

BWJ

BIOLOGIE VOOR JOU



MAX

BIOLOGIE 5B

HAVO

NAAM EN KLAS

MALMBERG

BVJ

BIOLOGIE VOOR JOU

**Biologie voor
de bovenbouw**

5 HAVO

deel B

EINDREDACTIE

Claud Biemans
Marianne Gommers

AUTEURS

Carin van Haren
Sander Michon
Sjon van de Sant
Elke de Schrevel

MAX **RELEASE 7.0**

Malmberg 's-Hertogenbosch
www.biologievoorjou.nl

Deel A

Thema 8

STOFWISSELING IN DE CEL

ORIËNTATIE

Koe neemt gas terug	8
Voorkennistoets	
Voorkennisfilmpje	

BASISSTOF

1 Chemie in cellen	10
2 Enzymen	16
3 Fotosynthese	23
4 Voortgezette assimilatie	28
5 Dissimilatie	36
6 Intensiteit van de stofwisseling	43

SAMENHANG

Energiecrisis	50
---------------	----

EXTRA STOF

Stofwisseling bij sport	
Leren en werken	

ONDERZOEK

Practica	52
----------	----

AFSLUITING

Samenvatting	61
Examenopgaven	64

Thema 9

DNA

ORIËNTATIE

Kunnen we mammoeten terugbrengen?	72
Voorkennistoets	
Voorkennisfilmpje	

BASISSTOF

1 DNA	74
2 DNA-replicatie (SE)	82
3 Eiwitsynthese	88
4 Genexpressie	96
5 Mutaties	103
6 DNA-technieken	111

SAMENHANG

DNA van oermens helpt modern immuun- systeem	120
--	-----

EXTRA STOF

Erfelijke ziekten en afwijkingen bij de mens	
Leren en werken	

ONDERZOEK

Practica	122
----------	-----

AFSLUITING

Samenvatting	124
Examenopgaven	128

Thema 10

VOEDING EN VERTERING

ORIËNTATIE

Eten tegen ADHD	136
Voorkennistoets	
Voorkennisfilmpje	

BASISSTOF

1 Voedingsstoffen	138
2 Het verterings- stelsel	150
3 Chemische vertering	159
4 Resorptie	167
5 Gezonde voeding (SE)	174

SAMENHANG

Bacteriën houden je gezond	182
-------------------------------	-----

EXTRA STOF

Functionele voedingsmiddelen	
Leren en werken	

ONDERZOEK

Practica	184
----------	-----

AFSLUITING

Samenvatting	190
Examenopgaven	194

Thema 11

TRANSPORT

ORIËNTATIE

Zij kunnen je bloed wel drinken	8
Voorkennistoets	
Voorkennisfilmpje	

BASISSTOF

1 Het bloed	10
2 Transportsystemen bij dieren	18
3 Het hart	25
4 De bloedvaten	33
5 Weefselvloeistof en lymfe	44

SAMENHANG

Sikkelcellen en malariaparasieten	50
-----------------------------------	----

EXTRA STOF

Lymfoedeem	
Cardiofysiologisch laborant	

ONDERZOEK

Practica	52
----------	----

AFSLUITING

Samenvatting	56
Examenopgaven	60

Thema 12

GASWISSELING EN UITSCHIEDING

ORIËNTATIE

Een duik in het diepe	68
Voorkennistoets	
Voorkennisfilmpje	

BASISSTOF

1 Gaswisseling	70
2 Longventilatie	79
3 De lever	86
4 De nieren	92
5 De huid	101

SAMENHANG

De ultramarathon: sport of waanzin?	106
-------------------------------------	-----

EXTRA STOF

Duiken	
Leren en werken	

ONDERZOEK

Practica	108
----------	-----

AFSLUITING

Samenvatting	114
Examenopgaven	118

Thema 13

AFWEER

ORIËNTATIE

Björns wereldrecord	126
Voorkennistoets	
Voorkennisfilmpje	

BASISSTOF

1 Bescherming	128
2 Aangeboren en verworven afweer	136
3 Immuniteit	148
4 Transplantatie en bloedtransfusie	155

SAMENHANG

Waar komen nieuwe ziekten vandaan?	164
------------------------------------	-----

EXTRA STOF

Allergie	
Een presentatie over xenotransplantatie of stamceltherapie	

ONDERZOEK

Practica	166
----------	-----

AFSLUITING

Samenvatting	168
Examenopgaven	172

Thema 14

SAMENHANG IN DE BIOLOGIE

BASISSTOF

1 Energie, de basis van leven	181
2 Energie uit voedsel	183
3 De evolutie van energieopslag bij mensen	187
4 De energiestroom in een ecosysteem	190
5 Mensen beïnvloeden de energiebalans van de aarde	193

EXAMENTRAINER

1 Het centraal examen	202
2 BiNaS gebruiken	204
3 Open vragen	210
4 Meerkeuzevragen	220
5 Leren voor het centraal examen	224
6 Antwoorden oefenopgaven	226

Register	232
Colofon	234

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.

Inleiding in de biologie // Basisstof 1 BIOLOGIE IS OVERAL

LEERDOELEN

- 1.1.1 Je kunt beschrijven wat biologie is en uitleggen dat biologie op veel gebieden een rol speelt.
1.1.2 Je kunt het verschil tussen levensloop en levenscyclus beschrijven.
1.1.3 Je kunt de organisatie-niveaus van de biologie benoemen en uitleggen dat op elk hoger organisatie-niveau nieuwe eigenschappen kunnen ontstaan.

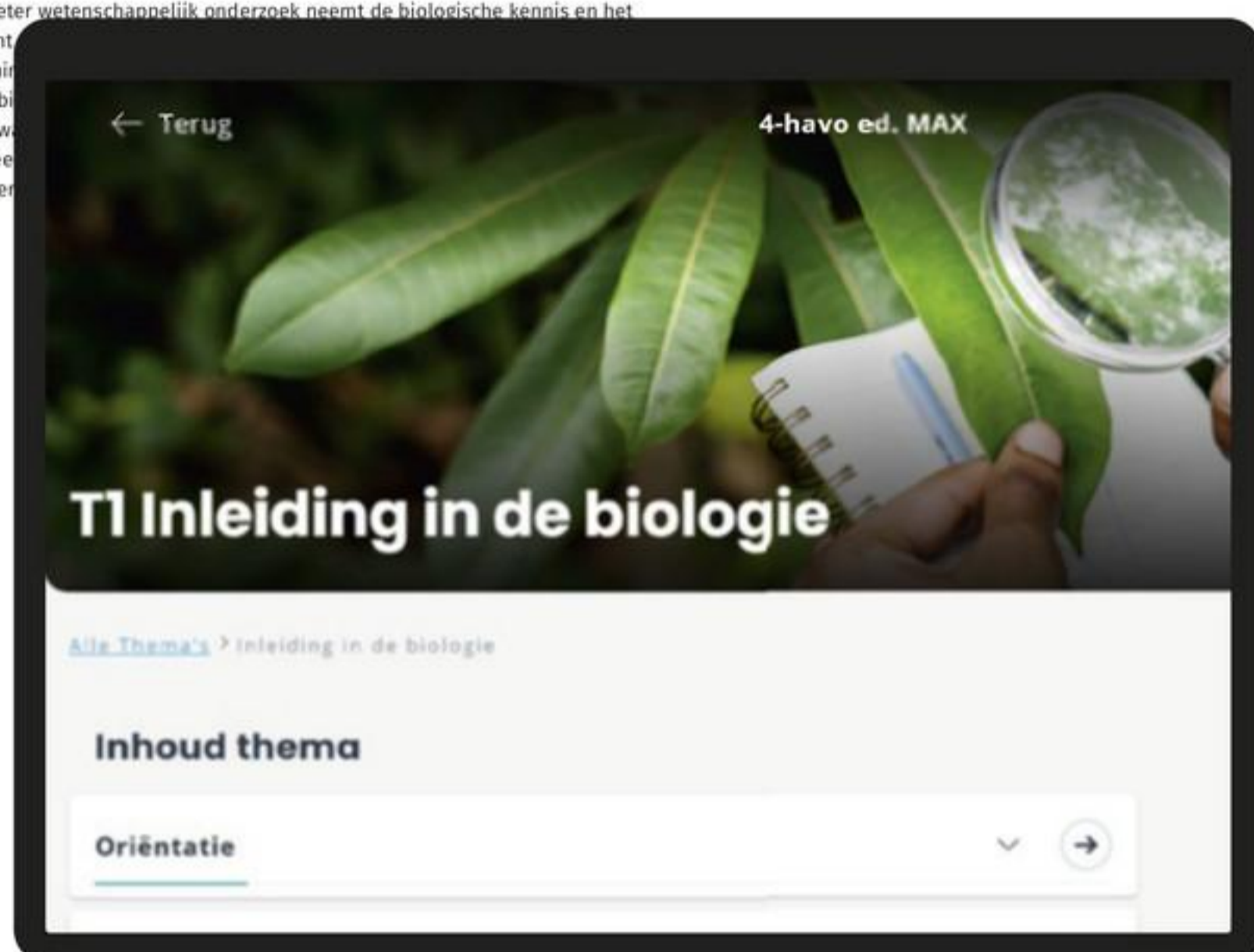
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	1.1.1	1.1.2	1.1.3
Onthouden	1		4a, 5c
Begrijpen		2, 3	4b, 5ab
Toepassen		10	6, 7, 8b, 9
Analyseren		11, 12	8a

Wat is de overeenkomst tussen een onderzoeker, een fysiotherapeut en een boswachter? Een onderzoeker moet veel weten van DNA-sporen, een fysiotherapeut alles over spieren en gewrichten en een boswachter kent de relaties tussen alle planten en dieren in het bos. Alle drie kunnen ze niet zonder kennis van biologie.

BIOLOGIE: ONMISBAAR VOOR DE SAMENLEVING

Onderwerpen die met het vak biologie te maken hebben, kom je overal tegen: in je dagelijks leven, in wetenschappelijk onderzoek, maar ook in veel beroepen heb je biologische kennis nodig (zie afbeelding 1). Fysiotherapeuten en verpleegkundigen hebben kennis nodig van het menselijk lichaam. In de landbouw wordt biologische kennis gebruikt om op een veilige manier gezonde voeding te produceren. Onderzoekers maken gebruik van biologische kennis om moordzaken op te lossen. Biologische kennis is dus heel divers. Biologie is een van de natuurwetenschappen. In de natuurwetenschappen bestuderen wetenschappers natuurverschijnselen. Andere natuurwetenschappen zijn onder andere scheikunde, natuurkunde en geologie. Tussen biologie en deze natuurwetenschappen bestaan overgangsgebieden, zoals biochemie, biomedische technologie en paleontologie.

Door meer en beter wetenschappelijk onderzoek neemt de biologische kennis en het biologisch inzicht toe. Dit kan tot nieuwe ontdekkingen leiden, zoals de ontwikkeling van nieuwe voedingsmiddelen en veiligheidsmaatregelen. Een situatie waarvoor biologische kennis nodig is, is bijvoorbeeld de veiligheid van voedsel. Voorbeelden van biologische kennis in het dagelijks leven zijn de veiligheid van voedsel en het gebruik van antibiotica.



Inleiding in de biologie // Onderzoek PRACTICA

Practicumopdracht 1

ONDERZOEKSDOEL

- 1.0.6 Je kunt de zichtbare delen van een plantencel herkennen en benoemen. ▶ Basisstof 3
▶ Vaardigheden 1, 2, 3 en 4

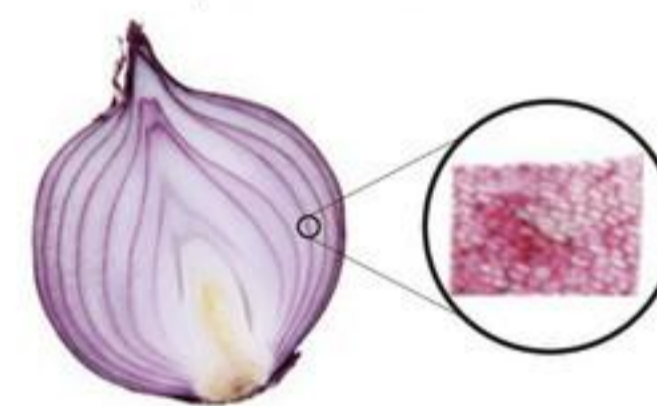
Een plantaardige cel

30 minuten

INLEIDING

Een ui bestaat uit rokken. Cellen met rode kleurstof zitten in de cellen aan de buitenkant van de buitenste rokken van de rode ui (zie afbeelding 1). In dit practicum bekijk je enkele organellen in een plantaardige cel van een rode ui en maak je een schematische tekening.

■ Afb. 1 Vliesje van de buitenkant van de rok van een ui.



ONDERZOEKSVRAAG

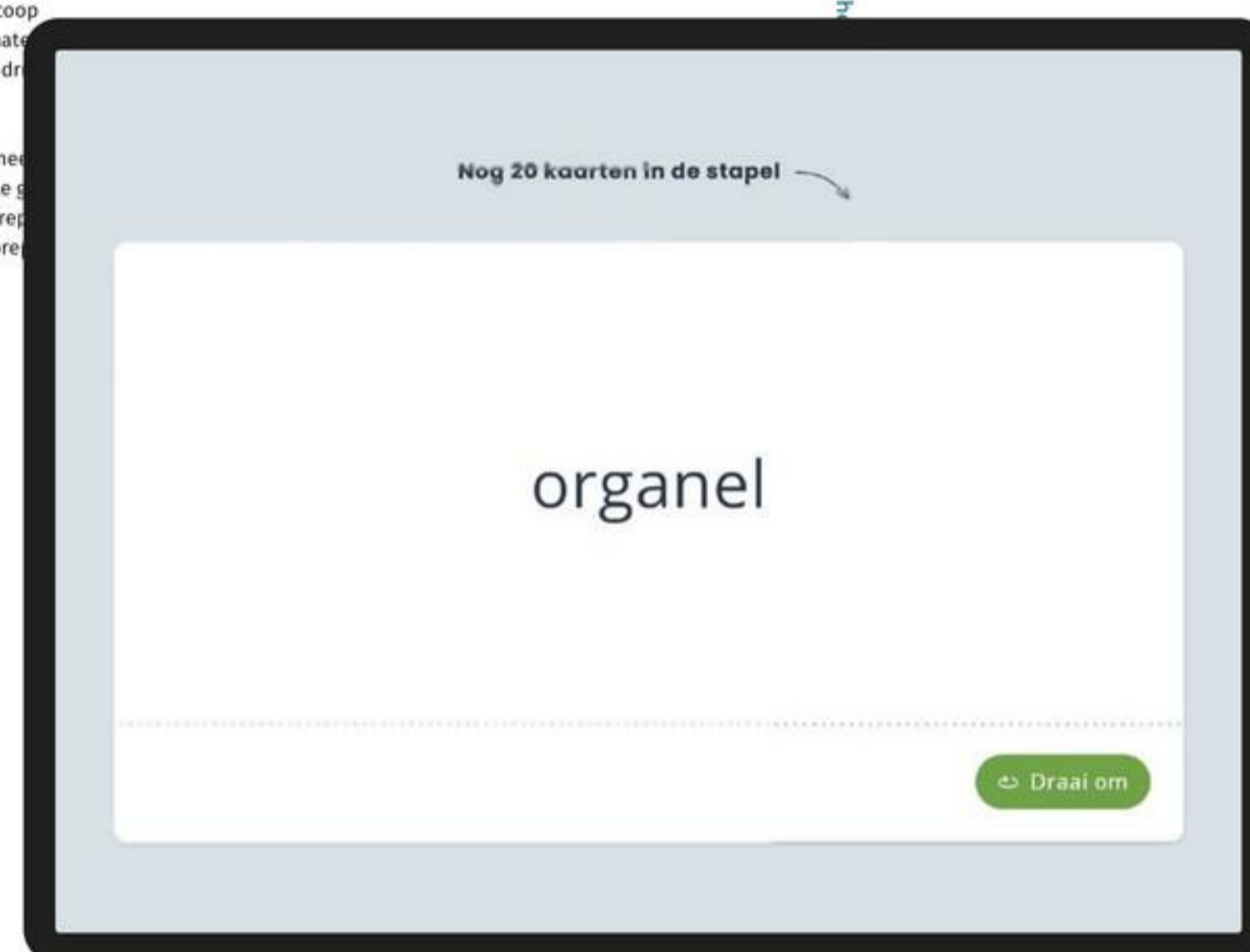
Hoe zien cellen van een rode ui eruit?

MATERIAAL

- een rode ui
- een microscoop
- preparaatplaat
- dekglaasje, dr...

METHODE

- Maak een snee van de ui.
- Het vliesje te...
- Maak een prep...
- Bekijk het pre...



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 *Voor-kennistoets* en *Voor-kennisfilmpjes*), 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 taxonomie-niveau 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 examen-opgaven 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 organisatie-niveaus. 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*, *Test jezelf* en de *Examentrainer*. In thema 14 *Samenhang in de biologie* leer je de samenhang tussen biologische eenheden en processen nog beter te begrijpen.

Inleiding in de biologie // Samenhang

DE GROTE SCHOONMAAK VAN DE OCEANEN

LEERDOELEN

1.S.1 Je kunt de schadelijke invloed van plastic toelichten voor verschillende organisatie-niveaus van de biologie.

1.S.2 Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair en/of ecologisch en/of vorm-functie-denken toepassen op de gevolgen van het plasticprobleem.

In 2019 werd meer dan twaalf miljoen ton plastic in zee gedumpt. Door zeestroming verzamelt het plastic zich in vijf grote gebieden in de oceanen. Het grootste gebied is de Great Pacific Garbage Patch, een gebied dat drie keer zo groot is als Frankrijk en 80 miljoen kilo plastic bevat (zie afbeelding 1).

Al dit plastic in zee is niet alleen lelijk, het kan ook schade toebrengen aan dieren en mensen. Dieren kunnen bijvoorbeeld verstrikt raken in netten en hierdoor verminkt raken of verdrinken (zie afbeelding 2). Een ander probleem is dat plastic niet afbreekbaar is. Door water, wind en uv-stralen worden plastic deeltjes steeds kleiner, maar ze verdwijnen niet. Als de deeltjes klein genoeg zijn, zien dieren ze vaak voor voedsel aan. Ze kunnen het plastic nietverteren of uitscheiden. Het bevat ook geen voedingsstoffen, daarom sterven de dieren door ondervoeding. Bijna alle zeevogels die dood worden gevonden hebben plastic in hun maag.

Als de plastic deeltjes kleiner zijn dan 5 millimeter noem je ze microplastics. Vaak zijn microplastics zo klein dat je ze niet met het blote oog kunt zien. Microplastics komen bijvoorbeeld ook vrij door slijtage van kleding. Daarnaast verwerkt de industrie microplastics in tandpasta en cosmetica.

Onderzoek wijst uit dat er ook microplastics in onze voedselketen zitten. Voedingsmiddelen zoals vissen, schelpdieren, water in petflesjes, honing, bier en zeezout blijken besmet met microplastics. Bij zwangere vrouwen werden microplastics in de placenta aangetroffen.

De vraag of microplastics schadelijk zijn, wordt onderzocht door toxicologen. Toxicologen zijn wetenschappers die de effecten van gifstoffen op organismen onderzoeken. Microplastics kunnen bijvoorbeeld ontstekingen van organen veroorzaken. In vissen werden microplastics aangetroffen in de hersenen, waardoor hun gedrag veranderde.

Toen de 16-jarige zag dan vissen, bleef hij voor zijn profielwerkstuk. In 2012 startte hij met een V-ontwikkelingsplan. Na veel testen kwam hij tot een afval opgevoerd. In 2013 begon hij met het beginnen. Hopen dat de kinderen van school genieten van school.

Inleiding in de biologie » Thema 1 Samenhang

60

1.2 Organen, weefsels en cellen | Test jezelf

Test jezelf

Zo werkt Test jezelf

- Met Test jezelf test je jouw kennis van leerdoelen.
- Je kunt tussendoor stoppen en later verder gaan.
- Als je klaar bent, zie je welke leerdoelen je beheerst en welke niet.
- Je krijgt geen cijfer voor een Test jezelf.

Deze Test jezelf gaat over

Leerdoel A
Je kunt organen, weefsels, organen, weefsels en cellen bij een mens herkennen en kenmerken en functies beschrijven.

Leerdoel B
Je kunt beschrijven dat groepen cellen in een weefsel, orgaan of organisme een gezamenlijke functie uitoefenen.

Leerdoel C
Je kunt bij (delen van) organismen het verband aangeven tussen vorm en functie.

Inleiding in de biologie // Afsluiting

EXAMENOPGAVEN

PAS OP VOOR TEKENBETEN!
Naar: examen havo 2021-1, vraag 1 en 2.
Tijdens een introductieactiviteit van de hbo-opleiding Bos- en natuurbeheer spelen Stijn en zijn medestudenten een kennismakingspel in het bos. Aan het eind van de dag wordt tegen alle studenten gezegd dat ze zich goed moeten controleren op teken.

Teken (*Ixodes ricinus*, afbeelding 1) wachten in het gras of in laag struikgewas op voorbijkomende dieren of mensen die hun een bloedmaaltijd kunnen verschaffen. Ze hechten zich met hun zuignut (afbeelding 2) aan hun slachtoffer en voeden zich vervolgens met bloed uit de bloedvaten van de huid.

Afb. 1 Afb. 2

vergroting 100 x

1p 1 Noteer een kenmerk van de bouw van de zuignut dat zichtbaar is in afbeelding 2 en geef aan waardoor dit kenmerk de zuignut geschikt maakt voor zijn functie.

De dikte van de opperhuid van een mens is tussen 30 en 2500 micrometer dik, afhankelijk van de plaats op het lichaam.

2p 2 Bepaal, aan de hand van afbeelding 2, hoeveel micrometer de zuignut van de teek kan doordringen in de menselijke huid. Noteer je berekening.

1p 3 Licht toe dat dit voldoende is om bloedvaten van een mens te kunnen bereiken.

DE ZIEKTE VAN DE POLIEPEN
Bron: examen havo 2013-1, vragen 21 en 22.
Het eiwit dat betrokken is bij de symbiose in het orgaan dat...

1. Examentrainer | Opdrachten

Lees voor

Overal gaat het slecht met het koraal. Op sommige plaatsen zijn de koraalriffen verdwenen, op andere plaatsen ernstig aangetast. Koraal lijkt misschien op een plant maar in werkelijkheid bestaat het uit poliepen: koraaldiertjes. De koraaldiertjes zijn hooguit een paar centimeter groot en leven in een doosje van kalk. Ze halen met hun tentakels plankton uit het water. De koraalpoliepen leven samen in grote kolonies. Eén-cellige algen leven in symbiose met de poliepen.

Opdracht 6

Koraal
Naar: pilot examen havo 2013-1, vragen 21 en 22.
Lees bron 4.

De poliepen leven in helder water tot hooguit negentig meter diepte waarvan de temperatuur mag variëren tussen 25 °C en 29 °C. Dat koralen niet op grotere diepten voorkomen, komt doordat zij in symbiose met algen leven. Beide organismen profiteren van deze samenlevingsvorm.

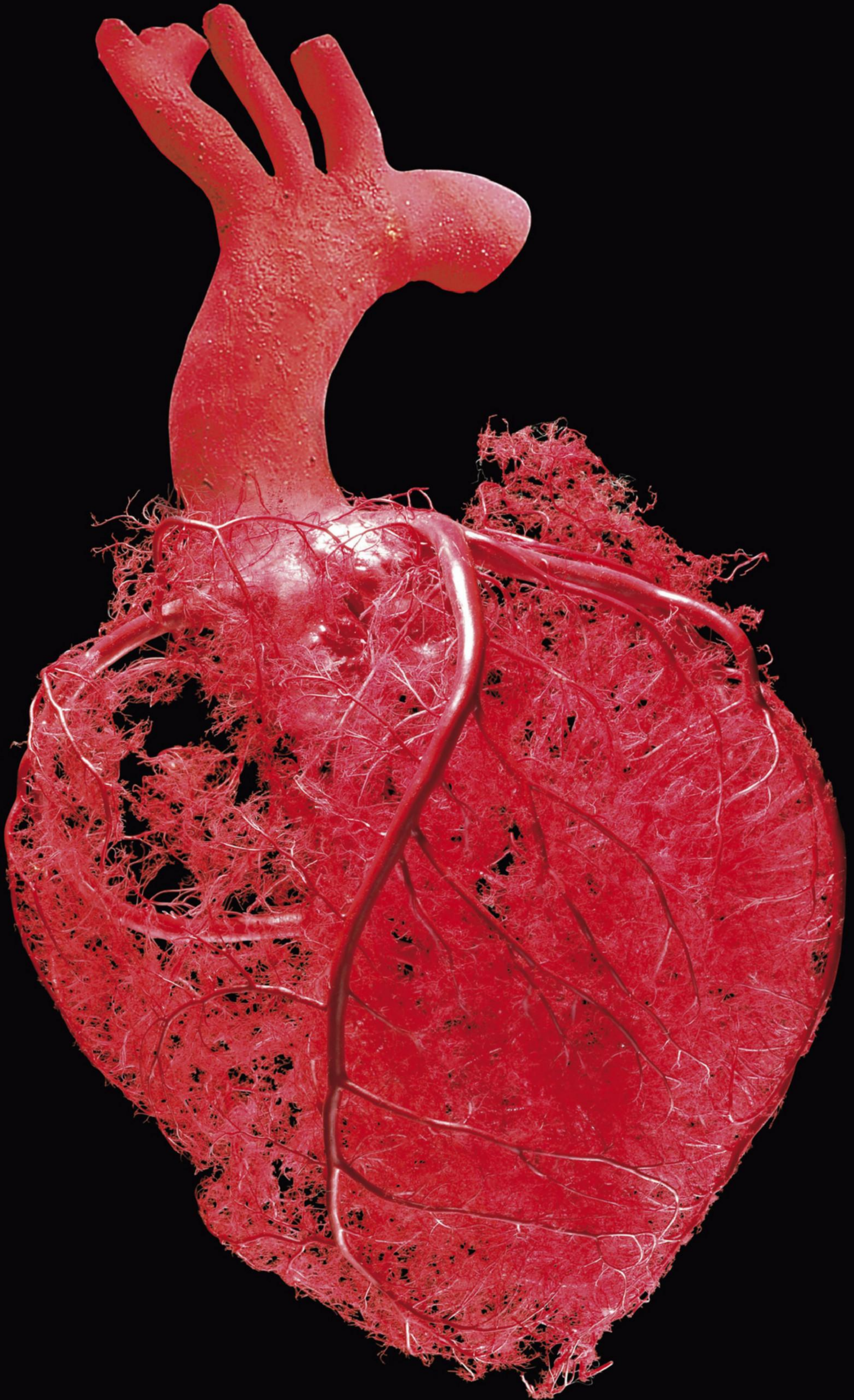
Leg uit dat deze symbiose tussen poliep en alg niet op grotere diepten kan voorkomen.

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 11

TRANSPORT

Alle cellen van meercellige organismen hebben stoffen nodig en geven afvalstoffen af. Om alle cellen te bereiken, bezitten deze organismen speciale transportsystemen. Organen zijn bijvoorbeeld verbonden met vaten die stoffen kunnen aanvoeren en afvoeren. Bij dieren en mensen zorgt een hart meestal voor de circulatie van de vloeistof in de vaten. In dit thema leer je over de bouw en werking van deze transportsystemen.

Inhoud

ORIËNTATIE

Zij kunnen je bloed wel drinken	8
Voorkennistoets	
Voorkennisfilmpje	

BASISSTOF

1 Het bloed	10
2 Transportsystemen bij dieren	18
3 Het hart	25
4 De bloedvaten	33
5 Weefselvloeistof en lymfe	44

SAMENHANG

Sikkelcellen en malariaparasieten	50
-----------------------------------	----

EXTRA STOF

Lymfoedeem	
Cardiofysiologisch laborant	

ONDERZOEK

Practica	52
----------	----

AFSLUITING

Samenvatting	56
Examenopgaven	60

ZIJ KUNNEN JE BLOED WEL DRINKEN

Graaf Dracula is een vampier. Hij bijt zijn slachtoffers in de nek en drinkt hun bloed totdat ze sterven. Gelukkig is Dracula een personage dat alleen voorkomt in romans en films. Er bestaan wel verschillende dieren die graag je bloed willen drinken. Maar zij laten hun 'slachtoffers' liever in leven, want zo valt er de volgende dag ook nog wat te halen.

Het drinken of eten van bloed is een voedingsstijl die in het hele dierenrijk voorkomt. Vissen, insecten (bijvoorbeeld muggen en teken), wormen (bloedzuigers), zoogdieren (vampieren) en vogels zijn dieren die deze vloeistof drinken. Vampieren zijn vleermuissoorten die leven in Zuid-Amerika. Al deze dieren doen aan hematofagie, dat in het Grieks 'bloed eten' betekent.

Een bloed drinkend dier waar je regelmatig mee hebt te maken, is de mug. Over muggen bestaan nogal wat misverstanden. Zo drinken lang niet alle muggen bloed. Sommige soorten drinken helemaal geen bloed en leven voornamelijk van nectar en stuifmeelkorrels (pollen). Bij de soorten die aan hematofagie doen, drinken alleen de

vrouwtjes bloed. Dat doen ze vooral wanneer het tijd is om eitjes te leggen. Het bloed geeft ze de voedingsstoffen die nodig zijn voor de ontwikkeling van de eitjes.

Om te kunnen overleven op een dieet van bloed moeten dieren zich aanpassen, want het consumeren van bloed is niet zonder risico's. Het grootste risico voor deze dieren is dat ze worden ontdekt voordat ze klaar zijn met eten. Het slachtoffer verdedigt zich uiteraard. Een mug die bloed prikt bij een mens (zie afbeelding 1) neemt het op tegen een dier dat meer dan 20 miljoen keer zo groot is. Als je dan wordt ontdekt, is de kans groot dat je de confrontatie niet overleeft.

■ **Afb. 1** Een mug drinkt bloed.



Om zo lang mogelijk ongestoord bloed van hun gastheer te kunnen blijven drinken, injecteren muggen, bloedzuigers en teken eerst speeksel in de gastheer. Dit speeksel bevat onder andere stoffen die werken als pijnstillers, stollingsremmers en middel om een bloedvat wijder te maken. Dankzij deze stoffen worden ze minder snel opgemerkt.

Het is dus niet de bedoeling van deze bloeddrinkers om hun gastheer te doden. Helaas kan de gastheer wel last krijgen van nare verschijnselen, zoals jeukende bulten, of wondjes die blijven bloeden of gaan ontsteken. Ook kunnen de bloeddrinkers

ziekten op hun slachtoffers overdragen. Zo kunnen teken de ziekte van Lyme en hersenvliesontsteking (teken-encefalitis) overdragen. Muggen kunnen malaria en knokkelkoorts overbrengen en vampiervleermuizen dragen bij aan het verspreiden van hondsdolheid. De teken en muggen zelf hebben geen last van deze ziekteverwekkers.

Bloed drinken is dus een levensstijl met een hoog gezondheidsrisico voor zowel het slachtoffer als de dader. Voor de dader is dit risico meestal onvermijdelijk, omdat het drinken van bloed noodzakelijk is om te kunnen overleven.


Opdrachten

- 1 Noem drie stoffen die door bloed worden vervoerd.
- 2 Waarom is bloed een levensbelangrijke vloeistof?
- 3 Waarom hebben dieren die zich voeden met bloed een grotere kans op ijzervergiftiging dan dieren met een ander dieet?
- 4 In het speeksel van muggen, teken en bloedzuigers komen onder andere stoffen voor die werken als pijnstillers, stollingsremmers en als middel om vaten wijder te maken. Wat is het belang van deze stoffen voor de bloeddrinker?
- 5 Tekenen zijn kleine spinachtige diertjes (zie afbeelding 2) die zich voeden met het bloed van zoogdieren. Ze kunnen zich soms ongemerkt uren- of dagenlang volzuigen met bloed van hun gastheer. Ongeveer 25% van de teken in Nederland is besmet met de bacterie die de ziekte van Lyme kan veroorzaken. Toch krijgen lang niet alle mensen die zijn gebeten door een teek deze ziekte.

Wanneer is het verstandig om naar de huisarts te gaan om je te laten testen op de ziekte van Lyme als je door een teek bent gebeten? Gebruik internet om dit op te zoeken.

■ **Afb. 2** Teek (*Ixodes ricinus*).



 [Ga naar de Voorkennistoets en het Voorkennisfilmpje.](#)

NEFROTISCH SYNDROOM

Kim Groenveld (zie afbeelding 33) lijdt al jaren aan het nefrotisch syndroom. 'Toen ik 7 jaar was, kreeg ik opeens allerlei klachten, zoals extreme vermoeidheid en een opgezet oog. De huisarts ontdekte dat mijn nieren niet goed werkten. Bij mij zijn sommige niereenheden beschadigd en daardoor verloor ik te veel belangrijke eiwitten via mijn urine. Mijn lichaam kon het eiwitverlies niet voldoende aanvullen. Er ontstond een tekort aan eiwitten in het bloed en dat veroorzaakte de klachten. Ik moest meteen door naar het ziekenhuis en kreeg prednison. Door dit medicijn hield ik vocht vast en kreeg ik een opgeblazen gezicht.

Het ging aanvankelijk goed met me, maar mijn nier werkte maar voor 20%. Als een nier voor 12% werkt, moet je aan transplantatie of dialyse gaan denken.

Uiteindelijk moest ik in 2010 toch aan de dialyse. Ik moest drie keer per week vier uur lang in het ziekenhuis aan het dialyseapparaat. Dit had een enorme impact op mijn (sociale) leven. Ik moest altijd rekening houden met de planning van het ziekenhuis. Een gewone schooldag, spontaan afspreken of sporten werd al snel bijzonder.

Mijn vader had ondertussen laten onderzoeken of hij mogelijk een nier aan mij kon afstaan.

Gelukkig is er in december 2010 een succesvolle niertransplantatie uitgevoerd met de nier van mijn vader. De getransplanteerde nier doet het gelukkig nog steeds goed en ik heb mijn gewone leven weer terug.'

Naar: www.nierstichting.nl.

■ Afb. 33 Kim Groenveld.



