant van de cel een negatieve lading heeft ten opzichte van de buitenkant. In afbeelding 37.2 is de elektrische lading op plaats P veranderd, waardoor deze plaats in de actiefase van een impuls verkeert. De verandering van elektrische lading heeft tot gevolg dat er door de verplaatsing van ionen elektrische stroompjes lopen aan de binnen- en buitenkant van het celmembraan (zie afbeelding 37.3). Deze stroompjes vormen de prikkel voor het ontstaan van een impuls op plaats Q. Ook op plaats Q ontstaat een actiefase. Ondertussen verkeert plaats P in de herstelfase: de oorspronkelijke elektrische lading op plaats P keert terug. De impuls heeft zich verplaatst van plaats P naar Q (zie afbeelding 37.4). Hierna wordt de impuls vanaf plaats Q op dezelfde manier verder geleid langs het celmembraan (zie afbeelding 37.5).

■ **Afb. 37** Impulsgeleiding in een uitloper van een zenuwcel zonder myelineschede.



1 Elektrische lading van het celmembraan zonder impulsgeleiding.

2 Op plaats P verandert de elektrische lading.

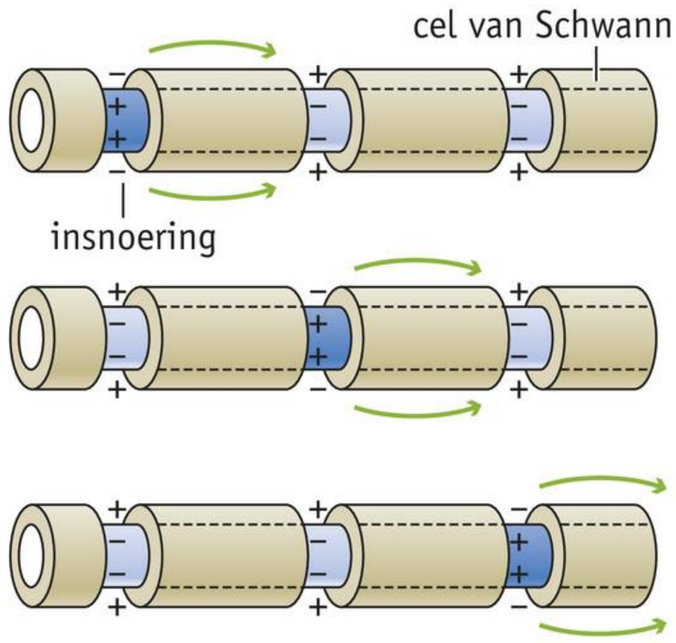
3 Elektrische stroompjes lopen aan de buitenkant van P naar Q en aan de binnenkant van Q naar P.

4 De impuls wordt geleid van P naar Q.

5 De impuls wordt verder geleid.

De impulsgeleiding verloopt sneller in zenuwcellen waarvan een axon is omgeven door een myelineschede. De verandering van de elektrische lading kan bij deze uitlopers alleen plaatsvinden op de plaats van de insnoeringen. Hierdoor 'springt' een impuls als het ware van insnoering naar insnoering (zie afbeelding 38). Je noemt deze manier van impulsgeleiding **sprongsgewijze impulsgeleiding**. Deze impulsgeleiding verloopt wel 50× zo snel als de impulsgeleiding in een uitloper van een zenuwcel zonder myelineschede.

■ **Afb. 38** Sprongsgewijze impulsgeleiding in een gemyeliniseerd axon.



Opdrachten KENNIS

52 Wat is de prikkeldrempel?

53 Wat is het alles-of-nietsprincipe?

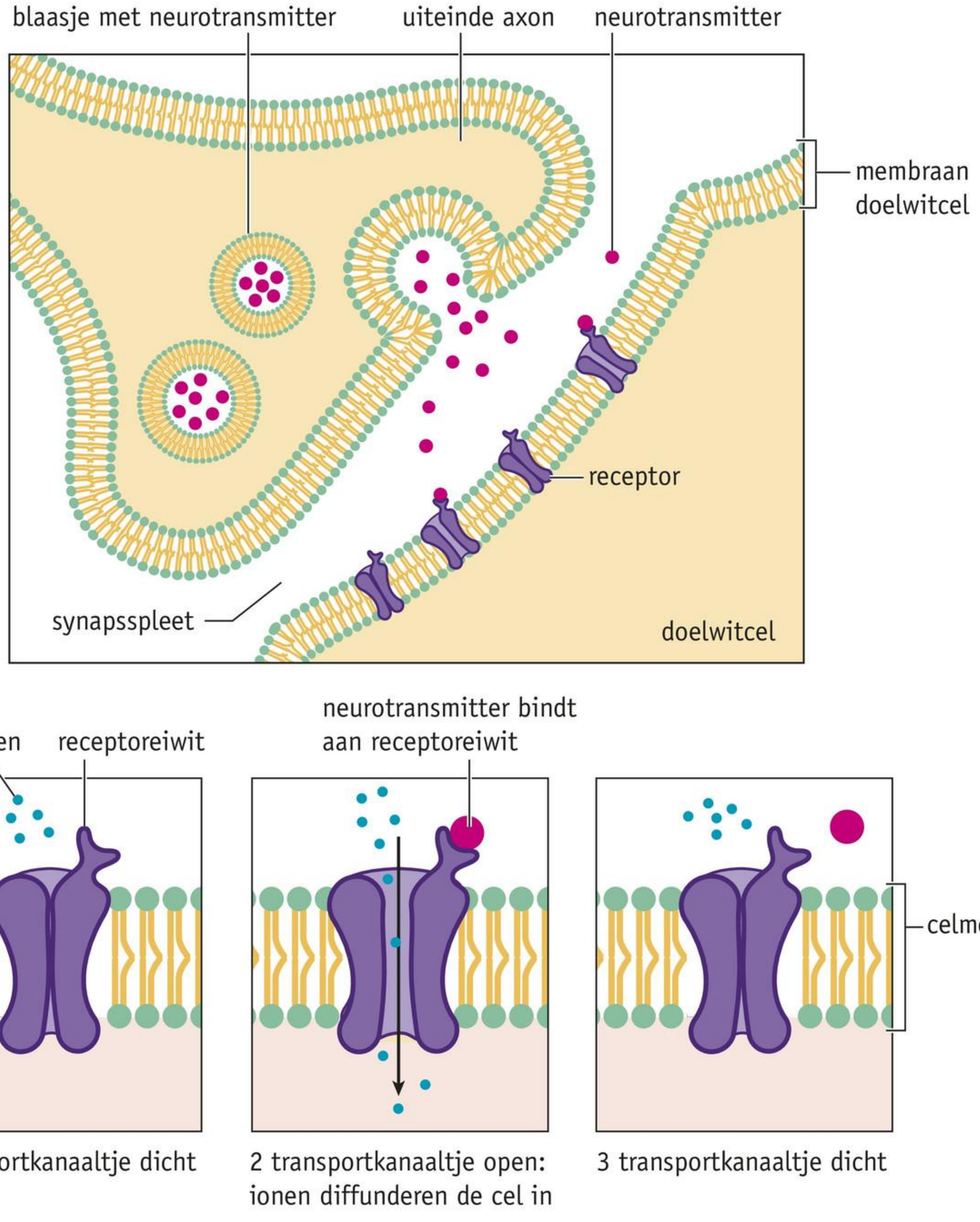
54 Je tilt een tas met boeken met je rechterarm van de grond.
- **a** Verandert hierdoor de impulssterkte in de bewegingszenuwcellen in je rechterarm? Leg je antwoord uit.
- **b** Neemt de impulsfrequentie in de bewegingszenuwcellen in je rechterarm hierdoor af, toe of blijft die gelijk?

55 Een bewegingszenuwcel in je lichaam ontvangt een impuls van een schakelcel. Waardoor kan de impuls in de bewegingszenuwcel maar in één richting worden geleid?

NEUROTRANSMITTERS EN IMPULSOVERDRACHT

De impulsoverdracht van een zenuwcel naar een andere zenuwcel, spiercel of kliercel gebeurt met neurotransmitters die vrijkomen uit het uiteinde van een axon (zie afbeelding 39). Hierdoor ontstaat in een volgende zenuwcel ook een impuls, trekt een spier zich samen of scheidt een klier stoffen af.

■ **Afb. 39** Impulsoverdracht (schematisch).



Er zijn meer dan vijftig verschillende stoffen die functioneren als neurotransmitter. Vooral in de hersenen komen veel verschillende neurotransmitters voor. Stoffen zoals geneesmiddelen, genotsmiddelen en drugs beïnvloeden de impulsoverdracht. De aanmaak of de afgifte van neurotransmitters in het uiteinde van een axon wordt door deze stoffen 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 door te binden aan hetzelfde receptoreiwit. Afhankelijk van de werking van een stof kan de impulsoverdracht worden geremd of gestimuleerd. Het effect hangt af van het type neurotransmitter dat wordt beïnvloed, van de gebieden in de hersenen waar deze neurotransmitter voorkomt en de functie die dit hersengebied vervult.

Opdrachten KENNIS

56 Neurotransmittermoleculen die vrijkomen in de synaptische spleet binden alleen aan cellen die daarvoor receptoreiwitten in het membraan hebben. Hoe noem je deze cellen?

57 **a** Bij mensen met MS (multiple sclerose) zijn de myelinescheden van axonen beschadigd. Waarom kan er dan geen sprongsgewijze impulsgeleiding meer plaatsvinden?

b Een van de symptomen van MS is krachtverlies in de spieren.
Van welk type zenuwcellen wordt de myelineschede van de axonen aangetast?

58 De actiefase van een impuls wordt gevolgd door de herstelfase.
Wat gebeurt er in deze fase?

Opdrachten INZICHT

59 De neurotransmitter adenosine wordt in je hersenen aangemaakt als je wakker bent en bindt dan aan adenosinereceptoren. Gedurende de dag neemt de hoeveelheid gebonden adenosine toe. Dat verlaagt de zenuwcelactiviteit, waardoor je je moe gaat voelen en slaperig wordt. Tijdens je slaap wordt adenosine weer afgebroken.

a Verklaar hoe het komt dat je na het slapen niet meer moe bent.

b Cafeïne, een stof in koffie, cola en energydranken, heeft dezelfde structuur als adenosine. Cafeïne kan daardoor binden aan de adenosinereceptoren in de hersenen. In tegenstelling tot adenosine verhoogt cafeïne de zenuwcelactiviteit en heeft daardoor een opwekkend effect. Leg uit hoe dat komt.

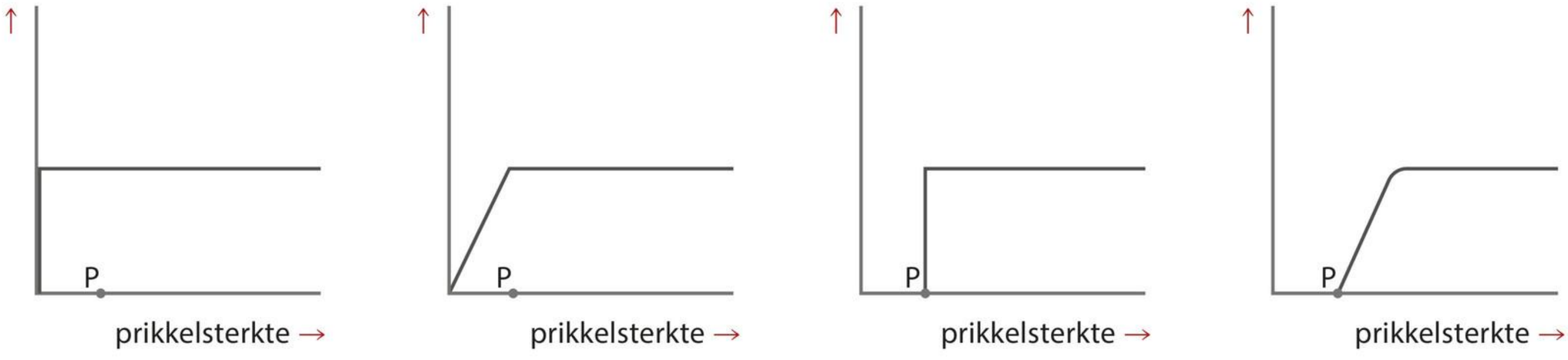
c Als je met regelmaat cafeïne binnenkrijgt, krijgen de hersenen steeds het signaal dat de adenosinereceptoren vol zitten. Hierdoor worden er meer adenosinereceptoren aangemaakt. Leg uit hoe het komt dat je dan steeds meer cafeïne nodig zult hebben om hetzelfde effect te bereiken.

60 Aan een zenuwcel worden kunstmatig prikkels met toenemende prikkelsterkte toegediend. De impulssterkte en de impulsfrequentie worden gemeten. In afbeelding 40 zijn de resultaten in diagrammen weergegeven. P is de drempelwaarde.

a In welk diagram is het verband tussen prikkelsterkte en impulssterkte juist weergegeven? Leg je antwoord uit.

b In welk diagram is het verband tussen prikkelsterkte en impulsfrequentie juist weergegeven? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 40** Meting van impulssterkte en impulsfrequentie.

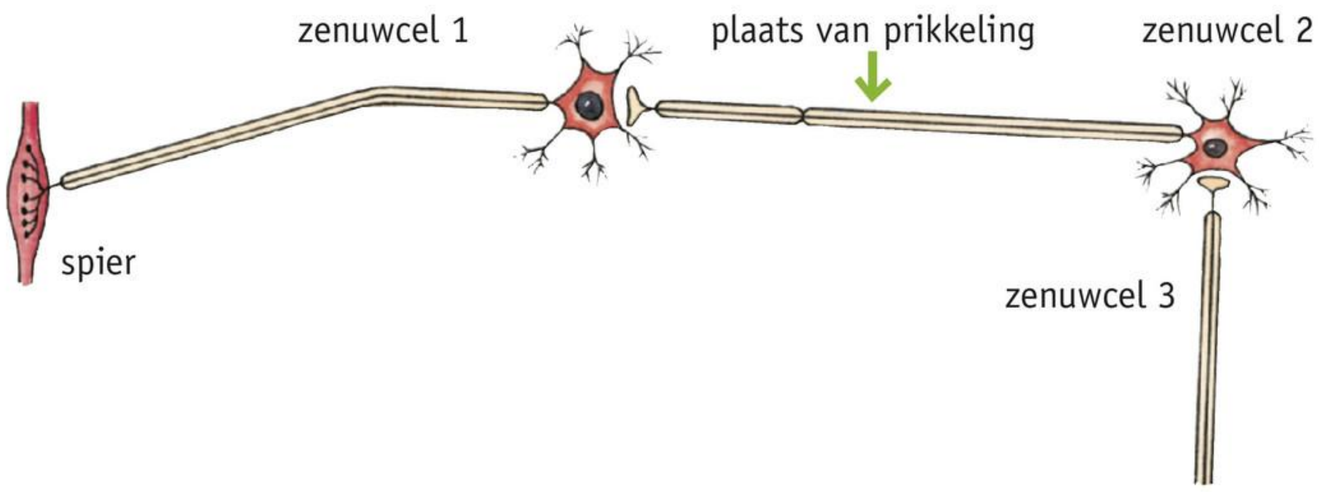


61 In afbeelding 41 zijn twee zenuwcellen in zijn geheel en is één zenuwcel gedeeltelijk getekend. Het axon van zenuwcel 2 wordt kunstmatig geprikkeld, waardoor een impuls ontstaat.

a Wat voor type zenuwcel is zenuwcel 1?

b Kunnen de impulsen aankomen in de cellichamen van zenuwcellen 1, 2 en 3? Leg je antwoord per zenuwcel uit.

■ **Afb. 41** Kunstmatige prikkeling van zenuwcellen.



Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

LEVEN MET CHAOS

Chaos, chaos en nog eens chaos! Zo ervaarde Isa (18) haar leven met ADHD (zie afbeelding 42). Tot twee jaar geleden wist Isa echter niet dat ze ADHD had en dat die chaos in haar hoofd niet 'normaal' was. 'Ik was altijd met honderd dingen tegelijk bezig, maar maakte niks af en kon geen grenzen voor mezelf stellen. Ik kon me slecht concentreren en zakte voor mijn examen.'

ADHD betekent *Attention Deficit Hyperactivity Disorder*. Hoeveel mensen in Nederland ADHD hebben is niet bekend, maar de kans is groot dat je iemand kent (of bent) met ADHD.

Mensen met ADHD produceren minder van de neurotransmitters dopamine en noradrenaline, waardoor bepaalde gebieden van de hersenen minder goed functioneren. De belangrijkste symptomen van ADHD zijn onoplettendheid (een tekort aan aandacht en concentratie), impulsiviteit en hyperactiviteit.

Sinds een jaar gebruikt Isa medicijnen tegen ADHD. 'Ik voel me rustiger, helderder in mijn hoofd en heb veel meer overzicht.' Er bestaan verschillende medicijnen voor mensen met ADHD. Het meest bekende middel, methylfenidaat, is bekend onder de merknamen Ritalin en Concerta. Methylfenidaat zorgt ervoor dat de neurotransmitters dopamine en noradrenaline langer in de hersenen werkzaam blijven. Hierdoor verminderen de symptomen die horen bij ADHD.

Isa voelt zich er goed bij en is afgelopen jaar wél geslaagd voor haar examen. 'ADHD heeft niet alleen maar nadelen. Mensen met ADHD zijn vaak creatief, oplossingsgericht en goed in staat om iets van meerdere kanten te bekijken.'

■ **Afb. 42** Chaos in je hoofd.

Opdrachten

62 Neurotransmitters zijn stoffen die vrijkomen uit zenuwcellen.

- **a** Welk deel van de zenuwcel geeft neurotransmitters af?
- **b** Wat gebeurt er met de neurotransmitters die vrijkomen uit een zenuwcel?
- **c** De neurotransmitters dopamine en noradrenaline zijn alleen werkzaam in de hersenen en niet in andere organen. Leg uit hoe dat kan.
- **d** Waarom functioneren bepaalde gebieden van de hersenen minder goed bij mensen met ADHD?

63 Ritalin wordt soms ook gebruikt door studenten zonder ADHD. Zij hopen hiermee hun studieprestaties te bevorderen en eventuele concentratieproblemen te verminderen.
Wat vind jij hiervan? Onderbouw je mening met een argument.

6 SPIEREN EN BEWEGING (SE)

LEERDOELEN

5.6.1 Je kunt de bouw en functie van glad spierweefsel en dwarsgestreept spierweefsel beschrijven.

5.6.2 Je kunt de bouw en werking van spieren beschrijven.

5.6.3 Je kunt de effecten van training, revalidatie en dopinggebruik uitleggen.

- Vaardigheden 1, 2 en 4 (thema 1)
- Practica 4 en 5

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	5.6.1	**5.6.2**	**5.6.3**
Onthouden		66ab, 68a	
Begrijpen	64, 65, 72a	66c, 67, 68b	73
Toepassen		69a, 71	74, 75, 76
Analyseren		69b, 70, 72b	

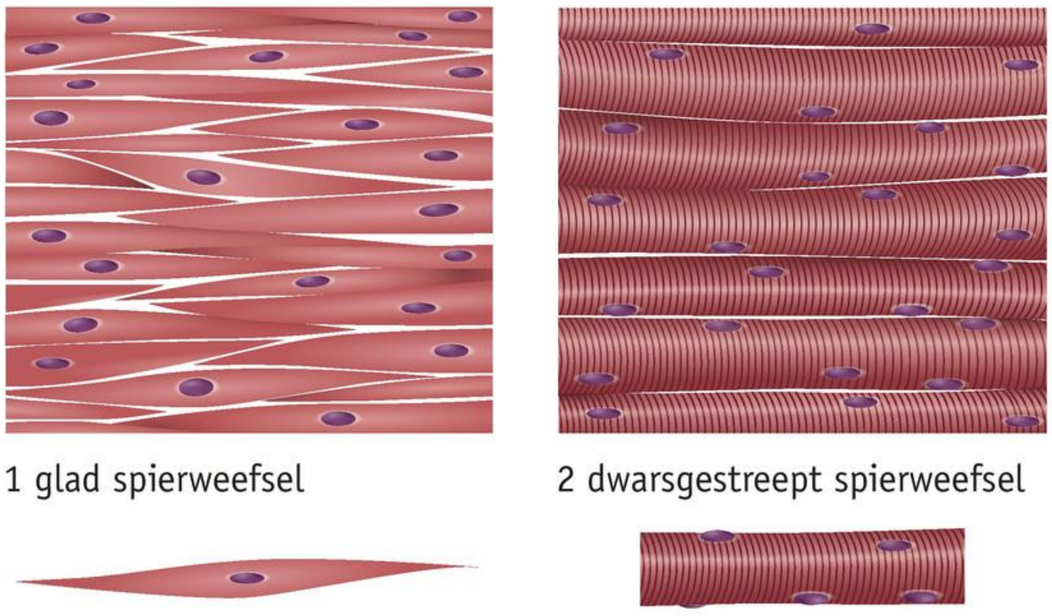
Bewegingszenuwcellen geven impulsen door aan je spieren waardoor ze samentrekken of ontspannen. Hierdoor kun je bewegen. Ook bij de werking van organen zijn spieren betrokken.

TYPEN SPIERWEEFSEL

Bij de mens komt glad en dwarsgestreept spierweefsel voor. **Glad spierweefsel** bestaat uit langwerpige **spiercellen**, elk met een celkern (zie afbeelding 43.1). Het komt voor in de huid en in de wand van buisvormige of holle organen, zoals het darmkanaal, de vertakkingen in de longen, de iris en de bloedvaten. Glad spierweefsel wordt aangestuurd door het autonome zenuwstelsel. De samentrekking van glad spierweefsel verloopt trager dan van dwarsgestreept spierweefsel, maar de spiercellen van glad spierweefsel raken niet snel vermoeid.

Dwarsgestreept spierweefsel speelt een rol bij de lichaamshouding en bij de warmteproductie in het lichaam. Dit spierweefsel bestaat uit **spiervezels** die zijn ontstaan door versmelting van vele spiercellen (zie afbeelding 43.2). Een spiervezel bevat daardoor veel celkernen. Met een microscoop zijn bij deze spiervezels dwarse strepen te zien. De meeste dwarsgestreepte spieren zitten vast aan delen van het skelet (skeletspieren). Sommige dwarsgestreepte spieren zoals de gelaatspieren zitten met één of beide uiteinden vast aan de huid. Dwarsgestreept spierweefsel wordt aangestuurd door het animale zenuwstelsel en het samentrekken verloopt snel. De spiervezels raken snel vermoeid.