Opdrachten

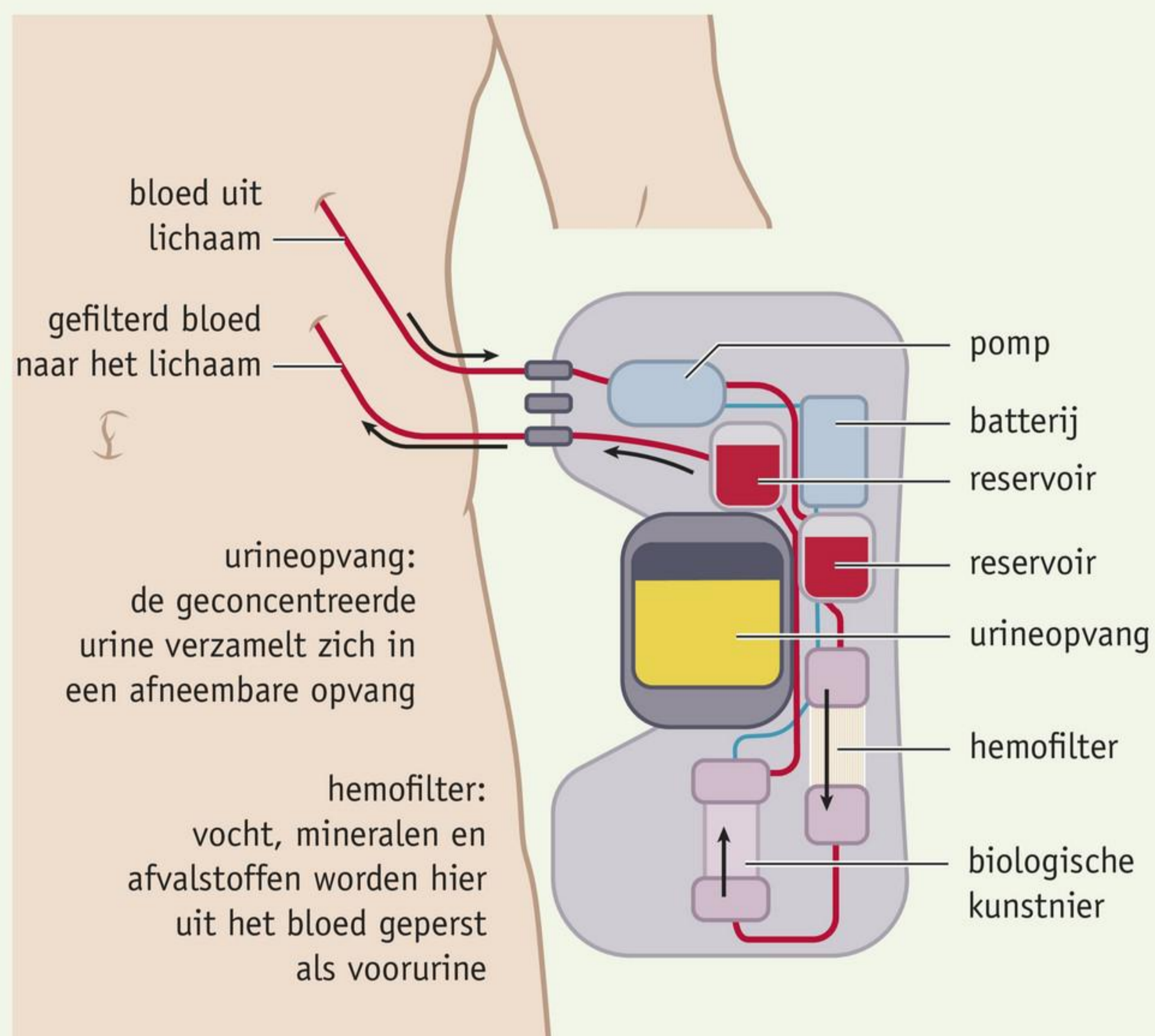
- 43** Draagbare kunstnier komt dichterbij
Naar: Voorronde Biologie Olympiade 2012, vraag 1 t/m 5.
De Nierstichting streeft naar ontwikkeling van een implanteerbare kunstnier. De eerste stap hiertoe is een variant van de nierdialyse: de uitwendig draagbare kunstnier (zie afbeelding 34). Dit apparaat kan het bloed van de nierpatiënt continu zuiveren. De draagbare kunstnier moet met de bloedsomloop worden verbonden.
- Aan welk type bloedvat moet je slangetje 1 van de draagbare kunstnier bevestigen? Leg je antwoord uit.

- Aan welk type bloedvat moet je slangetje 2 van de draagbare kunstnier bevestigen? Leg je antwoord uit.
- Het ontwerp van de kunstnier is gebaseerd op de bouw en werking van een echte nier. Zo komt het hemofilter (zie afbeelding 34) wat werking betreft overeen met een functioneel deel van een niereenheid. Hoe heet dit deel?

- d** Het meest innovatieve onderdeel van de draagbare kunstnier is het compartiment dat je de biologische kunstnier noemt (zie afbeelding 34).
Welke functie moet deze biologische kunstnier uitvoeren?

- e** Doel van de Nierstichting is de ontwikkeling van een implanteerbaar type kunstnier. Dit is een nieuwe ontwerpuitdaging. Het apparaat moet kleiner worden en moet betrouwbaar zijn.
Er is één onderdeel van de draagbare kunstnier (zie afbeelding 34) dat moet worden aangepast, omdat implantatie anders niet mogelijk is. Ook niet als het apparaat kleiner is.
Welk onderdeel is dit? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 34** Een draagbare kunstnier.



5 DE HUID

LEERDOELEN

12.5.1 Je kunt de bouw en functies van de huid beschrijven.

12.5.2 Je kunt uitleggen hoe de lichaamstemperatuur min of meer constant wordt gehouden door de huid.

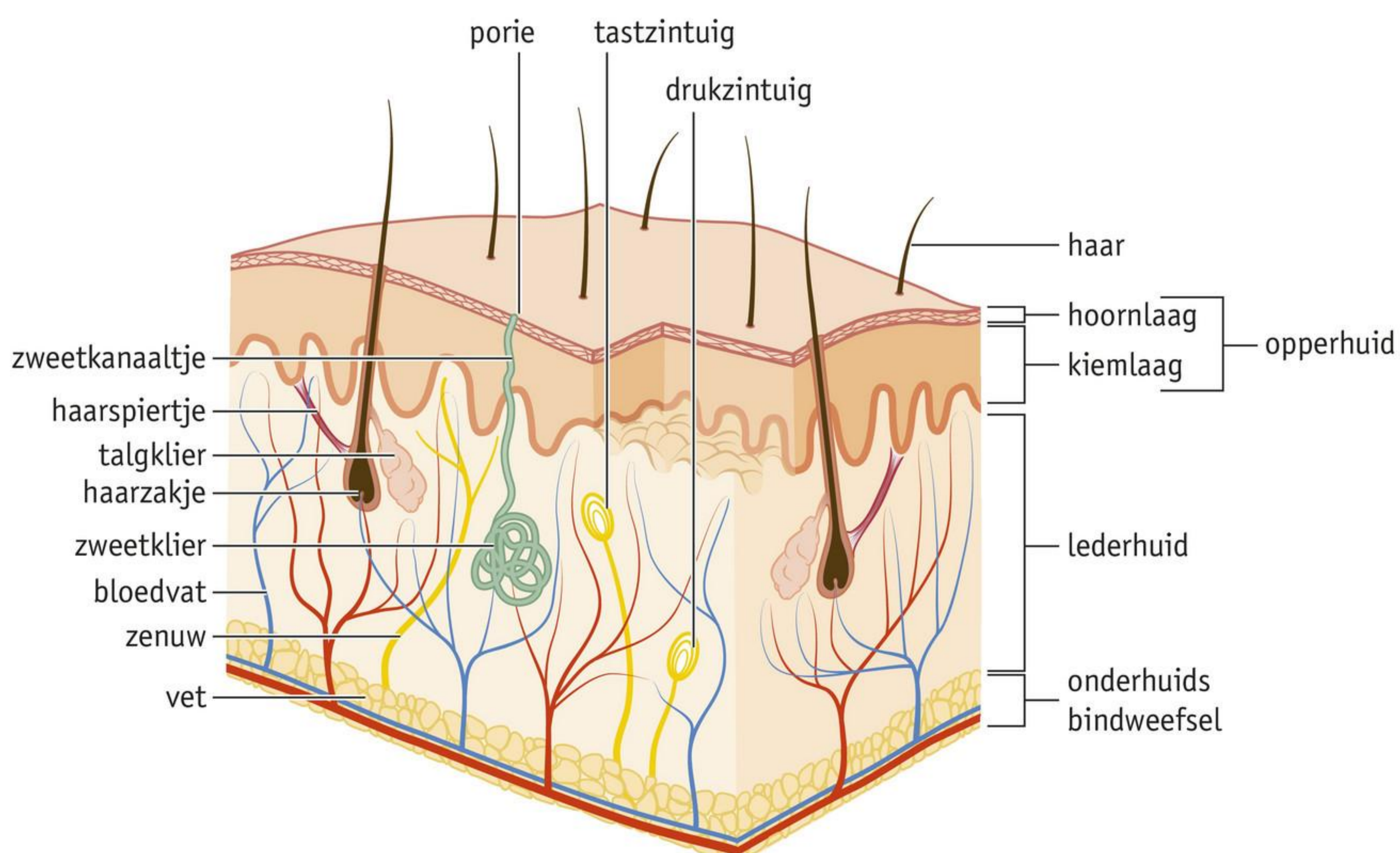
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	12.5.1	12.5.2
Onthouden	44	
Begrijpen	45b, 46, 51, 52	45a
Toepassen	49a, 55	47, 53
Analyseren	49b, 54	48, 50

Je huid is het grootste orgaan van je lichaam en weegt bij elkaar meer dan elk ander orgaan. Je huid beschermt je lichaam tegen invloeden van buiten en zorgt ervoor dat je lichaam op de juiste temperatuur blijft.

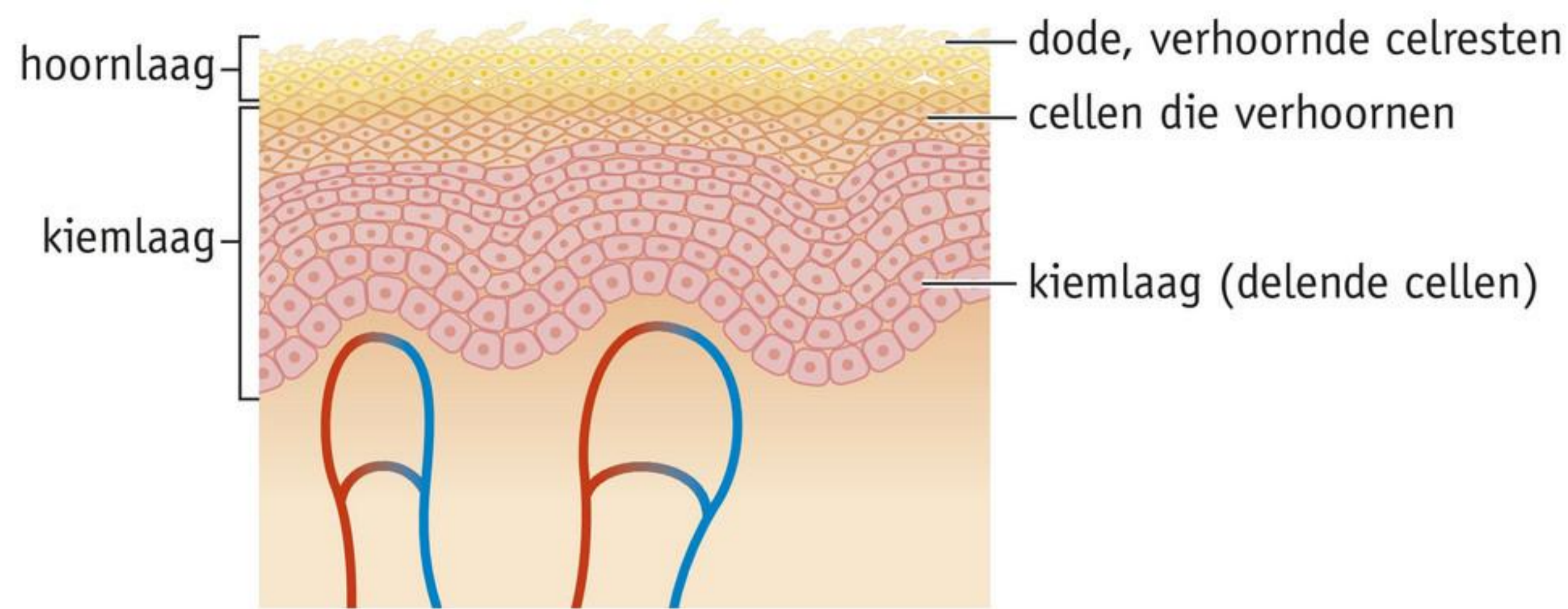
BOUW VAN DE HUID

De **huid** bestaat uit twee lagen: de opperhuid en de lederhuid (zie afbeelding 35 en **BiNaS** tabel 87A). De opperhuid wordt gevormd door de hoornlaag en de kiemlaag. De hoornlaag bestaat uit dode, verhoornde epitheelcellen (dekweefselcellen). De hoornlaag beschermt tegen beschadiging, uitdroging en infecties. De hoornlaag slijt aan de buitenkant steeds af. Op sommige plaatsen wordt de hoornlaag extra dik (eelt). De kiemlaag bestaat uit levende epitheelcellen. De onderste laag cellen van de kiemlaag deelt zich voortdurend. De bovenliggende lagen cellen schuiven op naar buiten, verhoornen en sterven af (zie afbeelding 36).

■ **Afb. 35** De huid en het onderhuidse bindweefsel.



■ **Afb. 36** De verhoorning van de opperhuid.

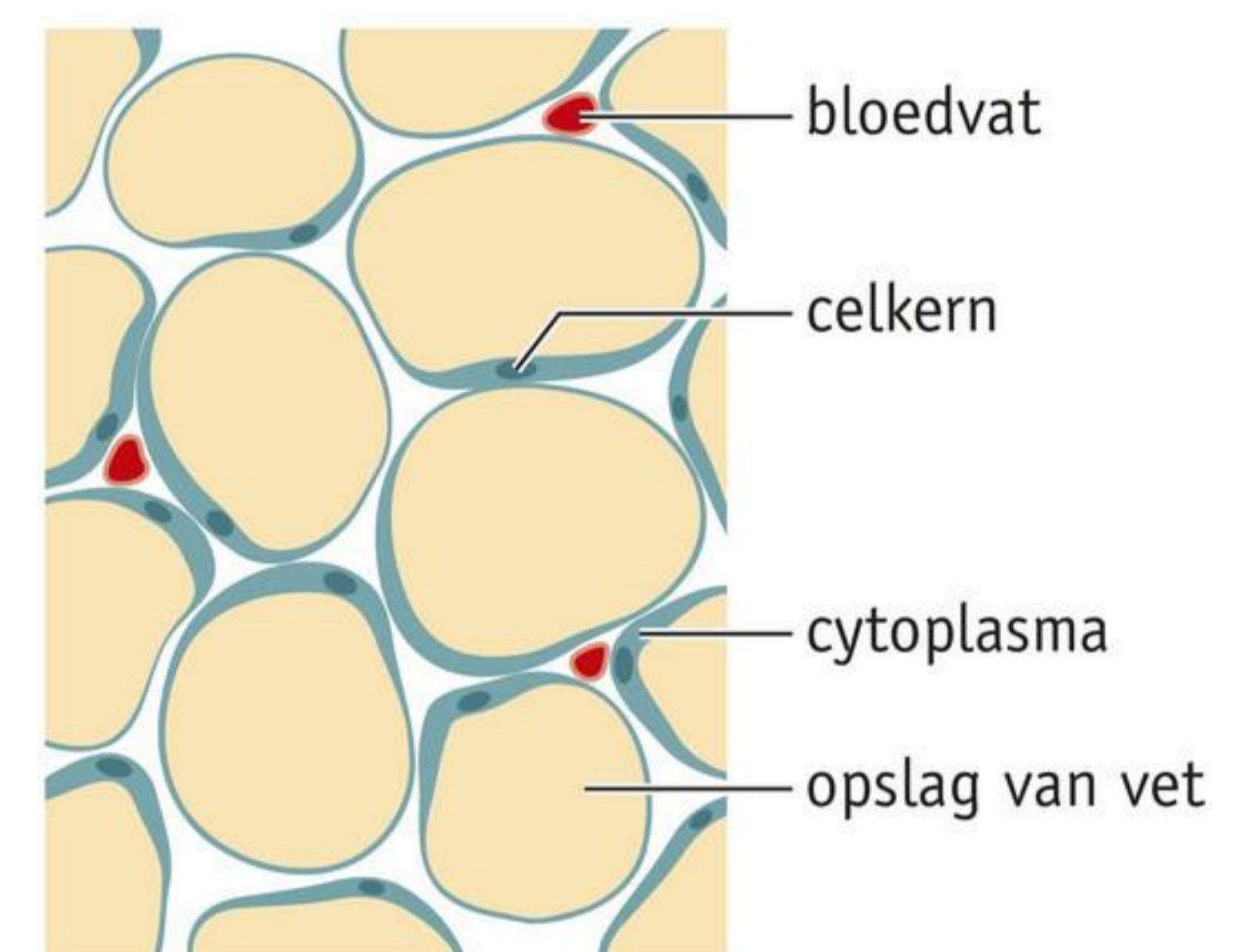


In de opperhuid liggen geen bloedvaten. De epitheelcellen in de kiemlaag krijgen voedingsstoffen en zuurstof via de weefselvloeistof vanuit de lederhuid. In de kiemlaag liggen pigmentvormende cellen. Deze cellen maken de kleurstof melanine die de kleur geeft aan je huid.

Door de opperhuid heen groeien haren. Haren groeien vanuit haarzakjes (uitstulpingen van de kiemlaag in de lederhuid). In haarzakjes bevinden zich talgklieren die talg afscheiden. Talg is een vette stof die het haar en de hoornlaag beschermt en soepel houdt.

In de lederhuid liggen zenuwcellen (neuronen), uitlopers van zenuwcellen, haarspiertjes, bloedvaten en **zweetklieren**. Onder de huid ligt het onderhuidse bindweefsel. Het onderhuidse bindweefsel is verspreid over het hele lichaam, behalve waar de huid dun is, zoals op de oogleden, tepels, geslachtsorganen en het scheenbeen. In het onderhuidse bindweefsel ligt vet opgeslagen in vetcellen (zie afbeelding 37). Dit zijn relatief grote cellen (ongeveer 0,1 mm) met een grote vacuole waarin het vet is opgeslagen. Het onderhuidse bindweefsel beschermt vitale organen en het vet zorgt voor isolatie.

■ **Afb. 37** Vetcellen.



TEMPERATUURREGULATIE

Elk organisme heeft een ideale temperatuur en een onder- en bovengrens. Bij oververhitting of onderkoeling kunnen de vitale lichaamsfuncties afnemen en zelfs uitvallen. Via **regelkringen** kunnen organismen de gewenste lichaamstemperatuur herstellen of in stand houden. Dit noem je **temperatuurregulatie** of thermoregulatie.

Bij de mens wordt de temperatuurregulatie aangestuurd door de hypothalamus. De huid speelt hierbij een belangrijke rol. In de hypothalamus bevindt zich een temperatuurzintuig dat de temperatuur van het langsstromende bloed registreert. Informatie over de temperatuur van het **uitwendige milieu** van het lichaam ontvangt de hypothalamus van de koude- en warmtezintuigen in de lederhuid.

Het lichaam geeft via de huid warmte af aan de omgeving. Deze warmteafgifte is groter naarmate het verschil tussen de temperatuur van de huid en de omgevingstemperatuur groter is. De temperatuur van de huid kan worden geregeld, doordat de bloedvaten in de huid wijder worden. Daardoor stroomt er meer (warm) bloed door de huid, waardoor de warmteafgifte van het lichaam groter wordt.

Warmteafgifte vindt ook plaats door uitscheiding van zweet door de huid. **Zweet** wordt geproduceerd door de zweetklieren in de lederhuid en bestaat voornamelijk uit water en zouten. Zweet wordt uitgescheiden via de poriën. Door verdamping van het water uit zweet wordt warmte aan het lichaam onttrokken. Zweet bevat ook geurstoffen. Huidbacteriën halen voedingsstoffen uit zweet. De afvalstoffen die de bacteriën produceren, veroorzaken zweetlucht.

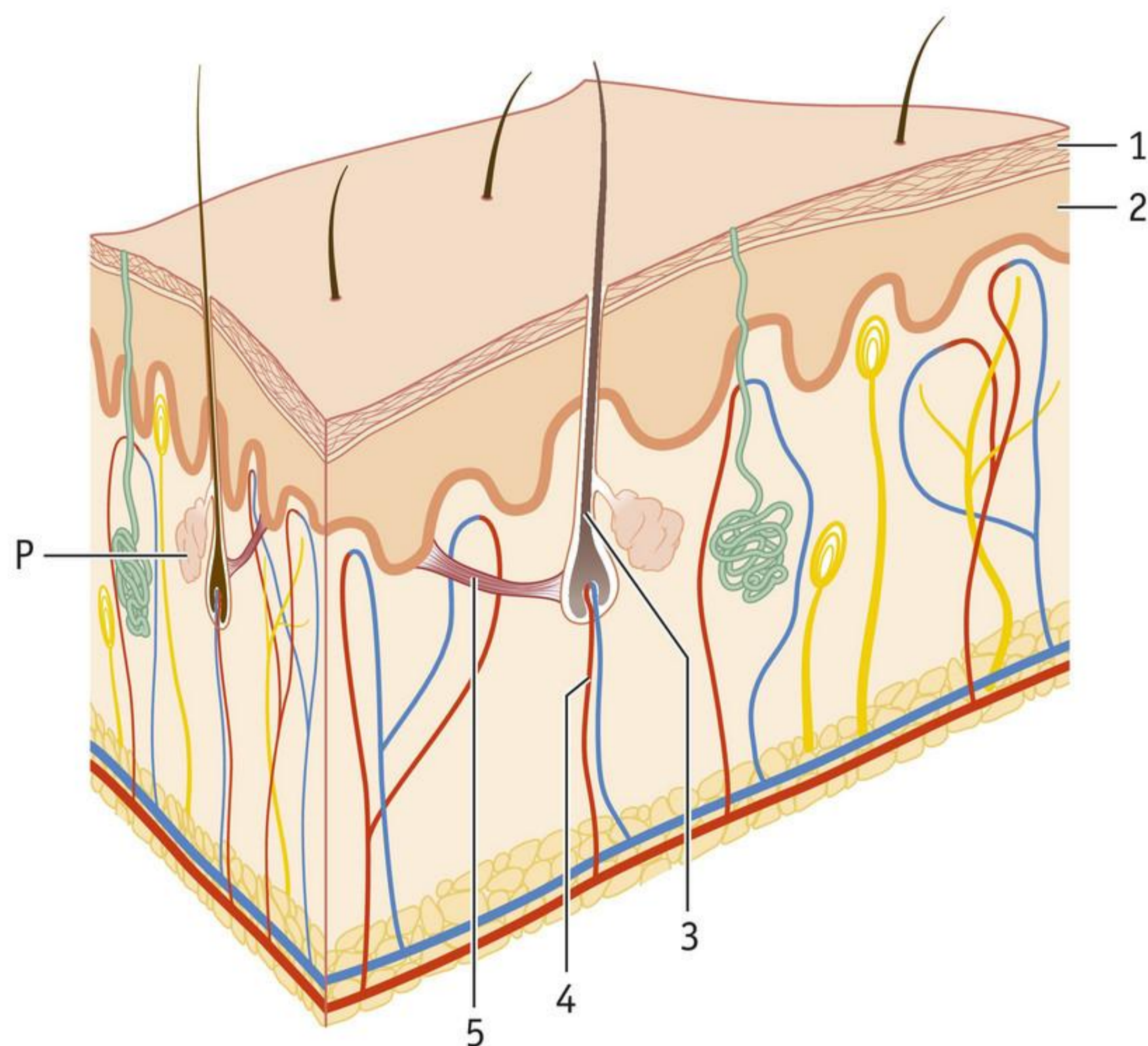
In een koude omgeving geeft het lichaam minder warmte af, doordat bloedvaten in de huid vernauwen. Ook wordt er minder zweet geproduceerd en gaan de lichaamsharen rechtop staan: 'kippenvel'. Dit gebeurt door samentrekking van de spiertjes aan de haarzakjes. Door de rechtopstaande haren vermindert de stroming van lucht langs de huid en wordt warmte beter vastgehouden. Dit effect is bij mensen echter te verwaarlozen, omdat het lichaam niet erg behaard is.

De hoeveelheid warmte die een lichaam kan vasthouden of afgeven, hangt af van de verhouding tussen de oppervlakte van het lichaam en het volume (inhoud) ervan. Als de oppervlakte ten opzichte van de lichaamsinhoud relatief groot is, verliest een organisme gemakkelijk veel warmte. Is de verhouding omgekeerd, dan houdt het organisme gemakkelijk warmte vast.

Opdrachten **KENNIS**

- 44** In de huid liggen zintuigen die nauw zijn betrokken bij het regelen van de lichaamstemperatuur.
- In welke laag van de huid liggen deze zintuigen?
 - Vanuit de huid gaat informatie over de temperatuur naar de hersenen. Naar welk deel van de hersenen gaat deze informatie?
- 45** In de winter lijken vogels veel dikker, doordat ze hun veren opzetten tegen de kou. Bij de mens vindt in de kou een vergelijkbaar proces plaats, ook al lijkt je daardoor niet dikker. In afbeelding 38 zie je een schematische doorsnede van de huid van de mens weergegeven. Een aantal onderdelen is genummerd.
- Door de activiteit van welk deel vindt bij de mens een vergelijkbaar proces plaats? Geef het nummer en de naam van dat deel.
 - Door deel P wordt een stof afgescheiden. Wat is een functie van deze stof?

■ **Afb. 38** Schematische doorsnede van de huid.



- 46** De hoeveelheid warmte die een lichaam kan vasthouden of afgeven, hangt af van de verhouding tussen de oppervlakte van het lichaam en het volume (inhoud). Vergelijk drie kubussen. Kubus A heeft zijden van 1 cm, kubus B heeft zijden van 2 cm en kubus C heeft zijden van 3 cm. Welke kubus heeft de grootste oppervlakte in verhouding tot de inhoud? Leg je antwoord uit met een berekening.

- 47** Het aantal zweetklieren bij een volwassen persoon wordt geschat op twee tot drie miljoen. Ze zijn niet gelijkmatig over de huid verspreid. In de huid van de handpalmen en voetzolen, van de rug en oksels en van het voorhoofd bevinden zich veel zweetklieren.
Wanneer je veel zweet, verandert de osmotische waarde van het bloed.
Hoe zorgt het lichaam er door negatieve terugkoppeling voor dat de waterhuishouding wordt hersteld? Gebruik in je antwoord: *ADH – osmotische waarde*.
- 48** Veel eiwitten, afbraakproducten van eiwitten en lipopolysachariden uit celmembranen van bacteriën kunnen de normwaarde voor de lichaamstemperatuur in het temperatuurcentrum van de hypothalamus laten stijgen.
- a** Als de normwaarde voor de lichaamstemperatuur stijgt, hoe ervaar je dan de lichaamstemperatuur die je op dat moment hebt?
 - b** Enige tijd nadat de normwaarde voor de lichaamstemperatuur hoger is ingesteld, bereikt je lichaam deze nieuwe normwaarde.
Wat gebeurt er in het lichaam om de lichaamstemperatuur te laten stijgen?
- 49** Dieren zijn meestal goed aangepast aan hun leefomgeving.
- a** Grote pinguïns leven in koude gebieden en de kleine soorten in minder koude gebieden (zie afbeelding 39).
Leg uit waarom.
 - b** Muizen zijn actieve dieren en constant op zoek naar voedsel.
Hoe kun je dit gedrag verklaren op basis van hun oppervlakte en volume?

■ **Afb. 39** Grote en kleine pinguïns.



1 grote keizerspinguïns op Antarctica



2 kleine zwartvoetpinguïns in Zuid-Afrika

- 50** Als het koud is, drinken volwassenen soms een alcoholisch drankje om warm te blijven. Enkele effecten van alcohol zijn wijder worden van de bloedvaten in je huid en stimulatie van de warmtezintuigen in je huid.
Leg met behulp van bovenstaande informatie uit waarom het onverstandig is om in een koude omgeving alcohol te drinken.

TATTOOS BEPERKEN ZWETEN, OF TOCH NIET?

Veel mensen hebben tegenwoordig een tatoeage. Toch is het hebben van een tatoeage niets nieuws. De oudst bekende tatoeage is gevonden bij een zesduizend jaar oude mummie uit Peru. Tegenwoordig is een tatoeage vooral een modestatement. Maar of het zo gezond is om een tatoeage te hebben, is de vraag.

In 2017 werd een artikel gepubliceerd waaruit blijkt dat tatoeages effect hebben op de hoeveelheid en samenstelling van het zweet. Getatoeëerde huid zweet minder en het zweet bevat meer zout. De theorie is dat een tattoo zorgt voor een beperkte zweetproductie, omdat de inkt wordt ingebracht in de huidlaag die ook de zweetklieren bevat. Volgens de onderzoeker kan het zijn dat inktsporen sommige zweetklieren verstoppen en dat de tatoeage de werking van de zweetklieren vertraagt. Dit zou slecht nieuws zijn voor (top-)sporters met tatoeages, omdat afkoelen van het lichaam belangrijk is voor het leveren van topprestaties.

Maar onderzoek uit 2021 laat een ander beeld zien. Dit onderzoek vond geen verschil in zweetproductie

van huid met en huid zonder tatoeages. Volgens dermatologen is dat te verklaren, doordat de kleurstof van een tatoeage niet in zweetklieren gaat zitten of ze afsluit. Dat is dus voorlopig een goed bericht voor topsporters met tatoeages en hun fans. Maar om een definitief antwoord te krijgen op de vraag is extra onderzoek noodzakelijk.

■ **Afb. 40** Een man met tatoeages.



Opdrachten

- 51 Hoe komt het dat een inkttatoeage niet verdwijnt, terwijl de huid wel afslijt?
- 52 Op sommige plekken is het zetten van een tatoeage pijnlijker dan op andere plekken. Enkele voorbeelden van zulke plekken zijn de handen en vingers, de binnenkant van de bovenarm en de enkels. Leg uit waarom het zetten van een tatoeage op die plaatsen pijnlijker is.
- 53 Bij lichamelijke inspanning ga je niet alleen zweten, maar krijg je ook een rood hoofd. Geef hiervoor twee mogelijke oorzaken.
- 54 Tatoeagekleurstoffen kunnen via de huid in de lymfeklieren terecht komen. Leg uit hoe dit kan.
- 55 In westerse landen is het hebben van een tatoeage vooral een modestatement. In andere culturen heeft een tatoeage vaak een bepaalde betekenis. Welke betekenis kan een tatoeage hebben? Zoek bij het beantwoorden van deze vraag informatie op internet.

DE ULTRAMARATHON: SPORT OF WAANZIN?

LEERDOELEN

12.S.1 Je kunt het nut van uitscheiding toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.

12.S.2 Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair en ecologisch denken toepassen op de samenwerking van uitscheidingsorganen bij het handhaven van de homeostase.

Als sporten een medicijn was, was het een wondermiddel. Het houdt je hart sterk en bloedvaten soepel. Ook helpt het je mentale gezondheid te behouden. Maar je kunt je afvragen of alle vormen van sport gezond zijn. Zoals bijvoorbeeld het lopen van een ultramarathon (zie afbeelding 1).

■ **Afb. 1** Deelnemers aan een ultramarathon.



Ashley Paulson staat aan de start van misschien wel de zwaarste hardloopwedstrijd ter wereld, de Badwater 135. Deze ultramarathon van 217 kilometer wordt gehouden op de heetste en droogste plek van de aarde, de woestijn van Death Valley. De temperatuur kan oplopen tot boven de 50 graden Celsius. Ashley moet tijdens het lopen zoveel mogelijk de witte streep op de weg volgen, anders kunnen de zolen van haar schoenen vastplakken aan het asfalt. Het parcours is bergachtig en kent 4450 hoogtemeters: het verschil in hoogte dat je klimmend moet afleggen.

Deze inspanning vraagt het uiterste van het lichaam. Van alle organen wordt het hart misschien wel het zwaarst belast. Tijdens de training is het hart groter en sterker geworden, waardoor het slagvolume is toegenomen. Tijdens de race kan de hartslagfrequentie oplopen tot 150 slagen per minuut. Deze belasting mag niet te lang duren, want hartcellen maken dan bindweefsel aan, dat kleine littekens op het hart vormt. Dit kan leiden tot hartritmestoornissen en hartfalen.

Ook de knie- en enkelgewrichten worden zwaar belast. Elke keer dat de voet van Ashley de grond raakt, ontstaat er een kracht op haar lichaam die twee tot drie keer groter is dan haar lichaamsgewicht. De botten, gewrichten, spieren en pezen moeten die krachten opvangen. Door de extreme inspanning worden de gewrichten zo zwaar belast dat kraakbeen wordt afgebroken. Bij fanatieke hardlopers zoals Ashley zou dit op latere leeftijd kunnen leiden tot artrose. Dat is slijtage van de gewrichten.

De hoge temperaturen en lage luchtvochtigheid zijn extra belastend. De warmte die tijdens het hardlopen ontstaat moet je afvoeren om oververhitting te voorkomen. Door de hoge buitentemperatuur is warmteafvoer via de huid bijna niet mogelijk. Door te zweten

verliest Ashley veel kostbaar vocht. Hierdoor kan ze uitdrogen, wat nierproblemen kan opleveren. Talg op de huid helpt te veel vochtverlies voorkomen. Ashley moet daarnaast veel drinken, maar ook weer niet te veel, want dat veroorzaakt maag- en darmproblemen.

Na iets meer dan 24 uur komt Ashley als winnaar over de finish in de snelste tijd ooit door een vrouw gelopen. Dit is uiteraard een fenomenale prestatie, maar of het gezond is, valt nog te bezien.

Opdrachten



- 1 Vul in de tabel de volgende begrippen in bij het juiste organisatieniveau. Kies uit: *aarde – Ashley Paulson – bloedvaten – botten – de woestijn van Death Valley – hart – hartcellen – huid – kniegewricht – maag – nieren – spieren – weefsel.*

Organisatieniveau	Begrip
Systeem aarde	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaanstelsel	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

- 2 Noem de abiotische factoren die in de tekst worden genoemd.
- 3 Vanwege de extreme hitte en droogte heeft de woestijn van Death Valley een unieke flora. Een van de meest bijzondere planten is de Joshua Tree (*Yucca brevifolia*). Behoren de Joshua Trees in Death Valley tot een populatie? Leg je antwoord uit.
- 4 Als je hartslag te lang te hoog blijft, kan er littekenweefsel worden gevormd en kunnen hartritmestoornissen ontstaan. Een van de mogelijke hartritmestoornissen is boezemfibrilleren. Hierbij trekken de boezems onregelmatig en vaak te snel samen. Wat kan het effect zijn van boezemfibrilleren op de prestatie die Ashley moet leveren?
- 5 Door de zware inspanning zal de lichaamstemperatuur van Ashley toenemen. Wat voor een effect heeft een stijging van de lichaamstemperatuur op het vrijkomen van zuurstof uit oxyhemoglobine in de weefsels? Leg je antwoord uit.
- 6 Door de zware inspanning en de moeilijke omstandigheden verliest Ashley veel vocht door zweten. Zal de ADH-productie van Ashley tijdens de race verhoogd of verlaagd zijn? Leg je antwoord uit.
- 7 Als Ashley bezweet en oververhit over de finish komt, heeft ze veel zin om af te koelen met een ijskoude douche. Toch weet Ashley dat dit niet verstandig is. Ze kan beter een lauwe douche nemen. Leg uit waarom Ashley beter een lauwe dan een ijskoude douche kan nemen om af te koelen.