■ **Afb. 43** Glad en dwarsgestreept spierweefsel.



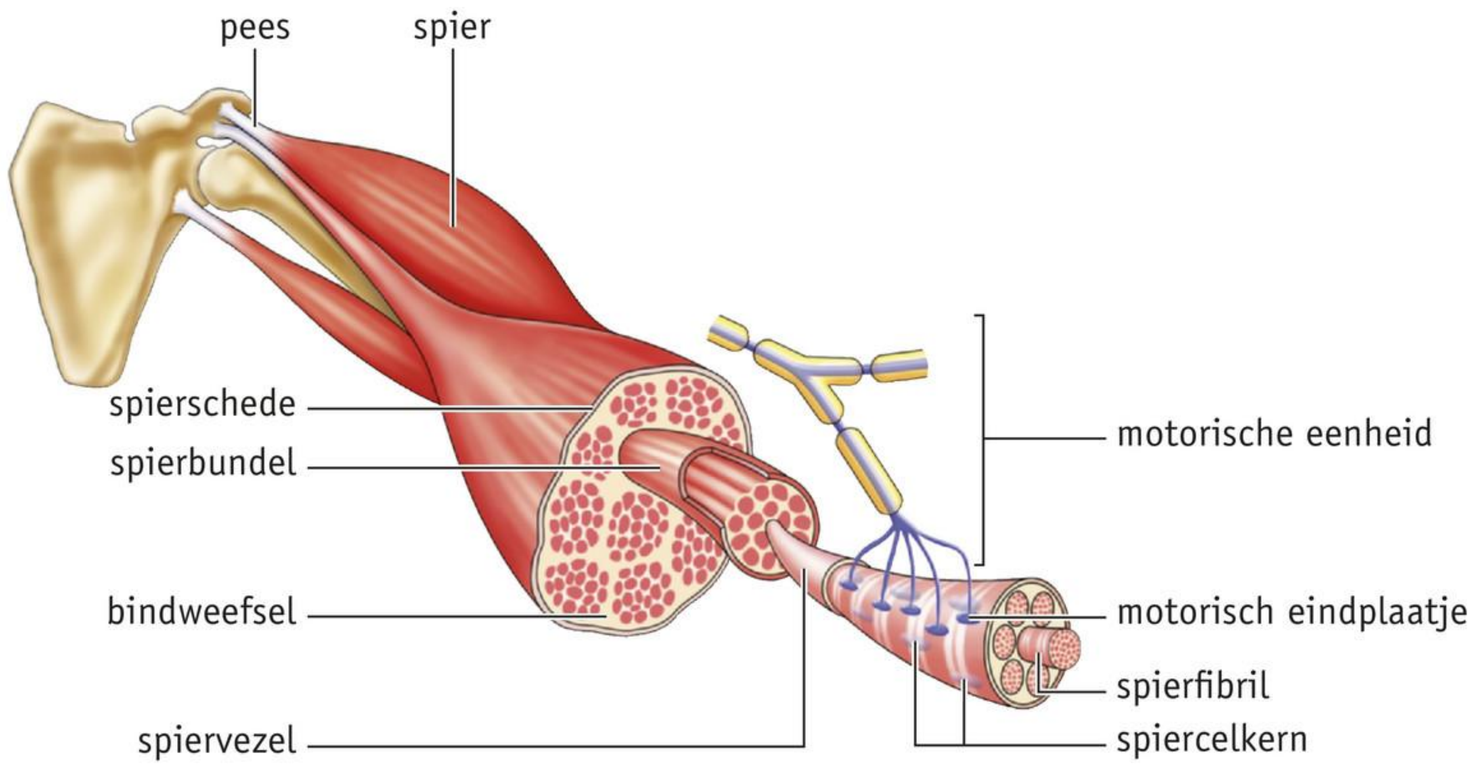
SKELETSPIEREN

In afbeelding 44 is de bouw van een skeletspier schematisch getekend. Een skeletspier is omgeven door een spierschede van bindweefsel. Aan de uiteinden van de spier gaat het bindweefsel van de spierschede over in het bindweefsel van pezen. Skeletspieren zijn met **pezen** bevestigd aan delen van het skelet. Een pees kan niet samentrekken en is slecht doorbloed.

Een skeletspier bestaat uit een aantal spierbundels die elk ook weer zijn omgeven door een laag bindweefsel. Een spierbundel bestaat uit spiervezels. Spiervezels zijn weer opgebouwd uit spierfibrillen die een groot aantal eiwitdraden bevatten, die je filamenten noemt. De dunne filamenten bestaan uit het eiwit actine en de dikke filamenten bestaan uit het eiwit myosine. De actine- en myosinefilamenten liggen in een regelmatig patroon gerangschikt. Zie *BiNaS* tabel 90C.

Hierdoor zijn in een spiervezel onder de microscoop dwarse strepen zichtbaar van lichte en donkere banden (zie afbeelding 44).

■ **Afb. 44** De bouw van een skeletspier.

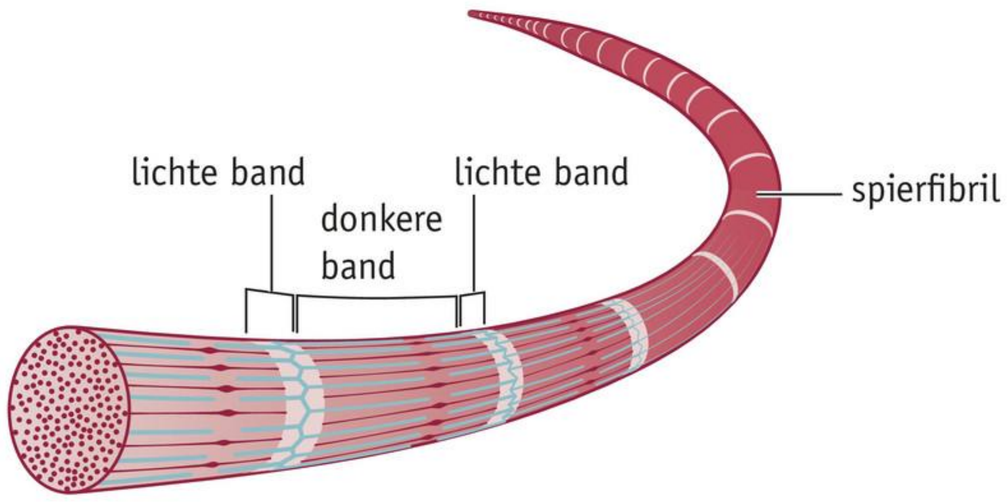


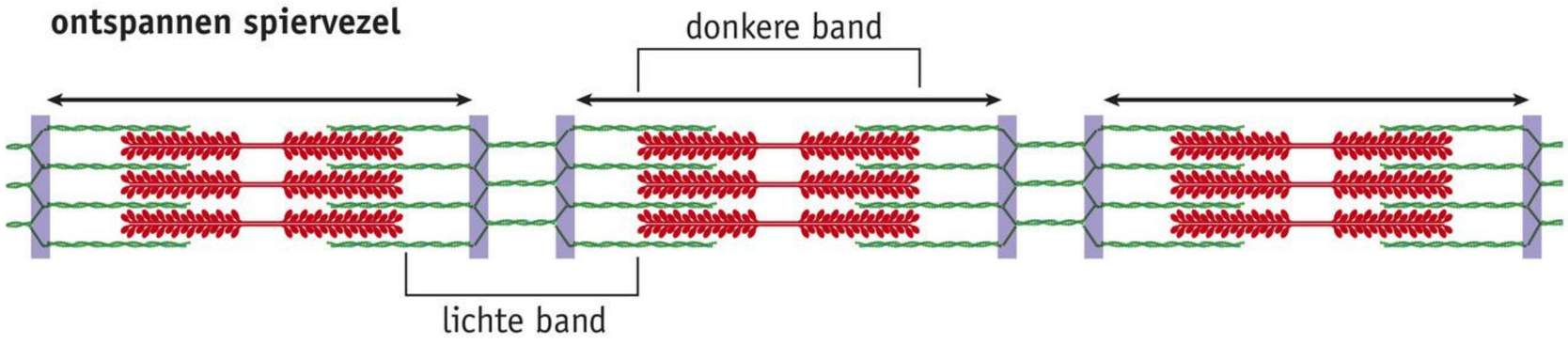
SAMENTREKKEN VAN SPIEREN

Op de spiervezels bevinden zich motorische eindplaatjes. Dat zijn de uiteinden van de vertakkingen van een axon van een bewegingszenuwcel. Als een impuls in een motorisch eindplaatje aankomt, wordt deze doorgegeven aan de spier doordat neurotransmitters binden aan receptoren van een spiervezel. Hierdoor schuiven de actine- en myosinefilamenten in elkaar en wordt de spiervezel korter. De lichte banden van de dwarse streping worden dan zeer smal. De donkere banden blijven even breed. Het samentrekken van een spier noem je ook wel spiercontractie (zie afbeelding 45).

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 tussen de spierfibrillen wordt onder invloed van glucagon omgezet in glucose.

■ **Afb. 45** Het samentrekken van een deel van een spierfibril (schematisch).





Opdrachten KENNIS

64 Vul de tabel op de juiste manier in.

	Glad spierweefsel	Dwarsgestreept spierweefsel
Plaats in het lichaam		
Type cellen		
Wordt aangestuurd door:		
Trekt snel of trekt langzaam samen		
Snel vermoeid of niet		

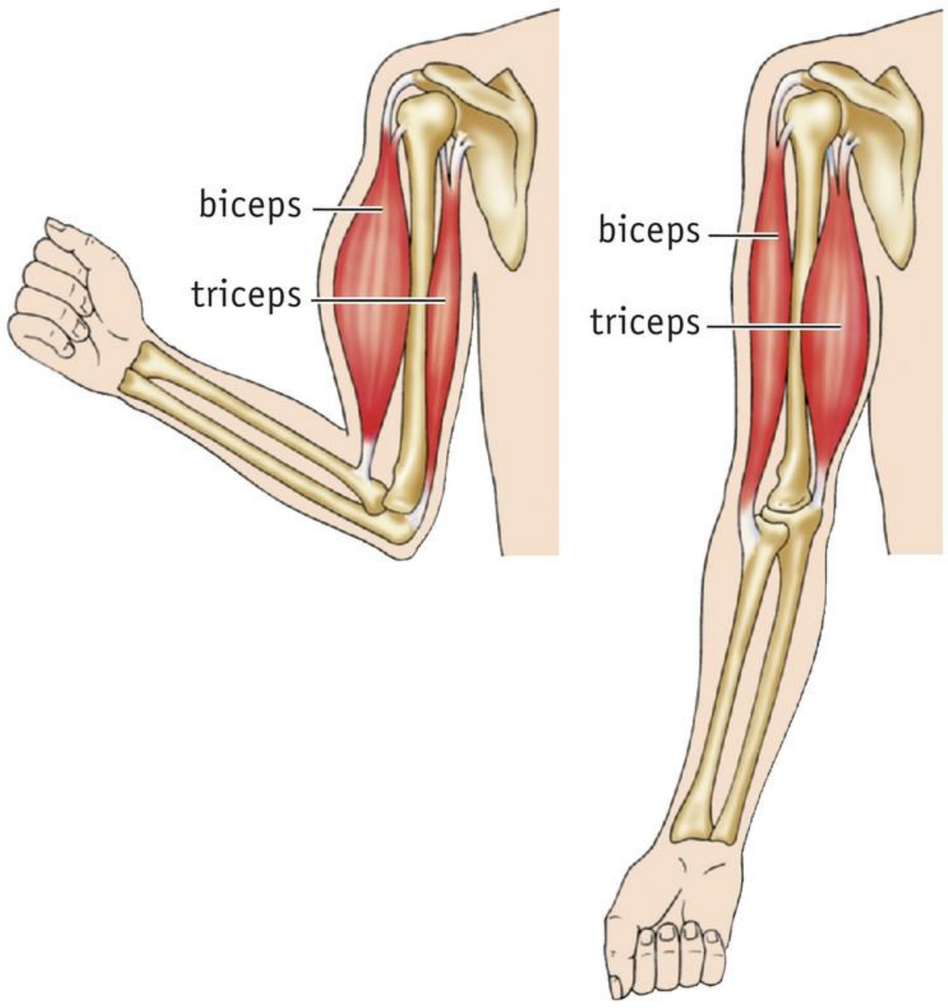
65 Welke van de volgende organen bevatten glad spierweefsel? Kies uit: *aorta – armbuigspier – baarmoeder – blaas – buikspieren – dijspier – eileiders – kauwspieren – kuitspier – urinewegen – zaadleiders.*

66 **a** Uit welke twee eiwitten bestaan spierfibrillen?
b Uit welk type filamenten bestaan de lichte banden van een spierfibril?
c Tussen de spierfibrillen bevinden zich veel mitochondriën.
Waarom is dit functioneel?

ANTAGONISTEN

Door het samentrekken van een spier kan een been (bot) in het skelet maar in één richting bewegen. Er is een andere spier nodig voor de tegengestelde beweging. Spieren waarvan de samentrekking een tegengesteld effect heeft, noem je **antagonisten**.
De biceps en triceps in je bovenarm zijn antagonisten (zie afbeelding 46). Door het samentrekken van de biceps buigt de arm. Tegelijkertijd ontspant de triceps. Bij het strekken van de arm trekt de triceps samen en ontspant de biceps.

■ **Afb. 46** Antagonisten in de bovenarm: de biceps en de triceps.



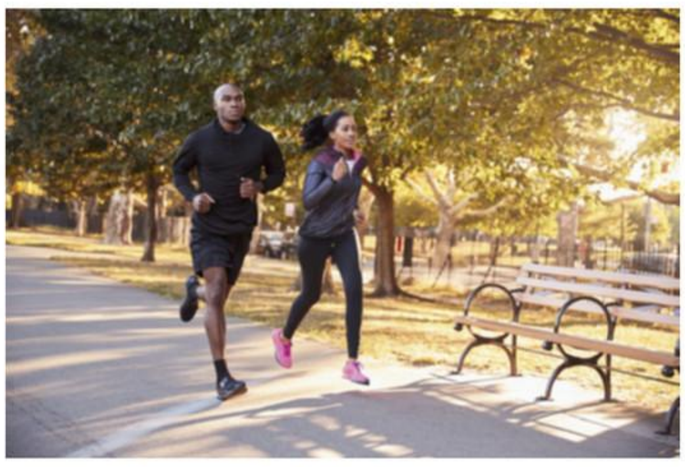
LANGZAME EN SNELLE SPIERVEZELS

Je kunt spiervezels indelen in langzame en snelle spiervezels. **Langzame spiervezels** zijn goed doorbloed en daarom noem je ze rode spiervezels. Dit type spiervezels bevat veel mitochondriën en raakt niet snel vermoeid. **Snelle spiervezels** zijn minder doorbloed en daarom noem je ze witte spiervezels. Deze spiervezels bevatten minder mitochondriën en raken sneller vermoeid. Witte spiervezels kunnen sneller en krachtiger samentrekken dan rode spiervezels.

De verhouding snelle en langzame spiervezels in je spieren is grotendeels genetisch bepaald. Het is wel mogelijk om door de juiste training je kracht en uithoudingsvermogen verder te ontwikkelen. Door krachttraining krijgen de spieren meer spiercellen en neemt het aantal filamenten in de spiervezels toe. De spieren worden dan zwaarder (zie afbeelding 47.1). Bij duurtraining train je op **uithoudingsvermogen** en neemt vooral de doorbloeding van de spieren toe. De spieren worden dan niet zwaarder (zie afbeelding 47.2).

■ **Afb. 47** Training.

1 training op kracht



2 training op uithoudingsvermogen

LICHAAMSBEWEGING

Regelmatige lichaamsbeweging houdt je spieren in een goede conditie. Ze raken daardoor minder snel geblesseerd. Door een training te beginnen met een **warming-up** stimuleer je de bloedsomloop. Daardoor raken je spieren goed doorbloed en krijgen ze zuurstof en glucose. Ze zijn dan minder kwetsbaar dan koude, stijve spieren. Dit

voorkomt veel blessures. Ook de stofwisselingsprocessen verlopen door een warming-up sneller. Een goede warming-up duurt ongeveer vijftien minuten en begint vaak met rustig lopen. Daarna kun je overgaan tot rekoefeningen en actievere oefeningen die specifiek zijn voor je sport.

Met een **coolingdown** zorg je ervoor dat je lichaam na het sporten weer tot rust komt en goed kan herstellen. Je hartslag gaat geleidelijk weer omlaag tot een normale hartslag in rust. Een goede coolingdown bevordert de afvoer van afvalstoffen uit de spieren en voorkomt daardoor stijfheid en spierpijn. Een coolingdown bestaat vaak uit rustig lopen, rekoefeningen en na afloop een douche waarbij je koud en warm water afwisselt. Ook een massage kan je herstel bevorderen.

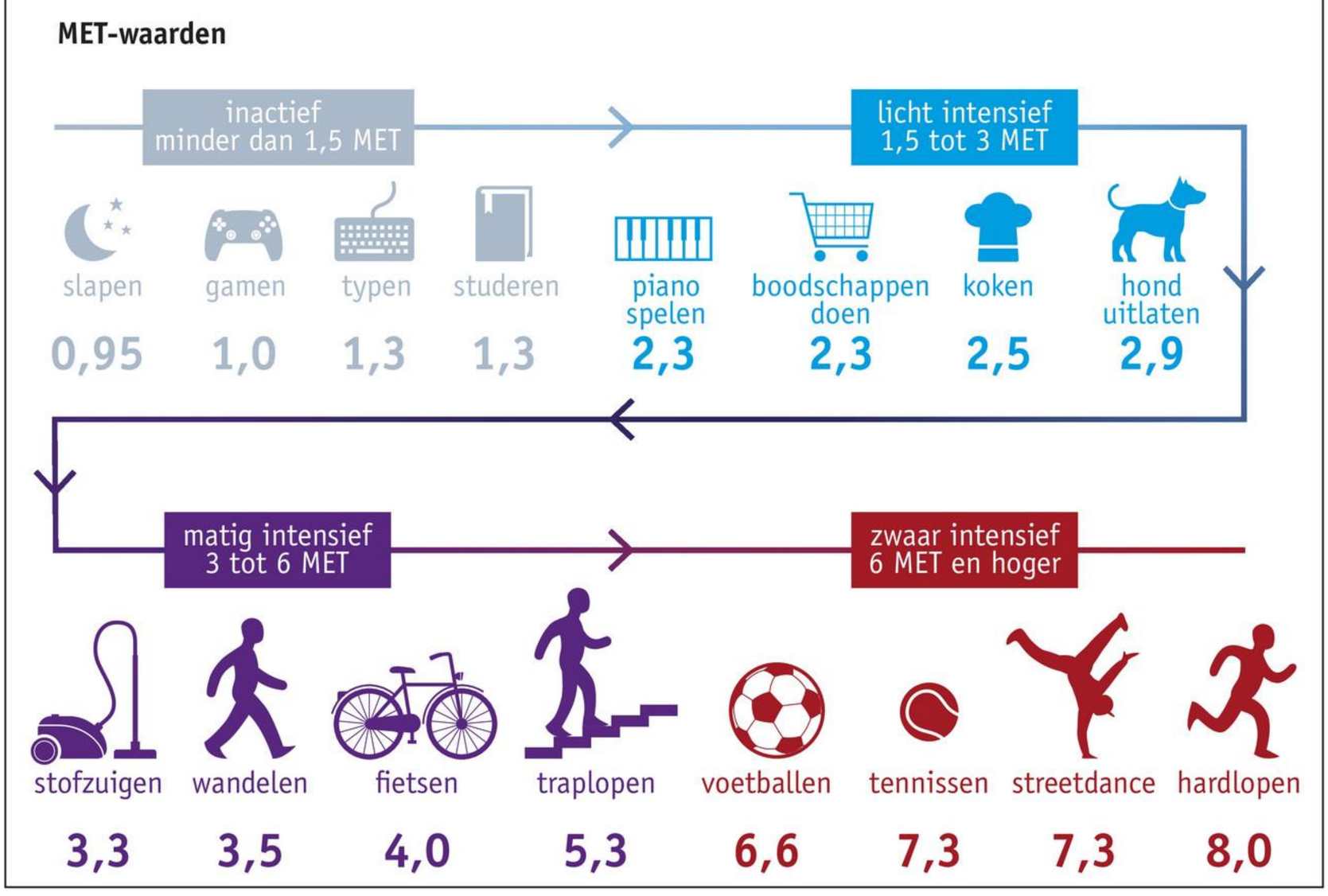
Veel Nederlanders bewegen te weinig. Dit leidt onder andere tot overgewicht en het vergroot de kans op bepaalde ziekten zoals hart- en vaatziekten en diabetes mellitus. In de zogenaamde 'beweegrichtlijnen' geeft de overheid een advies over hoeveel beweging nodig is voor een gezonde leefstijl. Voor kinderen en jongeren zijn de adviezen:

- Bewegen is goed, maar meer bewegen is nog beter.
- Doe minstens elke dag een uur aan matig intensieve inspanning, zoals fietsen, wandelen of zwemmen (zie afbeelding 48). Langer, vaker of intensiever bewegen is nog gezonder.
- Doe minstens driemaal per week spier- en botversterkende activiteiten, zoals buitenspelen, dansen of krachtoefeningen.
- Voorkom veel stilzitten.

Er zijn veel apps en smartwatches die je dagelijkse beweging bijhouden en je kunnen stimuleren om meer aan lichaamsbeweging te doen.

■ **Afb. 48** Activiteiten van verschillende intensiteit.

MET staat voor Metabolic Equivalent of Task. De MET-waarde geeft aan hoeveel je verbrandt met wat je doet. Bij een MET-waarde van 1 zit je stil (rust). Bij een MET-waarde van 5 verbrand je 5 keer zoveel (kilo)calorieën.



DOPING

Sommige sporters gebruiken **doping** om hun sportieve prestaties te bevorderen. Spierversterkende middelen bevatten vaak anabole steroïden. De werking van zulke middelen is vergelijkbaar met de werking van testosteron. Anabole steroïden zetten het lichaam aan om meer spierweefsel te vormen, zodat de spiermassa toeneemt. Anabole steroïden stimuleren ook de aanmaak van rode bloedcellen, waardoor het bloed meer zuurstof kan transporteren, wat nodig is voor de verbranding. Dit vergroot het uithoudingsvermogen van een sporter: het vermogen om gedurende lange tijd een lichamelijke inspanning te kunnen volhouden. Toediening van het hormoon epo (erytropoëtine) stimuleert ook de aanmaak van rode bloedcellen waardoor het uithoudingsvermogen van de sporter groter wordt.