PRACTICA

Practicumopdracht 1

ONDERZOEKSDOEL

12.O.1 Je kunt de vitale capaciteit bepalen en conclusies trekken aan de hand van de resultaten.

- ▶ Basisstof 2
- ▶ Vaardigheid 7 (thema 1)

Bepaling van verschil in vitale capaciteit tussen jongens en meisjes

🕒 50 minuten

INLEIDING

Jongens zijn gemiddeld groter dan meisjes. In deze practicumopdracht onderzoek je de invloed van het geslacht op de vitale capaciteit van de longen.

ONDERZOEKSVRAAG

Hebben jongens gemiddeld een grotere vitale capaciteit dan meisjes?

HYPOTHESE

- 1 Bedenk een hypothese voordat je aan het experiment begint.
- 2 Waarop is je hypothese gebaseerd?

MATERIAAL

- spirometer of glazen klok
- slang met ballon
- zuigbuisje
- mondstukken
- materiaal om het zuigbuisje en het mondstuk schoon te maken
- aquarium
- water
- meetlat of schaalverdeling op de klok

METHODE

Alle leerlingen uit de klas bepalen hun vitale capaciteit door zo diep mogelijk in te ademen en daarna zo diep mogelijk uit te ademen in de spirometer (zie afbeelding 1) of met de rubberslang in de glazen klok (zie afbeelding 2).

Als je de klok gebruikt, zuig dan eerst met de ballon de lucht uit de klok en sluit het kraantje.

■ Afb. 1 Spirometer.



1 HET BLOED

LEERDOELEN

11.1.1 Je kunt de bestanddelen van bloed met hun kenmerken en functies benoemen.

► Practicum 1

11.1.2 Je kunt het proces van bloedstolling beschrijven en verklaren.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	11.1.1	11.1.2
Onthouden	1, 5, 6a	
Begrijpen	2, 3, 4, 6b, 11a	7
Toepassen	8ab, 11bce	9
Analyseren	8c, 11d	10

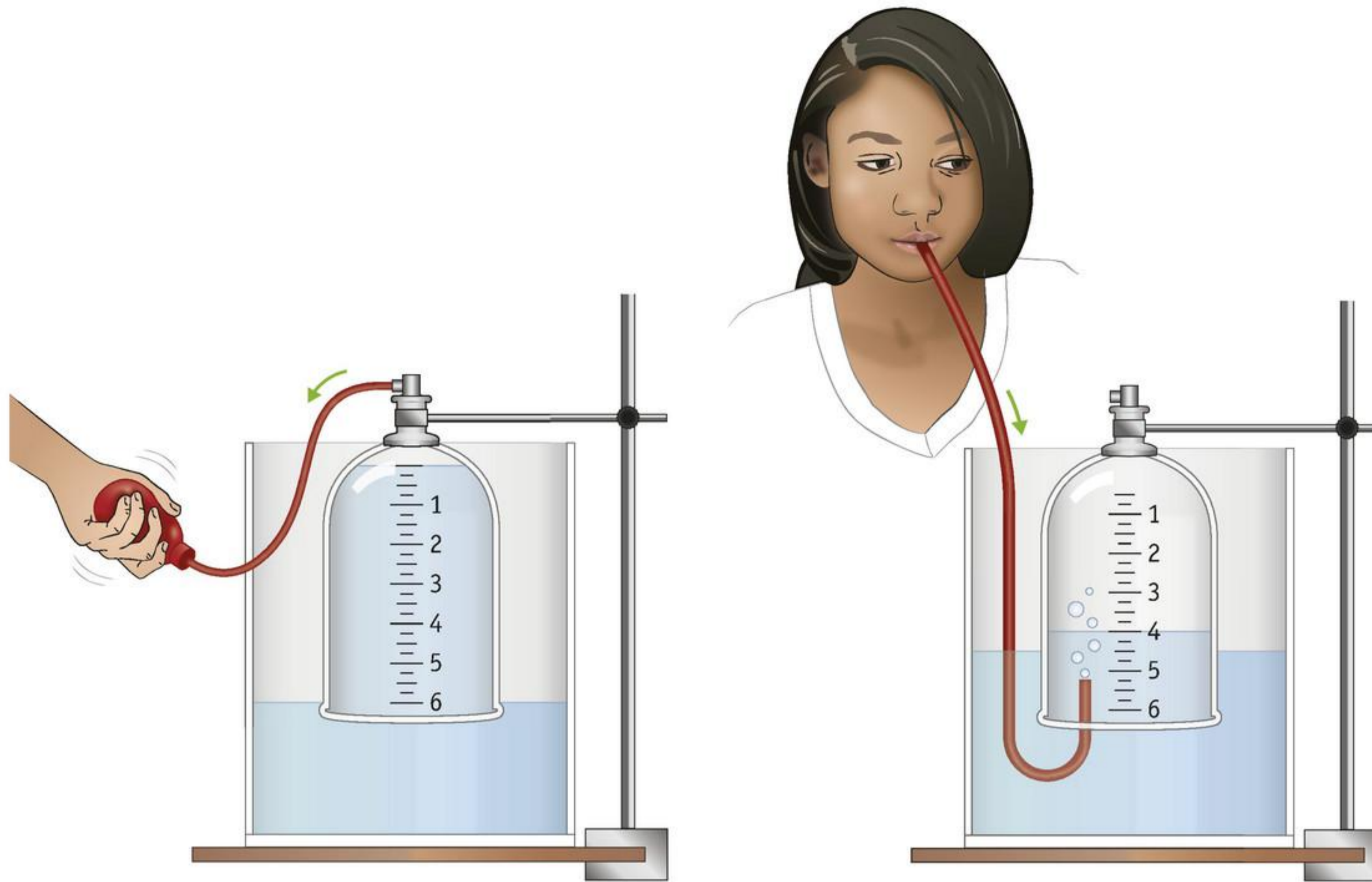
Je bloed is een bijzondere vloeistof. In je bloed lossen bouwstoffen, afvalstoffen, brandstoffen, signaalstoffen en zelfs vetachtige stoffen op. Meedrijvende (delen van) cellen laden en lossen zuurstof, verwijderen ziekteverwekkers en zorgen ervoor dat wondjes worden gedicht.

BLOEDPLASMA

In afbeelding 1 zie je de gemiddelde **bloedsamenstelling** van de mens. Ongeveer 55% van het bloed bestaat uit **bloedplasma**: water met opgeloste stoffen en plasma-eiwitten. De overige 45% bestaat uit (delen van) cellen. Bloedplasma vervoert veel stoffen, zoals zuurstof (een klein beetje), voedingsstoffen, afvalstoffen, signaalstoffen (bijvoorbeeld hormonen) en beschermende stoffen (bijvoorbeeld antistoffen). Sommige van deze stoffen lossen goed op in het bloedplasma, bijvoorbeeld glucose, melkzuur en ureum. Vetten worden gebonden aan eiwitten (lipoproteïnen) en het bloedplasma kan ze op deze manier vervoeren.

Plasma-eiwitten zijn belangrijk bij de handhaving van de osmotische waarde van het bloed en van de bloeddruk. Bloedplasma speelt een rol bij het constant houden van het inwendige milieu. Het heeft een vrij constante temperatuur van ongeveer 38 °C, een pH van ongeveer 7,4 en een osmotische waarde die gelijk is aan 0,9% NaCl-oplossing (een fysiologische zoutoplossing).

■ **Afb. 2** De vitale capaciteit bepalen.



1 de klok leegzuigen

2 in de klok uitademen

RESULTAAT

- Noteer van iedereen de vitale capaciteit.
- Maak met de resultaten een schema. Gebruik daarbij aparte kolommen voor jongens en meisjes.
- Bereken van jongens en meisjes de gemiddelde vitale capaciteit.

CONCLUSIE

- 3 Vergelijk de gemiddelde waarden.
Zijn de uitkomsten in overeenstemming met je verwachting?

Practicumopdracht 2

ONDERZOEKSDOEL

12.O.1 Je kunt de vitale capaciteit bepalen en conclusies trekken aan de hand van de resultaten.

- ▶ Basisstof 2
- ▶ Vaardigheden 6 en 7 (thema 1)

Bepaling van de vitale capaciteit

🕒 50 minuten

INLEIDING

Behalve het geslacht zijn er ook nog tal van andere factoren die invloed hebben op de vitale capaciteit. Voor dit onderzoek bedenk je zelf een factor die invloed kan hebben op de vitale capaciteit. Je voert het onderzoek in de klas uit.

ONDERZOEKSVRAAG

- 1 Bedenk een onderzoeksvraag waarmee je het effect van een factor op de vitale capaciteit kunt onderzoeken.

HYPOTHESE

- 2 Bedenk een hypothese die past bij jouw onderzoeksvraag. Doe dit voordat je aan het onderzoek begint.
- 3 Waarop is je hypothese gebaseerd? Laat je onderzoeksvraag en hypothese controleren door je docent.

MATERIAAL

- spirometer of glazen klok
- slang met ballon
- zuigbuisje
- mondstukken
- materiaal om het zuigbuisje en het mondstuk schoon te maken
- aquarium
- water
- meetlat of schaalverdeling op de klok

METHODE

Alle leerlingen uit de klas bepalen hun vitale capaciteit. Ze geven daarna aan wat hun lengte is, of ze roken of ze niet, weinig of veel sporten, enzovoort. De vitale capaciteit bepalen ze door zo diep mogelijk in te ademen en daarna zo diep mogelijk uit te ademen in de spirometer (zie afbeelding 1) of met de rubberslang in de glazen klok (zie afbeelding 2).

Als je de klok gebruikt, zuig dan eerst met de ballon de lucht uit de klok en sluit het kraantje.

RESULTAAT

- Noteer van iedereen de vitale capaciteit.
- Noteer de resultaten in een schema in aparte kolommen voor de verschillende groepen.
- Bereken per groep de gemiddelde vitale capaciteit.

CONCLUSIE

- 4 Vergelijk de resultaten en trek daaruit je conclusie.
Zijn de uitkomsten in overeenstemming met je hypothese?


Practicumopdracht 3

ONDERZOEKSDOEL

12.O.1 Je kunt de vitale capaciteit bepalen en conclusies trekken aan de hand van de resultaten.

- ▶ Basisstof 2
- ▶ Vaardigheden 6 en 7 (thema 1)

Relatie tussen vitale capaciteit en uithoudingsvermogen

 50 minuten

INLEIDING

Het uithoudingsvermogen is gedurende de evolutie van de mens sterk ontwikkeld. Jagers renden bijvoorbeeld uren achter een prooi aan, die sneller was, maar het niet zo lang kon volhouden. In deze practicumopdracht onderzoek je de relatie tussen de vitale capaciteit en het uithoudingsvermogen. Het uithoudingsvermogen bepaal je met een shuttle run test.

ONDERZOEKSVRAAG

Hebben personen met een groot uithoudingsvermogen gemiddeld een grotere vitale capaciteit dan personen met een minder groot uithoudingsvermogen?

HYPOTHESE

Formuleer een hypothese.

MATERIAAL

- gymzaal met daarin afbakeningen op 20 m van elkaar
- geluidsfragment met piepjes voor de shuttle run
- computer of laptop

METHODE

- Voer de shuttle run test uit. Ga als volgt te werk. Je rent tussen twee lijnen op 20 m van elkaar heen en weer. Na elke minuut hoor je een piepje en gaat de snelheid met 0,5 km per uur omhoog (een hele trap). In totaal zijn er twintig trappen. Bij het keerpunt zet je één voet op de lijn en dan ren je weer terug met een zo kort mogelijke draai. Je stopt met de test als je voelt dat je moet stoppen of als je drie keer achter elkaar te laat op de lijn komt.
- Noteer de trap die je het laatst hebt gehaald.
- Maak een tabel met drie kolommen: naam, trap en vitale capaciteit (L).
- Noteer de gegevens van alle klasgenoten in een tabel. De vitale capaciteit is bepaald bij practicumopdracht 2.
- Maak (in Excel) een spreidingsgrafiek van de resultaten. Noteer op de x-as de vitale capaciteit. Op de y-as noteer je het aantal trappen.
- Bekijk of er sprake is van een (lineair) verband tussen de trappen en de vitale capaciteit.

RESULTAAT

Een grafiek met de trappen (op de y-as) uitgezet tegen de vitale capaciteit (op de x-as).

- 1 Is de vitale capaciteit in dit experiment de afhankelijke of onafhankelijke variabele?

CONCLUSIE

- 2 Welke conclusie kun je op basis van de grafiek trekken over het verband tussen de vitale capaciteit en het uithoudingsvermogen bij de leerlingen in je klas?
- 3 Bevestigt jouw conclusie je hypothese? Zo nee, hoe kun je dit verklaren?

DISCUSSIE


- 4 Hoe betrouwbaar is het uitgevoerde onderzoek?

Practicumopdracht 4

ONDERZOEKSDOEL

- 12.O.2 Je kunt de onderdelen van een leverlobje herkennen en benoemen. ▶ Basisstof 3
▶ Vaardigheden 1, 2, 3 en 4 (thema 1)

Leverweefsel

 50 minuten

INLEIDING

De lever bestaat uit heel veel zeshoekige leverlobjes. In deze practicumopdracht bekijk je met een microscoop een leverpreparaat en maak je een schematische tekening.

ONDERZOEKSVRAAG

Hoe ziet een leverlobje eruit?

MATERIAAL

- vast preparaat van leverweefsel
- microscoop

METHODE

- Bekijk een vast preparaat van leverweefsel bij een vergroting van 400×.
- Zoek een leverlobje op.
- Teken een leverlobje.
- Zet de namen bij de delen.

RESULTAAT


Een schematische tekening van een leverlobje. Benoem de delen van het leverlobje.

Practicumopdracht 5

ONDERZOEKSDOEL

- 12.O.3 Je kunt de werking van het enzym katalase in verschillende weefsels aantonen. ▶ Basisstof 3
▶ Vaardigheden 6 en 7 (thema 1)

Katalase in lever en spierweefsel

 40 minuten

INLEIDING

Onder invloed van katalase wordt waterstofperoxide afgebroken tot water en zuurstof volgens $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Het enzym komt bij veel soorten organismen voor. Alle cellen van een organisme bezitten dit enzym, maar is de hoeveelheid gelijk? In deze practicumopdracht onderzoek je of lever en spierweefsel per gram evenveel katalase bevatten.

ONDERZOEKSVRAAG

Bevatten lever en spierweefsel per gram evenveel katalase?

HYPOTHESE

- 1 Bedenk een hypothese voordat je aan het experiment begint.
- 2 Waarop is je hypothese gebaseerd?

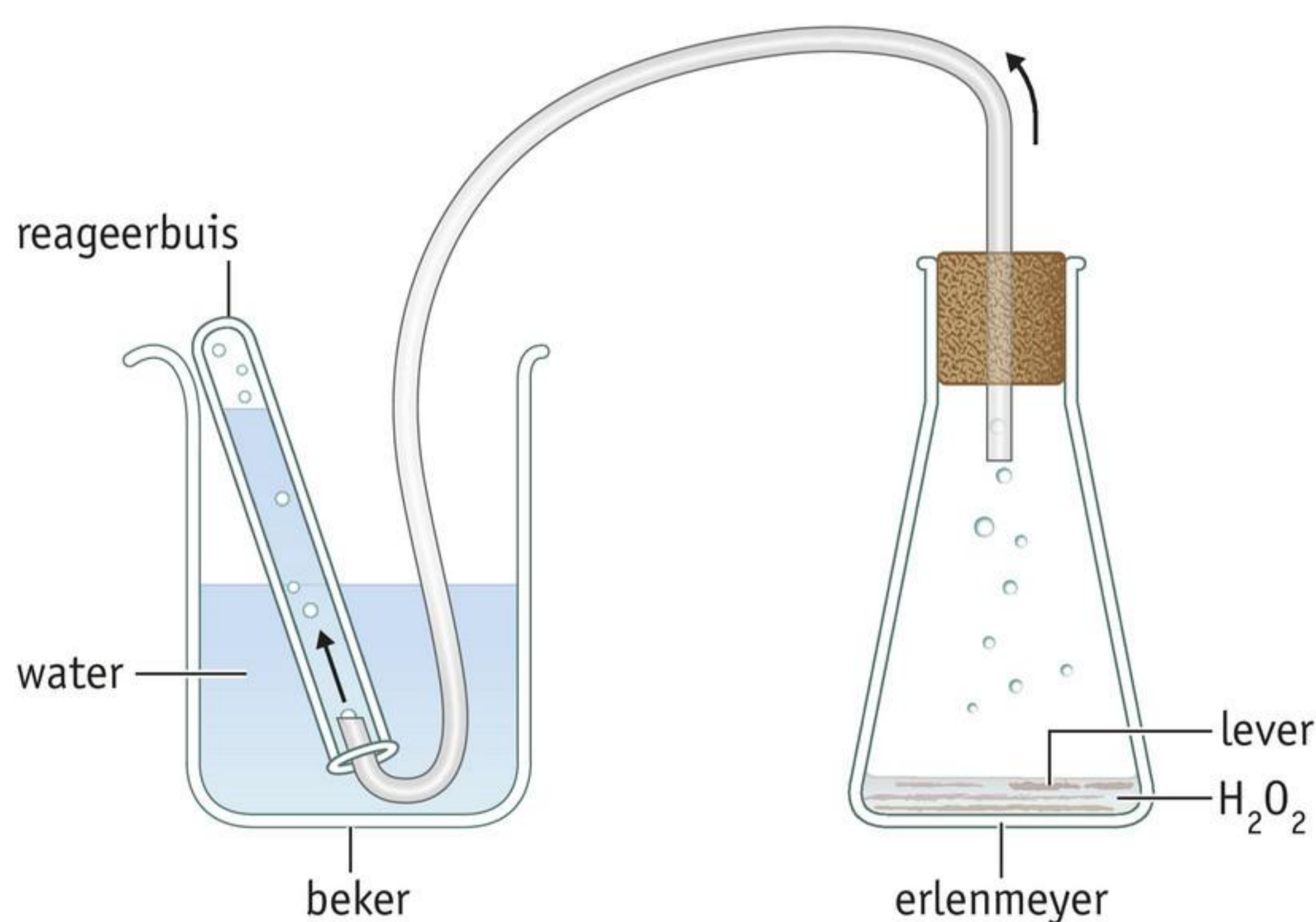
MATERIAAL

- bekersglas van 250 mL
- 2 reageerbuisen
- doorboorde kurk (dop)
- kunststofslangetje
- weegschaal
- stukje lever
- stukje biefstuk
- mortier en vijzel
- scherp zand
- waterstofperoxideoplossing (H_2O_2) van 3%
- 5 mL pipet
- erlenmeyer 100 mL
- spatel
- geodriehoek
- stopwatch
- mesje

METHODE

- Maak een proefopstelling zoals in afbeelding 3 is weergegeven.
- Vul reageerbuis 1 nog niet. Vul reageerbuis 2 met water.
- Weeg een stukje lever van 1 g af.
- Wrijf het stukje lever met scherp zand fijn in de mortier. Breng dit mengsel in de erlenmeyer. Gebruik hierbij de spatel.
- Breng 5 mL waterstofperoxide in de erlenmeyer. Pas op met morsen! Plaats de dop onmiddellijk op de erlenmeyer.
- Meet na 20 seconden de hoogte van de gasbel in de reageerbuis.
- Noteer je resultaten in een tabel.
- Herhaal de proef met een stukje biefstuk van 1 g.

■ **Afb. 3** Proefopstelling om de hoeveelheid katalase te bepalen.



RESULTAAT

Een tabel met de resultaten.

CONCLUSIE

- 3 Welke conclusie kun je trekken?
- 4 Bevestigt jouw conclusie je hypothese? Zo nee, hoe kun je dit verklaren?

SAMENVATTING

12.1.1 BASISSTOF 1

Je kunt van delen van het ademhalingsstelsel de functies en kenmerken noemen.

- De longen, nieren, huid en lever zijn uitscheidingsorganen.
- Door de uitscheidingsorganen worden afvalstoffen uit het lichaam verwijderd.
- Het ademhalingsstelsel bestaat uit de longen en de luchtwegen (**BiNaS** tabel 83A).
- Het neusslijmvlies bestaat uit trilhaarepitheel.
 - In de neusholte wordt lucht gereinigd, gekeurd, verwarmd en vochtig gemaakt.
 - Trilhaarepitheel bevat slijmproducerende cellen en trilhaarcellen.
 - Aan het slijm blijven kleine stofdeeltjes en ziekteverwekkers kleven.
 - Het slijm wordt door de beweging van trilharen naar de keelholte verplaatst.
- Luchtpijp met trilhaarepitheel.
 - Door hoefijzervormige kraakbeenringen in de wand blijft de luchtpijp openstaan.
- Bronchiën bevatten trilhaarepitheel en kraakbeenringen.
- Bronchiolen.
 - De bronchiolen kunnen zich door spierweefsel in de wand verwijden en vernauwen.
- Longblaasjes met longhaarvaten.
 - In de longblaasjes vindt de gaswisseling plaats.
- Bij de gaswisseling wordt:
 - zuurstof vanuit de lucht in de longblaasjes opgenomen in het bloed;
 - koolstofdioxide vanuit het bloed afgegeven aan de lucht in de longblaasjes.
 - Een groot oppervlak, een dunne wand en een groot verschil in zuurstof- en koolstofdioxidespanning bevorderen de gaswisseling.

12.1.2

Je kunt uitleggen hoe het inwendige milieu min of meer constant wordt gehouden door de longen.

- De zuurstofconcentratie (ook wel zuurstofdruk genoemd (pO_2)) geeft aan hoe groot het aandeel zuurstofmoleculen in een vloeistof is.

- In de longhaarvaten worden O_2 -moleculen gebonden aan hemoglobine (Hb) in rode bloedcellen.
 - Hemoglobine zorgt voor zuurstoftransport.
 - Door de binding van O_2 aan Hb blijft er een verschil bestaan tussen de pO_2 in het vocht in de longblaasjes en de pO_2 in het bloedplasma, waardoor meer zuurstof kan worden opgenomen.
- Door het verschil in koolstofdioxideconcentratie (koolstofdioxidedruk (pCO_2)) vindt diffusie plaats van O_2 uit de haarvaten naar de weefsels en van CO_2 uit de weefsels naar het bloed.
- Koolstofdioxidetransport kan dan op drie manieren plaatsvinden:
 - Een klein deel van dit CO_2 wordt door het bloedplasma vervoerd; een ander deel wordt gebonden aan hemoglobine. Het grootste deel wordt vervoerd als waterstofcarbonaationen (HCO_3^-).
 - In de longhaarvaten laten de CO_2 -moleculen los van de hemoglobine.
 - De pH van het bloed wordt beïnvloed door de pCO_2 . Wanneer de pCO_2 toeneemt, daalt de pH en komen er meer O_2 -moleculen vrij.
 - De longen kunnen door aanpassing van de longventilatie de uitscheiding van CO_2 reguleren.

12.2.1 BASISSTOF 2

Je kunt beschrijven op welke wijze longventilatie tot stand komt.

- Ademhalingsspieren.
 - Door het samentrekken en ontspannen van de ademhalingsspieren ontstaan ventilatiebewegingen. Hierdoor wordt de lucht in de longen ververst.
 - De buitenste tussenribspieren trekken de ribben en het borstbeen omhoog en naar voren.
 - De binnenste tussenribspieren trekken de ribben en het borstbeen omlaag.
 - De middenrifspieren kunnen het middenrif afplatten.
- Borstvlies en longvlies.
 - Borstvlies: vergroeid met ribben, binnenste tussenribspieren en middenrif.

- Longvlies: vergroeid met longen.
- De ruimte tussen borstvlies en longvlies is gevuld met vocht, waardoor ze niet van elkaar af gaan.
- Longweefsel: is elastisch en verkeert in een uitgerekte toestand.
 - Hierdoor is de druk in de ruimte tussen borstvlies en longvlies lager dan de druk van de buitenlucht.
- Rustige inademing.
 - De tussenribspieren en de middenrifspieren trekken zich samen.
 - Hierdoor wordt het volume van de borstholte vergroot.
 - De luchtdruk in de longblaasjes wordt lager dan de druk van de buitenlucht.
 - Lucht stroomt de longen in.
- Rustige uitademing.
 - De tussenribspieren en de middenrifspieren ontspannen zich en de ribben en het borstbeen keren terug naar hun oorspronkelijke stand. Door de druk in de buikholte keert het middenrif terug naar zijn koepelvormige stand.
 - Het volume van de borstholte en de longen wordt kleiner.
 - De luchtdruk in de longblaasjes wordt hoger dan de druk van de buitenlucht.
 - Lucht stroomt de longen uit.

12.2.2

Je kunt beschrijven hoe het longvolume verandert tijdens ventilatiebewegingen.

- **BiNaS** tabel 83B.
- Ademvolume: de hoeveelheid lucht die bij een rustige ademhaling wordt in- en uitgeademd.
- Dode ruimte: een deel van de ingeademde lucht blijft in de luchtwegen en bereikt de longen niet. Deze lucht wordt ongebruikt weer uitgeademd.
- Vitale capaciteit: de hoeveelheid lucht die maximaal per ademhaling kan worden verplaatst.
- Longcapaciteit (totale longvolume): vitale capaciteit + restvolume.
 - Restvolume: blijft na een maximale uitademing achter in de longen.

12.3.1 BASISSTOF 3

Je kunt de bouw, werking en functies van de lever beschrijven.

- De lever is een orgaan dat een belangrijke rol speelt bij veel stofwisselingsprocessen en is opgebouwd uit leverlobjes.

- Leverlobje.
 - Centraal ligt een vertakking van de leverader.
 - In de hoekpunten liggen vertakkingen van de galgang, de leverslagader en de poortader.
 - Bloed komt van de hoekpunten terecht in ruimten tussen de levercellen en stroomt dan naar het midden van een leverlobje.
 - Gal stroomt van de levercellen naar de hoekpunten van een leverlobje.
- Gal bevat o.a. galzuren, deze emulgeren vetten en oliën.
- Afbraak van dode rode bloedcellen.
 - Bilirubine wordt met de gal uitgescheiden.
 - IJzer wordt opgeslagen.

12.3.2

Je kunt uitleggen hoe het inwendige milieu min of meer constant wordt gehouden door de lever.

- De lever speelt een rol bij de stofwisseling van koolhydraten, eiwitten en vetten.
- Koolhydraatstofwisseling.
 - Het min of meer constant houden van de glucoseconcentratie.
 - Glycogeen wordt o.a. in de lever opgeslagen.
- Eiwitstofwisseling.
 - Niet-essentiële aminozuren maken uit andere aminozuren.
 - Afbraak van overtollige aminozuren. Hierbij ontstaat ureum.
- Vetstofwisseling.
 - Vorming van niet-essentiële vetzuren (uit andere vetzuren, aminozuren of monosachariden).
 - Opslag van kleine hoeveelheid vet.
 - Productie van cholesterol.
- Ontgiften van o.a. alcohol, drugs en medicijnen.
 - Gifstoffen die niet onwerkzaam kunnen worden gemaakt, kunnen in de lever worden opgeslagen (bijv. kwik).

12.4.1 BASISSTOF 4

Je kunt de bouw, werking en functies van de nieren en de urinewegen beschrijven.

- Functies van de nieren.
 - Uitscheiding van afvalstoffen, schadelijke stoffen en overtollige stoffen uit het bloed.
 - De verwijderde stoffen worden samen urine genoemd.
 - Spelen een belangrijke rol bij de waterhuishouding en het constant houden van de osmotische waarde van het inwendige milieu.

- Urinewegen.
 - Urineleiders: afvoer van urine naar de urineblaas.
 - Urineblaas: tijdelijke opslag van urine.
 - Urinebuis: afvoer van urine naar buiten.
- Delen van een nier (**BiNaS** tabel 85A).
 - Nierschors: vorming van voorurine.
 - Niermerg: vorming van urine.
 - Nierbekken: verzamelen van urine.
 - Niereenheden liggen in nierschors en niermerg.
- Niereenheid (**BiNaS** tabel 85C).
 - Aanvoerend slagadertje: vertakt zich tot een haarvatenkluwen (glomerulus) binnen het nierkapseltje.
 - Kapsel van Bowman: door ultrafiltratie ontstaat voorurine.
 - Afvoerend slagadertje: vertakt zich tot een haarvatennet om het nierbuisje en voorziet de cellen van het nierbuisje van voedingsstoffen en zuurstof.
 - Nierbuisje: door actief transport vindt terugresorptie van nuttige stoffen uit de voorurine plaats, waardoor de osmotische waarde van het niermergweefsel hoger wordt dan die van het nierschorsweefsel.
 - Verzamelbuisjes: door de hoge osmotische waarde in het niermergweefsel wordt tijdens het transport naar het nierbekken veel water aan de (voor)urine onttrokken.
- Bij de terugresorptie worden nuttige stoffen aan de voorurine onttrokken (**BiNaS** tabel 85B).
 - Voorurine bevat veel water met o.a. glucose, ionen en ureum (in een lage concentratie).
 - Urine bevat (minder) water met o.a. ionen en ureum (in een relatief hoge concentratie).

12.4.2

Je kunt uitleggen hoe het inwendige milieu min of meer constant wordt gehouden door de nieren.

- Het antidiuretisch hormoon (ADH) uit de hypofyse stimuleert de terugresorptie van water.
 - ADH verhoogt de doorlaatbaarheid van de celmembranen van het tweede gekronkelde deel van de nierbuisjes en van de verzamelbuisjes.
 - Negatieve terugkoppeling: bij stijgende osmotische waarde geeft de hypofyse meer ADH af aan het bloed.
 - Door ADH wordt de osmotische waarde van het inwendige milieu min of meer constant gehouden.

- In de nier zijn bufferstoffen aanwezig die een tekort aan H⁺-ionen kunnen aanvullen of een overmaat opvangen.

12.5.1 BASISSTOF 5

Je kunt de bouw en functies van de huid beschrijven.

- De huid bestaat uit opperhuid en lederhuid (**BiNaS** tabel 87A).
- Opperhuid: hoornlaag en kiemlaag.
 - Hoornlaag (dode, verhoornde epitheelcellen): bescherming tegen beschadiging, uitdroging en infecties.
 - Kiemlaag (levende epitheelcellen): aanvulling van de hoornlaag van onderaf.
 - Haren ontstaan in haarzakjes die tot de kiemlaag worden gerekend.
- Lederhuid: bindweefsel met zintuigen, zenuwen, haarspiertjes, bloedvaten en zweetklieren.
 - Bloedvaten en zweetklieren spelen een belangrijke rol bij de regeling van de lichaamstemperatuur.
- Onderhuids bindweefsel.
 - Opslag van vet in vetcellen.

12.5.2

Je kunt uitleggen hoe de lichaamstemperatuur min of meer constant wordt gehouden door de huid.

- Temperatuurregulatie is het herstellen of in stand houden van de gewenste lichaamstemperatuur door organismen.
- De hypothalamus stuurt de regeling van de lichaamstemperatuur.
 - De hypothalamus ontvangt informatie van de koude- en warmtezintuigen in de lederhuid.
 - De koude- en warmtezintuigen ontvangen hun informatie vanuit het uitwendige en inwendige milieu.
- De huid speelt een rol bij de regeling van de lichaamstemperatuur door:
 - de bloedvaten in de huid te verwijden of te vernauwen;
 - verdamping van zweet op het huidoppervlak.
- De hoeveelheid warmte die een lichaam kan vasthouden of afgeven, hangt af van de verhouding tussen het lichaamsoppervlak van een organisme en het volume (de inhoud) ervan.

SAMENHANG

- 12.S.1 Je kunt het nut van uitscheiding toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- 12.S.2 Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair en ecologisch denken toepassen op de samenwerking van uitscheidingsorganen bij het handhaven van de homeostase.

ONDERZOEK - PRACTICA

- 12.O.1 Je kunt de vitale capaciteit bepalen en conclusies trekken aan de hand van de resultaten.
- 12.O.2 Je kunt de onderdelen van een leverlobje herkennen en benoemen.
- 12.O.3 Je kunt de werking van het enzym katalase in verschillende weefsels aantonen.

 [Ga naar de Flitskaarten en de Oefentoets.](#)

EXAMENOPGAVEN

DE MONT BLANC: ADEMBENEMEND

Naar: examen havo 2021-2, vraag 14 t/m 17.

Anna gaat met een groep klimmers onder leiding van een ervaren gids de Mont Blanc beklimmen. Om de kans op hoogteziekte te verkleinen, beklimmen ze eerst enkele lagere bergen in de omgeving.

Hoogteziekte ontstaat doordat lucht op grote hoogte minder zuurstof bevat dan lucht op zeeniveau. Hierdoor wordt minder zuurstof ingeademd en daalt de hoeveelheid zuurstof in het bloed.

Klachten bij milde hoogteziekte zijn hoofdpijn, kortademigheid en misselijkheid. Bij ernstige hoogteziekte is er sprake van long- en hersenoedeem, wat levensbedreigend kan zijn.

Voor de beklimming van de Mont Blanc wordt een aantal dagen uitgetrokken. Na twee dagen bereikt de groep een hoogte van 3835 meter. Anna merkt dat ze hijgt: ze ademt veel vaker en dieper in en uit dan normaal, zelfs als ze zich nauwelijks inspant.