Het gebruik van doping heeft bijwerkingen en brengt soms grote medische risico's met zich mee, zoals toename van gewicht, bloedstollingsziekten, leverschade, een vergrote kans op hartaandoeningen of een beroerte, een hoger cholesterolgehalte in het bloed en zwakkere pezen. Daarnaast is het gebruik van doping in de wedstrijdsport verboden.

Opdrachten KENNIS

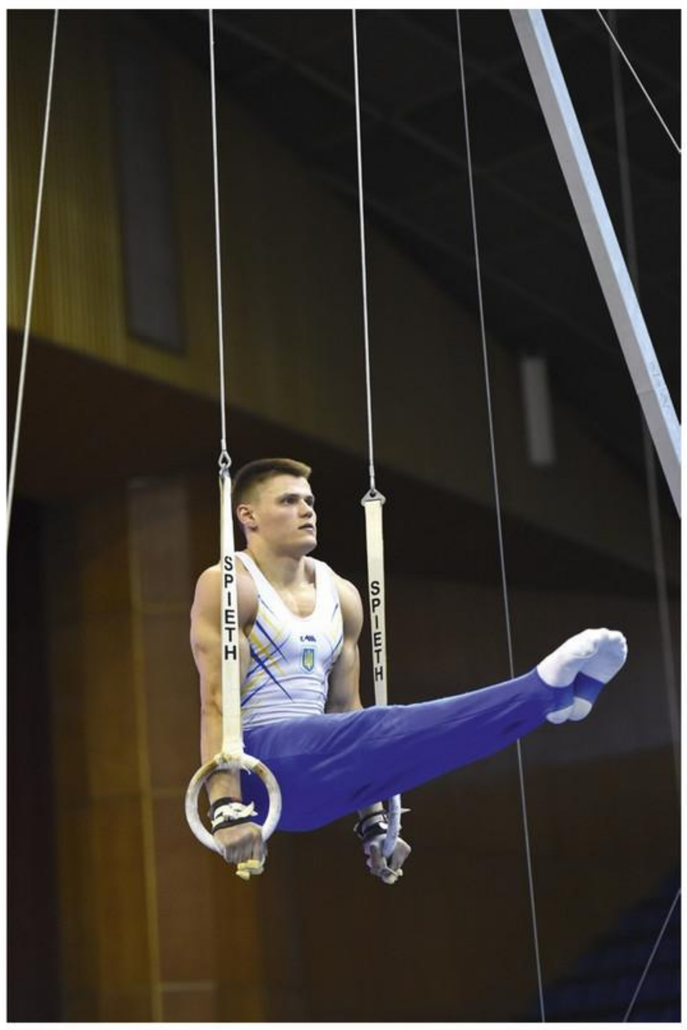
67 Voor een turner is het belangrijk om goed ontwikkelde spieren te hebben. Om goed te presteren aan de ringen zijn onder andere sterke buikspieren van groot belang (zie afbeelding 49).

a Welke spieren zijn de antagonisten van de buikspieren?

b Om een hoog niveau te bereiken, moet een turner vooral veel krachttraining doen. Welke veranderingen treden er op in zijn spieren door de krachttraining?

c In de topsport is het gebruik van doping verboden. Ook drugs, zoals cocaïne, staat op de dopinglijst, omdat cocaïne een stimulerend middel is. Cocaïne kan vermoeidheidsverschijnselen onderdrukken. Een sporter voelt zich door het gebruik ervan alerter en energieker en kan een inspanning langer volhouden.
Leg uit waarom het verboden is om cocaïne te gebruiken als je aan wedstrijdsport doet.

■ **Afb. 49** Een turner aan de ringen.



68 **a** Björn Koreman is een van de beste marathonlopers van Nederland (zie afbeelding 50). Voor het lopen van een marathon heeft hij vooral langzame spiervezels nodig. Geef drie kenmerken van rood spierweefsel.

b Björn Koreman traint veel op uithoudingsvermogen. Daarnaast doet hij ook aan krachttraining, maar hij wil niet dat zijn spieren zo groot en zwaar worden. Leg uit waarom grote spieren voor een marathonloper niet wenselijk zijn.

■ **Afb. 50** Björn Koreman, marathonloper.

Opdrachten INZICHT

69 Clenbuterol is een anabole steroïde. Hoewel het gebruik van clenbuterol in de veeteelt streng verboden is, beweren sporters na een positieve dopingtest soms dat clenbuterol in hun bloed is terechtgekomen door het eten van vervuild vlees.

a Leg uit wat er zou gebeuren als een veehouder zijn dieren clenbuterol zou toedienen.

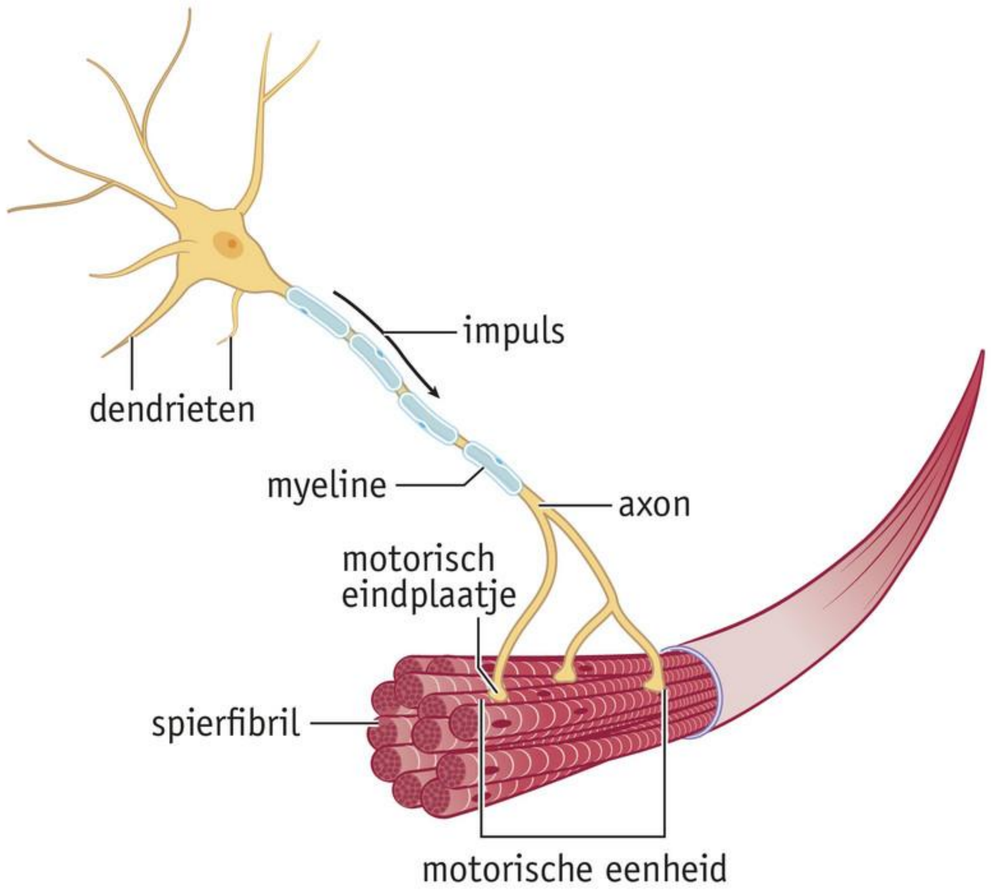
b Soms wordt bij een topsporter enkele weken voor een belangrijke wedstrijd bloed afgetapt. Vlak voor de wedstrijd krijgt de sporter dan een transfusie met zijn eigen bloed (bloeddoping).
Leg uit hoe dit kan leiden tot betere prestaties tijdens een wedstrijd.

70 De meeste spiervezels hebben één motorisch eindplaatje (zie afbeelding 51). De motorische eindplaatjes zorgen voor de impulsoverdracht naar een spiervezel.
Eén bewegingszenuwcel vormt samen met alle spiervezels die via motorische eindplaatjes met deze zenuwcel in verbinding staan, een motorische eenheid. De vezels van een motorische eenheid trekken zich allemaal samen wanneer er door de bewegingszenuwcel een impuls wordt afgegeven. Het aantal spiervezels dat deel uitmaakt van een motorische eenheid is per spier verschillend. Dit hangt samen met de nauwkeurigheid van de bewegingen van de spier.

a Vergelijk een motorische eenheid die veel spiervezels aanstuurt met een motorische eenheid die weinig spiervezels aanstuurt. Welke motorische eenheid is het meest geschikt voor fijne motorische bewegingen van de spier?

b Is het aantal spiervezels dat tot een motorische eenheid behoort in een oogspier groter of kleiner dan in een dijspier? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 51** Impulsoverdracht naar spiervezel via motorisch eindplaatje.

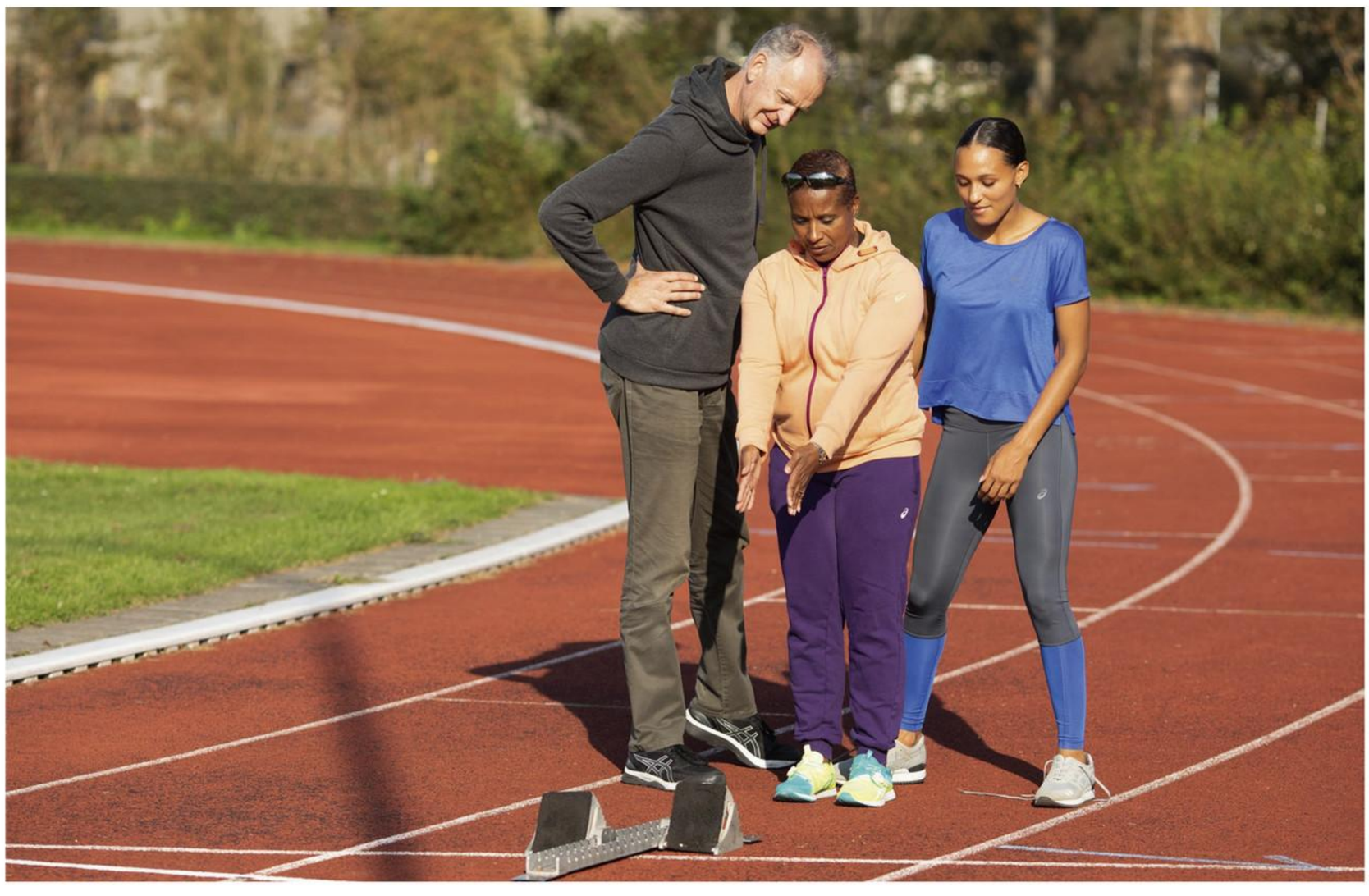


71 Nelli Cooman was ooit de beste sprintster van Nederland. In 1987 en 1989 werd ze wereldkampioen op de 60 meter sprint. Haar talentvolle dochter Ronéll Rosier lijkt haar moeder achterna te gaan (zie afbeelding 52). Toch zijn de spiervezels van moeder en dochter niet precies gelijk. De spieren van Nelli bestaan voor ongeveer 80% uit snel spierweefsel, die van Ronéll voor 60-70%.

a Wie zal op basis van de spiervezels het best kunnen presteren op de 60 meter sprint: moeder Nelli of dochter Ronéll? Leg je antwoord uit. Laat bij het beantwoorden van deze vraag het leeftijdsverschil buiten beschouwing.

b Tijdens een 60 meter sprint vindt in de spieren maximale verbranding plaats. Waarom is een coolingdown daarna van belang?

■ **Afb. 52** Moeder Nelli Cooman en dochter Ronéll Rosier op de atletiekbaan met hun coach.



Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Beroep

FYSIOTHERAPEUT

Eén verkeerde beweging, een stekende pijn en een knie die direct enorm dik werd. Zo eindigde voor Femke haar laatste handbalwedstrijd. Diagnose: gescheurde kniebanden. Na een operatie moet ze haar knie nu weer voorzichtig belasten. Daarbij wordt ze geholpen door Stan, haar fysiotherapeut (zie afbeelding 53).

Er komen veel patiënten met sportblessures in de praktijk van Stan. Het werk als fysiotherapeut is heel afwisselend. ‘We behandelen mensen met rugklachten en mensen die weer goed moeten leren bewegen na een operatie of ziekte. Dat noem je revalidatie. We behandelen ook gehandicapten voor wie bewegen niet vanzelfsprekend is.’

‘Voor dit werk moet je uiteraard veel kennis hebben van het menselijk lichaam. Daarnaast zijn er ook andere vaardigheden van belang. Iedere patiënt is anders. Je moet goed naar patiënten kunnen luisteren, je kunnen inleven in hun situatie en geduld hebben. Ik ben een optimist: ik help mensen graag om vooruitgang te boeken en hun leven wat gemakkelijker of prettiger te maken. Lichamelijke klachten of pijn wil ik graag verhelpen.’

Stan is zelf sportief en vindt het belangrijk om het goede voorbeeld te geven. ‘Bewegen is belangrijk voor iedereen, het hoort bij een gezonde leefstijl. Je blijft fit en voorkomt ziekten. En het is natuurlijk altijd beter om niet te wachten tot er lichamelijke klachten zijn, maar om ze te voorkomen.’

■ **Afb. 53** Stan aan het werk als fysiotherapeut.

Opdrachten

72 Een fysiotherapeut moet kennis hebben van de werking van spieren, pezen en gewrichten.
- **a** Welk type spierweefsel behandelt een fysiotherapeut?
- **b** Stan heeft regelmatig patiënten met peesklachten, zoals een ontstoken achillespees of een tennisarm.
  Leg uit waarom deze peesklachten bij het bewegen of sporten pijn kunnen veroorzaken.

73 Leg uit dat de kans op sportblessures kleiner wordt door een warming-up.

74 Stan adviseert zijn patiënten over bewegen en een gezonde leefstijl. Overgewicht vergroot de kans op klachten aan gewrichten, zoals de heupen en knieën.
Leg uit hoe dat komt.

75 De opleiding tot fysiotherapeut is een vierjarige hbo-opleiding.
Met welk profiel word je toegelaten tot deze opleiding?

76 Spreekt het beroep van fysiotherapeut jou aan? Geef twee argumenten waarom je het wel of niet een leuk beroep vindt.

NOTITIES

PIJN IS FIJN?!

LEERDOELEN

5.S.1 Je kunt de hormonale en neurale regulatie bij pijn toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.

5.S.2 Je kunt de biologische vakvaardigheid evolutionair denken toepassen op de hormonale en neurologische regulatie bij mensen.

Pijn is niet fijn. Maar geen pijn ook niet. Nooit pijn voelen is zelfs levensgevaarlijk, want pijn voelen is over het algemeen erg nuttig. Het beschermt je als je je lichaam hebt beschadigd en kan ergere schade soms helpen voorkomen, bijvoorbeeld bij verbranding of een infectie. Bij mensen met de zeldzame erfelijke aandoening HSAN5 werken de gevoelszenuwcellen niet goed. Zij voelen daardoor geen pijn.

‘Gelukkig’ kunnen de meeste mensen wel pijn voelen (zie afbeelding 1). Maar hoe je die pijn precies ervaart is voor iedereen anders, blijkt uit onderzoek. De een kan meer pijn verdragen en heeft een hogere pijngrens dan de ander. Hoe dat komt is lastig te onderzoeken, omdat je moeilijk kunt meten hoe een ander pijn voelt en ervaart. Wel lijkt het erop dat mannen en vrouwen pijn anders ervaren en dat het pijnmechanisme bij mannen en vrouwen verschillend werkt. Dit heeft mogelijk te maken met een verschil in hormonen.

■ **Afb. 1** Gelukkig kunnen veel mensen pijn voelen.

Wat kun je doen tegen pijn? Je zou een pijnstiller kunnen innemen. De essentie van de werking van een pijnstiller is dat deze het doorgeven van de impuls blokkeert of afremt. Als de impuls niet aankomt op de juiste plek in de hersenen, neem je hem ook niet waar en voel je dus geen pijn. Van paracetamol, misschien wel de meeste gebruikte pijnstiller, is de werking niet precies bekend. Het meest waarschijnlijk is dat paracetamol de aanmaak van het pijnversterkend hormoon prostaglandine remt, waardoor je minder pijn ervaart. Een sterkere pijnstiller zoals morfine bindt zich aan bepaalde receptoren in de zenuwcellen in het ruggenmerg en de hersenen. Hierdoor wordt geen impuls doorgegeven en ervaar je geen pijn.

Ook zonder pijnstillers kun je je pijngrens verhogen. Dat doe je door te zorgen voor de aanmaak van meer endorfine. Endorfine wordt aangemaakt door de hypofyse en werkt als neurotransmitter. Deze stof heeft een pijnstillend effect en zorgt voor een geluksgevoel. ‘Bewegen of sporten, het liefst op muziek, verhoogt je endorfineniveau en daarmee je pijngrens’, zeggen onderzoekers. Doe je dat ook nog samen met anderen, dan zorgt het gevoel van verbondenheid voor nog meer aanmaak van endorfines, waardoor je nog meer pijn kunt verdragen. Ook het denken aan een fijne gebeurtenis helpt daarbij.

Opdrachten

1 Vul in de tabel de volgende begrippen in bij het juiste organisatieniveau: *gevoelszenuwcellen – hersenen – hypofyse – iemand met HSAN5 – morfine – prostaglandine – ruggenmerg.*

Organisatieniveau	Begrip
Systeem aarde	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

2 Leg uit dat mensen een grotere overlevingskans hebben doordat ze pijn kunnen voelen.

3 Mensen met HSAN5 kunnen geen pijn en temperatuur waarnemen. Dit is een zeldzame erfelijke aandoening die autosomaal recessief overerft.

a Wat kun je uit deze informatie afleiden over het genotype van de ouders van een kind met HSAN5?

b Verklaar hoe een wijziging op moleculair niveau effect kan hebben op het niveau van het organisme. Gebruik de aandoening HSAN5 in je antwoord.

4 Al vanaf de steentijd werd bilzekruid (*Hyoscyamus niger*, zie afbeelding 2) gebruikt als pijnstillend middel. De stof atropine in bilzekruid heft verkramping op van spieren van de ingewanden, zoals van de darmen, de urinewegen en de maag.

a Welk type spierweefsel wordt door atropine beïnvloed?

b Het gebruik van bilzekruid bracht de nodige risico's met zich mee. Zo kon het hevige hallucinaties opwekken en bij hoge doseringen leiden tot verlamming en zelfs tot de dood. Atropine remt de werking van acetylcholine. Acetylcholine is de neurotransmitter die zorgt voor de overdracht van een impuls tussen de zenuwcellen en spiervezels.
Verklaar hoe atropine kan leiden tot verlamming.

■ **Afb. 2** Bilzekruid.

PRACTICA

Practicumopdracht 1

ONDERZOEKSDOEL

5.O.1 Je ervaart dat het lastig is bepaalde impulsen in je hersenen te onderdrukken.

- Basisstof 3

De Stroop-test

15 minuten

INLEIDING

Je bent waarschijnlijk zo getraind in het lezen van gedrukte woorden dat je ze niet kunt negeren. John Ridley Stroop ontdekte in 1930 dat je hersenen in staat zijn om impulsen te onderdrukken. In deze practicumopdracht onderzoek je het Stroop-effect.

ONDERZOEKSVRAAG

Bestaat er een verschil in de snelheid waarmee je de kleuren van woorden opnoemt als de kleur van een woord overeenkomt met de naam van de kleur en als de kleur van een woord afwijkt van de naam van de kleur?

HYPOTHESE

1 Stel een hypothese op.

MATERIAAL

- stopwatch of apparaat met stopwatchfunctie
- afbeelding met gekleurde woorden (zie afbeelding 1)
- vel papier

METHODE

Je werkt in deze practicumopdracht met zijn tweeën.

- Dek afbeelding 1.2 af met een vel papier.
- De proefpersoon noemt zo snel mogelijk achter elkaar de kleuren van de woorden van afbeelding 1.1 op, terwijl de ander de tijd opneemt. Noteer de eindtijd van de proefpersoon.
- Dek vervolgens afbeelding 1.1 af.
- De proefpersoon noemt zo snel mogelijk achter elkaar de kleuren van de woorden van afbeelding 1.2 op, terwijl de ander de tijd opneemt. Noteer de eindtijd van de proefpersoon.
- Wissel van rol en herhaal het experiment.
- Vergelijk na afloop de resultaten met elkaar.

RESULTATEN

2 Noteer je tijdwaarnemingen in een tabel.

■ **Afb. 1** De Stroop-test.