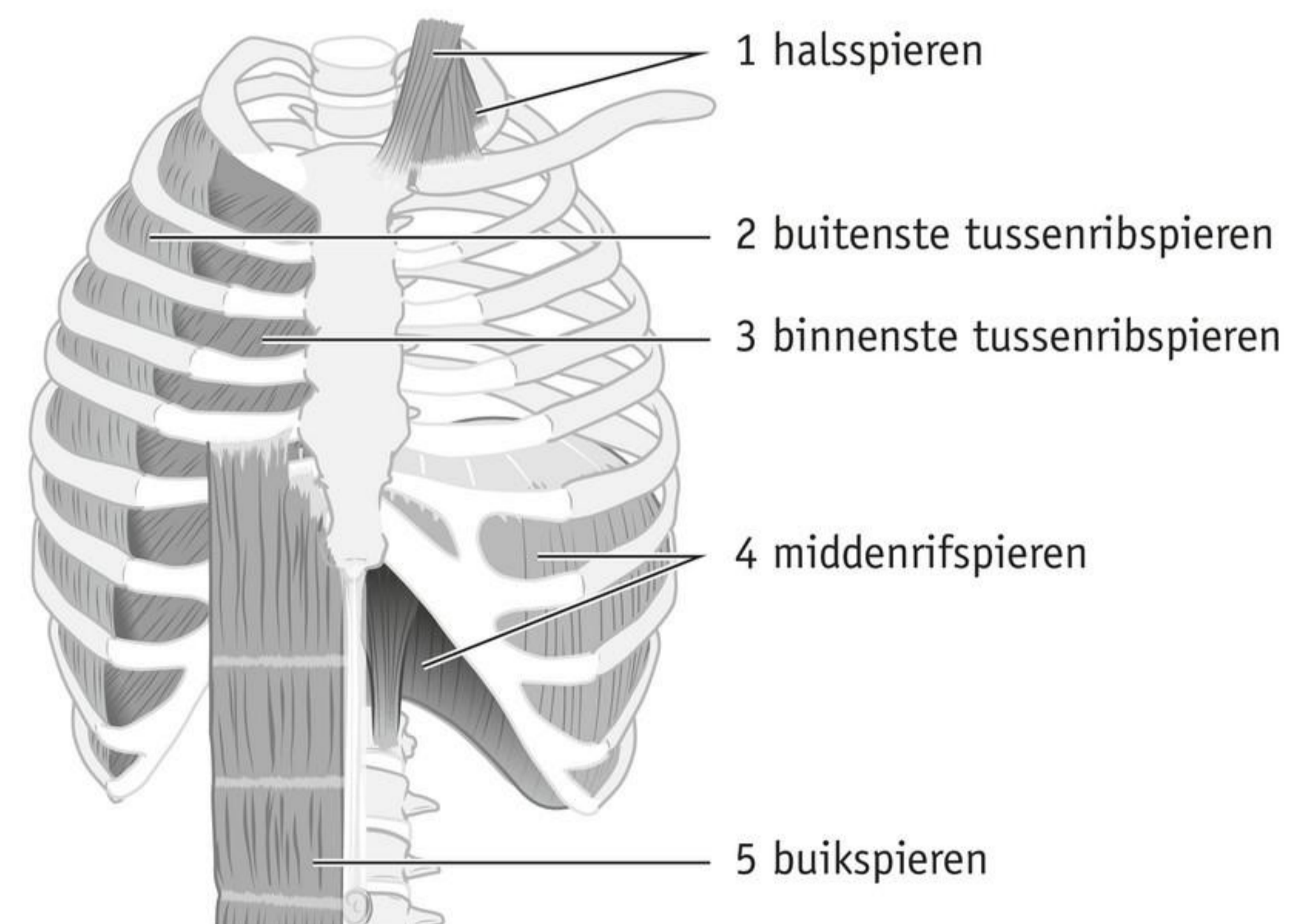
In afbeelding 1 zijn vijf spiergroepen getekend die betrokken zijn bij de inademing of bij de uitademing.

- 2p **1** Schrijf de nummers 1 tot en met 5 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende spiergroepen wel of niet worden samengetrokken bij een diepe inademing.

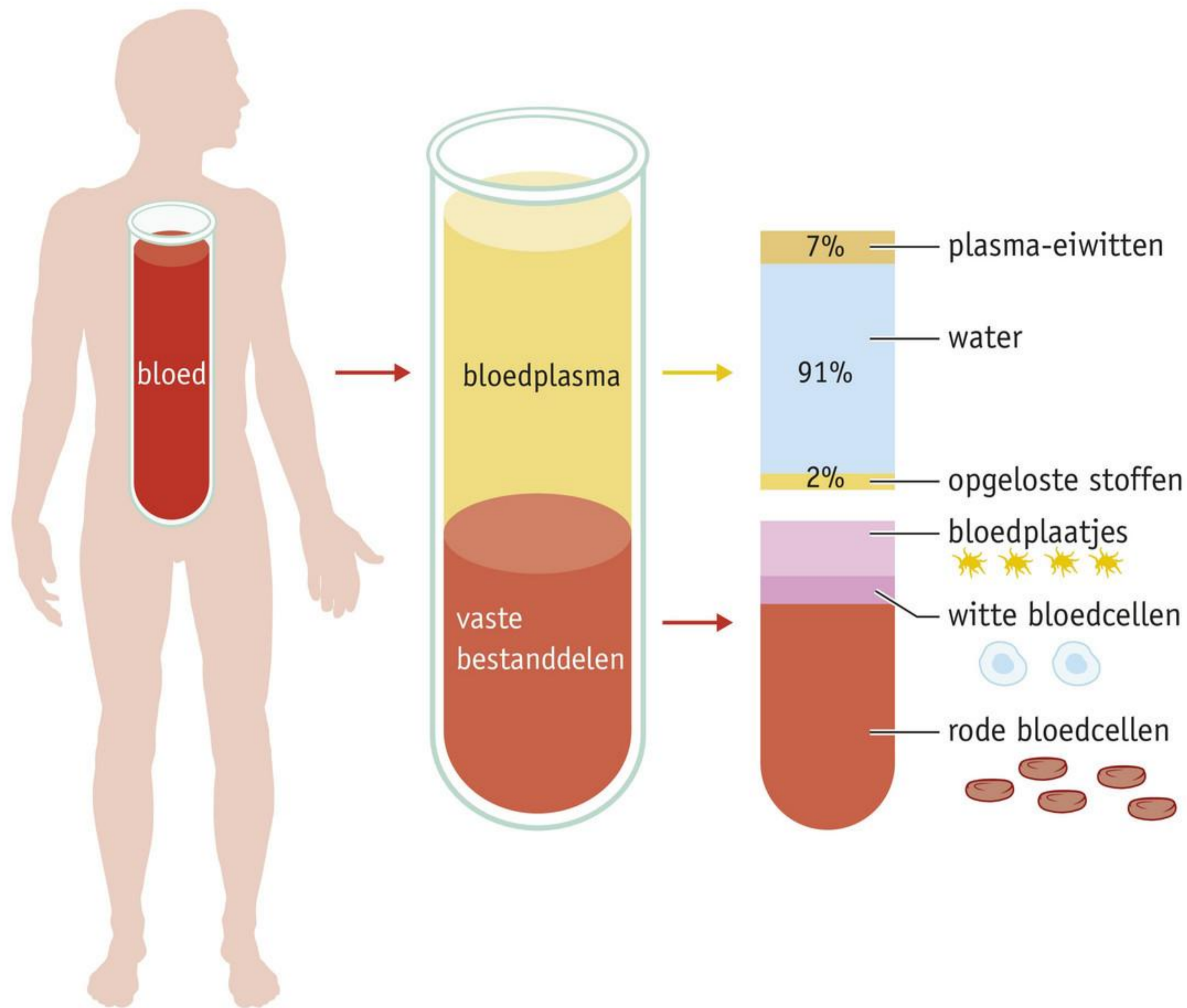
Door het hijgen verliest Anna veel water. De hypofyse reageert op watertekort door afgifte van het hormoon ADH. ADH beïnvloedt het watertransport in de nieren. De darmbacteriën scheiden enzymen uit die extracellulair grote organische moleculen afbreken tot kleinere opneembare moleculen. Ook bij de mens treedt extracellulaire vertering op.

- 2p **2** Wat is de richting van het watertransport dat wordt beïnvloed door ADH?
- A van de haarvaten van de glomerulus naar het kapsel van Bowman
 - B van het kapsel van Bowman naar de haarvaten van de glomerulus
 - C van de nierhaarvaten naar de verzamelbuisjes
 - D van de verzamelbuisjes naar de nierhaarvaten

■ **Afb. 1** Vijf spiergroepen die betrokken zijn bij de ademhaling.



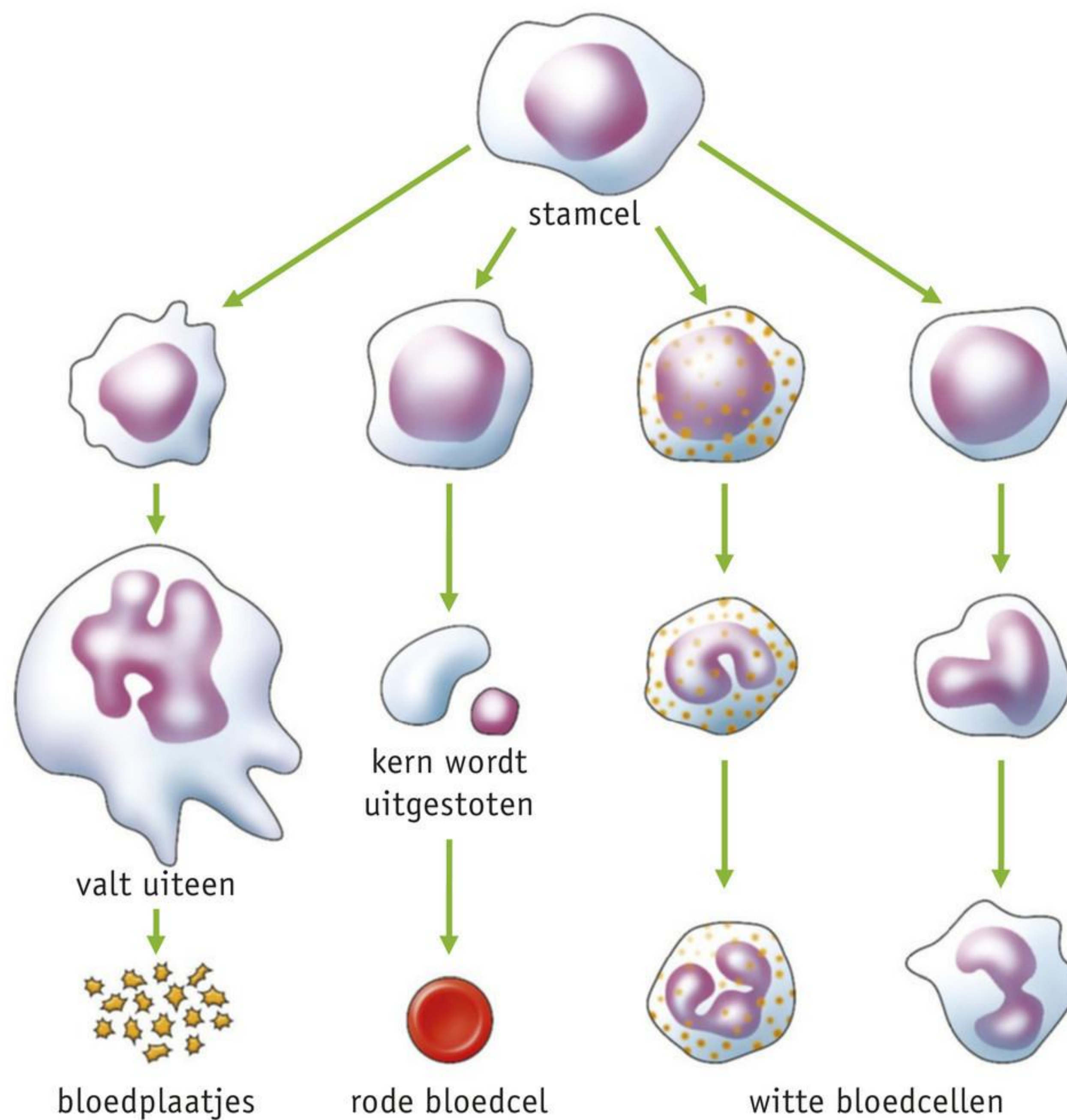
■ Afb. 1 Samenstelling van het bloed (gemiddeld).



BEENMERG

Rode en witte bloedcellen en bloedplaatjes ontstaan uit stamcellen in het rode beenmerg (zie afbeelding 2). Het **rode beenmerg** is een sponsachtig materiaal in de holten van botten, vooral in de wervels, in platte beenderen en in de uiteinden van pijpbeenderen. Naast het rode beenmerg is er geel beenmerg, waarin veel vetcellen zitten.

■ Afb. 2 Het ontstaan van verschillende typen bloedcellen en bloedplaatjes.



Een symptoom van hoogteziekte is longoedeem: bloedvaten in de longen vernauwen zich, waardoor de bloeddruk stijgt. Hierdoor gaan haarvaten vocht lekken, waardoor er vocht in het longweefsel en in de longblaasjes komt. Dit beïnvloedt de diffusie van zuurstof vanuit de longblaasjes naar de haarvaten.

De diffusiesnelheid V van zuurstof vanuit de longblaasjes naar het bloed kan met de volgende formule worden bepaald:

$$V = \frac{D \cdot A \cdot (c_2 - c_1)}{x}$$

- D is de diffusieconstante.
- A is de oppervlakte van de longblaasjes.
- $(c_2 - c_1)$ is het verschil in zuurstofconcentratie tussen bloed en lucht.
- x is de diffusieafstand.

Bij longoedeem verandert de diffusieafstand en daardoor de diffusiesnelheid van zuurstof.

- 2p 3 Wordt de diffusieafstand groter of kleiner? En wordt daardoor de diffusiesnelheid groter of kleiner?

	Diffusieafstand	Diffusiesnelheid
A	groter	groter
B	groter	kleiner
C	kleiner	groter
D	kleiner	kleiner

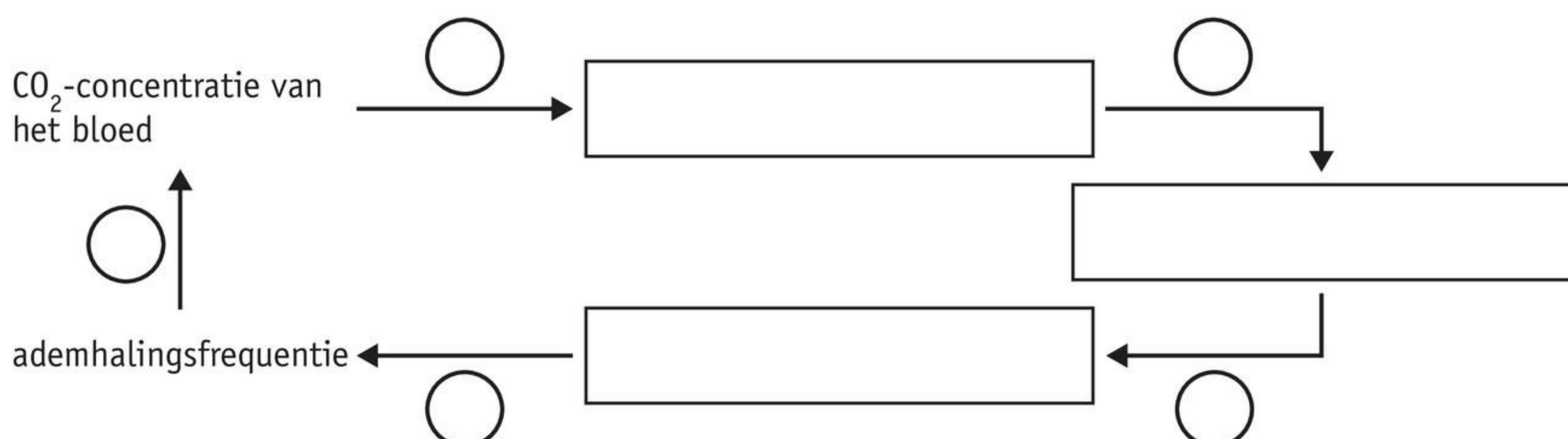
Enkele klimmers uit Anna's groep gebruiken een medicijn dat de kans op hoogteziekte verkleint. Dit medicijn bevat een stof die ervoor zorgt dat de CO_2 -concentratie in het bloed hoog blijft. Hierdoor wordt de longventilatie beïnvloed.

Bij de regeling van de longventilatie zijn het ademcentrum in de hersenstam, ademhalingsspieren en chemoreceptoren betrokken.

In afbeelding 2 is de regeling van de longventilatie weergegeven als een regelkring. Het schema is nog niet compleet.

- 2p 4
- Vul het schema aan door de volgende termen op de juiste plaats te noteren: *ademcentrum* – *ademhalingsspieren* – *chemoreceptoren*.
 - Noteer in de vijf cirkels een + (voor stimulering of toename) of een - (voor remming of afname).

■ **Afb. 2** Longventilatie als regelkring.



ZON EN HITTE

Naar: examen havo 2021-3, vraag 41 en 42.

Lisa is met haar vriendinnen Jaimy en Julia naar Chersonissos gegaan om lekker vakantie te vieren in de zon. Zonnen is heerlijk, maar te veel zon kan verbranding en huidkanker veroorzaken.

De meisjes hebben niet allemaal hetzelfde erfelijk bepaalde huidtype. In tabel 1 staat een indeling van de verschillende huidtypen. In de derde kolom staat hoelang iemand onbeschermd in de zon kan verblijven voordat er verbrandingsverschijnselen optreden bij een zonkracht met sterkte 1. De zonkracht kan in Europa variëren tussen 0 en 15.

Lisa heeft huidtype 1 en kan volgens tabel 1 bij zonkracht 1 dus 60 minuten onbeschermd in de zon liggen. Bij een sterkere zonkracht moet de maximale tijd bij zonkracht 1 worden gedeeld door de zonkracht. Voor Lisa betekent dit, dat ze bij zonkracht 3 dan 20 minuten onbeschermd kan zonnen. Deze tijd kan verlengd worden als ze zich insmeert met zonnebrandcrème.

Crème met een factor 20 die dik genoeg is aangebracht, zorgt ervoor dat je 20 keer zo lang in de zon kunt verblijven zonder te verbranden.

Tabel 1

Huidtype	Omschrijving	Maximale tijd onbeschermd in de zon bij zonkracht 1
1	zeer lichte huid; verbrandt zeer snel; wordt niet bruin	60 minuten
2	lichte huid; verbrandt snel; wordt langzaam bruin	100 minuten
3	licht getinte huid; verbrandt zelden; wordt gemakkelijk bruin	200 minuten
4	getinte huid; verbrandt bijna nooit; bruint zeer goed	300 minuten

Jaimy heeft huidtype 3 en Julia heeft huidtype 2.

- 1p **5** De meisjes smeren zich regelmatig goed in met een zonnebrandcrème met factor 30. Op hun eerste stranddag is de zonkracht 10. Bereken hoeveel minuten Julia, volgens tabel 1, maximaal kan blijven zonnen voordat ze verbrandingsverschijnselen krijgt. Noteer je berekening.

AVOCADO

Bron: examen havo 2022-2, vraag 5.

Naomi is gek op avocado's. Deze vruchten staan bekend als een gezonde keuze in het dieet van de mens.

Avocado's zijn rijk aan onverzadigde vetten, vitamine B en kalium. De onverzadigde vetten en kalium hebben een gunstig effect op de bloeddruk. Onverzadigde vetten beïnvloeden de wanden van de bloedvaten en kalium-ionen bevorderen de uitscheiding van natrium-ionen door de nieren.

- 2p **6** Bij de regulatie van de bloeddruk op langere termijn is de uitscheiding van natrium-ionen in de nieren van belang. Welk proces in de nieren regelt de hoeveelheid natrium-ionen die met de urine wordt uitgescheiden? En waar vindt dit proces plaats?

	Proces	Plaats
A	reabsorptie (terugresorptie)	kapsels van Bowman
B	reabsorptie (terugresorptie)	nierbuisjes
C	ultrafiltratie	kapsels van Bowman
D	ultrafiltratie	nierbuisjes

NIERDONOR BIJ LEVEN

Bron: examen havo 2019-1, vraag 14.

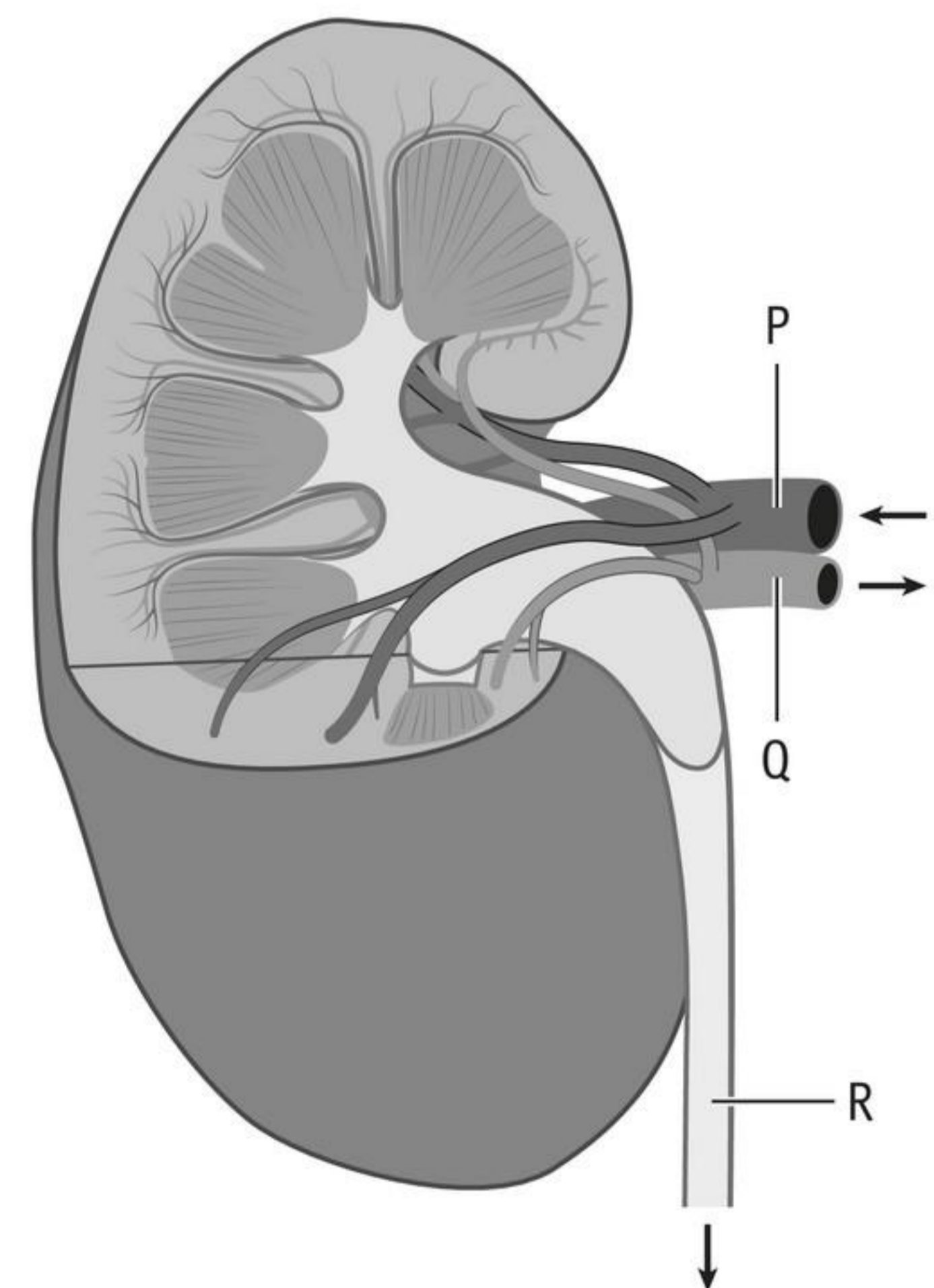
Marja is geboren met slechts één nier. Eén goede nier is genoeg om het bloed te zuiveren, maar Marja's nier is tijdens de twintig jaar van haar leven steeds slechter gaan functioneren, waardoor ze nu regelmatig moet dialyseren.

Een niertransplantatie zou een oplossing zijn. Marja's tweelingbroer Arno wil graag een van zijn nieren doneren. Bij het transplanteren van een nier moet met verschillende factoren rekening worden gehouden. De nier is een bloedrijk orgaan, waardoor bij een niertransplantatie veel bloedcellen mee worden getransplanteerd.

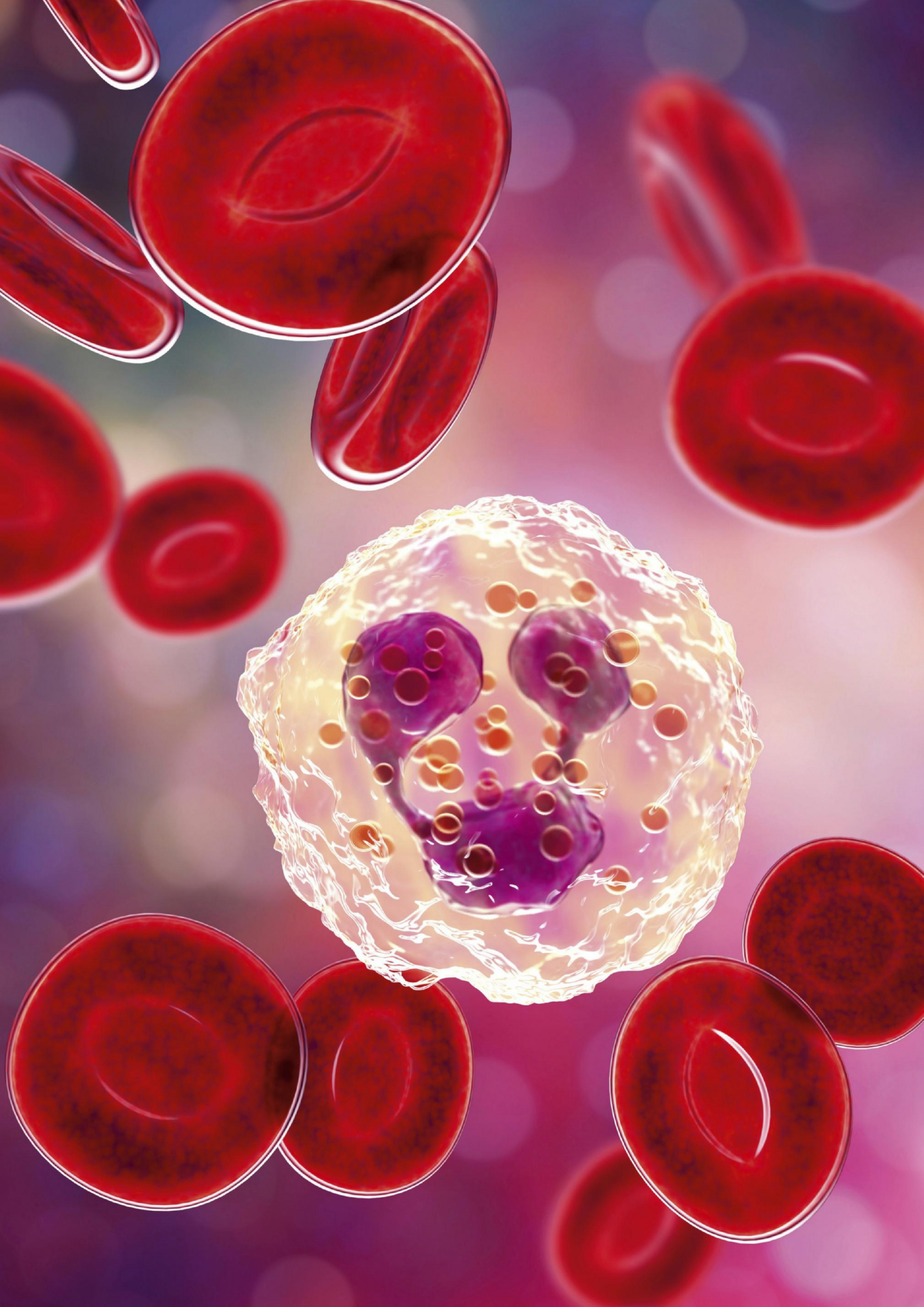
Tijdens een operatie wordt Arno's rechternier naar de buikholte van Marja getransplanteerd. De chirurg maakt drie aansluitingen (met P, Q en R, zie afbeelding 3) om de aan- en afvoer van vloeistoffen naar en vanaf de donornier mogelijk te maken. In afbeelding 3 is met pijlen de richting van de vloeistofstromen aangegeven.

- 2p **7** Noteer de letters P, Q en R onder elkaar. Noteer achter elke letter aan welk bloedvat, of aan welk orgaan in het lichaam van Marja de chirurg dit onderdeel bevestigt.

■ **Afb. 3** De richting van de vloeistofstromen in de nier.



 [Ga naar de Examentrainer.](#)





Thema 13

AFWEER

Bijna alle soorten organismen hebben een aangeboren afweersysteem dat het organisme verdedigt tegen binnendringende ziekteverwekkers en dat veranderde eigen cellen opruimt. Gewervelde dieren hebben ook nog een verworven afweersysteem dat onthoudt hoe een bepaalde ziekteverwekker onschadelijk kan worden gemaakt. Dit thema gaat over de afweerreacties van dieren. Ook wordt de rol van afweerreacties bij orgaantransplantaties en bloedtransfusies bij mensen besproken.

Inhoud

ORIËNTATIE

Björns wereldrecord	126
Voorkennistoets	
Voorkennisfilmpje	

BASISSTOF

1 Bescherming	128
2 Aangeboren en verworven afweer	136
3 Immunitet	148
4 Transplantatie en bloedtransfusie	155

SAMENHANG

Waar komen nieuwe ziekten vandaan?	164
------------------------------------	-----

EXTRA STOF

Allergie	
Een presentatie over xenotransplantatie of stamceltherapie	

ONDERZOEK

Practica	166
----------	-----

AFSLUITING

Samenvatting	168
Examenopgaven	172

BJÖRNS WERELDRECORD

Björn van Empel (zie afbeelding 1) heeft een bijzonder wereldrecord op zijn naam staan. In 2014 kreeg hij een nier gedoneerd van zijn zus Marieke. Een orgaantransplantatie is altijd bijzonder, maar in het geval van Björn was het heel speciaal. Het was namelijk de zevende keer dat hij een niertransplantatie onderging. Daarmee heeft hij het wereldrecord in handen.

Toen Björn 2 jaar was, stopten zijn nieren vrijwel geheel met werken als gevolg van een ontsteking. Hij mocht als kind maximaal een halve liter per dag drinken. Zijn voedsel mocht bijna geen zout en eiwitten bevatten.

Toen behandeling in de vorm van zogenaamde 'buikspoeling' niet meer voldoende was, moest Björn gaan dialyseren. Meerdere keren per week werd hij enkele uren aan een kunstnier (het dialyseapparaat) verbonden.

Er volgde een eerste niertransplantatie (zie afbeelding 2). Enkele jaren ging het goed, totdat de nier door Björns afweersysteem werd afgestoten. De nier moest worden verwijderd, maar Björn had geluk. Hij kreeg een nieuwe donornier. Helaas hield ook deze nier het maar een paar jaar vol. Nieuwe nieren volgden, maar ook deze werden na enkele jaren of soms zelfs al na enkele dagen afgestoten door Björns afweersysteem. Na zes nieren leek een nieuwe

transplantatie onmogelijk, omdat Björn in alle jaren te veel antistoffen had aangemaakt. Antistoffen zijn eiwitten. Ze maken cellen die vreemd zijn voor het lichaam onschadelijk. Het afweersysteem van Björn leek geen nieuwe nieren meer te accepteren.

Maar toen kwam er een nieuwe behandeling. Alle antistoffen die een volgende transplantatie onmogelijk maakten, konden uit Björns bloed worden verwijderd. De artsen wilden toen een nieuwe transplantatie toch nog een kans geven. En zo werd de linkernier van zijn zus Marieke de nieuwe rechternier van Björn.

Van Björns familieleden was zij de meest geschikte kandidaat als donor. De eiwitten op de buitenkant van haar lichaamcellen, de HLA-eiwitten, kwamen het meest overeen met die van Björn. Hoe groter de overeenkomst tussen de HLA-eiwitten, hoe kleiner de kans op afstoting van het orgaan.

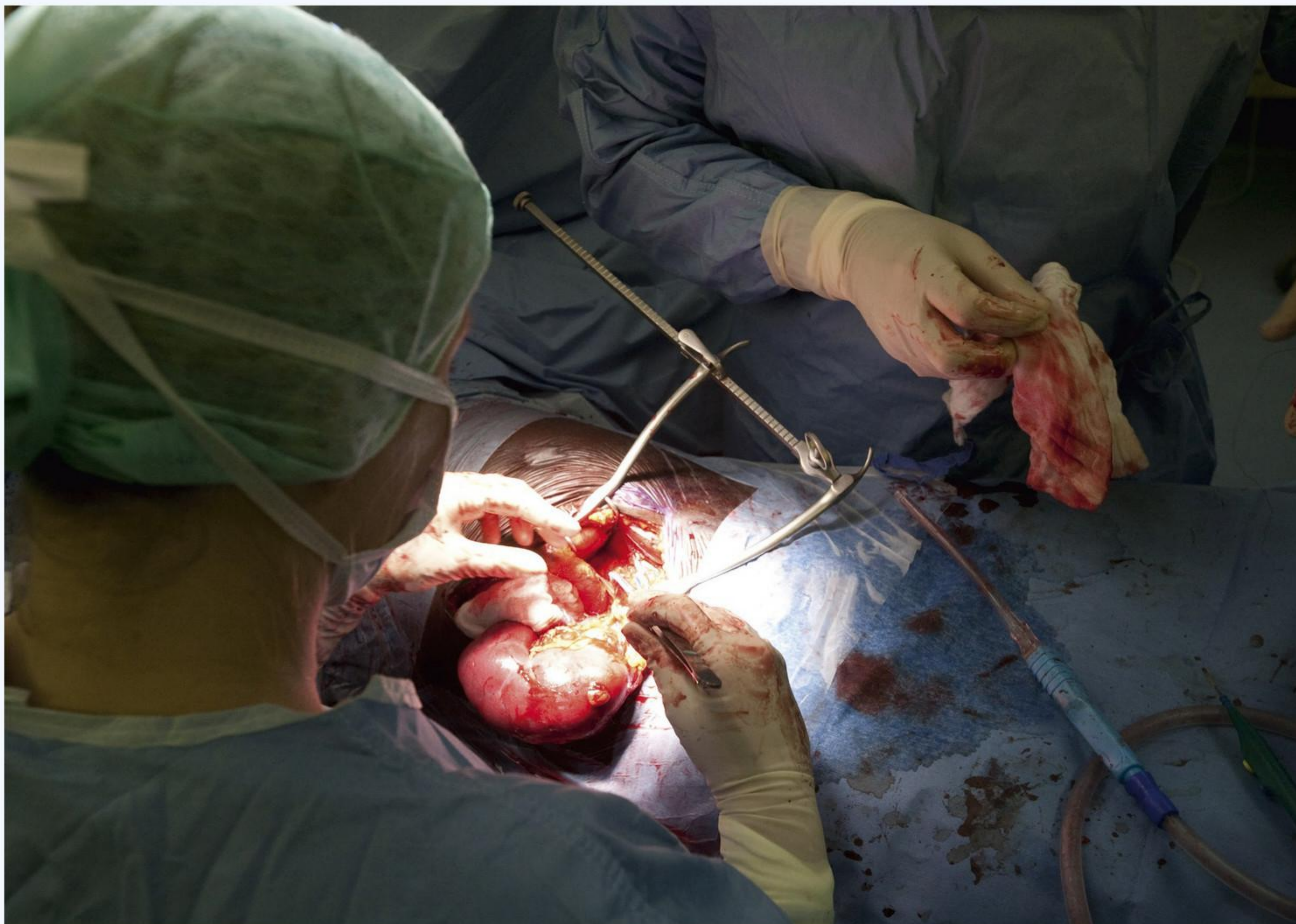
■ **Afb. 1** Björn van Empel (links).



De nier van Marieke was de eerste die Björn van een levende donor kreeg. En dat het zijn zus was die hem hiermee kon helpen maakte het extra bijzonder. Een nier is een van de weinige organen die een levende donor kan afstaan. Een nier die afkomstig is van een levende donor gaat meestal ook langer mee dan een nier van een overleden donor.

‘De dokter had nog nooit gehoord dat iemand voor de zevende keer een nieuwe nier kreeg. Het *Guinness Book of Records* kreeg er lucht van. Het was inderdaad nog nooit gebeurd. Ik heb officieel het record,’ zegt Björn. ‘Ik besef dat ik geluk heb gehad, maar hoop wel dat dit de laatste nier was die ik kreeg.’

■ **Afb. 2** Een niertransplantatie.



Opdrachten

- 1 Je nieren verwijderen onder andere overtollige zouten uit je bloed. Vanwege zijn slecht werkende nieren mocht Björn als kind maar heel weinig zout eten om gezondheidsproblemen te voorkomen. Leg dat uit.
- 2 De zus van Björn, Marieke, doneerde tijdens haar leven een nier. De meeste organen en weefsels kun je niet doneren als je nog leeft. Leg uit waarom het wel mogelijk is om een nier te doneren als je leeft.
- 3 Zou jij tijdens je leven een nier willen doneren? Geef minimaal één argument waarom je dat wel of niet zou willen doen.
- 4 Als gevolg van de vele transplantaties had Björn veel antistoffen in zijn bloed. Welke bloedcellen maken deze antistoffen?
- 5 Welke HLA-eiwitten je hebt, hangt af van je HLA-type. Dat is erfelijk bepaald. De kans op afstoting van een getransplanteerd orgaan is kleiner als het orgaan afkomstig is van een familielid dan als het komt van een willekeurige vreemde. Leg dat uit.

 [Ga naar de Voorkennistoets en het Voorkennisfilmpje.](#)

1 BESCHERMING

LEERDOELEN

13.1.1 Je kunt de werking en functie van de eerste verdedigingslinie van het afweersysteem bij de mens beschrijven.

13.1.2 Je kunt de kenmerken van verschillende typen ziekteverwekkers beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	13.1.1	13.1.2
Onthouden	2, 3	7
Begrijpen	4, 5, 6	1, 8, 9
Toepassen	10, 11ab, 15, 16	
Analyseren	11c, 12, 13, 14	

Ziekteverwekkende organismen liggen constant op de loer, maar het lukt ze bijna nooit om je lichaam binnen te dringen. Dat wordt onder andere voorkomen door ongeveer 2 m² huid, 80 m² longslijmvlies en 350 m² darmslijmvlies. Zij vormen een beschermende grens tussen je inwendige en uitwendige milieu. Ook speeksel, traanvocht en maagsap voorkomen dat ziekteverwekkers binnendringen.

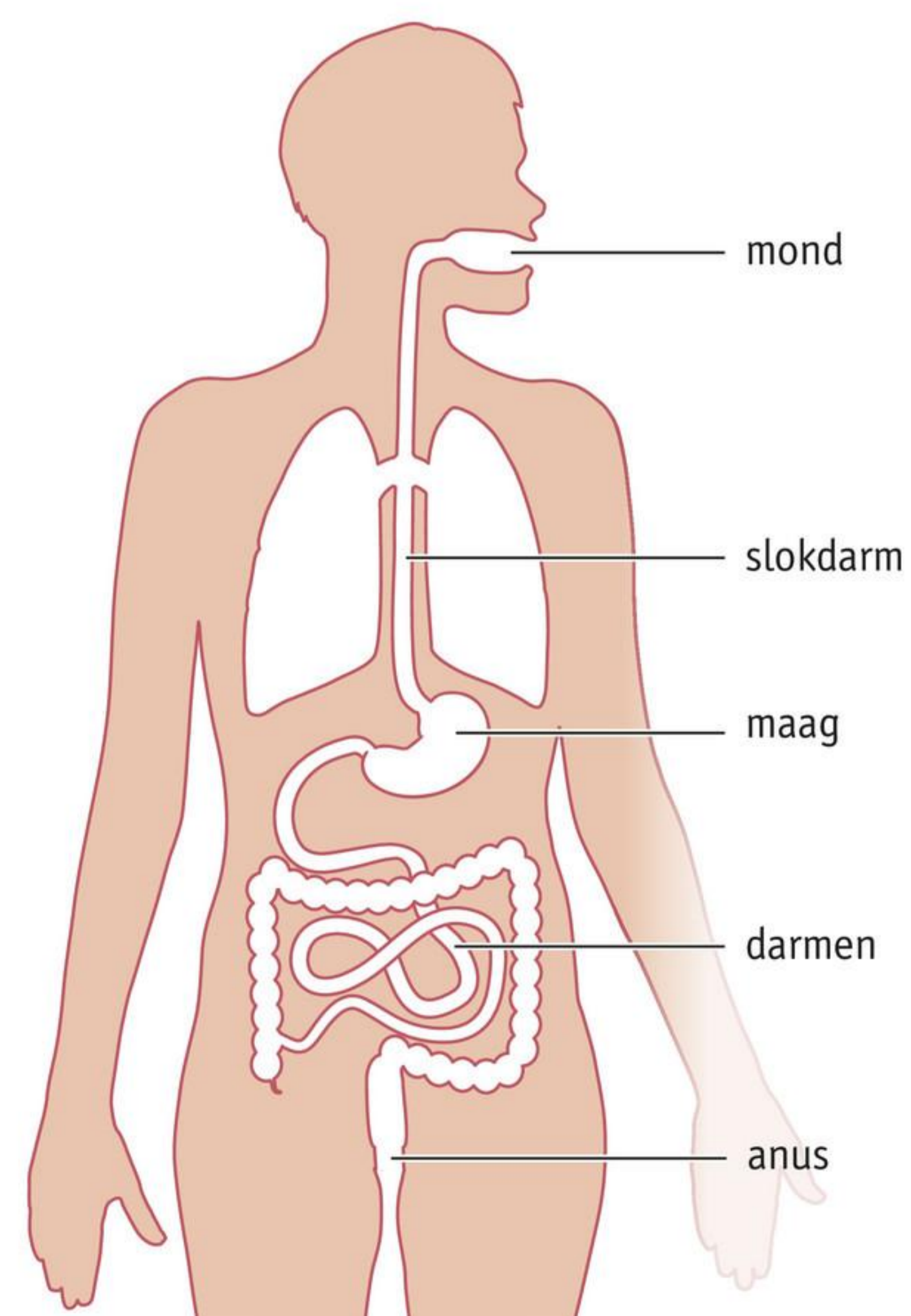
INWENDIG EN UITWENDIG MILIEU

Je lichaam wordt constant blootgesteld aan organismen uit de omgeving die je ziek kunnen maken. Veel van deze ziekteverwekkers (pathogenen) zijn erg klein, zoals virussen en bacteriën. Andere zijn groter, zoals schimmels en dieren (bijvoorbeeld insecten en wormen).

Je inwendige milieu is gescheiden van je uitwendige milieu door het dekweefsel van je huid, je longen en je darmen (zie afbeelding 1). De inhoud van het maag-darmkanaal hoort bij het uitwendige milieu. Je kunt dit kanaal vergelijken met een holle pijp die is aangesloten op de buitenwereld.

In afbeelding 1 is het inwendige milieu roze gekleurd. Dit deel van het lichaam kan alleen worden bereikt nadat een celmembraan is gepasseerd. Het uitwendige milieu is met wit aangegeven en staat direct in verbinding met de buitenwereld.

■ **Afb. 1** Inwendig en uitwendig milieu.

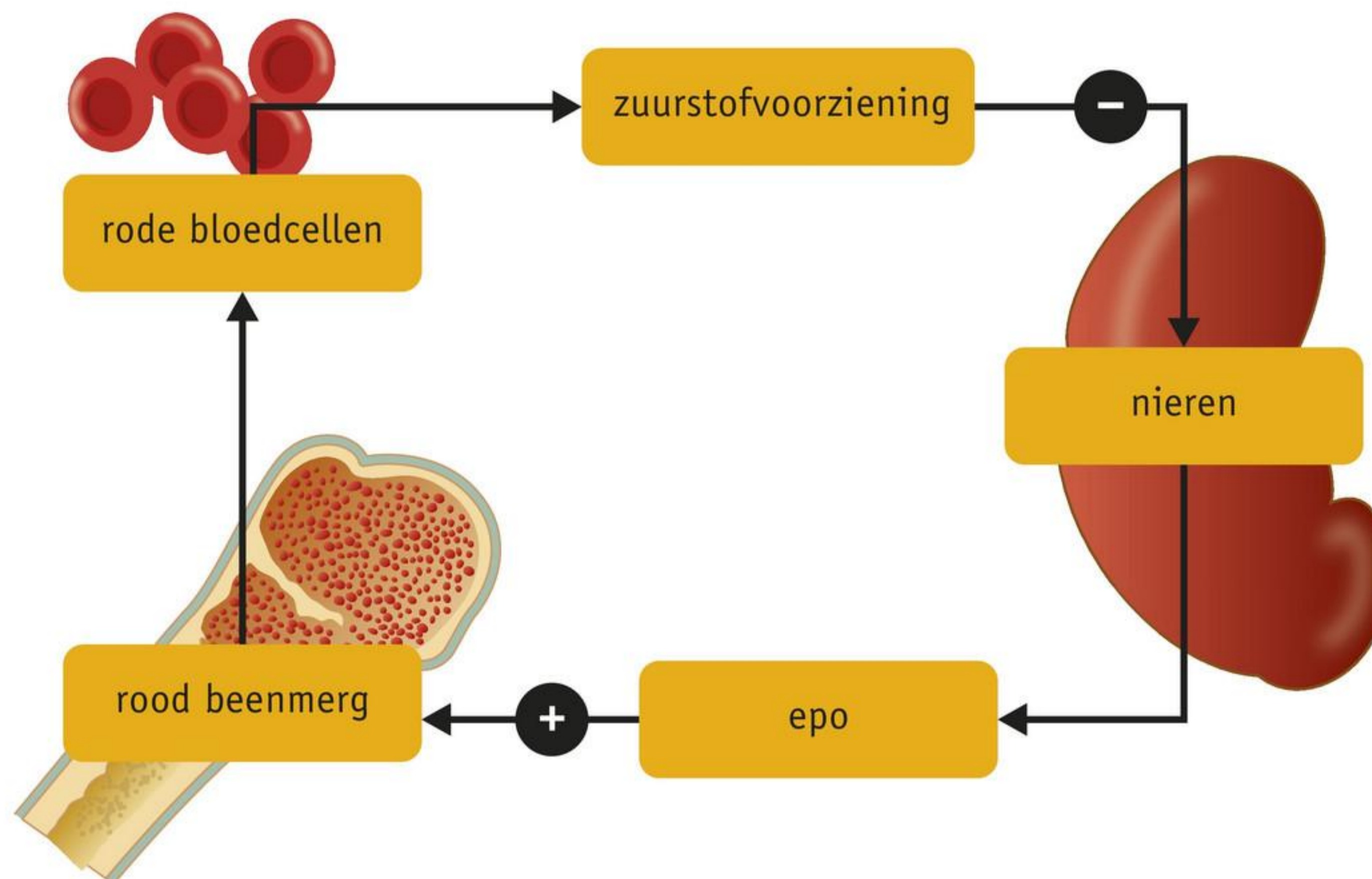


RODE BLOEDCELLEN

Rode bloedcellen hebben de vorm van kleine ronde schijfjes, die in het midden dunner zijn dan aan de rand. Ze hebben geen celkern. Ze leven daardoor betrekkelijk kort: gemiddeld vier maanden. Voortdurend worden uit de stamcellen in het rode beenmerg nieuwe rode bloedcellen gevormd, ongeveer twee miljoen per seconde.

De aanmaak van rode bloedcellen in het rode beenmerg wordt gestimuleerd door het hormoon **epo** (erythropoëtine), dat wordt geproduceerd door de nieren. Afhankelijk van de zuurstofvoorziening produceren de nieren meer of minder epo (zie afbeelding 3).

■ **Afb. 3** Regeling van de aanmaak van rode bloedcellen.



Rode bloedcellen bevatten **hemoglobine**, een zuurstofbindend eiwitmolecuul dat de rode kleur aan het bloed geeft. Hemoglobine speelt een belangrijke rol bij het zuurstoftransport. Hemoglobine draagt ook bij aan het koolstofdioxidetransport, maar koolstofdioxide wordt vooral vervoerd in het cytoplasma van rode bloedcellen. Hemoglobine bevat ijzeratomen. Bij bloedarmoede bevat het bloed niet voldoende hemoglobine.

Dode rode bloedcellen worden afgebroken in het rode beenmerg, in de milt en in de lever. Het ijzer dat bij de afbraak vrijkomt, wordt weer benut bij de aanmaak van nieuwe rode bloedcellen.

Opdrachten **KENNIS**

- 1 Bloed vervoert verschillende typen stoffen.
 - a Noem vijf (groepen) stoffen die het bloedplasma vervoert.
 - b Welke vaste bestanddelen komen het meest in bloed voor? En welke het minst?
- 2 Afbeelding 4 is een foto van twee reageerbuizen met bloed. Het bloed is eerst onstolbaar gemaakt en heeft daarna enkele dagen gestaan.
 - a Welk bestanddeel van bloed bevindt zich boven in de reageerbuis? En welke bestanddelen bevinden zich onderin?
 - b Leg uit hoe het komt dat sommige bestanddelen bezinken.

LICHAAMSVREEMD EN LICHAAMSEIGEN

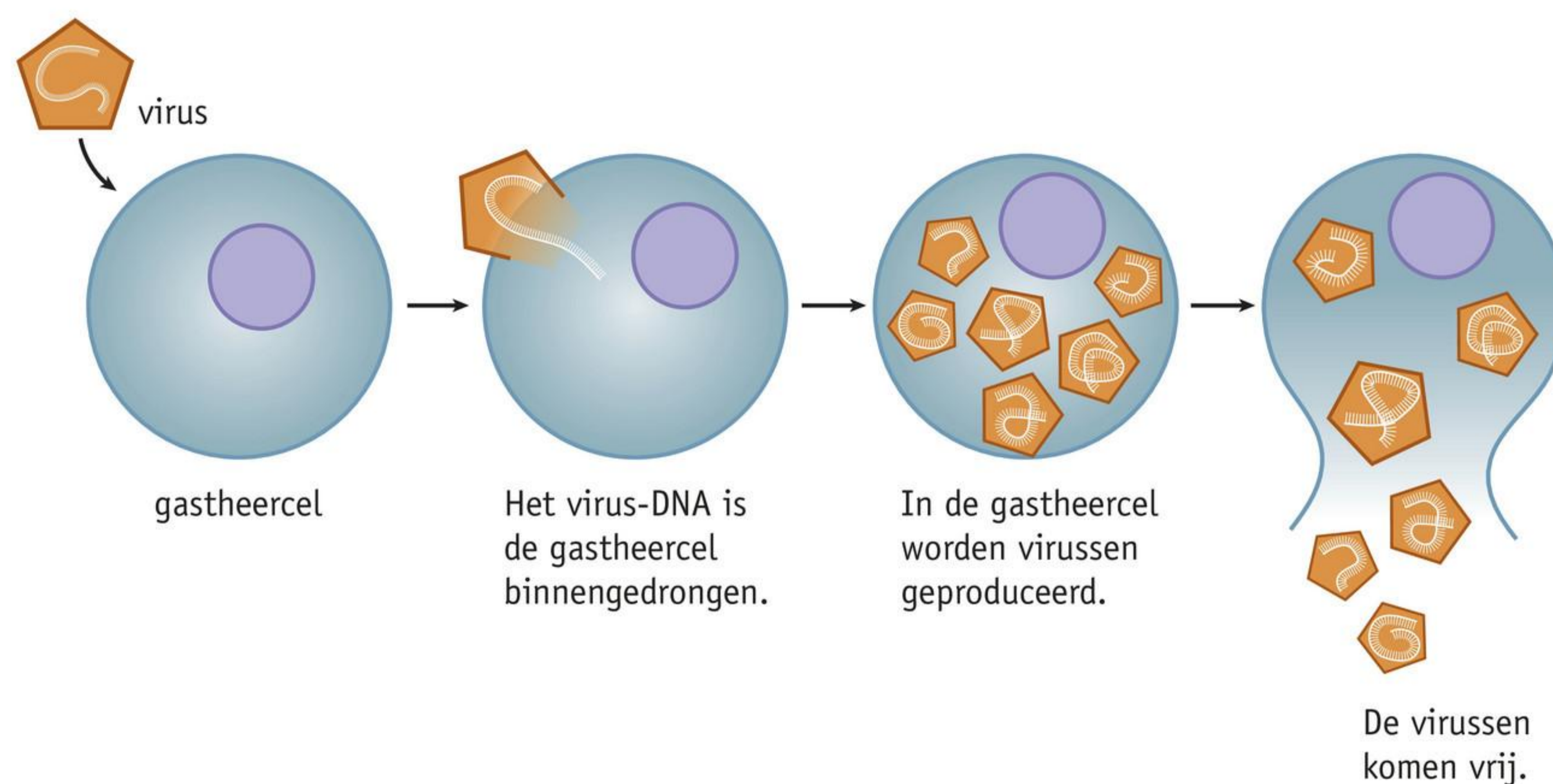
Wanneer het ziekteverwekkers lukt om je lichaam binnen te dringen en zich daar te vermenigvuldigen, spreek je van een infectie. Bij een infectie met bacteriën, schimmels en dieren ontstaan de ziekteverschijnselen vaak door de giftige stoffen die ze afgeven. Schimmels infecteren meestal alleen de huid en de slijmvliezen, terwijl bacteriën, virussen en eencellige dieren ook andere delen van het lichaam kunnen infecteren.

Je kunt ook ziek worden van stoffen die je inademt of inslikt, of die via je huid binnendringen. Stoffen of cellen die niet in je lichaam thuishoren, noem je **lichaamsvreemd**. Het afweersysteem (of immuunsysteem) beschermt je tegen lichaamsvreemde organismen en lichaamsvreemde stoffen. **Lichaamseigen** stoffen of cellen worden door je lichaam gemaakt. Deze worden meestal niet door je afweersysteem aangevallen.

Veel micro-organismen kunnen buiten de lichaamscellen en soms zelfs buiten het lichaam overleven. De meeste soorten bacteriën zijn onschadelijk en nuttig, maar van sommige soorten (pathogene) bacteriën kun je ziek worden (zie afbeelding 3.1). De afweer van je lichaam tegen ziekteverwekkende bacteriën kun je tijdelijk versterken door het gebruik van **antibiotica** (enkelvoud: antibioticum). Antibiotica zijn medicijnen die de bacteriën doden of hun groei remmen. Ze beschadigen de celwand van bacteriën of blokkeren de stofwisselingsprocessen van de bacterie. Antibiotica werken niet tegen infecties door virussen. Er zijn verschillende typen antibiotica, waarvan penicilline het bekendst is. Een belangrijk nadeel van antibiotica is dat bacteriën er **resistent** (ongevoelig) voor kunnen worden. Hoe vaker je antibiotica gebruikt, hoe groter de kans dat bacteriën resistent worden. Artsen zijn daarom terughoudend met het voorschrijven van antibiotica.

Virussen zijn geen organismen. Ze kunnen alleen overleven en zich voortplanten als het ze lukt om lichaamscellen binnen te dringen. Ze maken gebruik van de organellen in de cel. Virussen bestaan uit een streng DNA (**DNA-virus**) of RNA (**RNA-virus**) met daaromheen een **eiwitmantel**. Het virus-DNA of -RNA komt bij een infectie in een gastheercel terecht. Na de vermenigvuldiging barst de gastheercel open en komen de virussen vrij (zie afbeelding 2) of worden de nieuwe virussen door de gastheercel afgesnoerd. Een nieuw virus dringt een andere gastheercel binnen en zo kan een virus zich snel verspreiden (zie afbeelding 3.2).

■ **Afb. 2** De vermenigvuldiging van een virus in een gastheercel.



Zwemmerseczeem en een vaginale infectie met *Candida albicans* zijn bekende voorbeelden van infecties met een pathogene schimmel (zie afbeelding 3.3). Infecties met schimmels komen vaak voor op warme en vochtige plaatsen van het lichaam. Ze leiden meestal tot oppervlakkige aandoeningen. Ook pathogene schimmels blijken steeds vaker resistentie te hebben ontwikkeld tegen antischimmelmedicijnen.

Dierlijke parasieten kunnen op het lichaam, in de weefsels of in de darmen leven (zie afbeelding 3.4). Bekende voorbeelden zijn hoofdluis, bedwants, schurftmijt en spoolworm.

■ **Afb. 3** Ziekteverwekkers.



1 Syfilis wordt door een bacterie veroorzaakt.



2 Polio wordt door een virus veroorzaakt.



3 Zwemmerseczeem wordt door een schimmel (gist) veroorzaakt.



4 De ziekte van Lyme wordt veroorzaakt door een bacterie die wordt overgebracht door een teek.

Opdrachten **KENNIS**

- 1 Behoren de vagina en de inhoud van de baarmoeder tot het uitwendige of tot het inwendige milieu? Leg je antwoord uit.
- 2 Een virus is geen organisme. Leg uit waarom niet.
- 3 Griep wordt veroorzaakt door een virus. Kun je griep genezen met antibiotica? Leg je antwoord uit.
- 4 Een schimmelinfectie zoals voetschimmel kun je behandelen met schimmeldodende medicijnen. Het risico bestaat dat er bij een schimmel resistentie optreedt tegen het medicijn. Leg uit hoe dit kan ontstaan.
- 5 Nada krijgt tijdens de ckv-les een splinter in haar vinger. Leg uit waarom haar afweersysteem in actie komt.

- 6 De ziekte van Pfeiffer wordt veroorzaakt door een virus (het epstein-barrvirus). Het virus komt onder andere voor in het speeksel van besmette personen en kan door zoenen aan iemand anders worden overgedragen. Je krijgt dan na vier dagen tot zeven weken de eerste ziekteverschijnselen, zoals vermoeidheid en keelpijn. Layla heeft last van deze ziekteverschijnselen. Met een bloedonderzoek is aangetoond dat het virus zich in haar bloed bevindt. Is er sprake van een infectie?

DE EERSTE VERDEDIGINGSLINIE

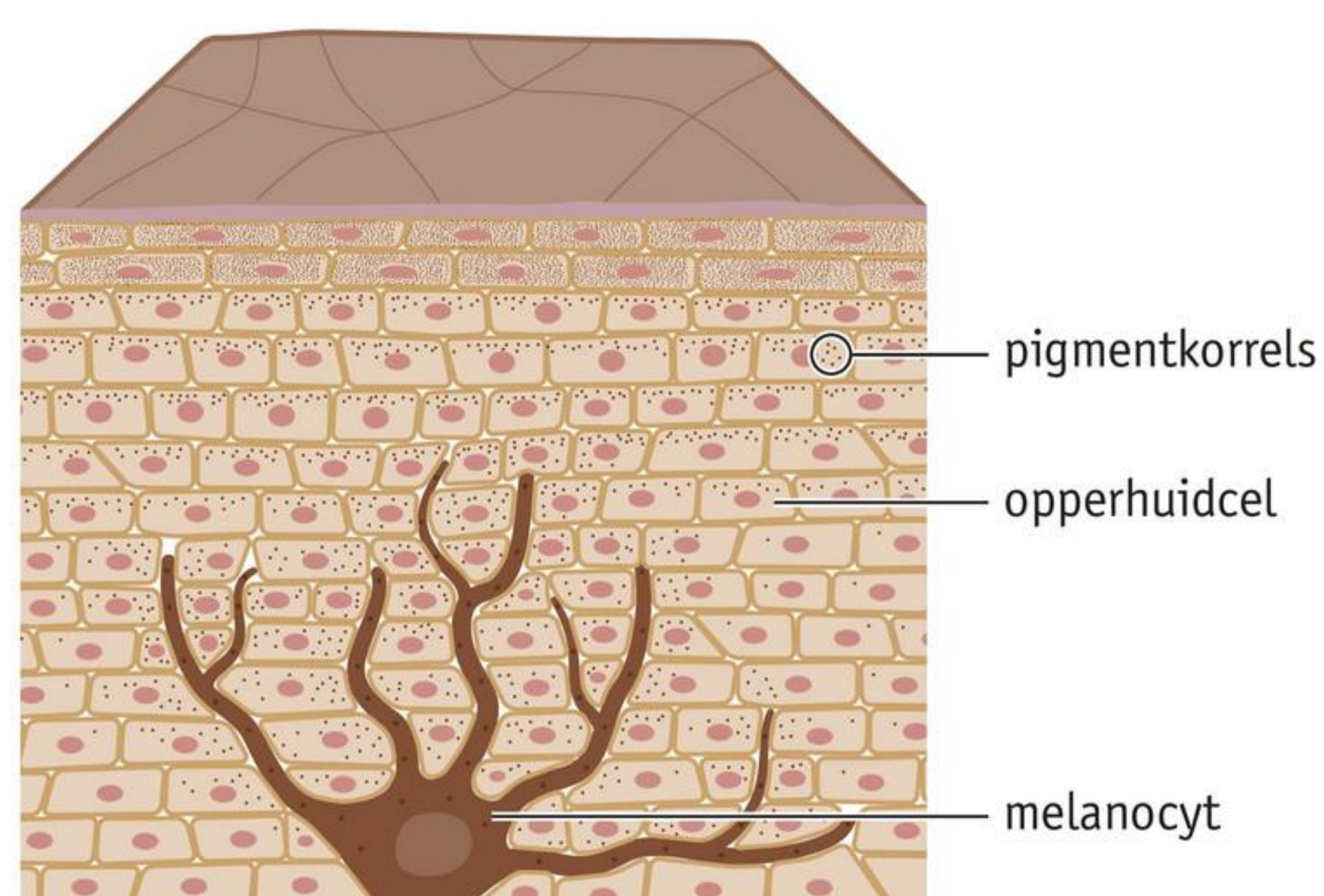
Het menselijk lichaam heeft verschillende verdedigingslijnen die beschermen tegen ziekteverwekkers. De **huid** en de **slijmvliezen** vormen de eerste verdedigingslinie (zie **BiNaS** tabel 84J2). Door de bouw van de huid dringen ziekteverwekkers en schadelijke stoffen moeilijk binnen: de cellen liggen aaneengesloten. Daar waar openingen in de huid zitten, zoals bij de ogen, de neus en de mond, zorgen slijmvliezen ervoor dat ziekteverwekkers moeilijk kunnen binnendringen. Traanvocht en speeksel spoelen indringers weg. Slijm in de neus (snot), de luchtwegen, het verteringsstelsel, het uitscheidingsstelsel en het voortplantingsstelsel vangt ziekteverwekkers op en houdt ze tegen. Dit zijn voorbeelden van mechanische afweer, omdat het gaat om afweer met behulp van fysieke (lichamelijke) aanpassingen.

Chemische afweer is het gebruik van stoffen om indringers buiten te houden. Maagsap bijvoorbeeld bevat onder andere zoutzuur (HCl opgelost in water). Door de zeer lage pH (1-2) worden veel ziekteverwekkers in het voedsel gedood. Op de huid zorgen zweet en talg voor een pH van 3-5, waardoor veel schadelijke bacteriën en schimmels niet op de huid kunnen groeien.

Op de huid en in het darmkanaal bevinden zich ook veel goede bacteriën. Deze helpen het lichaam te beschermen tegen ziekteverwekkers. Waar goede bacteriën leven, is vaak geen plaats voor andere (schadelijke) bacteriën. De bacteriën op de huid en in de darmen horen bij de mechanische afweer.

De huid beschermt het lichaam niet alleen tegen het binnendringen van ziekteverwekkers, maar ook tegen invloeden van buitenaf, zoals beschadiging, waterverlies door verdamping en DNA-beschadiging door ultraviolette straling. In de kiemlaag liggen pigmentvormende cellen: de melanocyten (*melanos* = zwart). Deze vormen het donkere pigment melanine, dat ze via hun uitlopers afgeven aan de nabijgelegen opperhuidcellen (zie afbeelding 4). De vorming van melanine wordt gestimuleerd door blootstelling van de huid aan zonlicht. Melanine beschermt de zich delende cellen in de kiemlaag tegen de schadelijke invloed van ultraviolette straling in zonlicht.

■ **Afb. 4** Een melanocyt in de opperhuid.



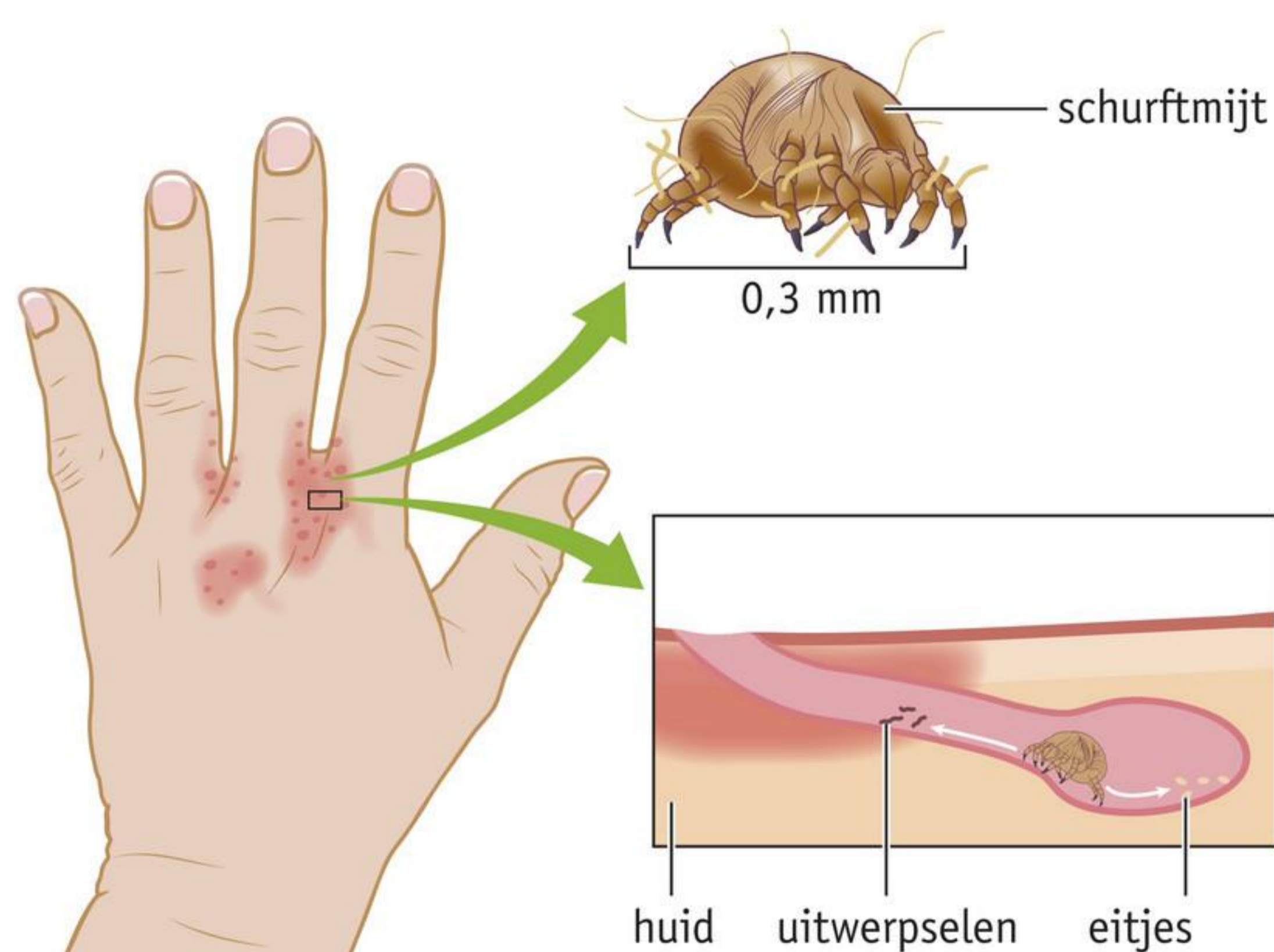
Opdrachten **KENNIS**

- 7 Waarom vormen de huid en de slijmvliezen de eerste verdedigingslinie van je afweersysteem?
- 8 Het milieu in de vagina heeft een pH-waarde tussen de 3,8 en 4,5. Deze zuurgraad maakt de omgeving ongeschikt voor veel ziekteverwekkers.
- a Behoort deze afweer tot de mechanische of de chemische afweer? Leg je antwoord uit.
 - b Behoren hoesten, niezen en braken tot de mechanische of tot de chemische afweer? Leg je antwoord uit.
- 9
- a Een moedervlek is een ophoping van melanocyten. Verklaar de donkere kleur van een moedervlek.
 - b Het aantal melanocyten per vierkante centimeter is bij iedereen gelijk. Het verschil in huidskleur wordt bepaald door de hoeveelheid melanine die de melanocyten aanmaken. Hoe donkerder de huidskleur, hoe meer melanine er door de melanocyten wordt aangemaakt.
Leg uit waardoor iemand met een donkere huidskleur van nature beter is beschermd tegen uv-straling van de zon.

Opdrachten **INZICHT**

- 10 Schurft is een besmettelijke huidaandoening die ontstaat doordat een volwassen vrouwelijke schurftmijt gangetjes in de huid maakt en haar eitjes en uitwerpselen daarin achterlaat (zie afbeelding 5). Dit veroorzaakt jeuk. Schurft is te behandelen met pillen of door je in te smeren met zalf. Om te voorkomen dat schurft terugkomt, is het belangrijk om alles van stof, zoals beddengoed en kleding, op minimaal zestig graden te wassen.
- Leg uit waarom je opnieuw schurft kunt krijgen als je dat niet doet.

■ **Afb. 5** Schurft.



- 11 **a** Antibiotica doden bacteriën bij een infectie, maar brengen geen schade toe aan je lichaamscellen. Leg dat uit.
- b** Bacteriën kunnen resistent worden tegen meerdere antibiotica. Een infectie met een multiresistente bacterie is moeilijker te behandelen. Een voorbeeld van zo'n bacterie is de MRSA-bacterie, ook wel bekend als de 'ziekenhuisbacterie'. Leg uit hoe een multiresistente populatie MRSA-bacteriën is ontstaan. Gebruik in je uitleg de woorden *mutaties*, *genetische variatie* en *natuurlijke selectie*.
- c** Jenna is bang dat zij resistent wordt tegen antibiotica als ze die te vaak gebruikt. Leg uit wat er onjuist is aan deze gedachte.