Rood	Roze	Oranje	Zwart
Groen	Paars	Blauw	Rood
Blauw	Bruin	Groen	Grijs
Geel	Rood	Roze	Paars

1.1

Rood	Roze	Oranje	Zwart
Groen	Paars	Blauw	Rood
Blauw	Bruin	Groen	Grijs
Geel	Rood	Roze	Paars

1.2

CONCLUSIE

3 Welke conclusies kun je trekken?

DISCUSSIE

4 Hoe kun je je conclusie verklaren?

Practicumopdracht 2

ONDERZOEKSDOEL

5.O.2 Je kunt een preparaat van het ruggenmerg bekijken en de onderdelen herkennen en benoemen.

- Basisstof 3
- Vaardigheden 1, 2 en 4 (thema 1)

Het ruggenmerg

20 minuten

INLEIDING

In deze practicumopdracht onderzoek je een klaargemaakt preparaat van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg. Dit kan met het blote oog of met een loep of microscoop.

MATERIAAL

- klaargemaakt preparaat van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg
- microscoop (eventueel kun je een loep gebruiken)

METHODE

Bekijk het preparaat met het blote oog, met een loep of met de microscoop bij de kleinste vergroting.

RESULTATEN

- Maak een tekening van het ruggenmerg.
- Zet de namen bij de onderdelen die je kent.
- Geef aan op welke plaatsen zich de cellichamen van schakelcellen en bewegingszenuwcellen bevinden.

Practicumopdracht 3

ONDERZOEKSDOEL

5.O.3 Je ervaart de werking van een reflex. ▸ Basisstof 4

De kniepeesreflex

15 minuten

INLEIDING

Het animale zenuwstelsel regelt bewuste en onbewuste reacties, zoals reflexen. In deze practicumopdracht onderzoek je een prikkel waarop een vaste, onbewuste reactie volgt.

MATERIAAL

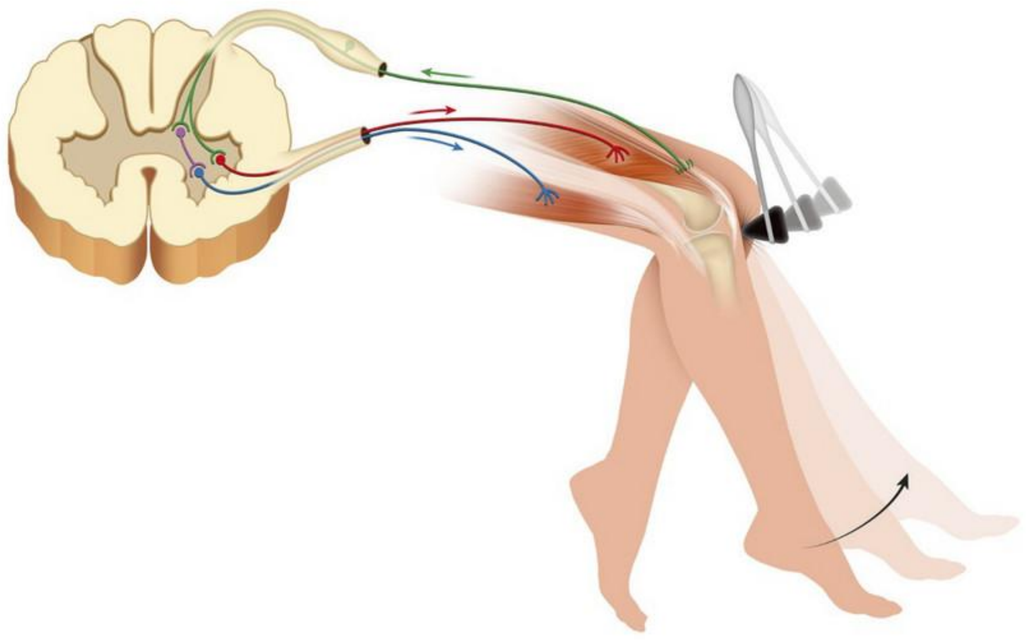
- houten hamertje of liniaal (je kunt ook de zijkant van je hand gebruiken)

METHODE

Je werkt in deze practicumopdracht met zijn tweeën.

- Ga op de rand van je tafel zitten zodat je bovenbenen worden ondersteund door het tafelblad en je onderbenen naar beneden hangen. Zorg ervoor dat je voeten de grond niet raken en dat je onderbenen ontspannen hangen.
- Laat je klasgenoot voelen waar de onderkant van je knieschijf zit. Hieronder bevindt zich de aanhechtingsplaats van de kniepees.
- Vervolgens geeft je klasgenoot op deze plaats een zachte tik met het hamertje, de liniaal of de zijkant van de hand.
- Voer de opdracht nogmaals uit, maar probeer nu of het mogelijk is de reactie tegen te houden.

■ **Afb. 2** De kniepeesreflex.



RESULTATEN

1 Hoe reageerde je onderbeen op de tik?
2 Wilde je bewust deze beweging maken?

Practicumopdracht 4

ONDERZOEKSDOEL

5.O.4 Je kunt een preparaat van spierweefsel met een microscoop bekijken en er een tekening van maken.

- Basisstof 6
- Vaardigheden 1, 2 en 4 (thema 1)

Glad en dwarsgestreept spierweefsel

25 minuten

INLEIDING

Er bestaan verschillende typen spierweefsel. In deze practicumopdracht onderzoek je met een microscoop preparaten van glad en dwarsgestreept spierweefsel.

MATERIAAL

- klaargemaakte preparaten van glad en dwarsgestreept spierweefsel
- microscoop

METHODE

Bekijk de preparaten bij een vergroting van 400×.

RESULTATEN

- Maak van elk type weefsel een tekening van enkele spiercellen of spiervezels.
- Zet de namen bij de onderdelen die je kent.

Practicumopdracht 5

ONDERZOEKSDOEL

5.O.5 Je kunt onderzoeken of jij aan de beweegnorm voldoet.

- Basisstof 6

Beweegtest

10 minuten per dag gedurende 1 week, 15 minuten uitwerken na afloop

INLEIDING

Veel mensen brengen hun dag grotendeels zittend door. Daarom is de Nederlandse Norm Gezond Bewegen (NNGB) vastgesteld. Voor jongeren tot 18 jaar betekent deze norm:

- Doe minstens elke dag een uur aan matig intensieve inspanning, zoals fietsen, wandelen of zwemmen. Langer, vaker of intensiever bewegen is nog gezonder.
- Doe minstens driemaal per week spier- en botversterkende activiteiten, zoals buitenspelen, dansen of krachtoefeningen.

In deze practicumopdracht onderzoek je of jij aan de beweegnorm voldoet.

ONDERZOEKSVRAAG

Voldoe ik aan de beweegnorm?

HYPOTHESE

1 Stel een hypothese op.

METHODE

Noteer een week lang hoeveel tijd je per dag besteedt aan de verschillende activiteiten die in de tabel worden genoemd. Voeg eventueel eigen sporten of activiteiten toe. Een activiteit telt mee als je deze minimaal tien minuten achter elkaar doet, als je voelt dat je hart sneller klopt of je licht gaat zweten.

RESULTATEN

- Noteer in de tabel hoeveel minuten je per dag aan verschillende activiteiten hebt besteed.
- Tel het aantal minuten dat je aan de verschillende activiteiten hebt besteed per dag bij elkaar op.
- Vergelijk jouw activiteit met de richtlijnen en trek een conclusie.

Activiteiten	Zondag	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)
Fietsen							
Wandelen							
Buitenspelen							
Krachtoefeningen							
Sporten							
Totaal							

CONCLUSIE

2 Welke conclusie kun je trekken? Ga in op de onderzoeksvraag en vergelijk je antwoord met je hypothese.

DISCUSSIE

3 Leg uit waarom je onderzoek wel of niet betrouwbaar is.

SAMENVATTING

5.1.1 BASISSTOF 1

Je kunt uitleggen wat homeostase is.

- Homeostase: het in stand houden van een dynamisch evenwicht in het inwendige milieu van organismen.
- Inwendig milieu: bloed en weefselvloeistof tussen de cellen van een weefsel.
  - Homeostase is een voorbeeld van zelfregulatie op het organisatieniveau organisme.

5.1.2

Je kunt uitleggen hoe regelkringen een rol spelen bij het handhaven van de homeostase bij de mens.

- Via regelkringen worden bepaalde normwaarden gehandhaafd. Hierdoor is er een dynamisch evenwicht: een evenwicht dat schommelt rondom een bepaalde normwaarde.
- Bij negatieve terugkoppeling heeft het resultaat van een proces een remmende invloed op het proces.
- Bij positieve terugkoppeling versterkt een toename van het resultaat het proces.

5.2.1 BASISSTOF 2

Je kunt beschrijven op welke manieren hormonen de cellen van weefsels en organen kunnen beïnvloeden.

- Hormoonklieren (endocriene klieren) van het hormoonstelsel geven hormonen af aan het bloed (secretie).
- Exocriene klieren (zweetklieren, speekselklieren) geven hun product af via een afvoerbuis.
- Hormonen regelen de werking van doelwitorganen: organen waarvan de cellen receptoren bezitten waaraan het hormoon kan binden.
  - De binding kan in deze cellen een reactie in gang zetten of een reactie stoppen.
  - Een hormoon kan processen in meerdere doelwitorganen regelen.
  - De mate van reactie van doelwitorganen wordt onder andere bepaald door de hormoonconcentratie en het aantal receptoren op de celmembranen van de cellen.
  - Hormonen reguleren vooral geleidelijke processen, zoals groei en voortplanting.

5.2.2

Je kunt de werking van hormoonklieren beschrijven en uitleggen hoe doelwitorganen op de hormonen reageren (zie *BiNaS* tabel 89A).

- De hypothalamus regelt de secretie van hormonen door de hypofyse.
- De hypofyse produceert o.a. hormonen die de werking van andere hormoonklieren beïnvloeden.
- De hypofyse geeft antidiuretisch hormoon (ADH) en oxytocine af.
  - Oxytocine: stimuleert het ontstaan van weeën aan het einde van de zwangerschap en tijdens de geboorte en zorgt voor de melksecretie bij het zogen.
  - ADH: regelt de resorptie van water in de nieren bij de vorming van urine.
- De hypofyse produceert:
  - groeihormoon: regelt de groei en ontwikkeling;
  - thyreoïdstimulerend hormoon (TSH): reguleert de schildklier;
  - FSH en LH reguleren processen in de eierstokken (ovaria) en teelballen (testes).
- De schildklier produceert schildklierhormoon (thyroxine).
  - Schildklierhormoon stimuleert de stofwisseling. Bij kinderen stimuleert het ook de groei en ontwikkeling van het centrale zenuwstelsel.
  - TSH stimuleert de opname van jodium door de schildkliercellen en de productie van thyroxine.
  - Thyroxine remt de productie van TSH (negatieve terugkoppeling).
- Eilandjes van Langerhans in de alvleesklier produceren insuline en glucagon.
  - Insuline en glucagon regelen de glucoseconcentratie in het bloed.
  - Insuline verlaagt de glucoseconcentratie in het bloed door de opname van glucose in lichaamscellen te stimuleren en ervoor te zorgen dat in cellen van lever en spieren glucose wordt omgezet in glycogeen.
  - Glucagon verhoogt de glucoseconcentratie in het bloed door in cellen van lever en spieren de omzetting van glycogeen in glucose te stimuleren. Glucose wordt afgegeven aan het bloed.

- De nieren produceren epo (erytropoëtine) die de productie van rode bloedcellen in het rode beenmerg stimuleert.
- De bijnieren produceren bij stressvolle situaties adrenaline dat een snelle, kortdurende werking heeft.
  - Adrenaline bevordert de stofwisseling, de omzetting van glycogeen in glucose en de afgifte van glucose aan het bloed en zorgt ervoor dat het lichaam in staat is snel te handelen in stresssituaties.

5.3.1 BASISSTOF 3

Je kunt de bouw, functies en werking van de verschillende delen van het zenuwstelsel beschrijven.

- Indeling van het zenuwstelsel op grond van de bouw:
  - het centrale zenuwstelsel: grote hersenen, kleine hersenen, hersenstam en ruggenmerg;
  - het perifere zenuwstelsel: zenuwen.
- Indeling van het zenuwstelsel op grond van de functie:
  - het animale zenuwstelsel: regelt vooral de bewuste reacties en de houding en beweging van het lichaam;
  - het autonome (vegetatieve) zenuwstelsel: regelt vooral de werking van inwendige organen.
- Werking van het zenuwstelsel:
  - Zintuigcellen (receptoren) vangen prikkels op en zetten deze om in impulsen.
  - Prikkel: een invloed uit het milieu op een organisme.
  - Impuls: een soort elektrisch signaal.
  - Zenuwcellen geleiden impulsen naar het centrale zenuwstelsel, verwerken deze in het centrale zenuwstelsel en geleiden impulsen vanaf het centrale zenuwstelsel.
  - Spieren of klieren reageren op impulsen die afkomstig zijn van het centrale zenuwstelsel.
- Een zenuwcel bestaat uit een cellichaam met een kern en bevat cytoplasma met ribosomen en endoplasmatisch reticulum.
- Uitlopers:
  - Dendrieten: uitlopers die impulsen naar het cellichaam toe geleiden.
  - Axonen: uitlopers die impulsen van het cellichaam af geleiden.
  - Een axon eindigt in een synaps: plaats waar de impulsoverdracht plaatsvindt.
- Myelineschede: isolerende laag om veel axonen die wordt gevormd door cellen van Schwann. Tussen de cellen bevinden zich insnoeringen. De witte kleur van de witte stof in de hersenen en in het ruggenmerg wordt veroorzaakt door de myelinescheden om de uitlopers.
- Een axon van een bewegingszenuwcel geleidt impulsen en geeft neurotransmitters af.
  - Neurotransmitters binden vervolgens aan receptoren in het membraan van de doelwitcel en kunnen daardoor in die cel een reactie op gang brengen of stoppen.
  - Communicatie via impulsen en neurotransmitters is snel.

5.3.2

Je kunt de bouw en signaalverwerking van de verschillende typen zenuwcellen beschrijven.

- Het opvangen van prikkels uit de omgeving en het tot stand komen van gedrag is mogelijk door signaalverwerking door zenuwcellen (zie *BiNaS* tabel 88A).
- Gevoelszenuwcellen (sensorische zenuwcellen):
  - Geleiden impulsen van zintuigcellen (receptoren) naar het centrale zenuwstelsel.
  - De cellichamen liggen meestal vlak bij het centrale zenuwstelsel in de ruggenmergzenuwknopen en hebben één lange dendriet.
- Bewegingszenuwcellen (motorische zenuwcellen):
  - Geleiden impulsen van het centrale zenuwstelsel naar spieren of klieren.
  - De cellichamen liggen in het centrale zenuwstelsel en hebben één lang axon.
- Schakelcellen:
  - Geleiden impulsen binnen het centrale zenuwstelsel.
  - Liggen geheel binnen het centrale zenuwstelsel (in ruggenmerg, hersenstam, grote hersenen en kleine hersenen).
- Zenuw: een bundel uitlopers van zenuwcellen, omgeven door een laag bindweefsel.
  - Zenuwen verbinden het centrale zenuwstelsel met alle lichaamsdelen.
  - Drie typen zenuwen: gevoelszenuwen, bewegingszenuwen, gemengde zenuwen.

5.3.3

Je kunt de bouw, functies en werking van de hersenen en het ruggenmerg beschrijven.

- Grote hersenen:
  - Functie: het verwerken van impulsen.
  - In de hersenschors (grijze stof) liggen de cellichamen van schakelcellen.

  - In het merg (witte stof) liggen de uitlopers.
  - Centra in de hersenschors: de verschillende plaatsen in de hersenen waar impulsen aankomen en worden verwerkt en waar impulsen kunnen ontstaan (zie *BiNaS* tabel 88C).
  - Gevoelscentrum: hier komen impulsen binnen en worden ze verwerkt (bewustwording).
  - Bewegingscentrum: hier ontstaan impulsen die naar spieren of klieren worden geleid.
- Kleine hersenen:
  - Functie: het coördineren van bewegingen en het evenwicht handhaven.
- Hersenstam:
  - Functie: o.a. geleiden van impulsen:
    - van het ruggenmerg naar de grote en kleine hersenen en omgekeerd;
    - via zenuwen in hoofd en hals naar de grote en kleine hersenen en omgekeerd;
    - in reflexbogen van hoofd en hals.
- Ruggenmerg:
  - Functies: geleiden van impulsen van zenuwen in de romp en de ledematen naar de hersenen en omgekeerd en geleiden van impulsen in reflexbogen in romp en ledematen (zie *BiNaS* tabel 88J).

5.4.1 BASISSTOF 4

Je kunt de functie van reflexen en een reflexboog beschrijven.

- Reflex: een vaste, snelle, onbewuste reactie op een bepaalde prikkel.
  - Functies: beschermen van het lichaam, voor de handhaving van bepaalde lichaamshoudingen en bij bewegingen.
- Reflexboog: de weg die impulsen bij een reflex afleggen: zintuigcellen → gevoelszenuwcel → schakelcel in ruggenmerg of hersenstam → bewegingszenuwcel → wel of geen impuls naar 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.

5.4.2

Je kunt de werking van het autonome (vegetatieve) zenuwstelsel beschrijven.

- Het autonome zenuwstelsel staat niet onder invloed van de wil en werkt nauw samen met het hormoonstelsel (zie *BiNaS* tabel 88L).
- Het orthosympatische deel:
  - Beïnvloedt organen zodanig dat het lichaam activiteiten kan verrichten: de verbranding wordt bevorderd.
  - 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. De stofwisseling wordt bevorderd.
  - Effecten: o.a. verlaging van de hartslag- en ademfrequentie en versnelling van de vertering.
  - Naar elk doelwitorgaan gaat een orthosympatische en een parasympatische zenuw.

5.5.1 BASISSTOF 5

Je kunt beschrijven hoe impulsgeleiding plaatsvindt.

- Impulsgeleiding: het geleiden van impulsen langs het celmembraan van een zenuwcel.
  - Bij een zenuwcel die geen impuls geleidt is er een verschil in elektrische lading tussen het cytoplasma en de buitenkant van –70 mV.
  - Bij het geleiden van een impuls verandert de elektrische lading van het celmembraan heel even: het cytoplasma wordt positief ten opzichte van de buitenkant: de actiefase.
  - Wanneer het verschil in elektrische lading de drempelwaarde (de prikkeldrempel) bereikt, kan er volgens het ‘alles-of-nietsprincipe’ een impuls ontstaan.
  - De prikkeldrempel is de kleinste prikkelsterkte die een impuls veroorzaakt.
  - Bij prikkeling tot boven de prikkeldrempel (–50 mV) ontstaat een impuls.
- Impulssterkte: de grootte van verandering in de elektrische lading van het celmembraan.
  - De impulssterkte is voor alle zenuwcellen gelijk.
  - Na de actiefase wordt de oorspronkelijke elektrische lading weer hersteld, waardoor het celmembraan na de actiefase gedurende korte tijd geen impulsen kan geleiden: de herstelfase.
- Impulsfrequentie: het aantal impulsen dat per tijdseenheid door een zenuwcel wordt geleid.
  - Hoe sterker de prikkeling van een zintuigcel, des te hoger de impulsfrequentie in de gevoelszenuwcel die erop is aangesloten.
  - Impulsgeleiding in een ongemyeliniseerde uitloper: door verandering van elektrische lading op een plaats van het celmembraan lopen er elektrische stroompjes aan de binnen- en buitenkant van het celmembraan waardoor de impuls naar de volgende plaats wordt geleid.

- Sprongsgewijze impulsgeleiding: bij uitlopers van zenuwcellen met een myelineschede (axonen) 'springen' de impulsen van insnoering naar insnoering. Dit vergroot de impulsgeleidingssnelheid.

5.5.2

Je kunt beschrijven hoe impulsoverdracht plaatsvindt.

- Impulsoverdracht vindt plaats in een synaps.
  - 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.
  - Bepaalde stoffen (o.a. geneesmiddelen en drugs) kunnen de impulsoverdracht beïnvloeden of imiteren.

5.6.1 BASISSTOF 6

Je kunt de bouw en functie van glad spierweefsel en dwarsgestreept spierweefsel beschrijven.

- Typen spierweefsel: glad spierweefsel en dwarsgestreept spierweefsel.
  - Glad spierweefsel komt voor in buisvormige of holle organen, zoals darmen en longen. Het wordt aangestuurd door het autonome zenuwstelsel of door hormonen. Bestaat uit langwerpige spiercellen met een celkern.
  - Dwarsgestreept spierweefsel komt voor in skeletspieren en huidspieren. Het bestaat uit spiervezels die elk zijn ontstaan door versmelting van vele spiercellen en wordt aangestuurd door het animale zenuwstelsel.

5.6.2

Je kunt de bouw en werking van spieren beschrijven.

- Bouw van een skeletspier (zie *BiNaS* tabel 90C):
  - Een skeletspier bestaat uit spierbundels, die op hun beurt bestaan uit spiervezels.
  - Skeletspieren zijn met pezen bevestigd aan delen van het skelet. Pezen kunnen niet samentrekken.
  - Motorisch eindplaatje: het uiteinde van een vertakt axon van een bewegingszenuwcel.
  - Motorische eenheid: alle spiervezels die via motorische eindplaatjes in verbinding staan met één bewegingszenuwcel.
- Samentrekken 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.

5.6.3

Je kunt de effecten van training, revalidatie en dopinggebruik uitleggen.

- Antagonisten: spieren waarvan het samentrekken een tegengesteld effect heeft.
- Je kunt spiervezels indelen in langzame en snelle spiervezels.
- Langzame spiervezels zijn goed doorbloed en je noemt ze daarom rode spiervezels. Bevatten veel mitochondriën en raken niet snel vermoeid.
- Snelle spiervezels zijn minder doorbloed en je noemt ze daarom witte spiervezels. Bevatten minder mitochondriën en raken sneller vermoeid.
  - Rode spiervezels kunnen sneller en krachtiger samentrekken dan witte spiervezels.
  - De verhouding snelle en langzame spiervezels in je spieren is grotendeels genetisch bepaald.
  - Door krachttraining krijgen de spieren meer spiercellen en neemt het aantal filamenten in de spierfibrillen toe, waardoor de spieren zwaarder worden en de skeletspieren betere prestaties leveren.
  - Door duurtraining neemt vooral de doorbloeding van de spieren toe en wordt het uithoudingsvermogen groter.
- Een warming-up is een rustig begin van een training die steeds intensiever wordt, waardoor je de bloedsomloop, stofwisselingsprocessen en impulsgeleiding stimuleert.
- Een coolingdown bestaat uit activiteiten die ervoor zorgen dat het lichaam na het sporten weer tot rust komt en goed kan herstellen en die de afvoer van afvalstoffen uit de spieren bevordert.
  - In de 'beweegrichtlijnen' geeft de overheid een advies over hoeveel beweging nodig is voor een gezonde leefstijl.
- Doping: verboden middelen of methoden die bij sport soms worden gebruikt om prestaties te verhogen.
  - Anabole steroïden zijn middelen die het lichaam van een sporter ertoe aanzetten meer spierweefsel te vormen, zodat de spiermassa toeneemt en de sportprestaties verbeteren.