12 Reproductiegetal

Naar: Voorronde Biologie Olympiade Junior vwo 2021, vraag 3.

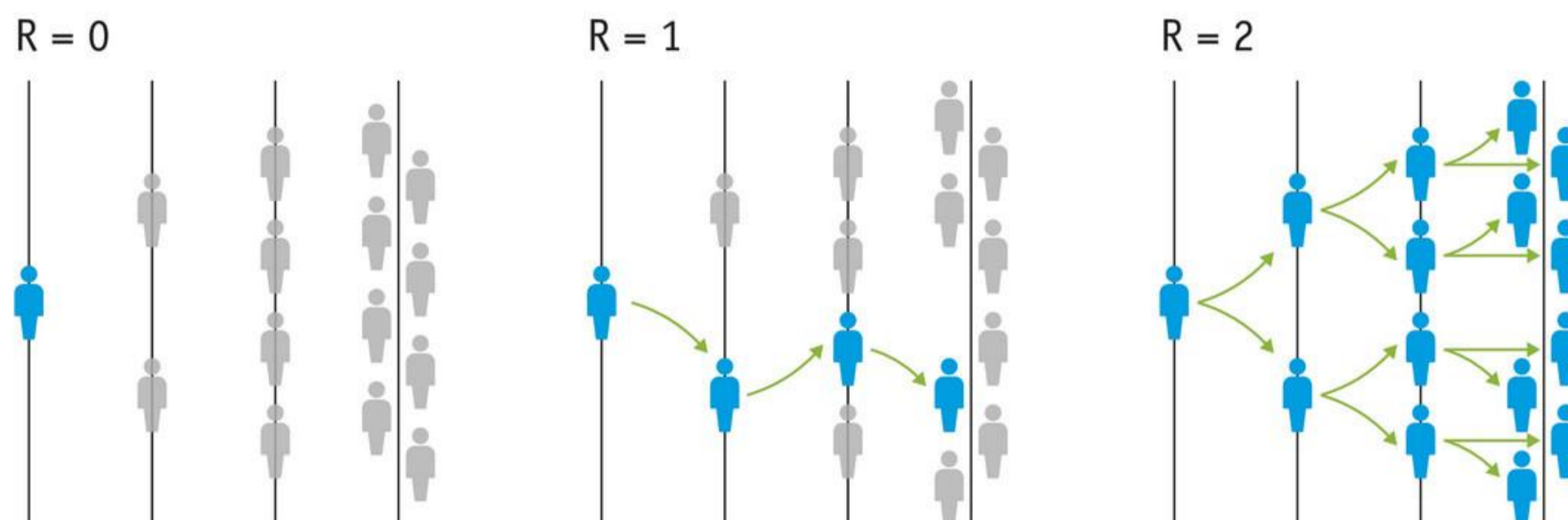
Om de ontwikkeling van een virus in Nederland te kunnen volgen wordt gekeken naar het reproductiegetal. Het reproductiegetal laat zien hoe snel een virus zich verspreidt. Als dat getal bijvoorbeeld 2 is, dan besmet iemand die een virus heeft, gemiddeld twee andere mensen (zie afbeelding 6).

Hieronder volgen twee stellingen over het reproductiegetal. Je kunt ervan uitgaan dat alle nieuwe besmettingen plaatsvinden binnen zeven dagen nadat iemand besmet is geraakt.

- 1 Als het reproductiegetal kleiner dan 1 is, dan stijgt het aantal nieuwe besmettingen per week nog wel, maar heel langzaam.
- 2 Als het reproductiegetal 1,4 is, dan is na veertien dagen het aantal nieuwe besmettingen per week nog niet verdubbeld.

Geef van elke stelling aan of deze juist of onjuist is. Leg je keuze uit.

■ **Afb. 6** Het reproductiegetal.



Ga naar de [Flitskaarten en Test jezelf](#).

HUIDSKLEUR EN VITAMINE D

Vitamine D kun je binnenkrijgen met je voeding, maar het grootste deel wordt door je lichaam zelf aangemaakt. Dat gebeurt onder invloed van zonlicht. De kleur van je huid heeft hier invloed op (zie afbeelding 7). In Nederland is het voor de meeste mensen met een lichte huid voldoende om elke dag 15 tot 30 minuten met handen en gezicht onbeschermd buiten te zijn. Een donkere huid moet veel langer in de zon om dezelfde hoeveelheid vitamine D aan te kunnen maken als een lichte huid. Daardoor kan bij mensen met een donkere huid een tekort ontstaan. Zeker in de winter, als je niet veel buiten bent en je huid voor het grootste deel is bedekt.

Een tekort aan vitamine D kan ook voorkomen bij mensen die overdag als de zon schijnt heel weinig buiten komen, omdat ze bijvoorbeeld 's nachts werken of in een verzorgings- of verpleeghuis wonen. Ook mensen die hun huid altijd met kleding bedekken, lopen meer risico op een tekort.

Gelukkig is een vitamine-D-tekort meestal gemakkelijk op te lossen met tabletjes of druppels. Het is wel verstandig om dat eerst met je huisarts te overleggen. Want voor vitaminen geldt, net als voor de zon op je huid: meer is zeker niet altijd beter.

■ **Afb. 7** De kleur van je huid heeft invloed op de aanmaak van vitamine D.



Opdrachten

- 13 Vitamine D speelt een rol bij de opname van calcium en het vastleggen ervan in je botten en tanden.
 - a Welke orgaanstelsels hebben nog meer vitamine D nodig om goed te functioneren? Noem er twee. Gebruik **BiNaS** tabel 82A om deze vraag te beantwoorden.
 - b Het Voedingscentrum adviseert om kinderen van 0 tot 3 jaar extra vitamine D te geven. Noem twee redenen waarom kinderen van deze leeftijd extra vitamine D nodig hebben.
- 14 Waarom moet iemand met een donkere huid in Nederland veel langer in de zon blijven om dezelfde hoeveelheid vitamine D aan te maken dan iemand met een lichte huid?
- 15 In landen waar de bevolking van nature een donkere huidskleur heeft, komt vitamine-D-tekort vrijwel niet voor. Hoe kun je dat verklaren?
- 16 Uv-straling is schadelijk voor je huid. Deze straling vergroot de kans op het krijgen van huidkanker. Daarom is het belangrijk je huid goed te beschermen tegen de uv-straling van de zon. Dat kun je doen door zonnebrandcrème te gebruiken (zie afbeelding 8). Welke SPF (*Sun Protection Factor*) je nodig hebt hangt af van je huidtype (zie tabel 1) en de kracht van de zon. Bepaal met behulp van tabel 1 welk huidtype je hebt en welke SPF je dus minimaal nodig hebt.

Tabel 1 Verschillende huidtypen en geadviseerde SPF per huidtype.

<p>Type 1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • zeer lichte huid, vaak sproeten • rood of licht blond haar • lichte ogen 	<ul style="list-style-type: none"> • verbrandt zeer snel • wordt niet bruin 	<p>SPF (factor) 30</p>
<p>Type 2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • lichte huid • blond haar • lichte ogen 	<ul style="list-style-type: none"> • verbrandt snel • wordt langzaam bruin 	<p>SPF (factor) 15+</p>
<p>Type 3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • licht getinte huid • donkerblond/bruin haar • vrij donkere ogen 	<ul style="list-style-type: none"> • verbrandt niet snel • wordt gemakkelijk bruin 	<p>SPF (factor) 15+</p>
<p>Type 4</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • getinte huid • donker haar • donkere ogen 	<ul style="list-style-type: none"> • verbrandt bijna nooit • bruint zeer goed 	<p>SPF (factor) 10–15</p>

■ **Afb. 8** Zonnebrandcrème beschermt je tegen de uv-straling van de zon.



2 AANGEBOREN EN VERWORVEN AFWEER

LEERDOELEN

13.2.1 Je kunt de vormen van aangeboren afweer beschrijven.

13.2.2 Je kunt de vormen van verworven afweer beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	13.2.1	13.2.2
Onthouden	20a	21
Begrijpen	17, 18, 19, 20bc	22, 23, 24, 25, 26
Toepassen	27, 28, 32a, 33b	29
Analyseren	32b, 33a, 34	30, 31

In je darmen leven meer dan drie keer zoveel bacteriën als het aantal lichaamscellen dat je hebt. De grens tussen het inwendige en het uitwendige milieu is hier maar één cellaag dik. Je afweersysteem strijdt hier continu tegen ziekteverwekkers, maar laat de lichaamsvreemde stoffen uit je voeding met rust.

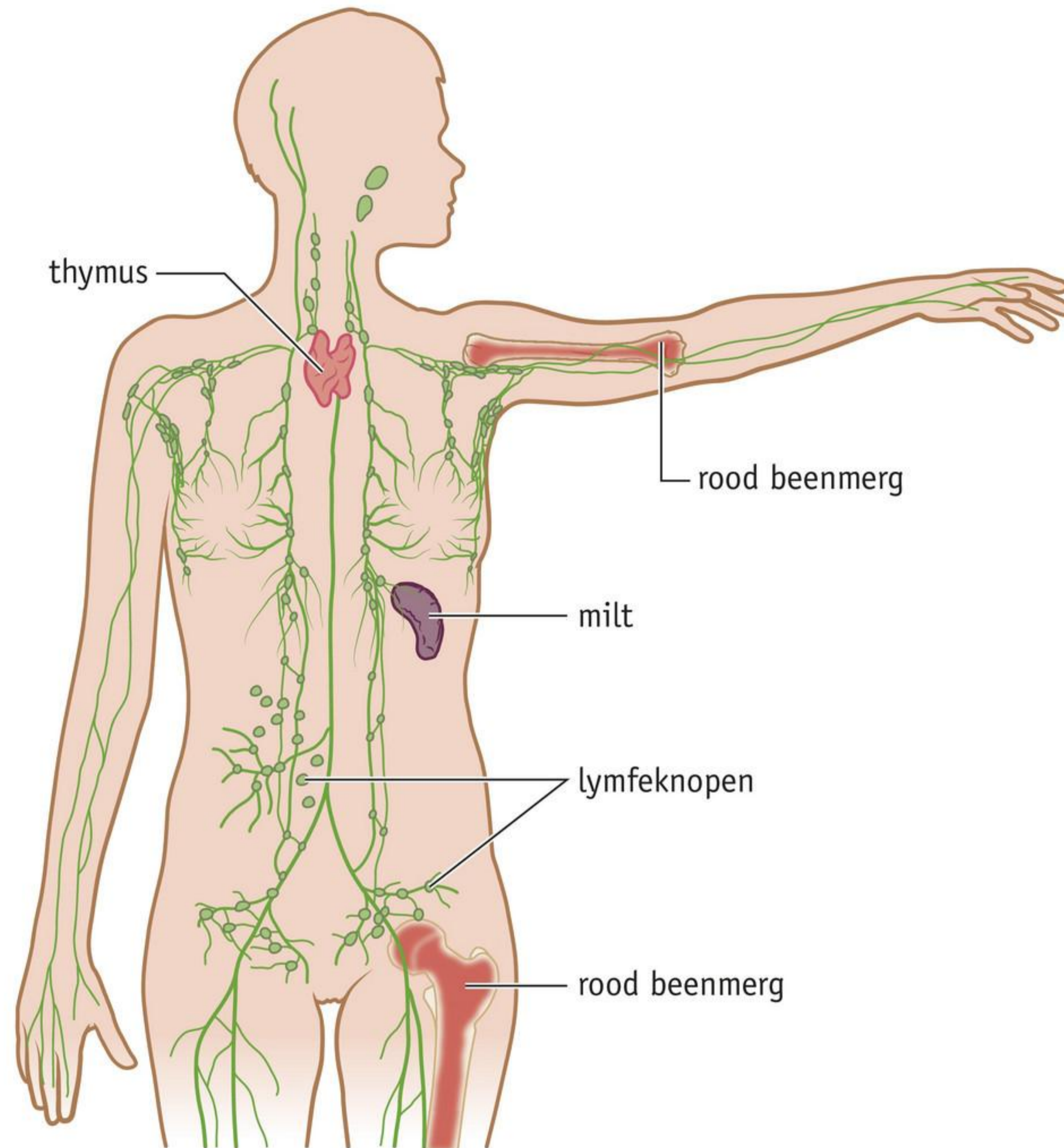
HET AFWEERSYSTEEM

Wanneer ziekteverwekkers of lichaamsvreemde stoffen in het inwendige milieu binnendringen, wordt het afweersysteem geactiveerd. Eerst komt de tweede verdedigingslinie in actie: de aangeboren afweer. Hierna kan ook de derde verdedigingslinie, de verworven afweer, worden geactiveerd. De aangeboren afweer werd vroeger de niet-specifieke afweer genoemd, de verworven afweer stond bekend als de specifieke afweer.

- De **aangeboren afweer** is gericht tegen veel verschillende typen ziekteverwekkers. Dit type komt voor bij de meeste organismen en dient als een snelle eerste afweer tegen infectie. De aangeboren afweer activeert de verworven afweer.
- De **verworven afweer** is het deel van je afweersysteem dat je gedurende je leven ontwikkelt. Deze afweer is gericht tegen één type ziekteverwekker en tegen veranderde eigen cellen (zoals geïnfecteerde cellen en kankercellen) en komt alleen bij gewervelde dieren voor.

Belangrijke organen van het afweersysteem zijn het **beenmerg**, de thymus, de milt en de **lymfeknopen** (zie afbeelding 9). Dit worden de lymfoïde organen genoemd.

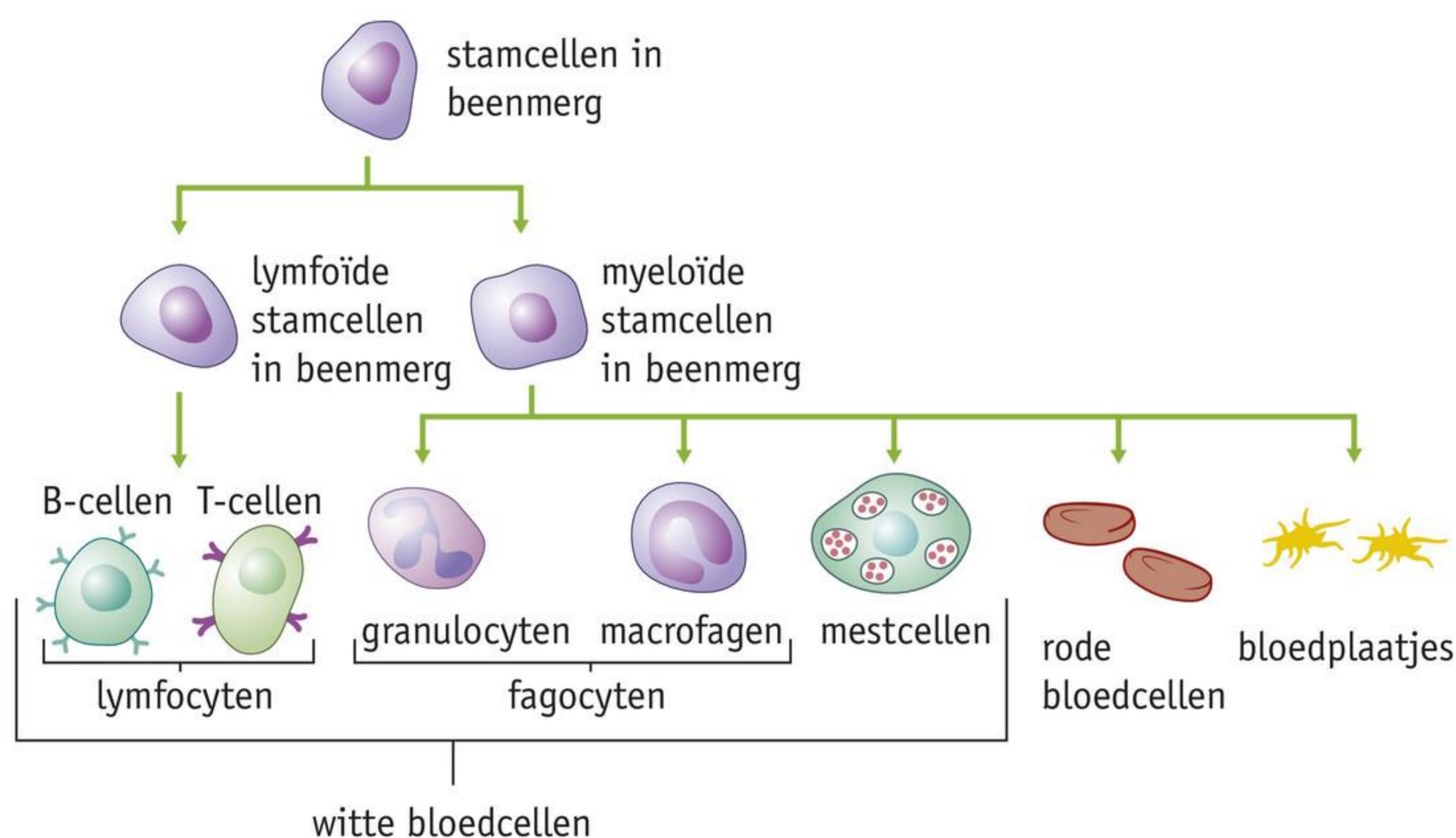
■ **Afb. 9** De ligging van enkele belangrijke organen van het afweersysteem (lymfoïde organen).



In het rode beenmerg ontstaan uit adulte stamcellen verschillende typen witte bloedcellen, zoals fagocyten, mestcellen en lymfocyten (zie afbeelding 10 en **BiNaS** tabel 84I). De fagocyten en mestcellen maken deel uit van de aangeboren afweer, de lymfocyten horen bij de verworven afweer.

Na hun ontstaan ontwikkelen sommige lymfocyten zich verder in de thymus, een klier achter het borstbeen. Deze witte bloedcellen noem je T-cellen (of T-lymfocyten). Andere witte bloedcellen rijpen verder in het beenmerg, en worden **B-cellen** (of B-lymfocyten) genoemd. Na hun rijping komen deze witte bloedcellen in het bloed terecht, waar ze lichaamsvreemde stoffen, virussen en bacteriën bestrijden. Net als de thymus hebben de milt en de lymfeknopen een functie bij de opslag en het transport van witte bloedcellen.

■ **Afb. 10** Het ontstaan van verschillende bloedcellen uit stamcellen.

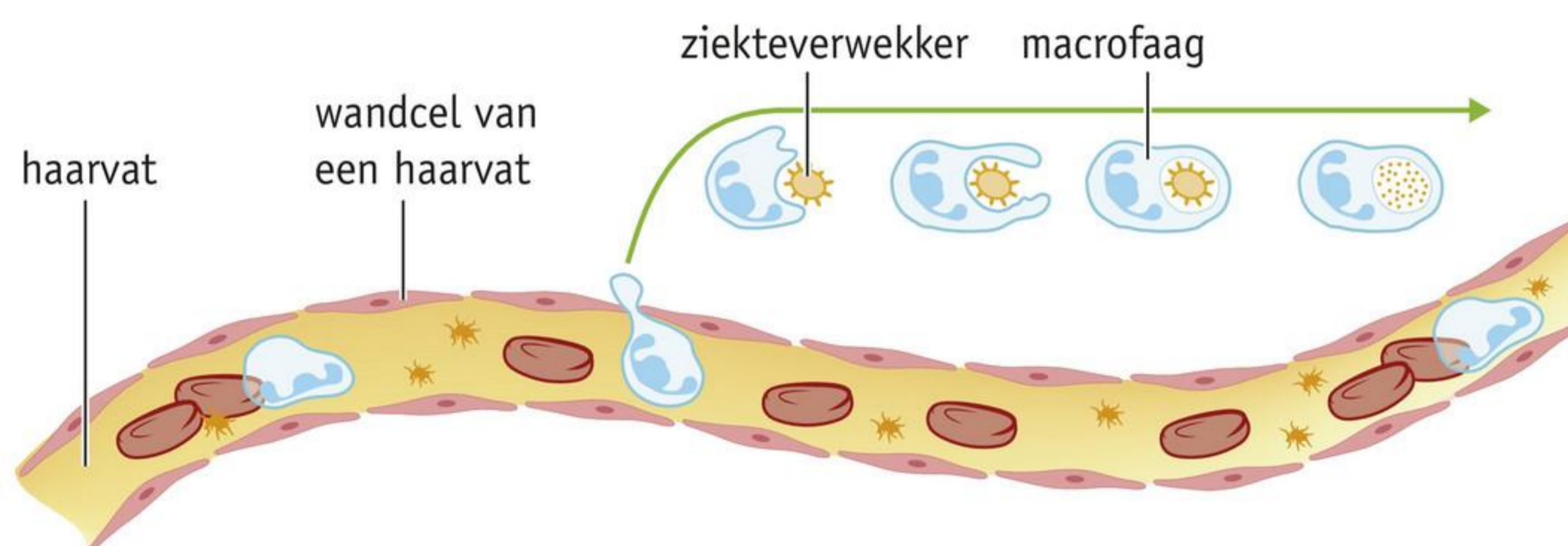


AANGEBOREN AFWEER

Als een ziekteverwekker het lichaam van een mens is binnengedrongen, wordt hij vrijwel direct aangevallen door witte bloedcellen, vooral door macrofagen. Een witte bloedcel kan onderscheid maken tussen lichaamseigen en lichaamsvreemde cellen en stoffen door **antigenen**. Meestal zijn antigenen grote moleculen, vaak eiwitten, die zich op celmembranen bevinden. Maar ook gifstoffen en chemische stoffen kunnen antigenen zijn. Antigenen kunnen het afweersysteem activeren.

Macrofagen (letterlijk: grote eter, veelvraat) zijn witte bloedcellen die zich door het hele lichaam verplaatsen (zie afbeelding 11). Ze komen niet alleen voor in het bloed en de lymfoïde organen, maar ook in andere organen en weefsels. Ze reageren snel op binnendringende ziekteverwekkers en maken deze binnen enkele minuten na binnenkomst onschadelijk door ze in zich op te nemen (fagocyteren) en te verteren. Macrofagen maken geen onderscheid tussen verschillende ziekteverwekkers, maar ruimen als een grote stofzuiger snel alle binnendringers op.

■ **Afb. 11** Macrofaag die een ziekteverwekker opneemt en verteert.



Macrofagen kunnen koorts veroorzaken. In reactie op een ziekteverwekker scheiden ze een stof af die de normwaarde voor de lichaamstemperatuur verhoogt. Als de normwaarde van 37 °C hoger wordt, gaat het lichaam rillen om warmte op te wekken. Ook gaat het lichaam warmteverlies tegen door de bloedvaten in de huid te vernauwen. Je ziet daardoor bleekjes. Door de hoge lichaamstemperatuur bij koorts worden de afweerreacties in het lichaam versneld. Macrofagen spelen ook een belangrijke rol bij de activatie van de verworven afweer.

Ook granulocyten fagocyteren ziekteverwekkers die het lichaam zijn binnengedrongen. De meeste granulocyten sterven hierdoor zelf ook. Er ontstaat dan pus of etter.

Mestcellen zijn witte bloedcellen die zich vooral bevinden in de weefsels van de huid en slijmvliezen. Als ze in contact komen met lichaamsvreemde stoffen, ziekteverwekkers of stoffen die vrijkomen uit lichaamscellen bij een verwonding geven ze op deze plaats chemische stoffen zoals histamine af. Histamine zorgt voor verwijding en een grotere doorlaatbaarheid van de bloedvaten. Hierdoor kunnen andere typen witte bloedcellen snel de plaats bereiken waar de histamine is afgegeven. De afgifte van histamine leidt ook tot zwelling, warmte en roodheid van de weefsels.

Opdrachten **KENNIS**

- 17 De aangeboren afweer noem je ook wel de aspecifieke of niet-specifieke afweer. Leg dat uit.
- 18 In het slijmvlies van de luchtwegen komen relatief veel macrofagen voor. Leg uit dat dit functioneel is.
- 19 Na een insectenbeet kleurt de huid vaak rood en ontstaat er soms een lichte zwelling. Hoe kun je deze verschijnselen verklaren?

- **Afb. 4** Sommige bestanddelen van bloed bezinken.

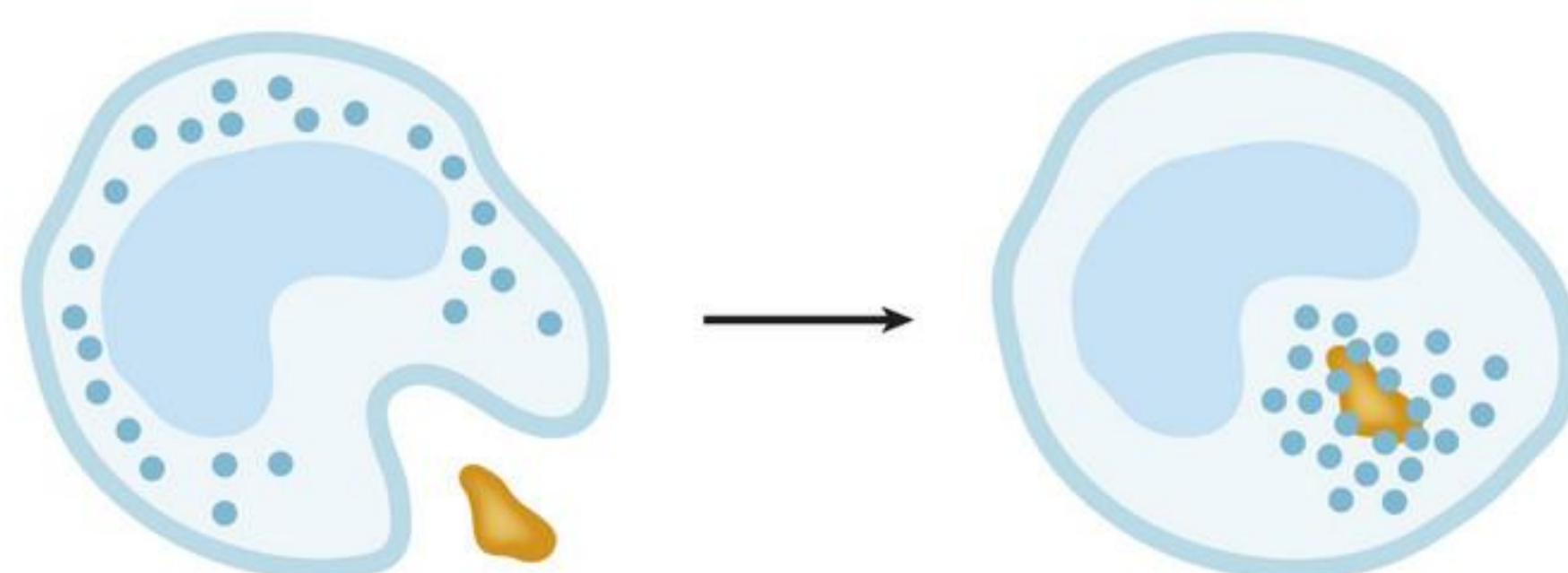


- 3 Topsporters zoals wielrenners of marathonlopers trainen vaak in de bergen, omdat de lucht daar minder zuurstof bevat. Of ze trainen met een masker dat de zuurstofinname vermindert. Hierdoor maakt hun lichaam extra rode bloedcellen aan. Leg uit hoe trainen met minder zuurstof ervoor zorgt dat er extra rode bloedcellen worden aangemaakt. Gebruik hierbij afbeelding 3.
- 4 Leg uit dat wanneer je met je voeding te weinig ijzer binnenkrijgt dit kan leiden tot een verminderde aanmaak van rode bloedcellen (bloedarmoede).

WITTE BLOEDCELLEN

Witte bloedcellen zijn betrokken bij de afweer tegen ziekten. Ze hebben een celkern, maar geen vaste vorm. Daardoor kunnen ze door openingen in de wand van haarvaten heen. Uit de stamcellen in het rode beenmerg kunnen zich verschillende typen witte bloedcellen ontwikkelen. De meeste witte bloedcellen bestrijden bacteriën door deze in te sluiten (zie afbeelding 5). Als de witte bloedcellen hierbij zelf doodgaan, ontstaat etter of pus. Daarin komen vrijwel altijd ook nog levende bacteriën voor. Andere witte bloedcellen zorgen ervoor dat na een infectie de resten van dode cellen worden opgeruimd, of ze produceren antistoffen. Over de rol van de verschillende typen witte bloedcellen bij de afweer tegen ziekten leer je meer in thema 13.

- **Afb. 5** Witte bloedcel sluit ziekteverwekker in.



witte bloedcel fagocyteert ziekteverwekker

ziekteverwekker wordt afgebroken door witte bloedcel

- 20 Een steenpuist is een puist die wordt veroorzaakt door de ontsteking van een haarzakje diep in de huid. De ontsteking wordt veroorzaakt door een bacterie. Na enkele dagen gaat de steenpuist vaak open en kan er pus uit komen. Daarna geneest de huid.
- Welk type witte bloedcellen vind je voornamelijk in de pus?
 - Waarom is het verstandig je handen goed te wassen als je pus hebt aangeraakt?
 - Als een steenpuist niet vanzelf overgaat, kan een huisarts medicijnen voorschrijven. Kan een huisarts dan antibiotica voorschrijven? Leg je antwoord uit.

VERWORVEN AFWEER

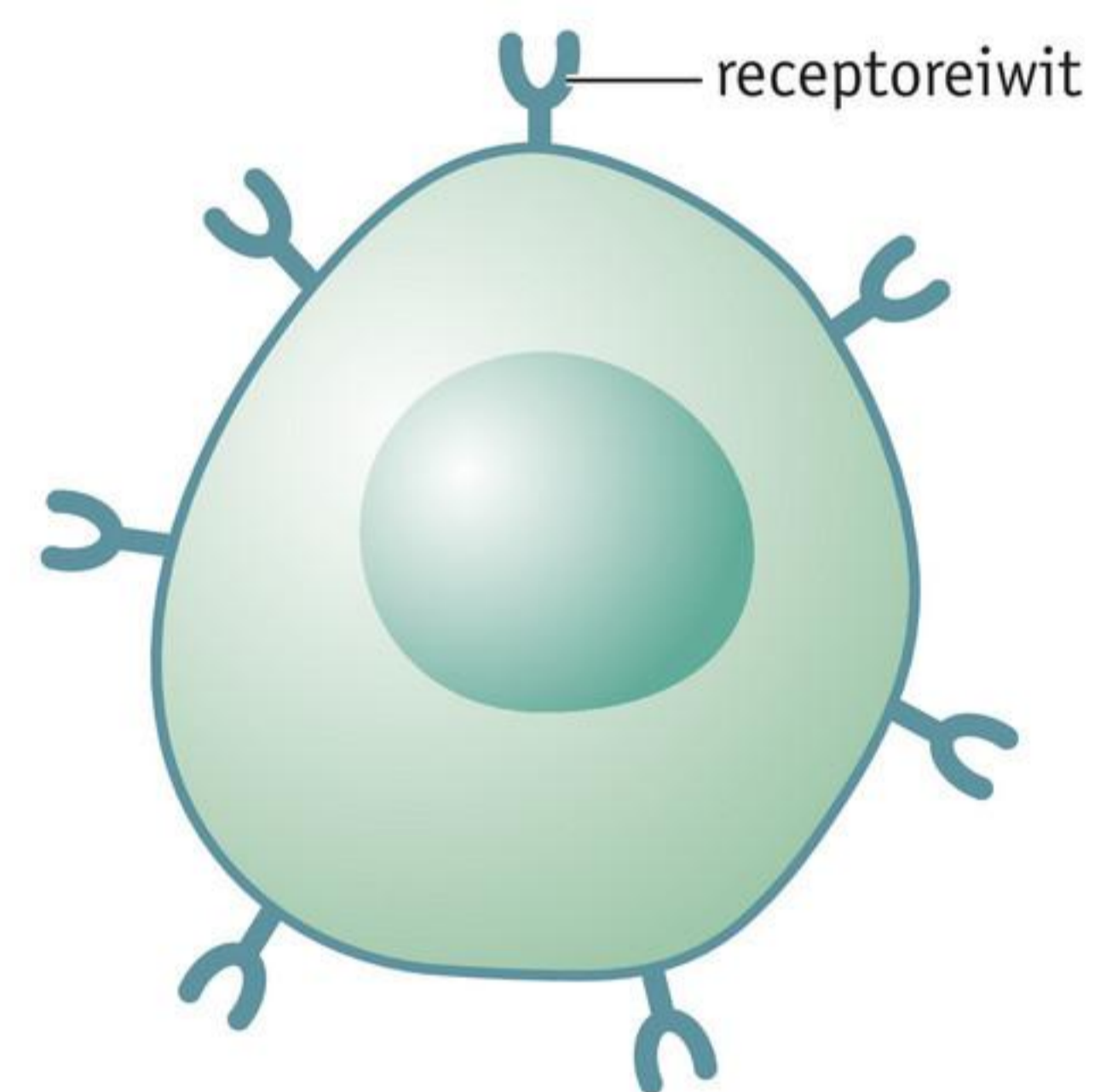
Fagocyten reageren snel op binnendringende ziekteverwekkers, maar doordat bacteriën en virussen zich snel kunnen vermeerderen, zijn er vaak niet voldoende fagocyten om alle ziekteverwekkers te bestrijden. Daarvoor hebben ze hulp van de verworven afweer nodig.

Bij de verworven afweer zijn de lymfocyten betrokken: de T-cellen en de B-cellen. Ook lymfocyten herkennen indringers aan hun antigenen.

Om lichaamsvreemde antigenen te kunnen herkennen, heeft een lymfocyt receptoren op zijn celmembraan (zie afbeelding 12). Deze **receptoren** zijn specifiek: elk type receptor kan maar aan één type antigeen binden. Elke lymfocyt heeft slechts één type receptor, maar hiervan komen er wel honderdduizend voor op het celmembraan. Om alle verschillende antigenen van ziekteverwekkers die het lichaam mogelijk binnendringen te kunnen binden, maakt het lichaam miljoenen verschillende lymfocyten met elk hun eigen type receptor.

Bij het bestrijden van ziekteverwekkers hebben de T-cellen een andere rol dan de B-cellen.