– Toediening van het hormoon epo (erytropoëtine) stimuleert de aanmaak van rode bloedcellen, waardoor het uithoudingsvermogen van de sporter groter wordt.

SAMENHANG

5.S.1 Je kunt de hormonale en neurale regulatie bij pijn toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.

5.S.2 Je kunt de biologische vakvaardigheid evolutionair denken toepassen op de hormonale en neurologische regulatie bij mensen.

ONDERZOEK - PRACTICA

5.O.1 Je ervaart dat het lastig is bepaalde impulsen in je hersenen te onderdrukken.

5.O.2 Je kunt een preparaat van het ruggenmerg bekijken en de onderdelen herkennen en benoemen.

5.O.3 Je ervaart de werking van een reflex.

5.O.4 Je kunt een preparaat van spierweefsel bekijken met een microscoop en er een tekening van maken.

5.O.5 Je kunt onderzoeken of jij aan de beweegnorm voldoet.

Ga naar de *Flitskaarten* en de *Oefentoets*.

EXAMENOPGAVEN

KANOET MET TE KORTE SNAVEL

Naar: examen havo 2019-2, vraag 35.

Jan van Gils, bioloog bij het NIOZ (Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee) doet onderzoek naar hoe de kanoet (*Calidris canutus*, zie afbeelding 1) zich aanpast aan klimaatverandering.

■ **Afb. 1** Kanoet.

Kanoeten zoeken de schelpdieren waarvan ze leven door hun snavel in het zand te steken. Het puntje van de snavel is extreem gevoelig en kan drukverschillen in het natte zand waarnemen, waardoor de vogel weet waar de prooi zich bevindt. Vervolgens wordt de schelp in zijn geheel ingeslikt en in de spiermaag verbrijzeld, waarna de zachte delen worden verteerd.

2p **1** Met welk type zenuwcel is het puntje van de snavel verbonden? Via welk deel van het zenuwstelsel wordt het samentrekken van de spiermaag aangestuurd?

	snavelpunt verbonden met	samentrekken spiermaag aangestuurd door
A	motorische zenuwcel	animale zenuwstelsel
B	motorische zenuwcel	autonome zenuwstelsel
C	sensorische zenuwcel	animale zenuwstelsel
D	sensorische zenuwcel	autonome zenuwstelsel

FMRI-ONDERZOEK IS NIET ALTIJD TE REPRODUCEREN

Naar: examen havo 2018-1, vraag 14 t/m 17.

Vanaf halverwege de vorige eeuw kunnen kleine hersengebieden worden onderzocht door middel van röntgenonderzoek. Sinds 1990 kan met 'functional Magnetic Resonance Imaging' (fMRI) vrij precies de hersenactiviteit worden gemeten (zie afbeelding 2). De conclusies van sommige fMRI-studies staan echter ter discussie.

■ **Afb. 2** Het meten van hersenactiviteit met functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI).

Bij het onderzoek naar welke gebieden in onze hersenen betrokken zijn bij het uitvoeren van bepaalde functies waren wetenschappers tot 1960 afhankelijk van patiënten die door een ongeluk een beschadiging in hun hersenen hadden opgelopen. Door gedragsobservaties bij deze patiënten konden de hersencentra voor geheugen, herkenning van personen en sociale aanpassing worden gelokaliseerd.

2p **2** Welk gedeelte van de hersenen is beschadigd bij de patiënten met problemen met geheugen, herkenning van personen en sociale aanpassing?

A de grote hersenen
B de hersenstam
C de kleine hersenen

Met fMRI wordt de doorbloeding van bepaalde hersengebieden bekeken (zie afbeelding 3), waarbij een resolutie van 2 millimeter kan worden bereikt. Dit betekent dat van een gebiedje van 2 bij 2 millimeter de verandering in hersendoorbloeding kan worden waargenomen. De doorbloeding van een hersengebied is een maat voor de hersenactiviteit van dat gebied.

■ **Afb. 3** Afbeeldingen van hersengebieden, gemaakt met fMRI.

Hieronder worden drie uitspraken gedaan over de doorbloeding in actieve hersengebieden:

1 Met het bloed worden meer blaasjes met neurotransmitters aangevoerd naar dit gebied.
2 Met het bloed wordt meer ATP aangevoerd naar dit gebied.
3 Met het bloed wordt meer zuurstof aangevoerd naar dit gebied.

2p **3** Noteer de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar op je antwoordblad en geef achter elk nummer aan of de bijbehorende uitspraak juist of onjuist is.

2p **4** Hoe gedetailleerd is de informatie die met de resolutie van 2 millimeter met fMRI kan worden geanalyseerd?

A Er kan worden bepaald welke groep zenuwcellen actief is.
B Er kan worden bepaald welke zenuwcel actief is.
C Er kan worden bepaald welk axon impulsen geleidt.
D Er kan worden bepaald welke synaps neurotransmitters afgeeft.

Met fMRI is het herkennen van klanken en het herkennen van degene die tot je spreekt, onderzocht. Proefpersonen kregen bij dat onderzoek verschillende klinkers (a, i of o) te horen van verschillende sprekers. De hersengebieden die actief zijn – onafhankelijk van welke klinker wordt uitgesproken – lijken betrokken bij het identificeren van de spreker.

2p **5** In welk type zenuwcellen was bij de proefpersonen in ieder geval impulsgeleiding opgetreden waardoor de spreker werd herkend?

A alleen in motorische zenuwcellen
B alleen in sensorische zenuwcellen
C alleen in motorische en schakelzenuwcellen
D alleen in sensorische en schakelzenuwcellen
E in motorische, sensorische en schakelzenuwcellen

EPIPEN®

Naar: examen havo 2015-1, vraag 30 t/m 32.

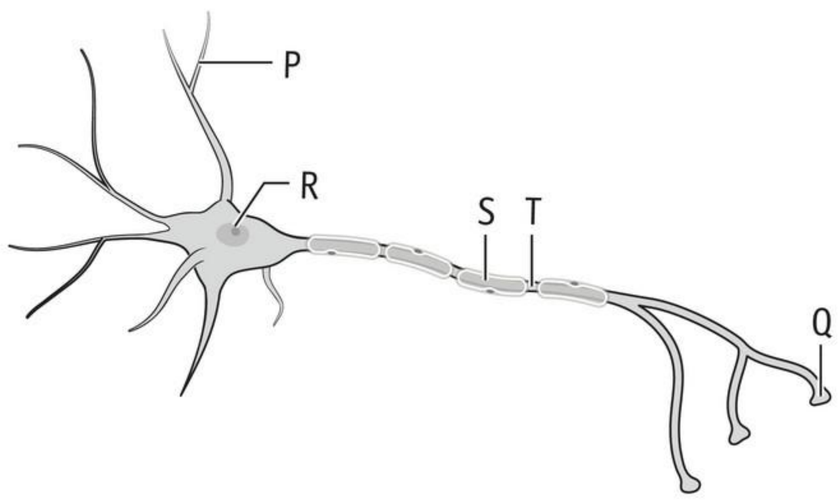
Iemand met een allergie is overgevoelig voor bepaalde stoffen in de omgeving.
Het lichaam reageert soms zo sterk op een stof dat het meer te lijden heeft van de reactie dan van die stof zelf. Er kan binnen enkele minuten een anafylactische shock optreden: het lichaam reageert op het allergeen door een grote hoeveelheid van de boodschapperstof histamine af te geven. Hierdoor verwijden de bloedvaten zich, waardoor de bloeddruk heel sterk daalt. Dit kan levensbedreigend zijn. Een gewone wespensteek kan tot een anafylactische shock leiden. Ook bepaalde voedingsmiddelen, zoals pinda's of andere noten, en sommige geneesmiddelen kunnen zo'n heftige reactie veroorzaken. Sommige mensen met allergieklachten krijgen daarom het advies een EpiPen® bij zich te dragen (zie afbeelding 4). Deze EpiPen® wordt bij zo'n acute, levensbedreigende, allergische reactie gebruikt. De EpiPen® bevat de stof adrenaline die met een injectie in een willekeurige spier wordt toegediend.

■ **Afb. 4** EpiPen.

1p **6** Waardoor helpt adrenaline als medicijn bij een anafylactische shock? Zie ook tabel 89A in *BiNaS*.

Adrenaline komt van nature in ons lichaam voor als hormoon en als neurotransmitter. In afbeelding 5 is schematisch een neuron weergegeven.

■ **Afb. 5** Een neuron.



2p **7** Waar wordt adrenaline als transmitterstof door dit neuron afgegeven?

A op plaats P
B op plaats Q
C op plaats R
D op plaats S
E op plaats T

Als iemand diabetes heeft, kan er een verandering van het bloedsuikergehalte optreden bij gebruik van de EpiPen®. Daarom moet het bloedsuikergehalte na gebruik van de EpiPen® worden gecontroleerd.

2p **8**

- Welke verandering in het bloedsuikergehalte zal na het gebruik van de EpiPen® optreden?
- Welke maatregel zou een diabetespatiënt daartegen kunnen nemen?

Ga naar de *Examentrainer*.

NOTITIES

Thema 6

WAARNEMING EN GEDRAG (SE)

Om te overleven moeten dieren kunnen reageren op hun omgeving. Dat geldt ook voor jou. Je zintuigen geven informatie uit je omgeving door aan je centrale zenuwstelsel. Daar wordt deze informatie verwerkt, waardoor bewuste en onbewuste reacties ontstaan. Al deze reacties samen vormen het gedrag van een mens of dier. Hoe reageer jij op je omgeving en welk gedrag vertoon jij?

Inhoud

ORIËNTATIE

'Zien' als een vleermuis 82
Voorkennistoets
Voorkennisfilmpje

BASISSTOF

1 Zintuigen 84
2 Het oog 92
3 Gedrag 106
4 Beïnvloeden van gedrag 112
5 Sociaal gedrag bij dieren 122
6 Gedrag bij mensen 130

SAMENHANG

Een hondenbaan 138

EXTRA STOF

Gedrag van pissebedden

ONDERZOEK

Vaardigheden 140
Practica 142

AFSLUITING

Samenvatting 146
Examenopgaven 150

'ZIEN' ALS EEN VLEERMUIS

Om in de schemering de wereld om zich heen beter te kunnen 'zien', gebruiken vleermuizen niet alleen hun ogen, maar ook hun oren. Tijdens het vliegen stoten ze hoge geluiden uit, die worden weerkaatst door voorwerpen in hun omgeving. De echo vangen ze op met hun oren en zo kunnen ze hun weg vinden en weten ze waar hun prooi is. Het waarnemen van de omgeving door middel van teruggekaatste geluiden, noem je echolocatie.

Sommige blinde mensen maken ook gebruik van echolocatie met soms indrukwekkende resultaten. Als je Daniel Kish ziet rondrijden op zijn mountainbike, dan kun je je moeilijk voorstellen dat hij blind is (zie afbeelding 1). Daniel is al vanaf zijn eerste levensjaar het zicht in beide ogen kwijt. Om een beeld te krijgen van hoe zijn omgeving er ongeveer uitziet maakt Daniel klikgeluiden met zijn tong. Deze klikgeluiden worden weerkaatst door zijn omgeving, waardoor Daniel precies weet waar alles is. Daniel ontvangt niet alleen informatie over de locatie van voorwerpen, maar hij kan vaak ook horen om welke voorwerpen het gaat en van welk materiaal ze zijn gemaakt. Zachte oppervlakken kaatsen een minder scherp geluid terug dan hardere voorwerpen. Daniel is zo goed in echolocatie dat hij met hulp van iemand die kan zien zelfs compleet onbekende mountainbikepaden durft te fietsen.

Ook Brian Borowski maakt gebruik van echolocatie om zijn weg te vinden. Hij vertelt dat hij heeft geleerd hoe echolocatie werkt door verstoppertje te spelen met zijn broers. Eén broer is ook blind, maar zijn oudere broer kan wel zien. 'In eerste instantie verstopte mijn oudere broer zich door midden op het grasveld stil te gaan staan. Maar hoe beter wij in echolocatie werden, hoe beter mijn broer zijn best moest doen om zich echt te verstoppen.'

Onderzoekers hebben samen met mensen zoals Daniel en Brian onderzocht hoe het mogelijk is dat zij de wereld kunnen 'zien' door echolocatie. Een van de meest opvallende resultaten uit het onderzoek is dat de informatie voor echolocatie ook wordt verwerkt in het gezichtscentrum van de hersenen en niet alleen in het gehoorcentrum, zoals je misschien zou verwachten.

Het gezichtscentrum is het deel van de hersenen waar de impulsen vanuit de ogen worden verwerkt. In een bepaald deel van dit gezichtscentrum wordt een ruimtelijk overzicht van de omgeving gemaakt op basis van impulsen die afkomstig zijn uit de ogen. Zo weet je waar dingen en mensen zich bevinden ten opzichte van jou en ten opzichte van elkaar.

Bij blinde mensen die gebruikmaken van echolocatie wordt dit deel van het gezichtscentrum daar ook voor gebruikt. Alleen gebruikt het gezichtscentrum dan geluidsimpulsen die afkomstig zijn van de oren (auditieve informatie). De klikgeluiden die worden weerkaatst door voorwerpen uit de omgeving worden verwerkt tot een ruimtelijk overzicht van de omgeving, met behulp van zowel het gehoor als het gezichtscentrum. Onderzoekers vermoeden dat dit een van de redenen is waardoor echolocatie wordt ervaren als een vorm van 'zien'. Maar Daniel en Brian zijn door echolocatie niet in staat om alle details en de exacte positie of locatie van voorwerpen in hun omgeving waar te nemen.

■ **Afb. 1** Daniel Kish.

Opdrachten

1 In de tekst worden twee manieren van waarnemen genoemd: horen en zien.
Welke andere manieren van waarnemen ken je? Geef er drie.

2 Echolocatie is voor vleermuizen van levensbelang, zij gebruiken deze techniek onder andere om hun prooi te vangen. Echolocatie wordt ook wel vergeleken met sonar, een techniek die wordt gebruikt op een schip. Een schip zendt geluidsgolven uit naar beneden en vangt de weerkaatste golven op om zo te weten wat er in het water aanwezig is.
Sonar kent meerdere toepassingen aan boord van een schip. Geef twee voorbeelden van toepassingen. Gebruik eventueel internet om de vraag te beantwoorden.

3 Is het gebruikmaken van echolocatie door Daniel Kish en Brian Borowski een voorbeeld van aangeboren of aangeleerd gedrag? Leg je antwoord uit.

4 Daniel Kish geeft aan dat het gebruik van klikgeluiden en echolocatie voor hem echt een manier van ‘zien’ is. Uit onderzoek naar de verwerking van de geluidsimpulsen in de hersenen blijkt dat zijn uitspraak begrijpelijk is.
Leg uit waarom Daniel Kish het waarnemen door middel van echolocatie ervaart als ‘zien’.

5 Boeken voor blinde mensen worden geschreven in braille (zie afbeelding 2). Dat is een reliëfalfabet dat mensen met hun vingertoppen kunnen lezen.
Welke zintuigen zijn van belang voor het lezen van braille?

■ **Afb. 2** Braille.

Ga naar de *Voorkennistoets* en het *Voorkennisfilmpje*.

1 ZINTUIGEN

LEERDOELEN

6.1.1 Je kunt de werking van zintuigen in relatie met het zenuwstelsel beschrijven.

6.1.2 Je kunt de reactie van een zintuig op een adequate prikkel beschrijven.

6.1.3 Je kunt de delen van het oog en hun functie beschrijven.

- Vaardigheid 3 (thema 1)
- Practicum 1

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	6.1.1	**6.1.2**	**6.1.3**
Onthouden		1	5, 6
Begrijpen	4	2, 3, 14a	7, 8
Toepassen		9, 11, 13, 14b, 15a	
Analyseren	10, 15b	15c	12

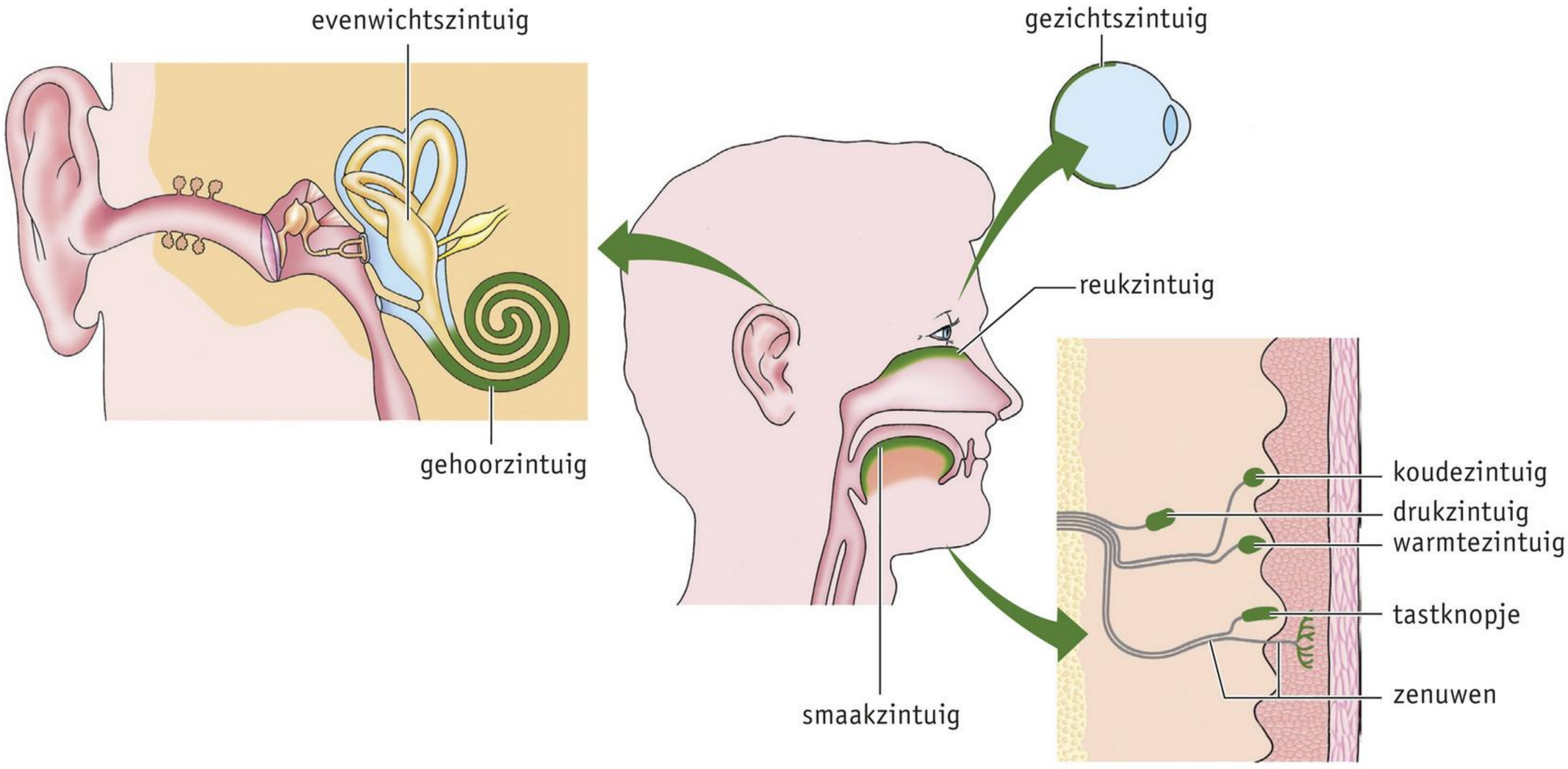
Zintuigen zijn gevoelige organen die prikkels uit het interne en externe milieu kunnen waarnemen, zoals geluid, druk, licht en zelfs concentraties van opgeloste stoffen. De informatie wordt omgezet in impulsen en via je zenuwcellen naar je hersenen geleid. In je hersenen worden de impulsen verwerkt en word je je bewust van de waarneming die je doet.

INTERNE EN EXTERNE PRIKKELS

Er bestaan veel verschillende **zintuigen**. In afbeelding 1 is de ligging van enkele zintuigen bij de mens weergegeven. In de groene gebieden liggen de receptoren (zintuigcellen) van de zintuigen.

Sommige zintuigen zoals het gehoorzintuig en het gezichtszintuig ontvangen prikkels uit het externe milieu (externe prikkels). Voor het handhaven van de homeostase worden receptoren gebruikt die prikkels ontvangen uit het inwendige milieu (interne prikkels), bijvoorbeeld osmoreceptoren en temperatuurreceptoren. Osmoreceptoren in de hypothalamus nemen de osmotische waarde van het bloedplasma waar en beïnvloeden de urineproductie. Temperatuurreceptoren registreren veranderingen in de lichaamstemperatuur en beïnvloeden de zweetproductie en doorbloeding van de huid. Deze regelkringen houden het dynamische evenwicht van het inwendige milieu constant.

■ **Afb. 1** De ligging van enkele zintuigen en hun receptoren (groen).



Receptoren vangen externe of interne prikkels op en zetten die om in impulsen. Zenuwcellen geleiden deze impulsen naar het centrale zenuwstelsel. Het centrale zenuwstelsel verwerkt de impulsen, waardoor je kunt reageren op prikkels door het aansturen van spieren en klieren.

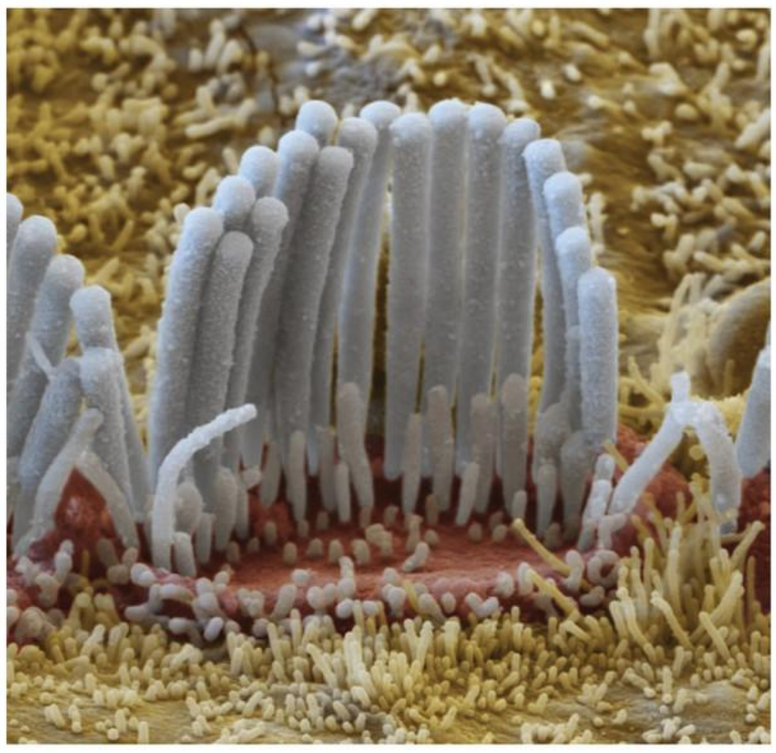
RECEPTOREN

Afhankelijk van het type prikkel waar receptoren op reageren, kun je verschillende groepen onderscheiden:

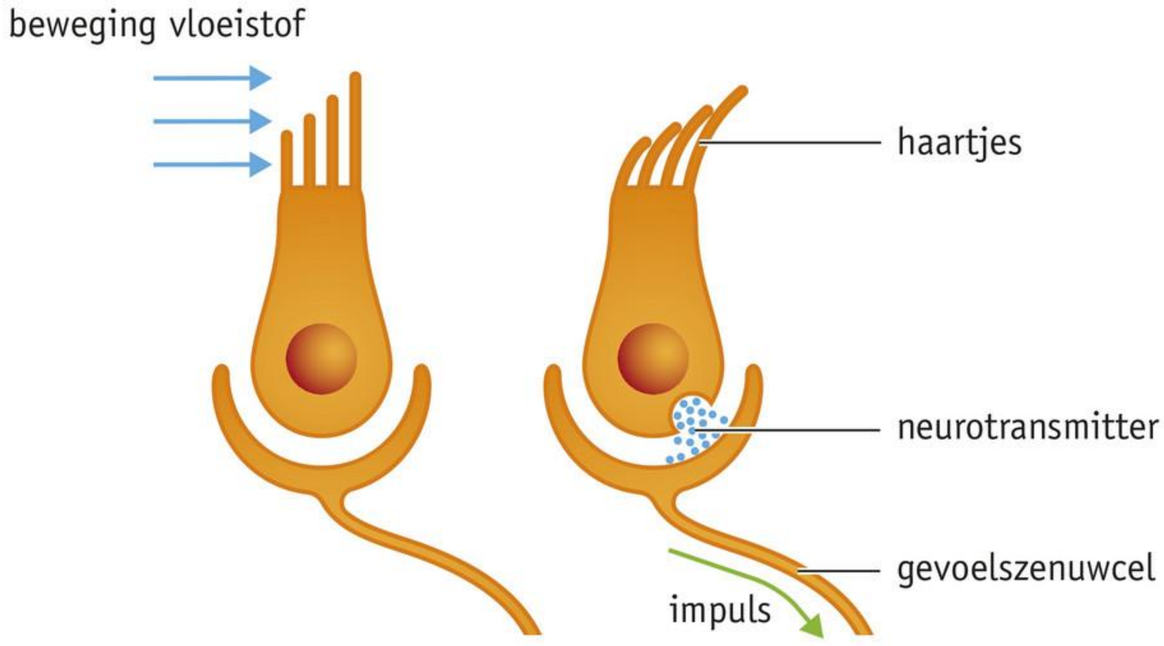
- **Chemische receptoren** kunnen bepaalde moleculen uit de omgeving binden. Voorbeelden van chemische receptoren zijn de smaakreceptoren van het smaakzintuig in je tong en de reukreceptoren van het reukzintuig in je neus. Smaakreceptoren kunnen opgeloste moleculen binden en reukreceptoren kunnen moleculen uit de lucht binden.
- **Mechanische receptoren** geven een impuls af als hun celmembraan buigt of uitrekt door aanraking, druk, beweging of geluid (trillingen in de lucht). Voorbeelden van mechanische receptoren zijn de receptoren van je gehoorzintuigen, receptoren van je evenwichtszintuigen, tastreceptoren en drukreceptoren. De receptoren van je gehoorzintuigen en evenwichtszintuigen in je oor hebben fijne haartjes. Als de vloeistof waarin zij zich bevinden beweegt, buigen de haartjes en vervormt het celmembraan. Hierdoor ontstaat een impuls (zie afbeelding 2). In **tastreceptoren** en drukreceptoren in de huid ontstaat een impuls als het celmembraan wordt vervormd door lichte aanraking of druk. Tastreceptoren liggen vlak onder de opperhuid. Drukreceptoren liggen dieper in de huid.

- **Temperatuurreceptoren** in de huid reageren op warmte en kou. Wanneer de temperatuur in zo'n receptor boven of onder een bepaalde normwaarde komt, ontstaat een impuls.
- **Lichtreceptoren** (fotoreceptoren) zijn receptoren waarin een impuls ontstaat door zichtbaar licht.
- **Pijnreceptoren** bevinden zich in het hele lichaam en zijn de uiteinden van bepaalde zenuwen. Er ontstaat in deze receptoren een impuls door extreme druk, door extreme temperaturen of door chemische stoffen die vrijkomen bij beschadiging of ontsteking van weefsel.

■ **Afb. 2** Receptoren in de gehoorzintuigen.



1 haartjes in het slakkenhuis



2 het ontstaan van een impuls door beweging van de haartjes

HET ONTSTAAN VAN IMPULSEN IN RECEPTOREN

Receptoren zijn gespecialiseerde zenuwcellen of uitlopers van zenuwcellen. In receptoren ontstaan impulsen als zij een prikkel opvangen die sterker is dan de drempelwaarde. Je noemt deze drempelwaarde de **prikkeldrempel**. Elk type receptor heeft voor elk type prikkel een prikkeldrempel. De lichtreceptoren van je oog bijvoorbeeld hebben een lage prikkeldrempel voor licht. Licht is de **adequate prikkel** voor lichtreceptoren. Voor andere, niet-adequate prikkels ligt de prikkeldrempel veel hoger. Wanneer er een lichte druk op je ogen wordt uitgeoefend, ontstaan er geen impulsen in de lichtreceptoren. Maar als je flink op je oogbol duwt, ontstaan er wel impulsen en dan zie je 'sterretjes'. Andere voorbeelden van adequate prikkels zijn: geluid voor je gehoorzintuigen en lichte aanraking voor je tastzintuigen.

De prikkelsterkte bepaalt de impulsfrequentie in de aangesloten gevoelszenuwcellen: hoe sterker de prikkel, hoe hoger de impulsfrequentie. Wanneer een prikkel enige tijd aanhoudt, wordt de prikkeldrempel hoger en neemt de impulsfrequentie af. Hierdoor wordt het zintuig minder gevoelig en voel je bijvoorbeeld na enige tijd de druk van de kleren op je huid niet meer. De aanpassing van de gevoeligheid van een zintuig aan een aanhoudende prikkelsterkte heet **adaptatie** of **gewenning**. Ook een verlaging van de prikkeldrempel noem je adaptatie. Bijvoorbeeld wanneer je van een verlichte kamer een donkere ruimte instapt. Eerst zie je niets, maar langzaam wennen je lichtreceptoren aan het donker en kun je weer dingen waarnemen (donkeradaptatie).

Opdrachten KENNIS

1 In de tabel staan verschillende zintuigen. Noteer waar het zintuig in je lichaam ligt en wat de adequate prikkel voor het zintuig is.

Zintuig (receptor)	Ligging	Adequate prikkel
Lichtzintuig		
Gehoorzintuig		
Evenwichtszintuig		
Smaakzintuig		
Reukzintuig		
Tastzintuig		
Drukzintuig		
Warmtezintuig		
Koudezintuig		
Pijnzintuig		

2 Gebruik *BiNaS* tabel 87A om de vraag te beantwoorden.
In welke huidlaag komen de meeste receptoren voor?

3 Een tastreceptor in de huid wordt geprikkeld door een aanraking die sterker is dan de prikkeldrempel.
- **a** Wat gebeurt er in deze tastreceptor?
- **b** Is de prikkeldrempel van de tastreceptor voor aanraking hoog of laag? Leg je antwoord uit.
- **c** Welk zintuig zal een lagere prikkeldrempel hebben voor aanraking: het tastzintuig of het drukzintuig? Leg je antwoord uit.

4 Miranda luistert naar de radio. Wanneer haar favoriete nummer op de radio komt, begint ze mee te zingen.
Welke weg leggen de impulsen af die ervoor zorgen dat Miranda haar favoriete nummer hoort?

DE BOUW VAN HET OOG

In afbeelding 3.1 zie je een buitenaanzicht van een oog. De wenkbrauwen boven je ogen houden zweet en stofdeeltjes tegen, zodat deze niet in je ogen terechtkomen. Tussen je wenkbrauw en je oog liggen traanklieren onder de huid. Ze maken traanvocht dat door de oogleden over het oog wordt verspreid. Het traanvocht beschermt het oog tegen uitdroging. Ook spoelt het kleine stofjes of prikkelende stoffen weg uit het oog. In elke ooghoek zitten twee openingen naar een traanbuis, waardoor traanvocht kan worden afgevoerd naar de neusholte. Aan de buitenkant van het oog zijn oogspieren bevestigd. Zij draaien de ogen in de gewenste richting.

De buitenste witte laag van een oog heet het harde oogvlies (zie afbeelding 3.1). Dit stevige vlies geeft bescherming aan het binnenste van een oog. Aan de voorzijde gaat het harde oogvlies over in het hoornvlies (zie afbeelding 3.2 en *BiNaS* tabel 87C2). Dit is doorzichtig, zodat licht het oog kan binnenvallen.

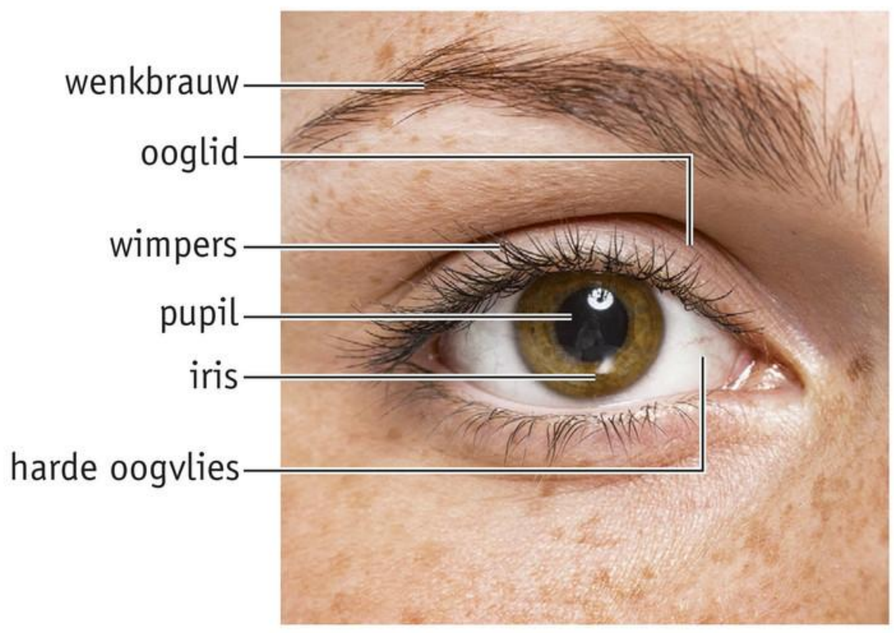
Onder het harde oogvlies ligt het vaatvlies. Deze middelste laag van de wand van je oog bevat veel bloedvaten en voorziet een groot deel van het oog van voedingstoffen en zuurstof. Aan de voorkant van het oog gaat het vaatvlies over in de iris of het regenboogvlies. De iris is het gekleurde gedeelte van je oog. De kleur wordt bepaald door pigmenten. De opening in de iris noem je de **pupil**. Spieren in de iris kunnen de pupil groter of kleiner maken en bepalen zo hoeveel licht het oog binnenvalt.

Achter de iris en de pupil bevindt zich de ooglens. Het hoornvlies en de ooglens breken de lichtstralen die het oog binnenvallen. Door het straalvormig lichaam rondom de lens kan de lens van vorm veranderen, zodat je altijd een scherp beeld kunt waarnemen.

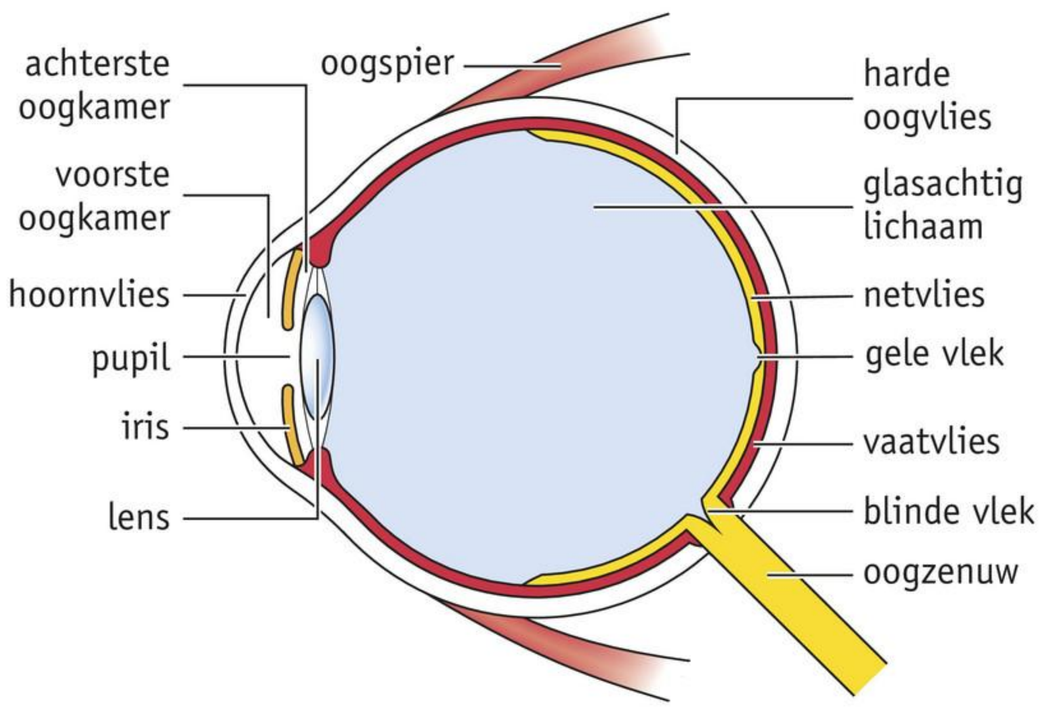
Tussen het hoornvlies en de iris bevindt zich de **voorste oogkamer**. Tussen de iris en de ooglens ligt de **achterste oogkamer**. Beide kamers zijn gevuld met vocht.

De binnenste laag van de wand van het oog is het **netvlies**. Het wordt op zijn plaats gehouden door een geleiachtige massa: het glasachtig lichaam (zie afbeelding 3.2). Het oog is hier voor het grootste deel mee gevuld. In het netvlies liggen de lichtreceptoren. In het centrum van het netvlies, recht achter de pupil, ligt de **gele vlek**. Met de lichtreceptoren in de gele vlek kun je het scherpst zien. Via de oogzenuw worden impulsen naar de hersenen geleid. De plaats van het netvlies waar de oogzenuw het oog verlaat, is de **blinde vlek**. Dit is ook de doorgang voor bloedvaten. In de blinde vlek liggen geen lichtreceptoren.

■ **Afb. 3** Het oog.



1 buitenaanzicht van het oog



2 dwarsdoorsnede van het oog

Opdrachten KENNIS

5 Wat is de functie van het glasachtig lichaam?

6 Welke delen van het oog zorgen ervoor dat er een scherp beeld op het netvlies valt?

7 Een lichtstraal valt je oog binnen en prikkelt de lichtreceptoren in je netvlies.
- **a** Welke delen van het oog passeert de lichtstraal? Noteer de onderdelen in de juiste volgorde.
- **b** Welk deel van het oog bekijkt een oogarts als hij of zij met een lampje door je pupil kijkt?

8 Veel mensen moeten huilen als ze uien snijden. Dit komt doordat stoffen uit de ui de zenuwuiteinden in het hoornvlies irriteren. Als gevolg hiervan ga je huilen en knipperen.
- **a** Wat is hier de functie van het traanvocht?
- **b** Veel mensen gaan ook 'snotteren' als ze uien snijden, of ze krijgen een loopneus. Hoe komt het dat mensen gaan snotteren of een loopneus krijgen als ze uien snijden?

Opdrachten INZICHT

9 Chilipeperplanten produceren in het vruchtvlees van hun pepers een bepaalde stof, capsaïcine. Deze stof zorgt ervoor dat chilipepers voor mensen 'heet' smaken. Dit komt doordat de warmtereceptoren in je tong, die reageren op temperaturen boven de 42 °C, ook reageren op capsaïcine. Sommige vogels eten chilipepers zonder last te hebben van capsaïcine.
Geef een mogelijke verklaring waarom vogels geen last hebben van capsaïcine.

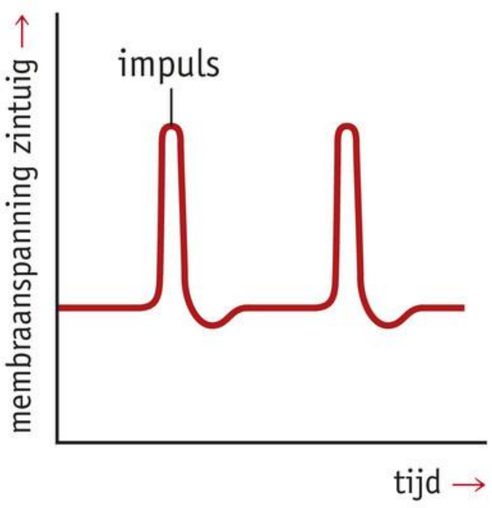
10 Een sommelier is een wijnkenner. Sommige sommeliers kunnen honderden verschillende wijnen uit elkaar houden. Uit onderzoek blijkt dat je sommeliers voor de gek kunt houden. Door rode kleurstof toe te voegen aan witte wijn, kan ook een echte wijnkenner de smaak hiervan niet meer plaatsen. Zelfs niet als hij of zij vlak daarvoor dezelfde witte wijn zonder kleurstof heeft geproefd.
- **a** Wat kun je hieruit afleiden over de waarneming van smaak?
- **b** In een ander onderzoek is onderzocht hoe belangrijk geluid is voor smaakwaarneming. Proefpersonen met een koptelefoon op kregen chips te eten. Wanneer ze chips aten, werd er een tegengeluid geproduceerd, zodat het kraken van de chips niet was te horen. Vrijwel alle proefpersonen vonden de chips niet lekker. Waarom vindt een proefpersoon chips niet lekker als het kraken niet hoorbaar is? Leg je antwoord uit.

11 Wanneer je het biologielokaal binnenkomt, ruik je een vreemde geur. De docent vertelt dat er in het lesuur daarvoor een proefje is gedaan. Nadat je vijf minuten in het lokaal bent, ruik je de geur niet meer.
Waarom neem je de vreemde geur wel waar als je het lokaal inloopt, maar na vijf minuten niet meer? Gebruik in je antwoord de begrippen: *adaptatie* – *gevoeligheid* – *impulsfrequentie* – *prikkeldrempel*.

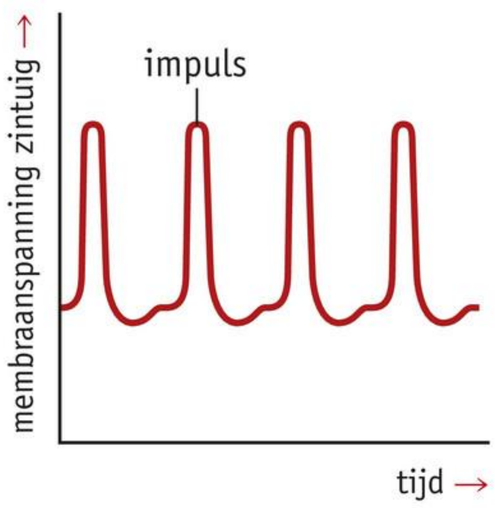
12 Het hoornvlies bestaat uit dekweefselcellen. Het hoornvlies is doorzichtig en bevat geen bloedvaten.
Op welke twee manieren wordt het hoornvlies voorzien van voedingstoffen?

13 Een drukreceptor uit de huid is verbonden met een gevoelszenuwcel. De impulsfrequentie in de gevoelszenuwcel wordt op twee momenten gemeten: een keer bij veel druk op de drukreceptor en een keer bij weinig druk op de drukreceptor.
In afbeelding 4 staan twee diagrammen waarin de impulsfrequentie in een gevoelszenuwcel is weergegeven.
Welk diagram geeft de impulsfrequentie weer in de gevoelszenuwcel als er veel druk wordt uitgeoefend op de drukreceptor? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 4** Verband tussen prikkelsterkte en impulsfrequentie.



1 diagram A



2 diagram B

Ga naar de *Flitskaarten* en *Test jezelf.*

Context Leefwereld

GEHOORIMPLANTAAT

Bart is 2,5 jaar oud, maar hij kan nog bijna niet praten, terwijl leeftijdsgenootjes al hele verhalen vertellen. Zijn moeder maakt zich hierover ernstige zorgen en gaat met hem naar de huisarts. Uit onderzoek blijkt dat Bart niet goed kan horen. Verder onderzoek in het ziekenhuis wijst uit dat Bart een erfelijke aandoening heeft waardoor zijn slakkenhuizen niet goed functioneren. In overleg met de artsen besluit zijn moeder dat Bart een gehoorimplantaat krijgt.

Tijdens een operatie plaatst een chirurg het inwendige deel van het gehoorimplantaat. Dit deel bestaat uit elektroden die elektrische signalen vanuit het uitwendige deel van het implantaat naar de gehoorzenuw leiden. Zo omzeilt een gehoorimplantaat de beschadigde delen van het oor. De gehoorzenuw zet de signalen om in impulsen en geeft deze door aan het gehoorcentrum in de grote hersenen. Hier worden de impulsen verwerkt en wordt Bart zich bewust van wat hij hoort.