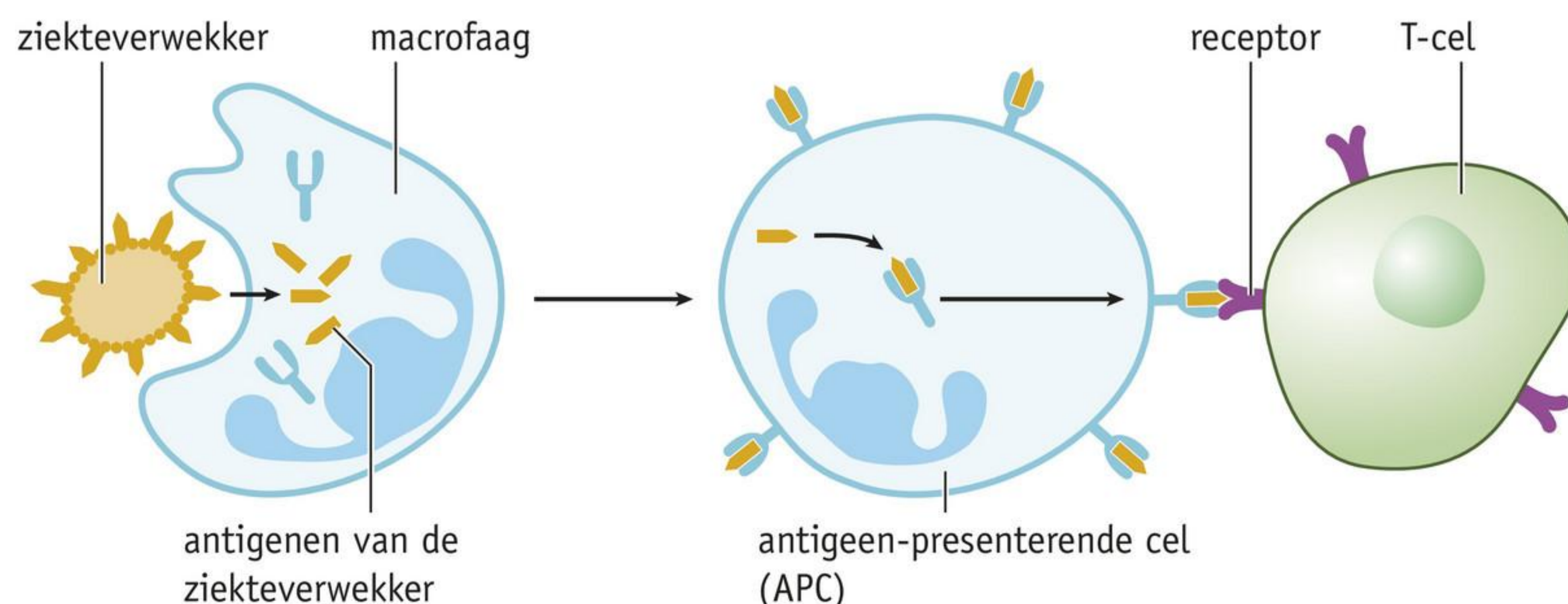
■ **Afb. 12** Een lymfocyt met receptoren op het celmembraan.



ACTIVATIE VAN LYMFOCYTEN

Bij de activatie van de T- en de B-cellen spelen de macrofagen een belangrijke rol. Nadat een macrofaag een ziekteverwekker heeft gefagocyteerd en verteerd, wordt het antigeen van de ziekteverwekker op een receptor aan de buitenkant van de macrofaag geplaatst. De macrofaag verandert in een antigeen-presenterende cel (APC, zie afbeelding 13). Ook andere fagocyten kunnen zich ontwikkelen tot antigeen-presenterende cellen. Op het moment dat de macrofaag of andere fagocyt verandert in een APC, wordt hij onderdeel van de verworven afweer.

■ **Afb. 13** Macrofaag wordt antigeen-presenterende cel (APC), bindt aan een T-cel en activeert deze.

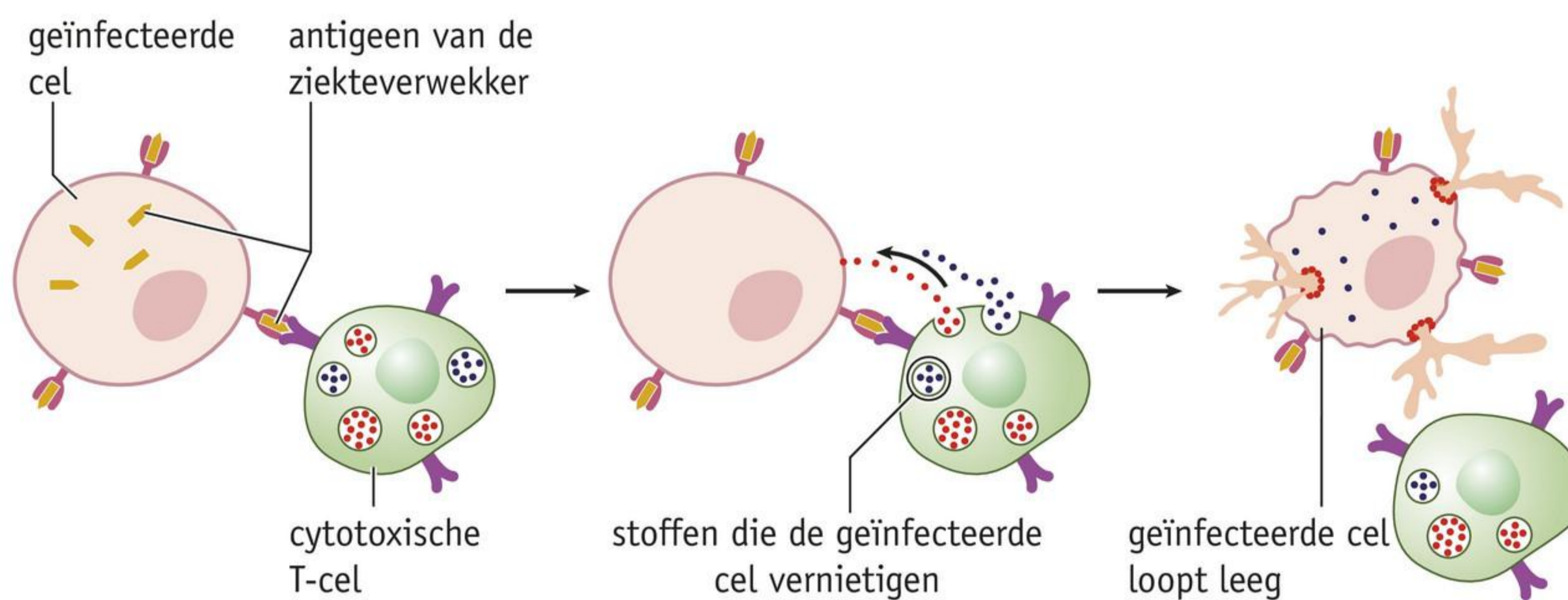


Via de lymfe komen APC's in de lymfoïde organen terecht. Hier worden de antigenen van de APC's aangeboden aan T- en B-cellen. Het kost APC's tijd om tussen de miljoenen verschillende T- en B-cellen de cel met de juiste receptor te vinden die past op het antigeen van de ziekteverwekker. Tijdens deze zoektocht van de APC blijf je vaak ziek. Op het moment dat de APC de juiste T- of B-cel heeft gevonden, wordt deze lymfocyt geactiveerd (zie afbeelding 13).

REACTIE VAN T-CELLEN

Wanneer T-cellen binden aan het antigeen op een APC (zie afbeelding 13), delen ze zich veelvuldig. Er ontstaan twee typen dochtercellen: T-helpercellen en cytotoxische T-cellen. De **T-helpercellen** produceren bepaalde stoffen, waardoor ze de ontwikkeling van cytotoxische T-cellen activeren. **Cytotoxische T-cellen** gaan op zoek naar door de ziekteverwekker geïnfecteerde lichaamscellen. Ze herkennen deze cellen aan het antigeen van de ziekteverwekker dat ze op een receptor in het celmembraan hebben geplaatst. De cytotoxische T-cel bindt met de receptor op zijn celmembraan aan het antigeen van de ziekteverwekker op de receptor in de geïnfecteerde lichaamscel. De geïnfecteerde lichaamscel wordt vervolgens vernietigd doordat de cytotoxische T-cel stoffen afgeeft (zie afbeelding 14). De celresten worden opgeruimd door macrofagen.

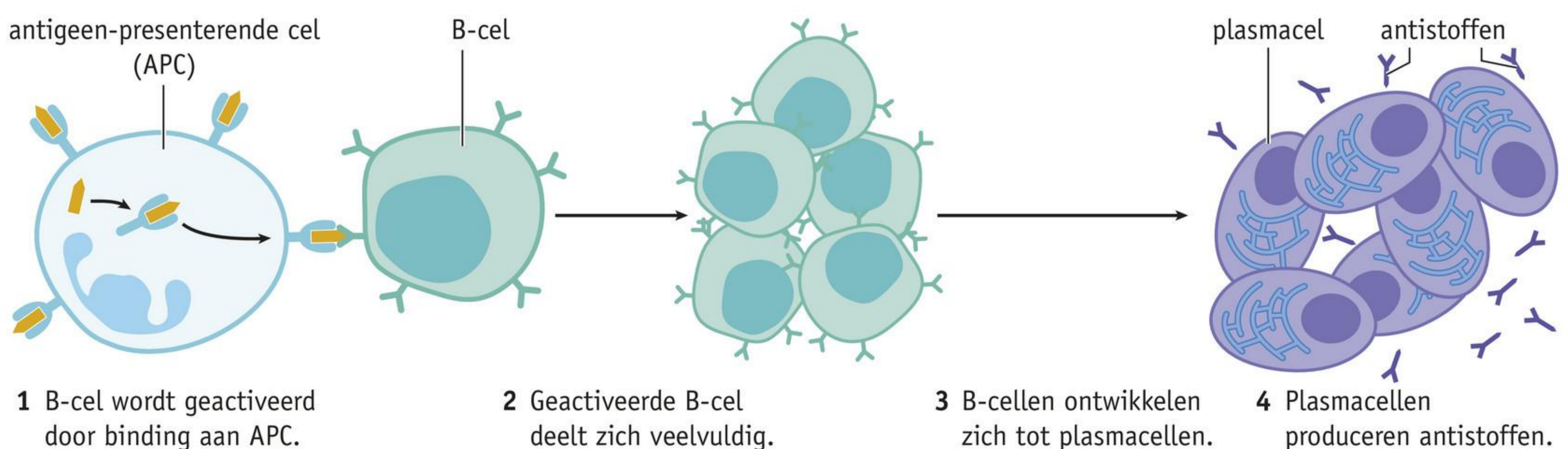
■ **Afb. 14** Cytotoxische T-cel bindt aan geïnfecteerde lichaamscel en vernietigt deze.



REACTIE VAN B-CELLEN

De stoffen die T-helpercellen produceren nadat ze aan een antigeen op een APC zijn gebonden, kunnen ook B-cellen activeren. Een B-cel kan ook worden geactiveerd door te binden aan een antigeen van een ziekteverwekker of een APC. Na activatie vermenigvuldigt een B-cel zich sterk. Een deel van de B-cellen ontwikkelt zich tot **plasmacel**. Een plasmacel maakt antistoffen tegen de ziekteverwekker (zie afbeelding 15).

■ **Afb. 15** Geactiveerde B-cellen ontwikkelen zich tot plasmacellen.



1 B-cel wordt geactiveerd door binding aan APC.

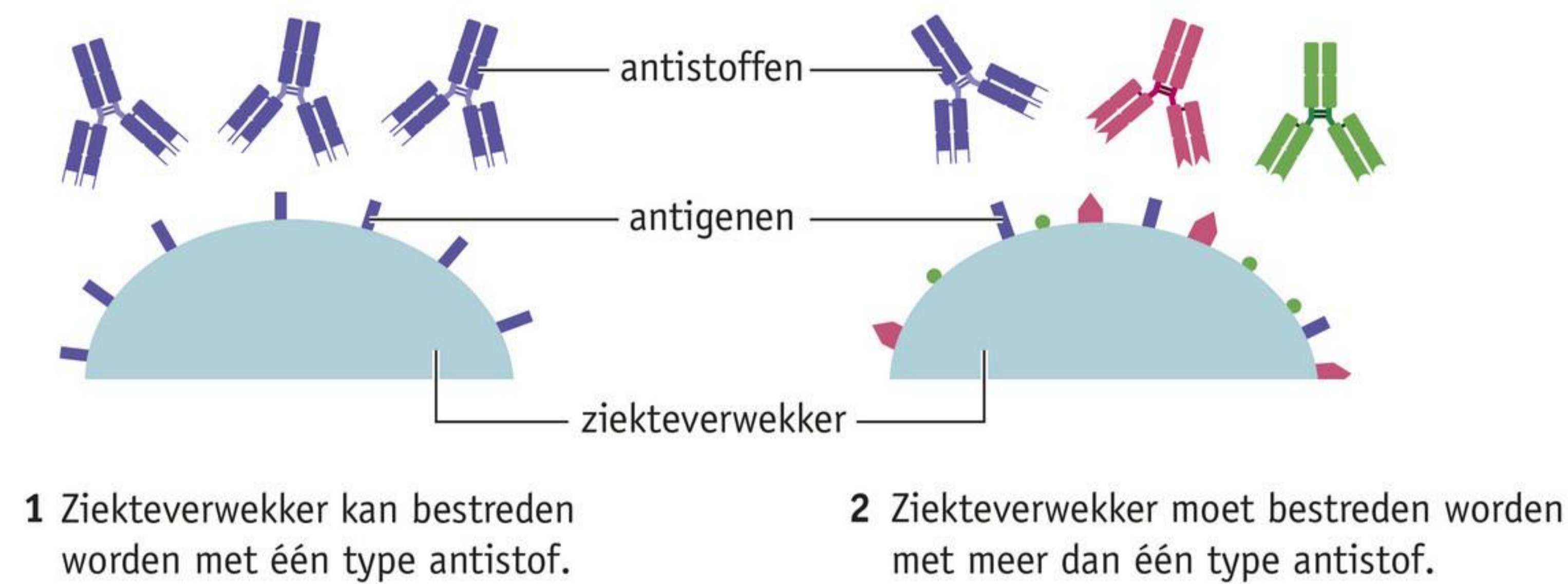
2 Geactiveerde B-cel deelt zich veelvuldig.

3 B-cellen ontwikkelen zich tot plasmacellen.

4 Plasmacellen produceren antistoffen.

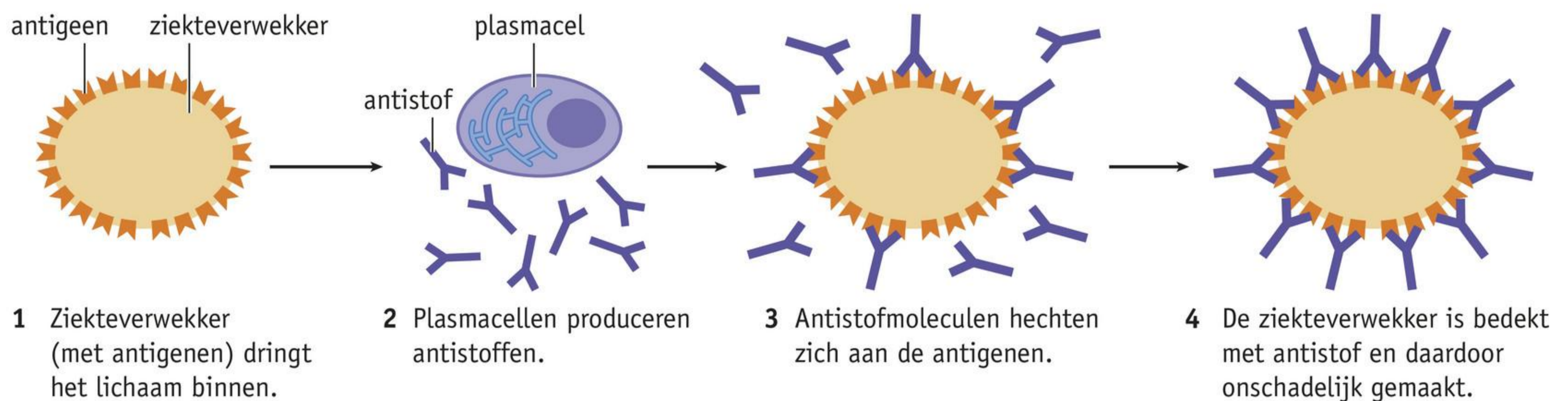
Antistoffen zijn eiwitten die zich binden aan de antigenen van de ziekteverwekker. Deze ziekteverwekker wordt daardoor onschadelijk gemaakt. Een antigeenmolecuul en een antistofmolecuul passen op elkaar als een sleutel op een slot (zie afbeelding 16). Hierdoor kunnen ze een antigeen-antistofcomplex vormen. Soms zijn er verschillende antistoffen nodig om een ziekteverwekker uit te schakelen. Een plasmacel kan maar één type antistof vormen. Voor de bestrijding van sommige ziekteverwekkers zijn dus verschillende plasmacellen nodig.

■ **Afb. 16** Vorming van een antigeen-antistofcomplex.



Door de complexvorming wordt het antigeen of de ziekteverwekker waarop het antigeen zich bevindt onschadelijk gemaakt. Dit kan op verschillende manieren. Door de complexvorming kan een antigeen als het ware worden afgedekt. De ziekteverwekker kan daardoor geen lichaamscellen meer infecteren (zie afbeelding 17). Ook kan door de complexvorming het celmembraan van een lichaamsvreemde cel worden aangetast, waardoor de cel uiteenvalt. De onschadelijk gemaakte ziekteverwekkers (of de restanten ervan) worden opgeruimd door macrofagen.

■ **Afb. 17** Een ziekteverwekker wordt onschadelijk gemaakt door de vorming van een antigeen-antistofcomplex.



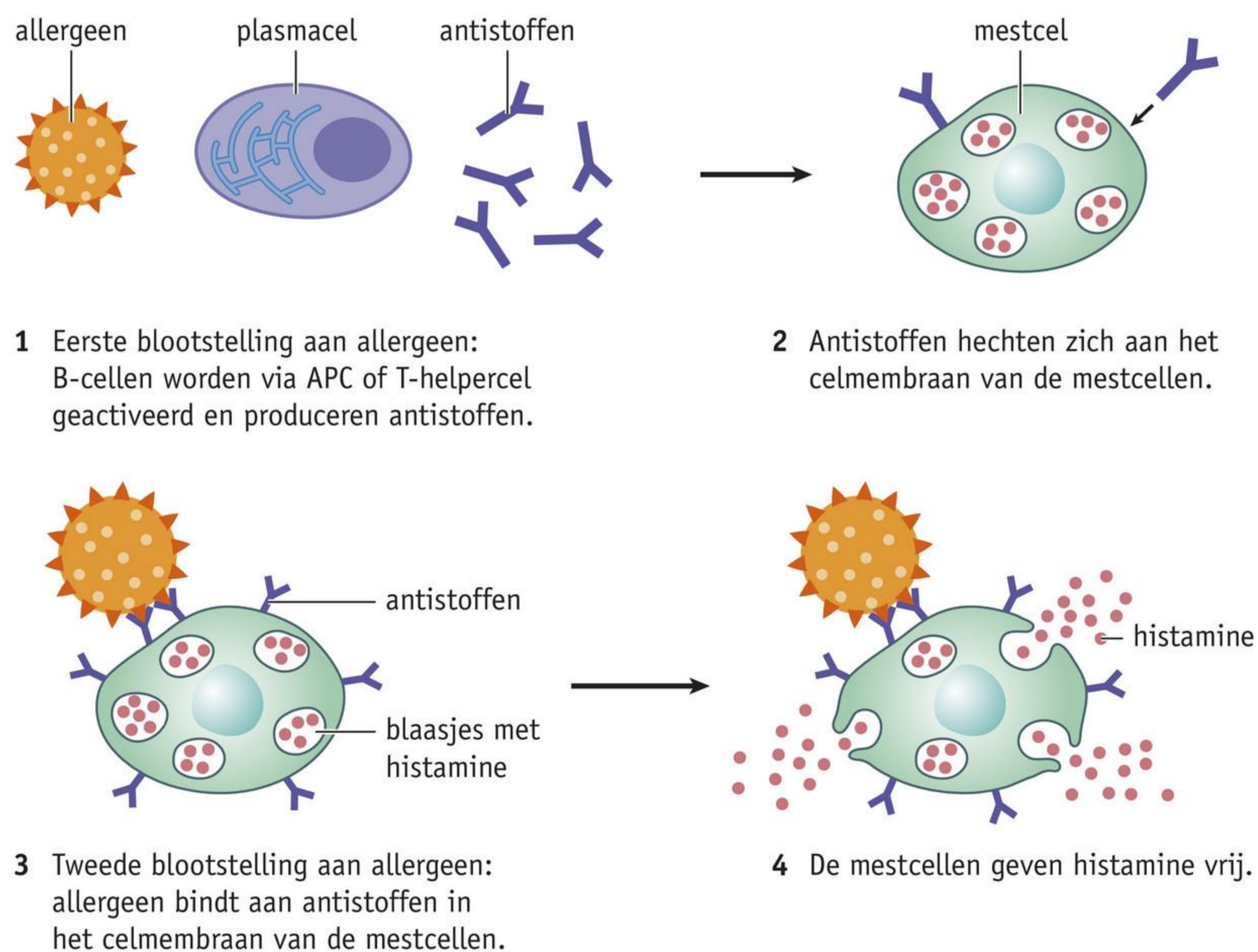
Plasmacellen kunnen heel snel grote hoeveelheden antistoffen produceren. De antistoffen komen in alle lichaamsvochten terecht (bloed, lymfe, weefselvloeistof, traanvocht, speeksel, vaginaal vocht, moedermelk, enzovoort). Nadat fagocyten de eerste grove stofzuigklus hebben uitgevoerd, pakken T- en B-cellen de resterende ziekteverwekkers op alle plaatsen in het lichaam gericht aan. T- en B-cellen zorgen ervoor dat ziekteverwekkers zich nergens meer kunnen verstoppen. Niet in lichaamscellen, maar ook niet in lichaamsvocht.

ALLERGISCHE REACTIES

Allergenen zijn antigenen die voorkomen op onschadelijke stoffen (bijvoorbeeld op stuifmeelkorrels en voedingsstoffen) en een allergische reactie kunnen veroorzaken. Het zijn altijd eiwitten. Een allergische reactie is een onnodige afweerreactie. De allergische reactie kan optreden nadat je stoffen hebt aangeraakt, gegeten of ingeademd.

Wanneer je lichaam voor het eerst in contact komt met een allergeen, kan het afweersysteem worden geactiveerd. Een APC presenteert het allergeen en activeert B-cellen direct of indirect via stoffen die worden afgegeven door T-helpercellen. Geactiveerde B-cellen ontwikkelen zich tot plasmacellen die antistoffen tegen het antigeen produceren. De antistoffen circuleren door het lichaam en hechten zich aan het celmembraan van mestcellen. Deze mestcellen zijn dan gesensibiliseerd, ze zijn 'gevoelig geworden' voor het allergeen. Bij een volgend contact met het allergeen bindt dit aan de antistoffen in het celmembraan van de mestcellen. De mestcellen worden hierdoor geactiveerd en reageren door verschillende stoffen vrij te geven, waaronder histamine (zie afbeelding 18). De vrijgelaten stoffen veroorzaken klachten als een loopneus, tranende ogen, jeuk, benauwdheid en diarree.

■ Afb. 18 Allergische reactie.

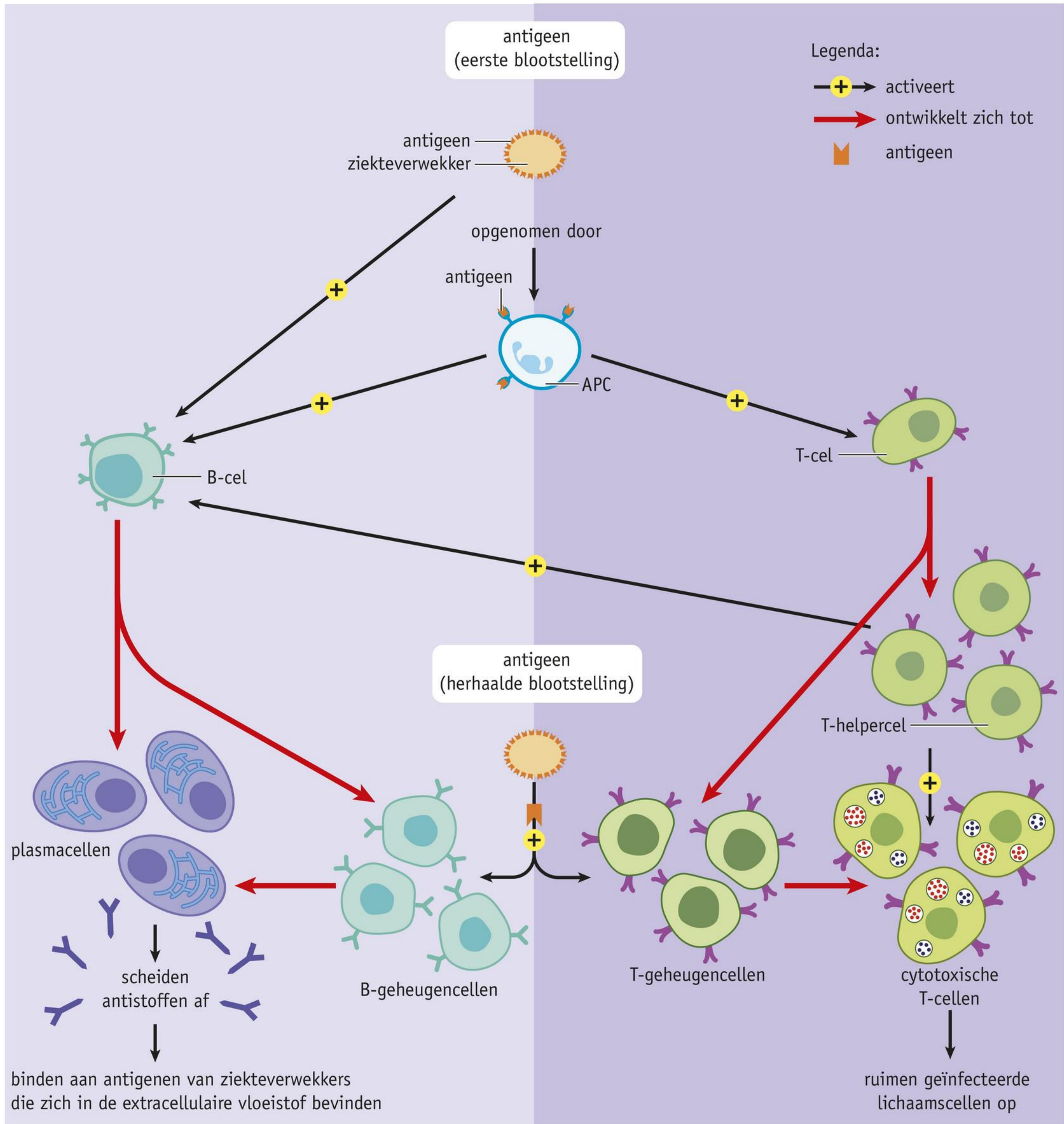


GEHEUGENCELLEN

Niet alle geactiveerde T- en B-cellen bestrijden de ziekteverwekker direct. Een deel van de geactiveerde lymfocyten worden **geheugencellen**. T-geheugencellen zijn langlevende cellen die bij een nieuwe infectie met een bekende ziekteverwekker de antigenen direct herkennen. Hierdoor kunnen ze zich snel ontwikkelen tot geactiveerde T-cellen en volgt er een snellere afweerreactie. Ook B-geheugencellen herkennen de antigenen dan direct, waardoor ze zich snel kunnen ontwikkelen tot plasmacellen. Daardoor zorgen geheugencellen voor een snellere afweerreactie, waardoor je bij een nieuwe infectie met een voor jouw lichaam bekende ziekteverwekker meestal niet meer ziek wordt.

In afbeelding 19 is de werking van het afweersysteem samengevat.

■ **Afb. 19** De werking van het afweersysteem.



Opdrachten **KENNIS**

- 21 Wat is een antigeen-presenterende cel?
- 22 De verworven afweer wordt ook wel de specifieke afweer genoemd. Leg dat uit.
- 23 De verworven afweer werkt niet goed zonder de aangeboren afweer. Leg dat uit.
- 24 Als iemand voor de eerste keer besmet raakt met een bacterie, zijn er niet meteen antistoffen tegen de antigenen van deze bacterie in het bloed beschikbaar. Leg uit hoe dat komt.
- 25 Een groot deel van de miljoenen verschillende lymfocyten wordt niet gebruikt. Waarom maakt het lichaam zoveel verschillende lymfocyten?
- 26 Zet de stappen van de verworven afweer in de juiste volgorde. Doe dit voor de afweer met T-cellen (zes stappen) en voor de afweer met B-cellen (zeven stappen). Gebruik hierbij de onderstaande stappen. Let op: sommige stappen moet je voor beide typen afweer gebruiken.
 - A De geactiveerde T-cel vermenigvuldigt zich sterk en er ontstaan T-helpercellen en cytotoxische T-cellen.
 - B Plasmacellen produceren antistoffen die de ziekteverwekkers in alle lichaamsvochten onschadelijk maken.
 - C Een macrofaag verandert in een APC.
 - D Cytotoxische T-cellen vernietigen geïnfecteerde lichaamscellen.
 - E Macrofagen ruimen de resten van geïnfecteerde lichaamscellen op.
 - F Macrofagen ruimen de resten van onschadelijk gemaakte ziekteverwekkers op.
 - G Een macrofaag fagocyteert en verteert een ziekteverwekker.
 - H B-cellen worden geactiveerd door de antigenen van de ziekteverwekker, een APC of door stoffen uit een T-helpercel.
 - I De geactiveerde B-cellen vermenigvuldigen zich sterk en ontwikkelen zich tot plasmacellen.
 - J Een T-cel bindt aan een APC en wordt geactiveerd.

Opdrachten **INZICHT**

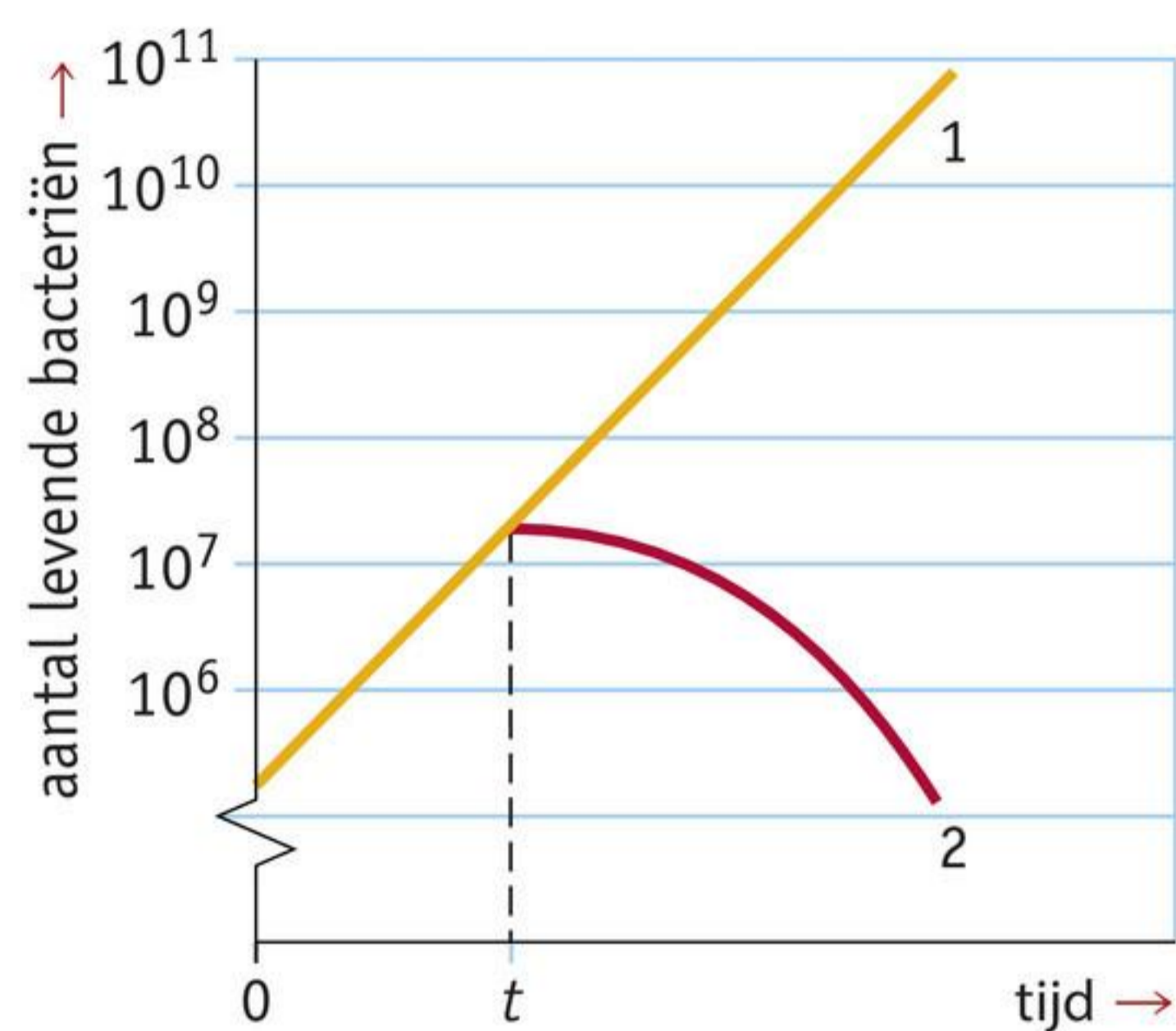
- 27 Elk jaar sterven in Nederland minstens tachtig mensen aan een voedselvergiftiging. Bij een voedselvergiftiging maakt een giftige stof in het eten je ziek. Bacteriën of schimmels produceren zo'n giftige stof. Een voedselinfectie wordt veroorzaakt door eten met een ziekmakende hoeveelheid bacteriën, parasieten of virussen. Bij een voedselinfectie komt de bacterie of het virus in de darm terecht. Dit prikkelt de darmwand of tast deze aan. Enkele uren tot twee dagen na besmetting ontstaan heftige buikkrampen en diarree. Soms gaat dit samen met overgeven.
 - a Leg uit dat je bij een voedselvergiftiging geen antibioticum kunt gebruiken en bij sommige voedselinfecties wel.
 - b Waarom reageert het lichaam op een voedselvergiftiging of voedselinfectie met diarree?

- 28** Gedurende een aantal dagen worden in een voedingsvloeistof bacteriën gekweekt. Het aantal bacteriën in de voedingsvloeistof wordt geteld. Het verloop van dit aantal is in afbeelding 20.1 weergegeven door lijn 1. Lijn 2 geeft het verloop aan als op tijdstip t een bacteriedodend antibioticum aan de vloeistof wordt toegevoegd.