Na de operatie moeten eerst de wonden genezen voordat het externe deel kan worden geplaatst. Het uitwendige deel van een gehoorimplantaat wordt achter het oor geplaatst. Dit deel bevat een microfoon die de geluiden opvangt en een minicomputer die de geluiden verwerkt, filtert en omzet in elektrische signalen die worden doorgegeven aan de gehoorzenuw.

De computer uit het externe deel wordt afgestemd op het probleem van Bart, zodat de geluiden op de juiste wijze worden gefilterd en de juiste signalen worden doorgestuurd. Hierna krijgt Bart luister- en spraaklessen. Dankzij zijn nieuwsgierige houding pikt hij alles snel op en vertelt hij nu ook hele verhalen (zie afbeelding 5).

■ **Afb. 5** Implantaat in het oor.

Opdrachten

14 Het slakkenhuis maakt deel uit van je binnenoor en speelt een belangrijke rol bij horen.

a Wat is de functie van het slakkenhuis bij horen?

b Hoe zorgt een gehoorimplantaat ervoor dat Bart weer goed kan horen?

15 Als je ouder wordt, is de kans groot dat je minder goed gaat horen door slijtage van de haarcellen in het slakkenhuis. Meestal kan dit worden opgelost met een hoortoestel.
Een hoortoestel wordt om de oorschelp of in de gehoorgang geplaatst. Het vangt geluiden op via een microfoon. Vervolgens filtert het gehoorapparaat de geluiden. Geluiden zoals spraak en muziek worden via een versterker weer uitgezonden in de gehoorgang, terwijl minder belangrijke geluiden en achtergrondruis worden weggefilterd.

a Waarom kun je minder goed horen als de haarcellen in je slakkenhuis beschadigd zijn?

b Een hoortoestel helpt je om beter te horen door geluid te versterken en achtergrondruis weg te filteren.
Hersenen hebben ook een filterfunctie als het aankomt op horen. Leg dit uit.

c Zou een hoortoestel ook een geschikte oplossing zijn geweest voor Bart? Leg je antwoord uit.

2 HET OOG

LEERDOELEN

6.2.1 Je kunt de beeldvorming door ooglenzen beschrijven.
6.2.2 Je kunt de werking van de pupilreflex beschrijven.
6.2.3 Je kunt de bouw en werking van het netvlies beschrijven.
6.2.4 Je kunt toelichten hoe je diepte kunt zien.

▶ Practicum 2

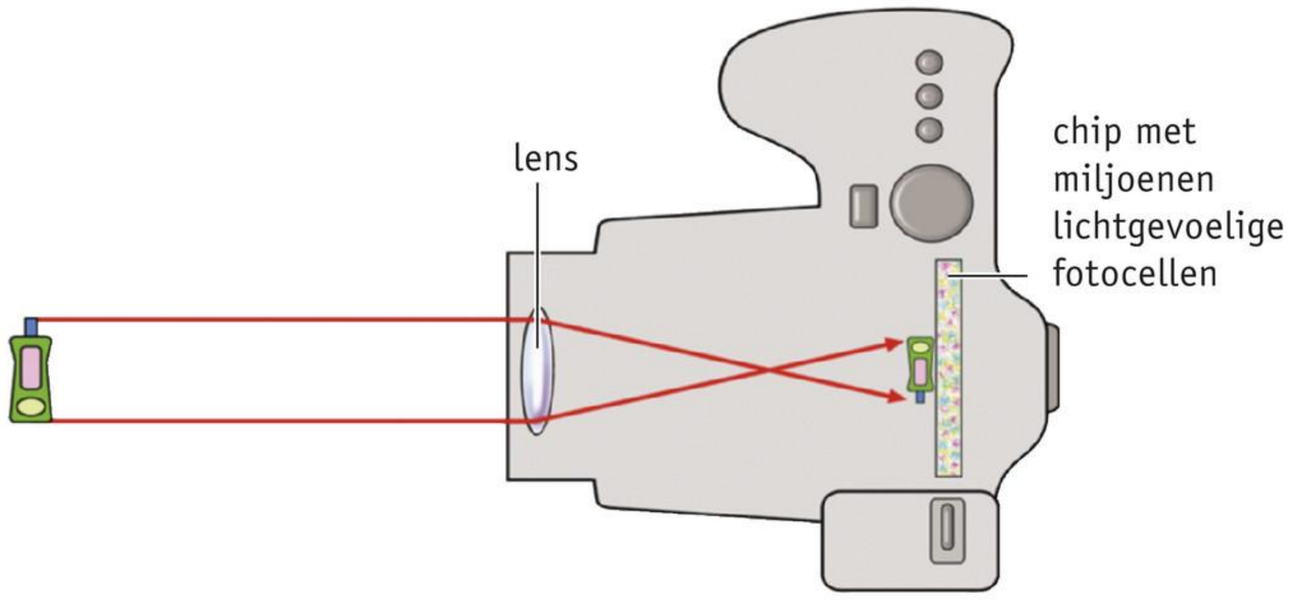
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	6.2.1	**6.2.2**	**6.2.3**	**6.2.4**
Onthouden	17	20a	21a	
Begrijpen	16, 18, 19	20b, 23	21b, 22	
Toepassen	29, 30b	27a	26	24, 28
Analyseren	25, 30a, 31	27b		

Je ogen worden weleens vergeleken met een camera, maar ze zijn veel complexer. Een oog heeft een verstelbare lens om op verschillende afstanden scherp te kunnen zien. Je netvlies bevat meer dan 100 miljoen lichtreceptoren die via zenuwcellen zijn verbonden met de gezichtscentra in je hersenen. Door de samenwerking tussen je ogen en je hersenen ontstaat een driedimensionaal beeld in kleur.

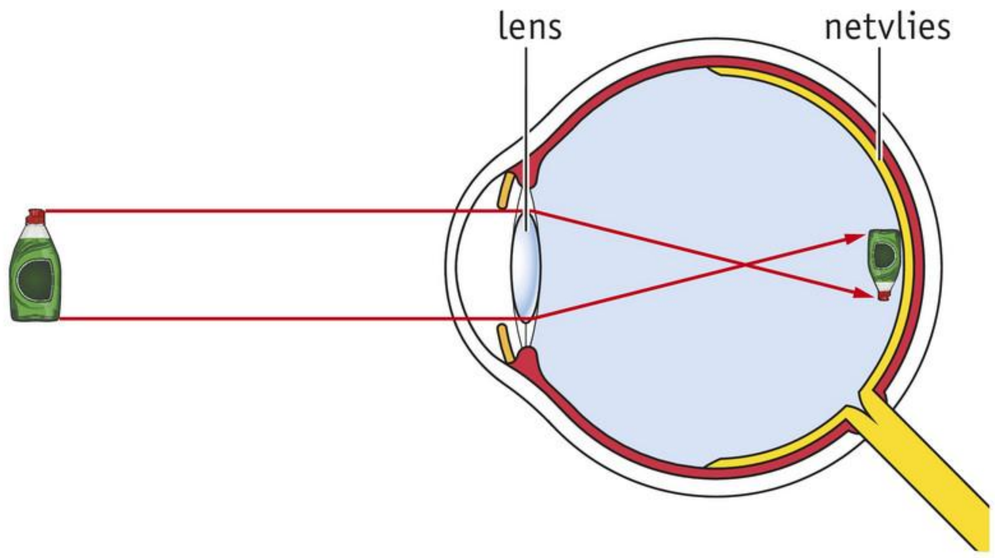
BEELDVORMING

Wanneer je ergens naar kijkt, valt het beeld op je netvlies. Dit beeld is verkleind en omgekeerd, net als in een camera (zie afbeelding 6). De impulsen die in je netvlies ontstaan, worden naar de **gezichtscentra in de hersenen** geleid. Deze verwerken de impulsen zodat jij het beeld rechtopstaand en in het juiste formaat waarneemt.

■ **Afb. 6** Beeldvorming door lenzen.



1 beeldvorming bij een camera



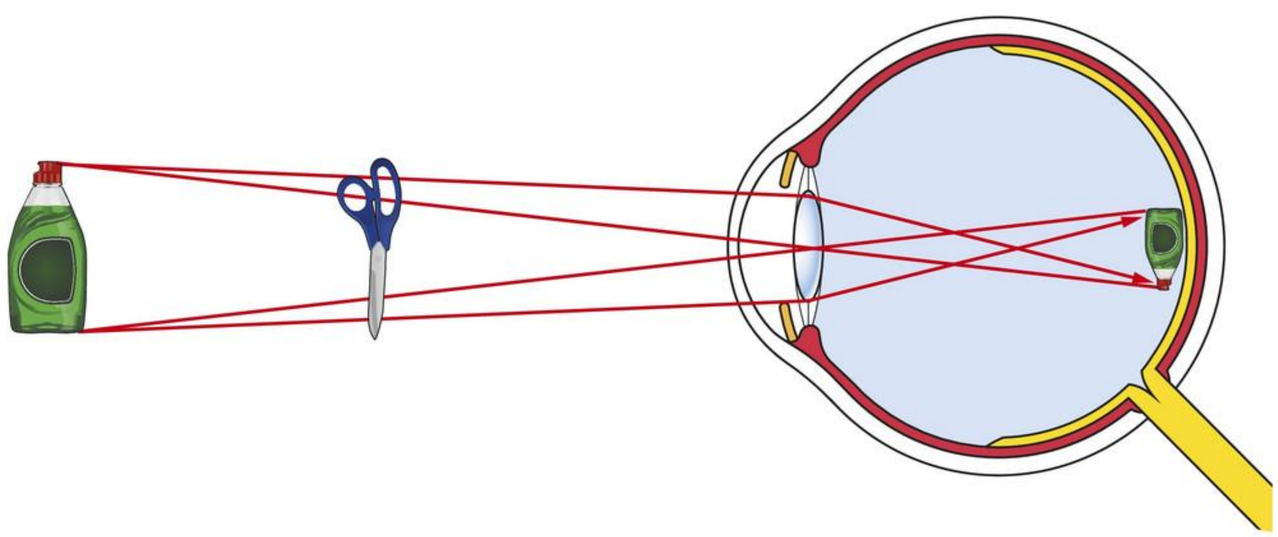
2 beeldvorming bij een oog

Het ene moment kijk je naar iets wat dichtbij is en het andere moment naar iets wat ver weg is. In beide gevallen wordt op het netvlies een scherp beeld gevormd. Je kunt niet tegelijkertijd iets van veraf en iets van dichtbij scherp zien.

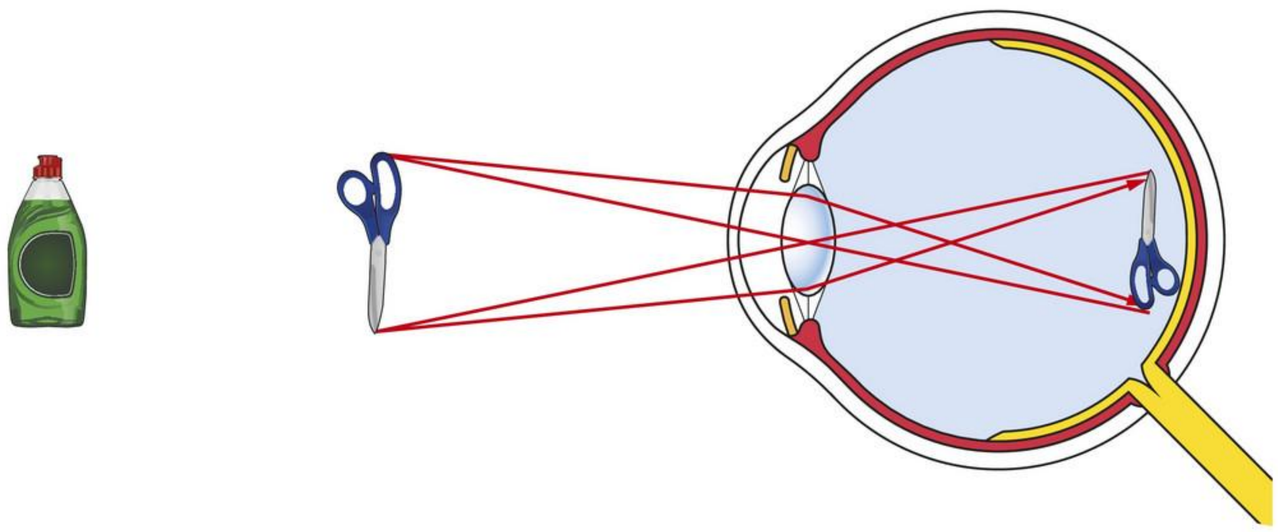
Om zowel dichtbij als veraf scherp te kunnen zien moet de ooglens van vorm veranderen. Je ooglenzen kunnen boller of platter worden (zie afbeelding 7). Dit noem je accommoderen.

Als reactie op een onscherp beeld op het netvlies verandert de mate van samentrekking van de kringspieren in de straalvormige lichamen door de accomodatiereflex. Je noemt deze kringspieren daarom ook wel accommodatiespieren.

■ **Afb. 7** Accommoderen van de ooglens.



1 Kijken naar een voorwerp in de verte. De lens is plat.

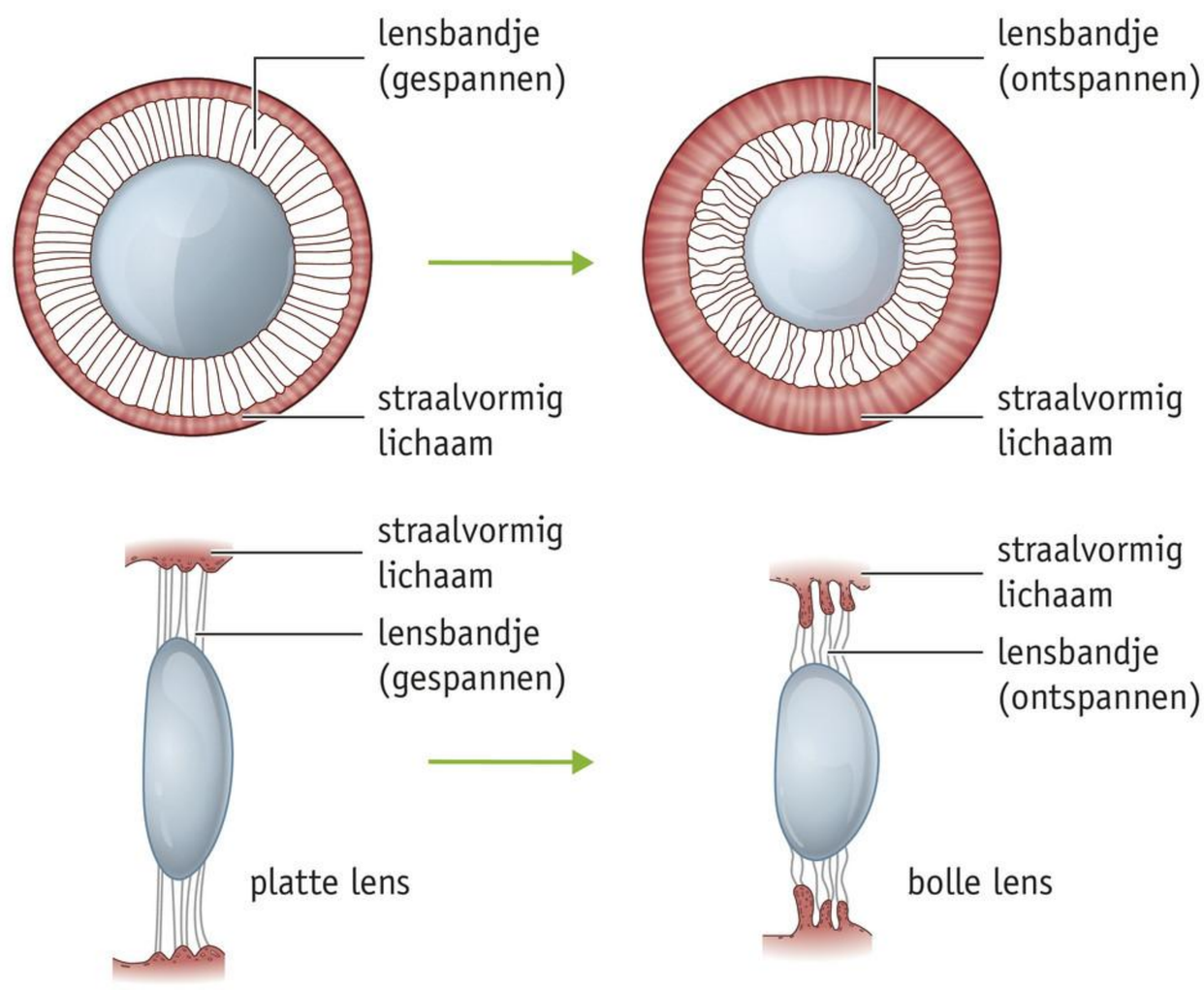


2 Kijken naar een voorwerp dichtbij. De lens is bol.

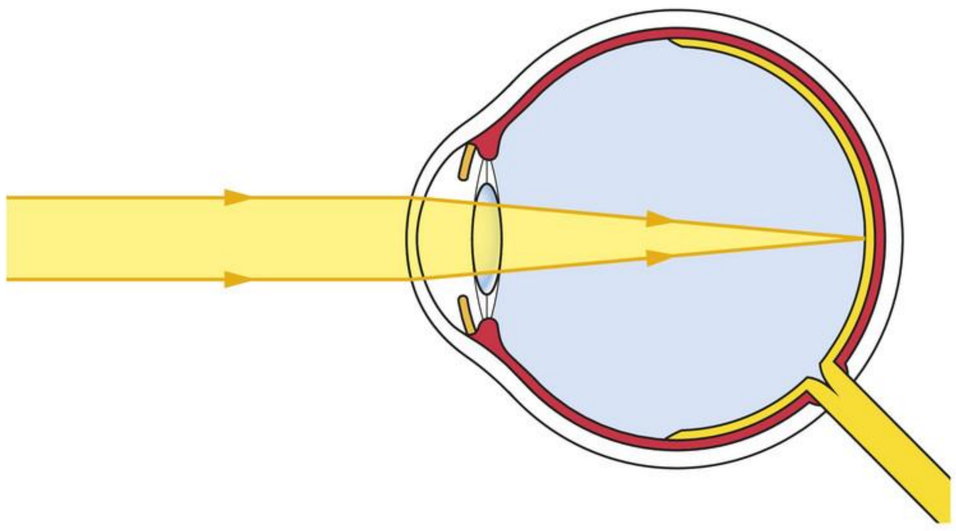
Een ooglens hangt met lensbandjes in het straalvormig lichaam (zie afbeelding 8). Als je kijkt naar een voorwerp in de verte (op meer dan vijf meter afstand), zijn de kringspieren in het straalvormig lichaam ontspannen. Je ogen zijn in rusttoestand. Door de druk van het glasachtig lichaam wordt de doorsnede van het straalvormig lichaam groot. Wanneer de doorsnede groot is, dan worden de lensbandjes strakgespannen en trekken ze aan de ooglenzen. De ooglenzen zijn hierdoor platter en het beeld van het voorwerp in de verte komt scherp op het netvlies (zie afbeelding 9.1).

Als je daarna focust op een voorwerp dichtbij, valt er geen scherp beeld op het netvlies (zie afbeelding 9.2). Het onscherpe beeld zet de accommodatiereflex in werking. De kringspieren in het straalvormig lichaam trekken samen, waardoor de doorsnede van het straalvormig lichaam kleiner wordt. Daardoor zijn de lensbandjes minder strak gespannen en trekken ze minder aan de ooglenzen. De ooglenzen kunnen hierdoor boller worden, zodat er een scherp beeld van het voorwerp dichtbij op je netvlies valt (zie afbeelding 9.3).

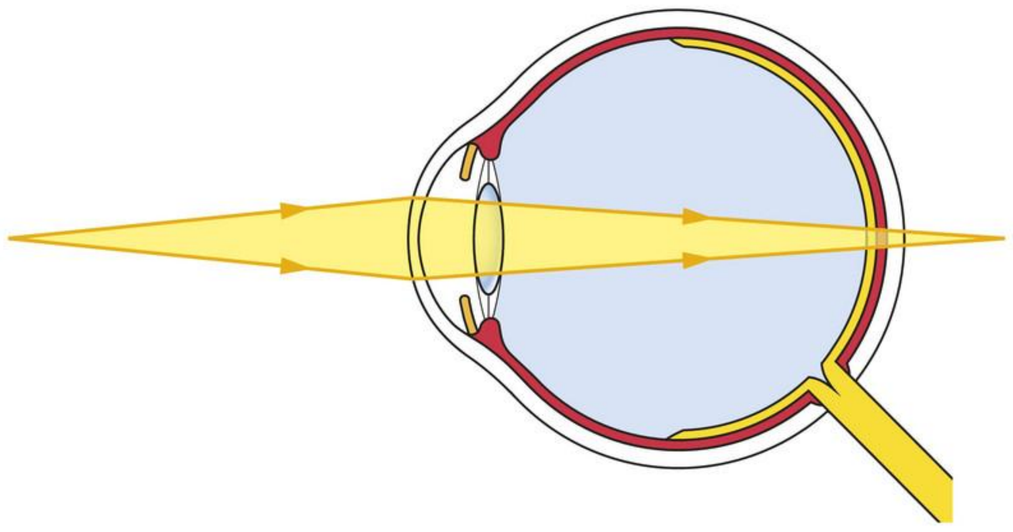
■ **Afb. 8** De lens en het straalvormig lichaam tijdens accommodatie.



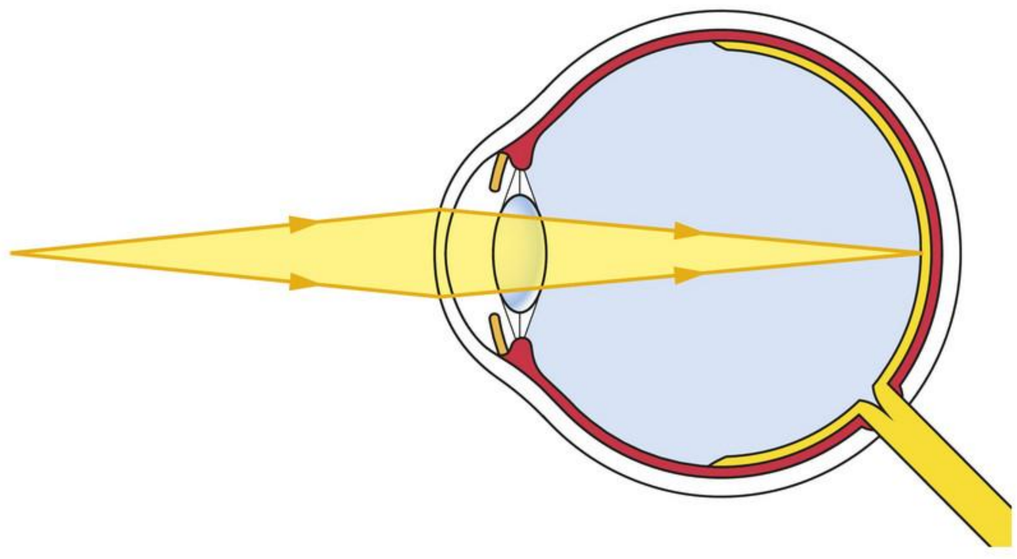
■ **Afb. 9** Accomodatiereflex.



1 kijken naar een voorwerp ver weg



2 kijken naar een voorwerp dichterbij

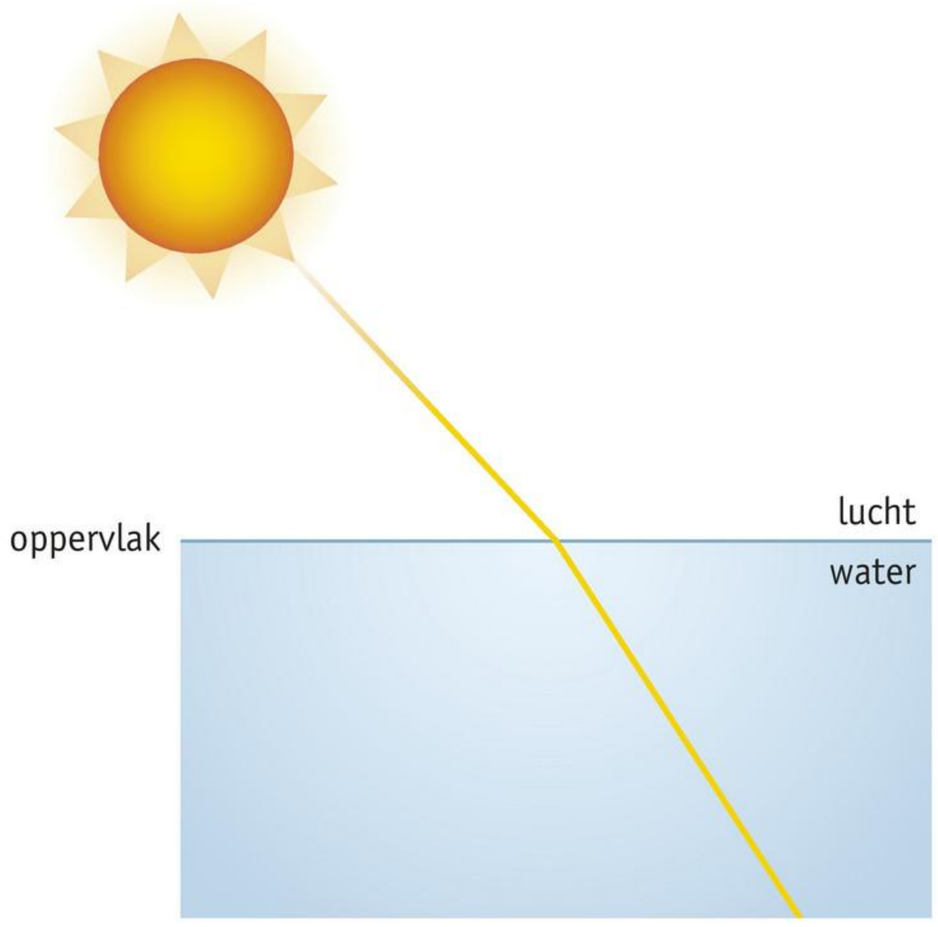


3 kijken naar een voorwerp dichtbij

LICHTBREKING DOOR POSITIEVE EN NEGATIEVE LENZEN

Lichtstralen worden gebroken op plaatsen waar ze overgaan van het ene medium (gas, vloeibaar of vast) naar het andere medium (zie afbeelding 10). Lichtstralen worden zo in een andere richting gebogen. Dit gebeurt ook met lichtstralen wanneer ze door je hoornvlies en ooglens schijnen.

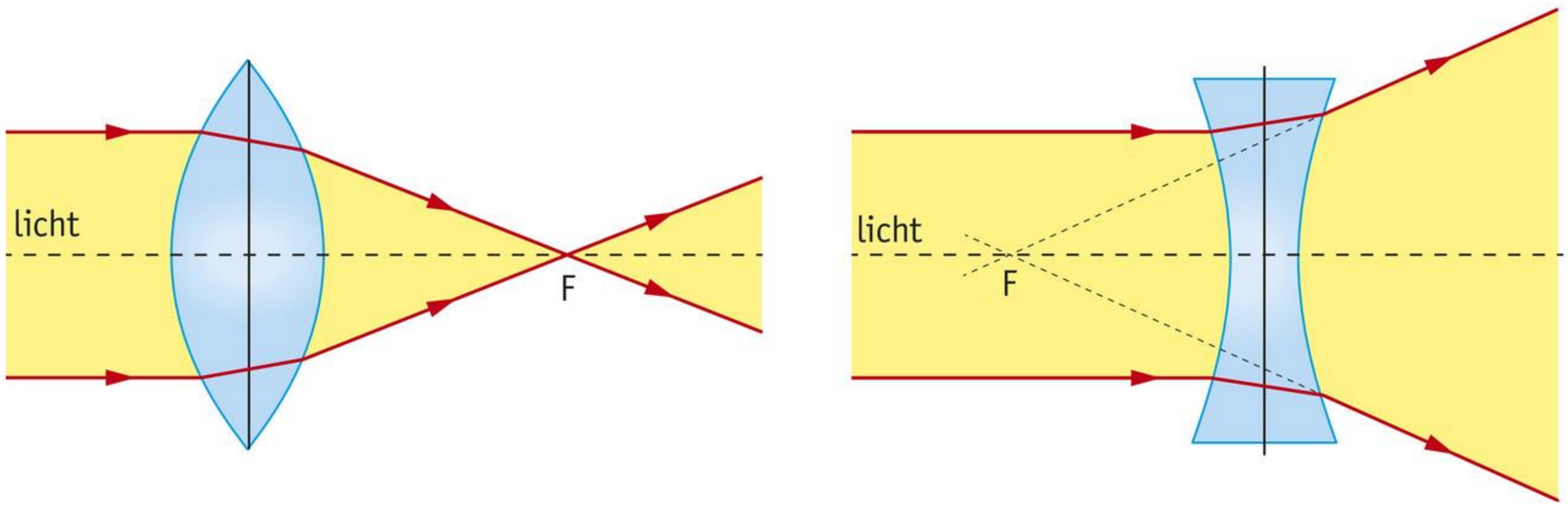
■ **Afb. 10** Breking van licht door water.



Er zijn twee soorten lenzen. Bolle of positieve lenzen zijn in het midden dikker dan aan de randen en buigen de lichtstralen naar elkaar toe. Dit heet convergeren. De lichtstralen komen achter de lens bij elkaar in het brandpunt (F). Hoe boller de lens, hoe kleiner de afstand is tussen de as van de lens en het brandpunt (zie afbeelding 11.1).

Holle of negatieve lenzen zijn in het midden dunner dan aan de randen en spreiden (divergeren) het licht. De lichtstralen die de lens verlaten, lijken uit één punt afkomstig te zijn (zie afbeelding 11.2). Bij holle lenzen ligt het brandpunt vóór de lens. De brandpuntsafstand heeft dan een negatieve waarde.

■ **Afb. 11** Lichtbreking door lenzen.



1 door een bolle lens **2** door een holle lens

Ooglenzen zijn altijd bol. Wanneer je naar een voorwerp kijkt, worden lichtstralen van alle kanten van het voorwerp opgevangen door de lens en gebundeld in het brandpunt (zie afbeelding 9.1). Wanneer je hetzelfde voorwerp van dichtbij bekijkt, is de breking van de lichtstralen door de lens niet sterk genoeg. De plaats waar de lichtstralen samenkomen, valt daardoor achter het netvlies (zie afbeelding 9.2). Om het beeld scherp te krijgen, is een sterkere breking van de lichtstralen nodig. Daarvoor moet de lens boller worden (zie afbeelding 9.3).

Door accommodatie kan de brandpuntsafstand van je ooglenzen variëren en ontstaat er altijd een scherp beeld. Lichtstralen buigen niet alleen door de bolle vorm van de ooglens naar elkaar toe, maar vooral door de bolle vorm van het hoornvlies.

OOGAFWIJKINGEN

Mensen die bijziend zijn, zien voorwerpen van dichtbij scherp, maar voorwerpen van veraf niet. Dit kan worden veroorzaakt doordat:

- een oogbol te lang is;
- het hoornvlies of de lens de lichtstralen te sterk breken.

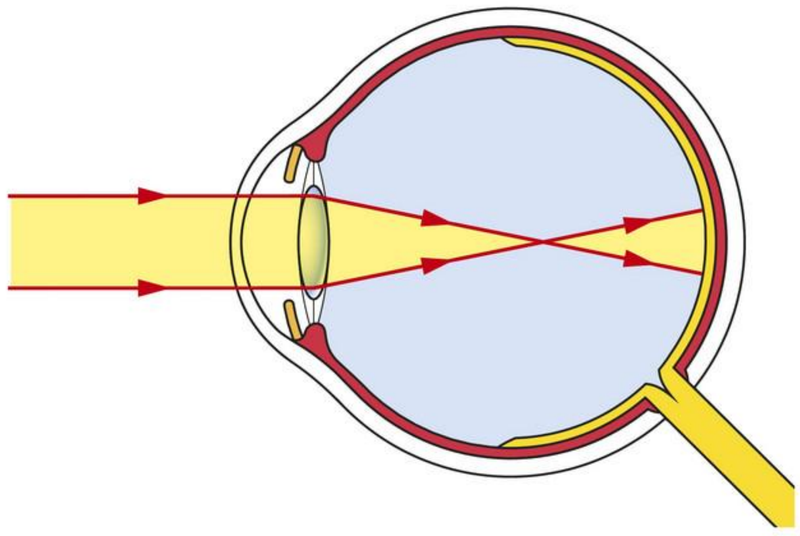
Bij bijziende mensen valt het scherpe beeld (het brandpunt) voor het netvlies (zie afbeelding 12.1). In afbeelding 12.2 kun je zien hoe je dit kunt corrigeren met holle (negatieve) brillenglazen of contactlenzen.

Mensen die verziend zijn, zien voorwerpen van veraf scherp, maar voorwerpen van dichtbij niet. Dit kan worden veroorzaakt doordat:

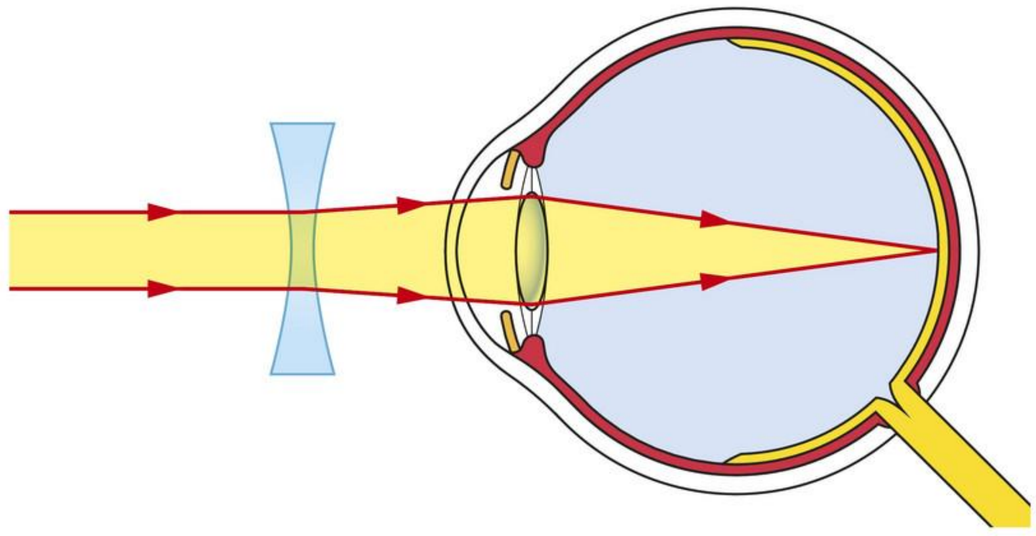
- een oogbol te kort is;
- het hoornvlies of de lens de lichtstralen niet voldoende breken.

Bij verziende mensen valt het scherpe beeld (het brandpunt) achter het netvlies (zie afbeelding 12.3). Hoe je dit kunt corrigeren met bolle (positieve) brillenglazen of contactlenzen zie je in afbeelding 12.4.

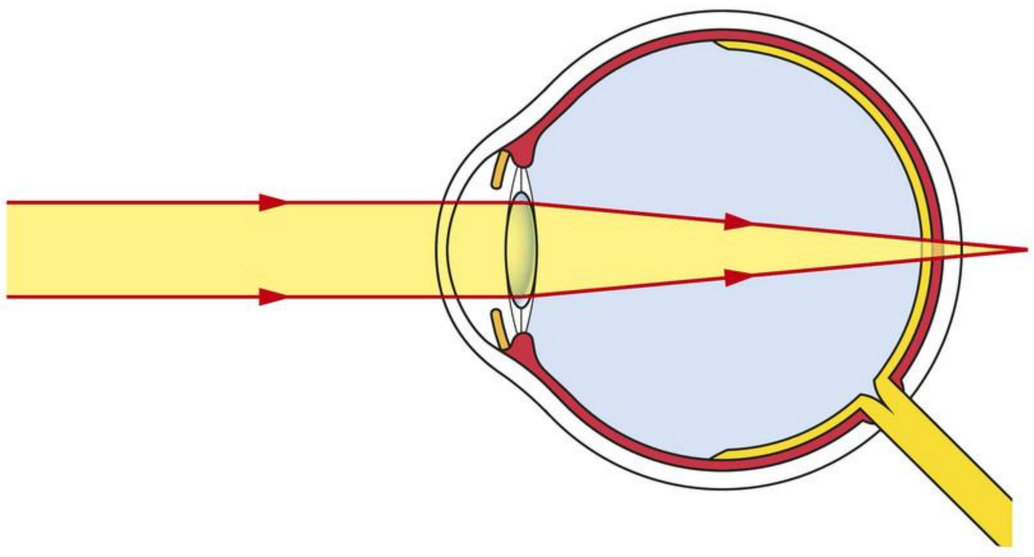
■ **Afb. 12** Bijziend en verziend.



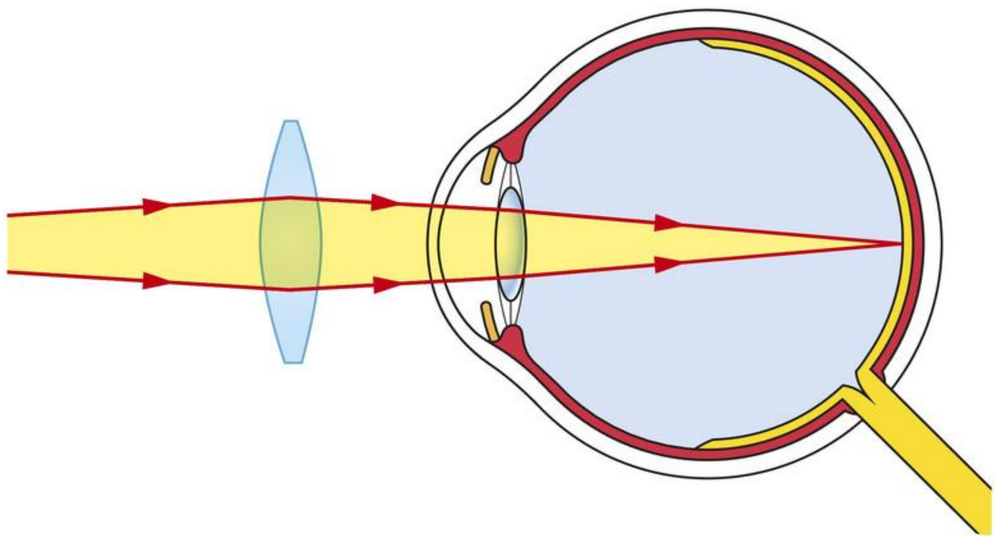
1 lichtbreking in een bijziend oog



2 correctie door een negatieve lens



3 lichtbreking in een verziend oog



4 correctie door een positieve lens

Opdrachten KENNIS

16 Het beeld dat op je netvlies valt, verschilt van het beeld dat je waarneemt.
Noteer twee verschillen tussen het beeld op het netvlies en het beeld dat je waarneemt.

17 **a** Wat is de brandpuntsafstand van een lens?
b Waarom worden holle lenzen ook wel negatieve lenzen genoemd?

18 Lisa zit achteraan in de klas en verveelt zich tijdens de les. Ze houdt haar potlood met uitgestrekte hand tussen zichzelf en het schoolbord. Als ze naar het bord kijkt, dan ziet ze het potlood wazig. Kijkt ze naar haar potlood, dan is het bord wazig.
a Waarom kan Lisa niet tegelijkertijd het schoolbord en haar potlood scherp zien?
b Is de lens van Lisa boller wanneer zij naar haar potlood kijkt of naar het schoolbord?
Leg je antwoord uit.

19 Iemand die verziend is, heeft een bril met positieve glazen nodig.
Hoe zorgen positieve glazen ervoor dat een verziend persoon weer scherp kan zien?

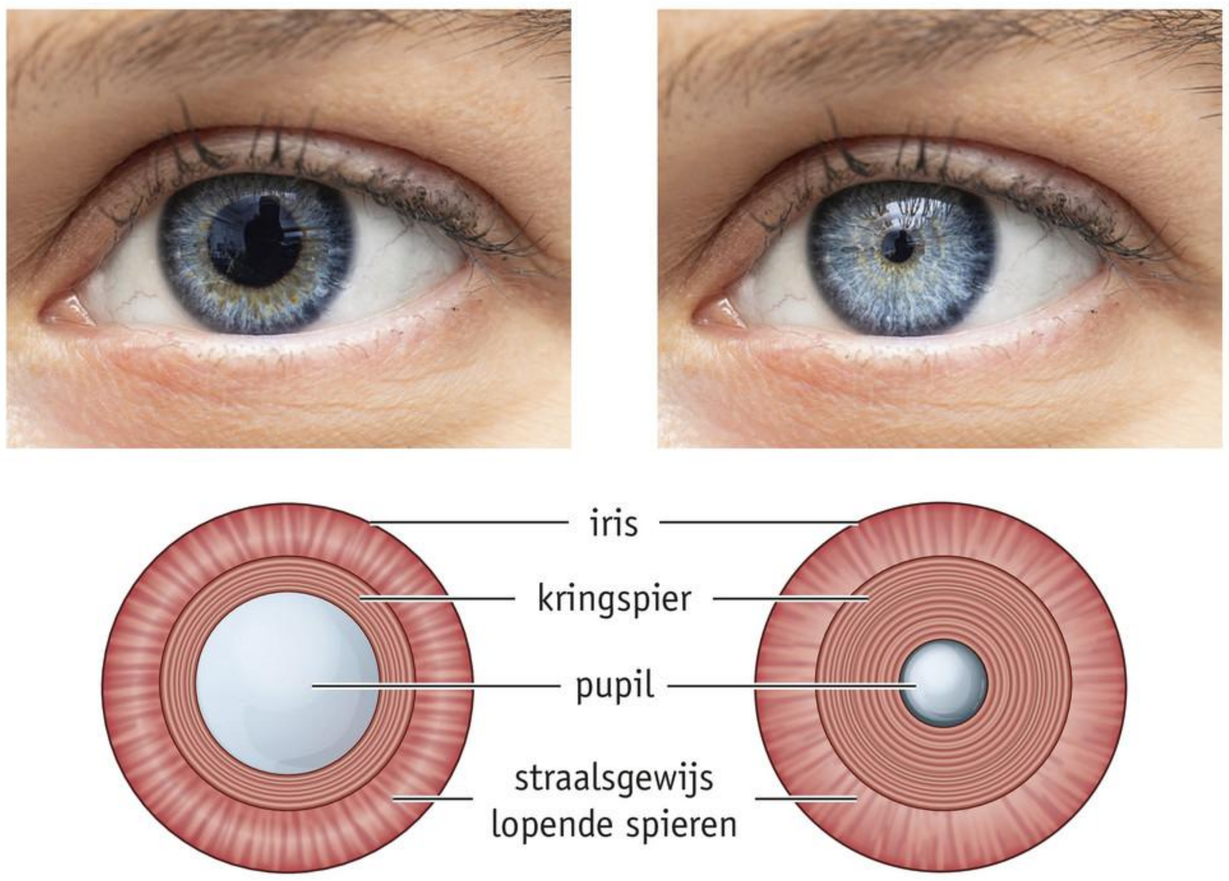
DE PUPILREFLEX

Als er te veel of te fel licht op je netvlies valt, kan dat de lichtreceptoren in het netvlies beschadigen. Je wimpers vormen een eerste bescherming tegen te fel licht, maar de pupilreflex is de belangrijkste bescherming. De pupilreflex regelt de hoeveelheid licht die op je netvlies valt.

In de iris bevinden zich kringspieren en straalsgewijs lopende spieren (zie afbeelding 13). Samen bepalen zij de pupilgrootte. Als de kringspieren zich samentrekken, wordt de pupil kleiner. Als de straalsgewijs lopende spieren zich samentrekken, wordt de pupil groter.

De pupilreflex heeft geen invloed op het accommoderen van je ooglenzen. De spieren voor de pupilreflex bevinden zich in de iris. De spieren voor de accommodatiereflex bevinden zich in het straalvormig lichaam.

■ **Afb. 13** Werking van de pupilreflex.



DE BOUW VAN HET NETVLIES

Vanaf het glasachtig lichaam bestaat het netvlies achtereenvolgens uit een laag zenuwcellen, een laag lichtreceptoren (gezichtszintuigcellen) en een laag pigmentcellen (zie afbeelding 14). De laag pigmentcellen ligt tegen het vaatvlies aan. Het pigment absorbeert licht en beschermt zo de lichtreceptoren tegen te sterke lichtprikkels. Het lichtgevoelige deel van de lichtreceptoren ligt tegen de donkere pigmentlaag aan. Licht dat een oog binnenvalt, gaat in het netvlies dus eerst door de laag zenuwcellen heen voordat het de lichtreceptoren bereikt. De zenuwcellen en lichtreceptoren 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. Daarom komen er op deze plaats in het netvlies geen lichtreceptoren voor.