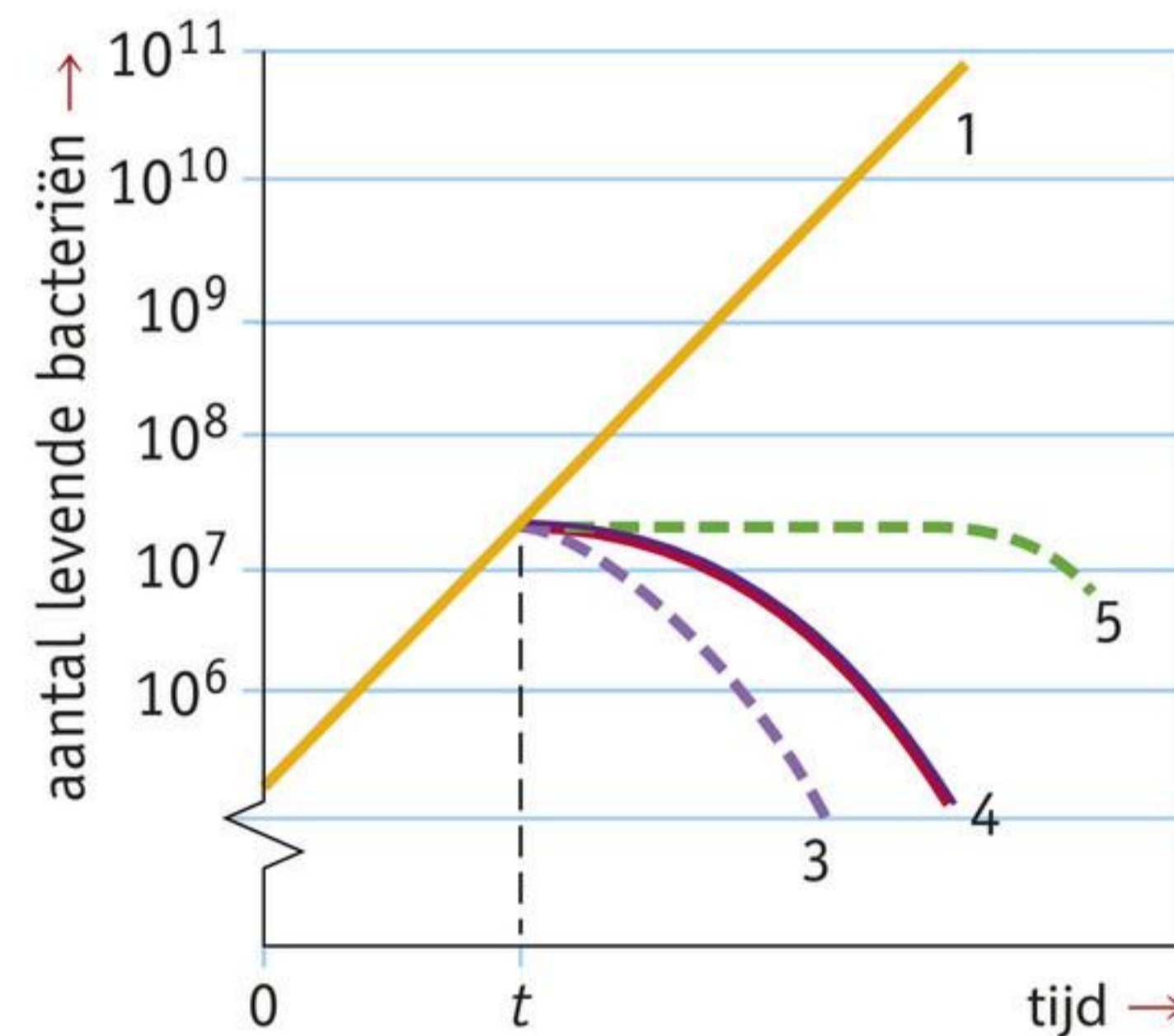
Er zijn ook antibiotica die bacteriën niet doden, maar de deling van de bacteriën remmen.

Welke lijn (3, 4 of 5) van afbeelding 20.2 geeft het verloop aan van het aantal levende bacteriën wanneer op tijdstip t een antibioticum wordt toegediend dat de deling van de bacteriën volledig stillegt?

■ **Afb. 20** Aantal levende bacteriën in de tijd.



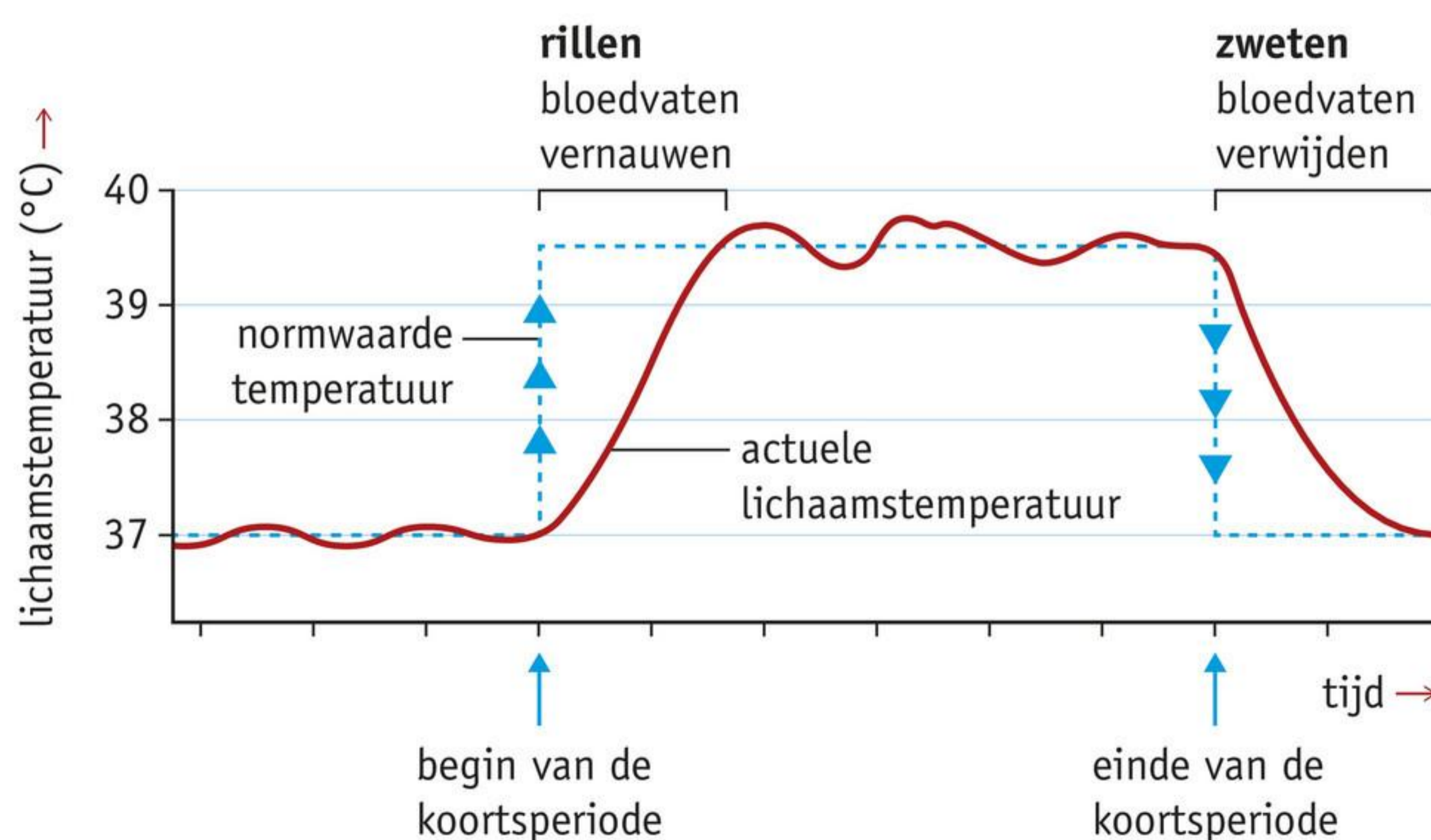
1 diagram 1



2 diagram 2

- 29** Hiv (de veroorzaker van de ziekte aids) is een virus dat snel muteert. Daardoor veranderen de antigenen van het virus regelmatig en zijn er verscheidene typen en subtypen.
 Waardoor zijn antistoffen niet effectief tegen het hiv-virus?
- 30** Een van de verschijnselen van griep is koorts. De lichaamstemperatuur loopt dan vaak op tot $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ of zelfs hoger, doordat de normwaarde voor de lichaamstemperatuur tijdelijk is verhoogd (zie afbeelding 21). Aan het eind van de koortsperiode krijg je het warm, word je rood en ga je zweten.
 Leg uit hoe dat komt.

■ **Afb. 21** Het verloop van de lichaamstemperatuur bij koorts.



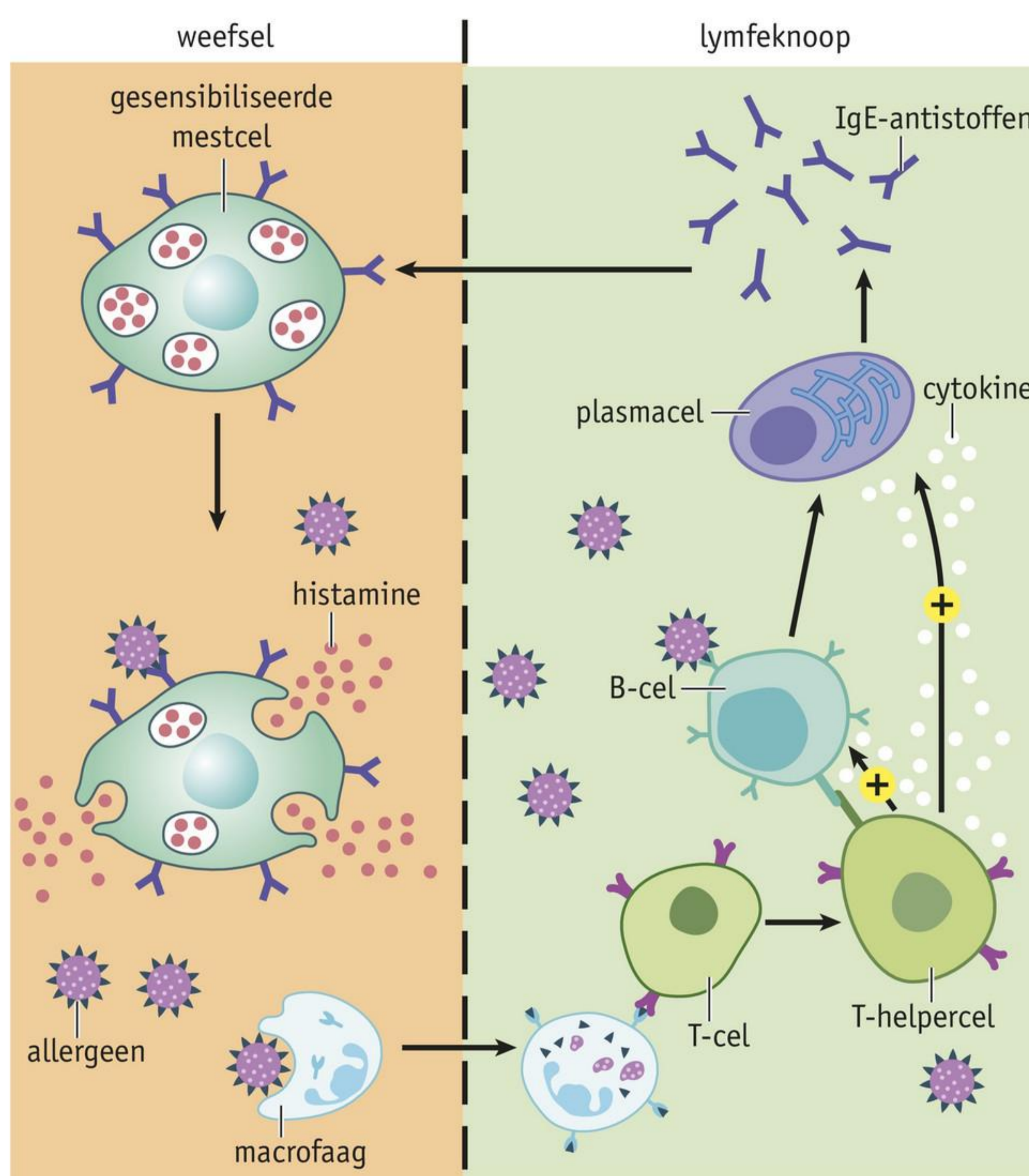
31 Een loopneus, tranende, jeukende en opgezwollen ogen en veelvuldig niezen zijn symptomen van hooikoorts. Deze effecten ontstaan doordat gesensibiliseerde mestcellen histamine afgeven.

Hieronder zijn verschillende deelprocessen uit afbeelding 22 beschreven die plaatsvinden tussen de eerste blootstelling aan stuifmeel en de afgifte van histamine dat de symptomen van hooikoorts veroorzaakt:

- 1 Antigenen van stuifmeelkorrels hechten aan IgE-antistoffen op B-cellen.
- 2 Antigenen van stuifmeelkorrels hechten aan IgE-antistoffen op mestcellen.
- 3 Plasmacellen vormen IgE-antistoffen tegen antigenen van stuifmeelkorrels.
- 4 T-cellen stimuleren de vorming van plasmacellen.

Wat is de juiste volgorde waarin deze deelprocessen plaatsvinden?

■ **Afb. 22** Reactie van het afweersysteem op blootstelling aan allergeen.



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

EEN ALLERGIE: LASTIG OF LEVENSBEDREIGEND?

Het letterlijk benauwd krijgen van katten, buikpijn van een glas melk, niezen van een goedbedoelde bos bloemen of zelfs doodgaan door het eten van pinda's. Allemaal verschijnselen die kunnen horen bij een allergie.

Veel mensen zijn ergens allergisch voor. In de afgelopen 25 jaar is het aantal mensen met een allergie verdubbeld. Vooral allergie voor stuifmeel (hooikoorts, zie afbeelding 23), huisstofmijt, bepaalde voedingsmiddelen en huisdieren komt veel voor.

Een allergie zou je een onnodige reactie van je afweersysteem kunnen noemen. Normaal gesproken reageren de cellen van je afweersysteem alleen op ziekteverwekkers. Bij een allergie ziet je lichaam onschuldige eiwitten, zoals die in stuifmeel of voedsel, als lichaamsvreemd. Je mestcellen komen in actie en geven de histamine die in deze cellen ligt opgeslagen in één keer allemaal af. De klachten die hierdoor ontstaan kunnen mild zijn, maar ook levensbedreigend.

Histamine zorgt voor roodkleuring en zwelling van je huid en voor jeuk. Het kan misselijkheid

veroorzaken en leiden tot niezen, benauwdheid en slijmvorming. Soms zijn de symptomen zo ernstig dat het de ademhaling belemmert. Als er veel histamine in het bloed terechtkomt, daalt de bloeddruk plotseling zo sterk dat het fataal kan zijn. Zo'n heftige reactie kan voorkomen bij een allergie voor bijvoorbeeld pinda's of een wespensteek. Dit heet een anafylactische shock.

Een allergische reactie kun je behandelen met antihistaminica. Deze medicijnen blokkeren de werking van histamine. Bij een anafylactische reactie wordt een injectie met een EpiPen gegeven. Maar het is uiteraard beter om de katten, melk, bloemen of pinda's te vermijden.

■ Afb. 23 Allergie voor stuifmeel.



Opdrachten

- 32** Antihistaminica bestaan in de vorm van tabletten, neusspray, oogdruppels of crème.
- Leg uit waarom je niet voor iedere allergie dezelfde variant kunt gebruiken.
 - Antihistaminica in de vorm van tabletten kun je voor veel verschillende allergieën inzetten. Leg dat uit.
- 33** Bij een anafylactische shock verwijden de haarvaatjes zich en laten de wanden meer bloedplasma door. Het gevolg is een plotselinge ernstige daling van de bloeddruk.
- Leg uit waarom dit levensbedreigend kan zijn.
 - Sommige mensen met allergieklachten krijgen het advies een EpiPen bij zich te dragen. Deze EpiPen wordt bij zo'n acute,

levensbedreigende, allergische reactie gebruikt. De EpiPen bevat de stof adrenaline die je met een injectie in een willekeurige spier toedient.

Waardoor helpt adrenaline als medicijn bij een anafylactische shock? Maak gebruik van **BiNaS** tabel 89A voor het beantwoorden van deze vraag.

- 34** Een allergie en intolerantie worden vaak door elkaar gehaald. Als iemand intolerant is voor bijvoorbeeld lactose, maakt die persoon geen enzymen aan om dit koolhydraat te kunnen verteren.
- Leg uit wat het verschil is tussen lactose-intolerantie en een allergie voor koemelk.

3 IMMUNITEIT

LEERDOEL

13.3.1 Je kunt beschrijven op welke manieren immuniteit kan ontstaan.

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	13.3.1
Onthouden	35a, 38, 40ab
Begrijpen	35b, 36, 37, 39, 40c, 41, 42, 43
Toepassen	44, 45, 46a, 48
Analyseren	46b, 47, 49, 50, 51

De Engelse arts Edward Jenner gebruikte eind achttiende eeuw James, de zoon van zijn tuinman, als 'proefkonijn'. Hij besmette hem met vocht uit een blaasje van de koepokken (*vaccinia*). Later stelde hij hem bloot aan de levensgevaarlijke mensenpokken. Het jongetje werd helemaal niet ziek en de eerste vaccinatie was een feit. Vaccins redden sindsdien over de hele wereld miljoenen levens.

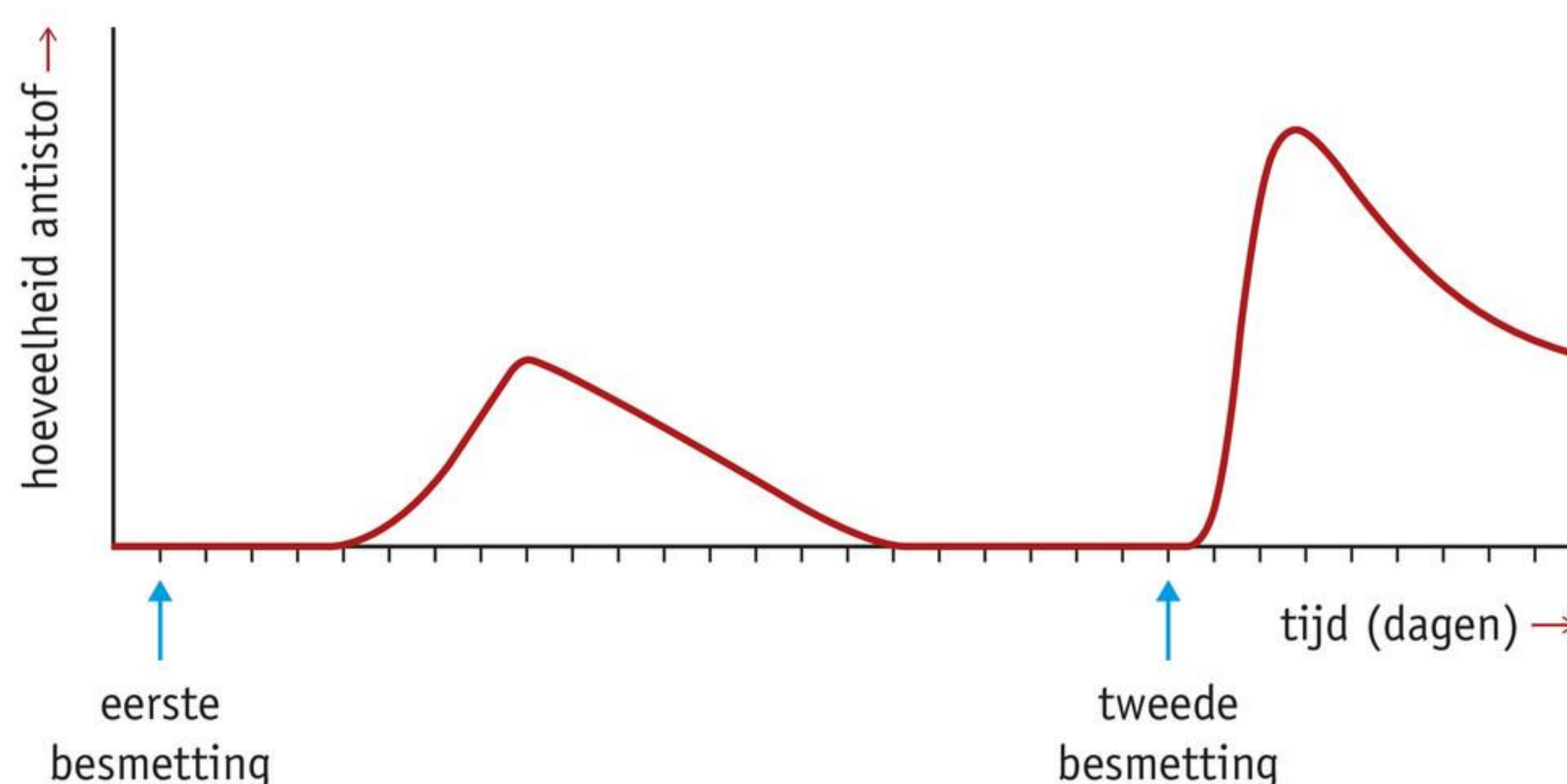
PRIMAIRE EN SECUNDAIRE REACTIE

Bij een eerste besmetting met een antigeen duurt het enkele dagen voordat er voldoende antistof is gevormd (zie afbeelding 24). Gedurende deze periode kun je ziek worden. Deze antistofvorming noem je de primaire reactie.

De tijd die verstrijkt tussen het binnendringen van de ziekteverwekker en het optreden van de eerste ziekteverschijnselen noem je de incubatietijd. De incubatietijd van een ziekte kan uiteenlopen van enkele uren tot jaren.

Als je voldoende antistof hebt gevormd, verdwijnen de symptomen. Na twee weken neemt de hoeveelheid antistof meestal niet meer toe. Als alle ziekteverwekkers zijn uitgeschakeld, wordt de antistof geleidelijk afgebroken.

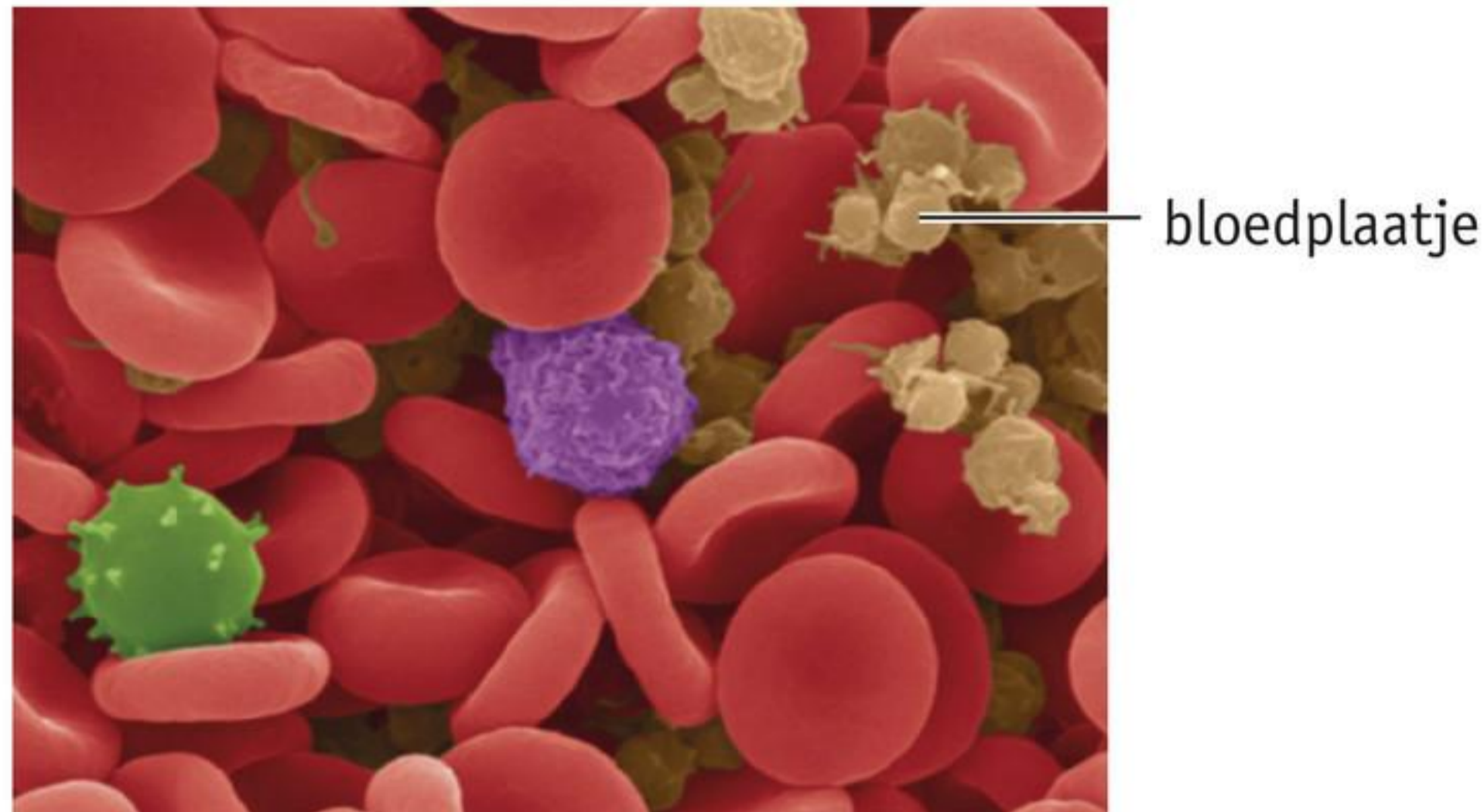
■ Afb. 24 Primaire en secundaire reactie bij antistofvorming.



BLOEDPLAATJES

Bloedplaatjes zijn geen cellen, maar delen van uiteengevallen cellen (zie afbeelding 6). Ze vervullen een functie bij de **bloedstolling**, het proces waarbij het bloed dikker wordt en indroogt om een wond af te sluiten.

■ **Afb. 6** Bloedplaatjes tussen andere bloedcellen (SEM, vergroting 1500×).



In afbeelding 7 is weergegeven wat er gebeurt als een bloedvat is stukgegaan, zie ook **BiNaS** tabel 840. Op verschillende manieren wordt het bloedverlies tegengegaan en wordt de wond zo snel mogelijk gedicht:

- Spieren in de wand van het bloedvat trekken zich samen, waardoor het bloedvat nauwer wordt. Hierdoor stroomt er minder bloed door het beschadigde bloedvat.
- Aan de beschadigde bloedvatwand blijven bloedplaatjes kleven. Hierdoor ontstaat een propje van bloedplaatjes op de plaats van de wond.
- De bloedplaatjes vergaan, waarbij stoffen uit de bloedplaatjes vrijkomen. Ook uit de beschadigde cellen van de bloedvatwand komen stoffen vrij. De vrijgekomen stoffen brengen een keten van reacties op gang, die leidt tot het ontstaan van een bloedstolsel.

■ **Afb. 7** Processen bij beschadiging van een bloedvatwand.



Bij de keten van reacties zijn ook stoffen in het bloedplasma betrokken: het plasma-eiwit fibrinogeen en stollingsfactoren, onder andere calciumionen. De keten van reacties leidt ertoe dat fibrinogeen uit het bloedplasma wordt omgezet in fibrine. Fibrine vormt een netwerk van draden, waartussen de andere bloedcellen blijven hangen. Een bloedstolsel begint zich te vormen (zie afbeelding 8).

Bij een tweede besmetting met hetzelfde antigeen zorgen de geheugencellen ervoor dat vrijwel onmiddellijk antistof wordt gevormd: de secundaire reactie. De hoeveelheid antistof wordt veel groter en neemt veel langzamer af dan bij de primaire reactie. Na een secundaire reactie blijft de antistof veel langer in het bloed aanwezig. Door de snelle secundaire reactie heb je bij een tweede besmetting meestal geen ziekteverschijnselen. Je bent door de primaire reactie immuun geworden.

NATUURLIJKE EN KUNSTMATIGE IMMUNITEIT

Immunititeit die wordt verkregen als reactie op het binnendringen van een ziekteverwekker, noem je **natuurlijke immunititeit**. Na veel kinderziekten ontstaat natuurlijke immunititeit, bijvoorbeeld na waterpokken (zie afbeelding 25). De immunititeit die je opbouwt na een kinderziekte duurt meestal levenslang. **Kunstmatische immunititeit** wordt opgewekt door opzettelijke blootstelling aan een antigeen. Dat noem je immunisatie. Kunstmatische immunititeit geeft vaak een minder langdurige bescherming dan natuurlijke immunititeit, doordat bij immunisatie niet de levende ziekteverwekker wordt ingespoten.

■ **Afb. 25** Kind met waterpokken.



VACCINATIE

Een voorbeeld van immunisatie is **vaccinatie**, de toediening van een stof die het afweersysteem activeert (het vaccin) en daardoor immunititeit opwekt. Meestal gebeurt vaccinatie door middel van inenting (zie afbeelding 26).

Vaccins kun je indelen in verschillende typen:

- 1 Vaccins met afgezwakte of volledig geïnactiveerde ziekteverwekkers: de ziekteverwekker in het vaccin is zo bewerkt dat je er niet ziek van kunt worden. De antigenen van de ziekteverwekker activeren je afweersysteem.
- 2 Eiwitvaccin: een eiwit (antigeen) van de ziekteverwekker wordt nageemaakt in een laboratorium en activeert je afweersysteem.
- 3 Vectorvaccin: een stukje DNA of RNA van de ziekteverwekker wordt ingebracht in een niet-ziekmakend virus. Met het DNA of RNA kunnen je lichaamscellen na vaccinatie een eiwit (antigeen) van de ziekteverwekker produceren, waardoor je afweersysteem wordt geactiveerd.
- 4 RNA-vaccin: een stukje RNA van de ziekteverwekker wordt ingebracht in een vetbolletje. Met het RNA kunnen jouw lichaamscellen na vaccinatie een stukje eiwit (antigeen) van de ziekteverwekker produceren, waardoor je afweersysteem wordt geactiveerd.


Als reactie op het vaccin maakt het afweersysteem antistoffen tegen het antigeen van de ziekteverwekker. Geheugencellen die worden aangemaakt zorgen voor immuniteit bij een latere besmetting.

■ **Afb. 26** Vaccinatie door inenting.













In ons land worden vrijwel alle kinderen binnen het Rijksvaccinatieprogramma ingeënt tegen infectieziekten (zie afbeelding 27). Het vaccinatieprogramma werkt goed tegen ziekten die vroeger leidden tot de dood of tot mindervaliditeit, zoals polio en mazelen.

■ **Afb. 27** Het Rijksvaccinatieprogramma.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Welke vaccinaties krijgt mijn kind?

<p>6-9 weken</p> <p>Rota - vanaf 2024* (DKTP-Hib-HepB)**</p> 	<p>3 maanden</p> <p>Rota - vanaf 2024* DKTP-Hib-HepB Pneu</p> 	<p>5 maanden</p> <p>DKTP-Hib-HepB Pneu</p> 	<p>Betekenis afkortingen</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Rota</td><td>Rotavirus</td></tr> <tr><td>D</td><td>Difterie</td></tr> <tr><td>K</td><td>Kinkhoest</td></tr> <tr><td>T</td><td>Tetanus</td></tr> <tr><td>P</td><td>Polio</td></tr> <tr><td>Hib</td><td>Haemophilus influenzae type b</td></tr> <tr><td>HepB</td><td>Hepatitis B</td></tr> <tr><td>Pneu</td><td>Pneumokokken</td></tr> <tr><td>B</td><td>Bof</td></tr> <tr><td>M</td><td>Mazelen</td></tr> <tr><td>R</td><td>Rodehond</td></tr> <tr><td>MenACWY</td><td>Meningokokken ACWY</td></tr> <tr><td>HPV</td><td>Humaan papillomavirus</td></tr> </table> <p>* Voor kinderen geboren vanaf 1 januari 2024. ** Alleen als de moeder niet is gevaccineerd tegen kinkhoest tijdens de zwangerschap (22 wekenprik), en in bijzondere situaties. De jeugdarts bespreekt dit met je. *** Was 11 maanden, wordt 12 maanden voor kinderen geboren vanaf 1 januari 2024.</p> 	Rota	Rotavirus	D	Difterie	K	Kinkhoest	T	Tetanus	P	Polio	Hib	Haemophilus influenzae type b	HepB	Hepatitis B	Pneu	Pneumokokken	B	Bof	M	Mazelen	R	Rodehond	MenACWY	Meningokokken ACWY	HPV	Humaan papillomavirus
Rota	Rotavirus																												
D	Difterie																												
K	Kinkhoest																												
T	Tetanus																												
P	Polio																												
Hib	Haemophilus influenzae type b																												
HepB	Hepatitis B																												
Pneu	Pneumokokken																												
B	Bof																												
M	Mazelen																												
R	Rodehond																												
MenACWY	Meningokokken ACWY																												
HPV	Humaan papillomavirus																												
<p>12 maanden***</p> <p>DKTP-Hib-HepB Pneu</p> 	<p>14 maanden</p> <p>BMR MenACWY</p> 	<p>4 jaar</p> <p>DKTP</p> 																											
<p>9 jaar</p> <p>DTP BMR</p> 	<p>10 jaar</p> <p>HPV (2 keer; 2e vaccinatie half jaar later)</p> 	<p>14 jaar</p> <p>MenACWY</p> 																											

rijksvaccinatieprogramma.nl

Het vaccineren van kinderen brengt weinig risico's met zich mee. Een allergische reactie op een vaccin komt maar heel weinig voor. De ziekten waartegen kinderen worden gevaccineerd kunnen ernstige gevolgen voor de gezondheid hebben. Met bescherming door vaccinatie loop je veel minder risico's dan met bescherming door een natuurlijke infectie. In sommige gevallen werkt de bescherming door vaccinatie ook langer dan door natuurlijke infectie.

Er zijn ouders die hun kinderen niet of niet volledig laten inenten, meestal uit religieuze overwegingen of door te weinig kennis over vaccineren. Een hoge vaccinatiegraad (het percentage mensen dat is ingeënt) is bij de meeste ziekten nodig om de bevolking als geheel te beschermen tegen uitbraken. Een voorbeeld is de vaccinatie tegen corona. Hoe meer mensen zijn gevaccineerd tegen een ziekte, hoe minder kans deze ziekte krijgt om zich te verspreiden.

Opdrachten **KENNIS**

- 35 a Wat is de incubatietijd?
b De incubatietijd van hiv kan vele jaren bedragen.
Kan iemand die seropositief is en dus nog geen ziekteverschijnselen heeft een ander besmetten?
- 36 Bij een tweede besmetting met eenzelfde ziekteverwekker krijg je meestal geen ziekteverschijnselen.
Leg uit hoe dat komt.
- 37 Ziekteverwekkers van typische kinderziekten zoals de waterpokken komen veel voor.
Leg uit hoe het komt dat kinderziekten bij volwassenen vrijwel niet voorkomen.
- 38 Wanneer is iemand immuun voor een bepaalde ziekte?
- 39 Er bestaat een vaccin tegen waterpokken. Dit vaccin is niet opgenomen in het Rijksvaccinatieprogramma. Bedenk hiervoor een argument.

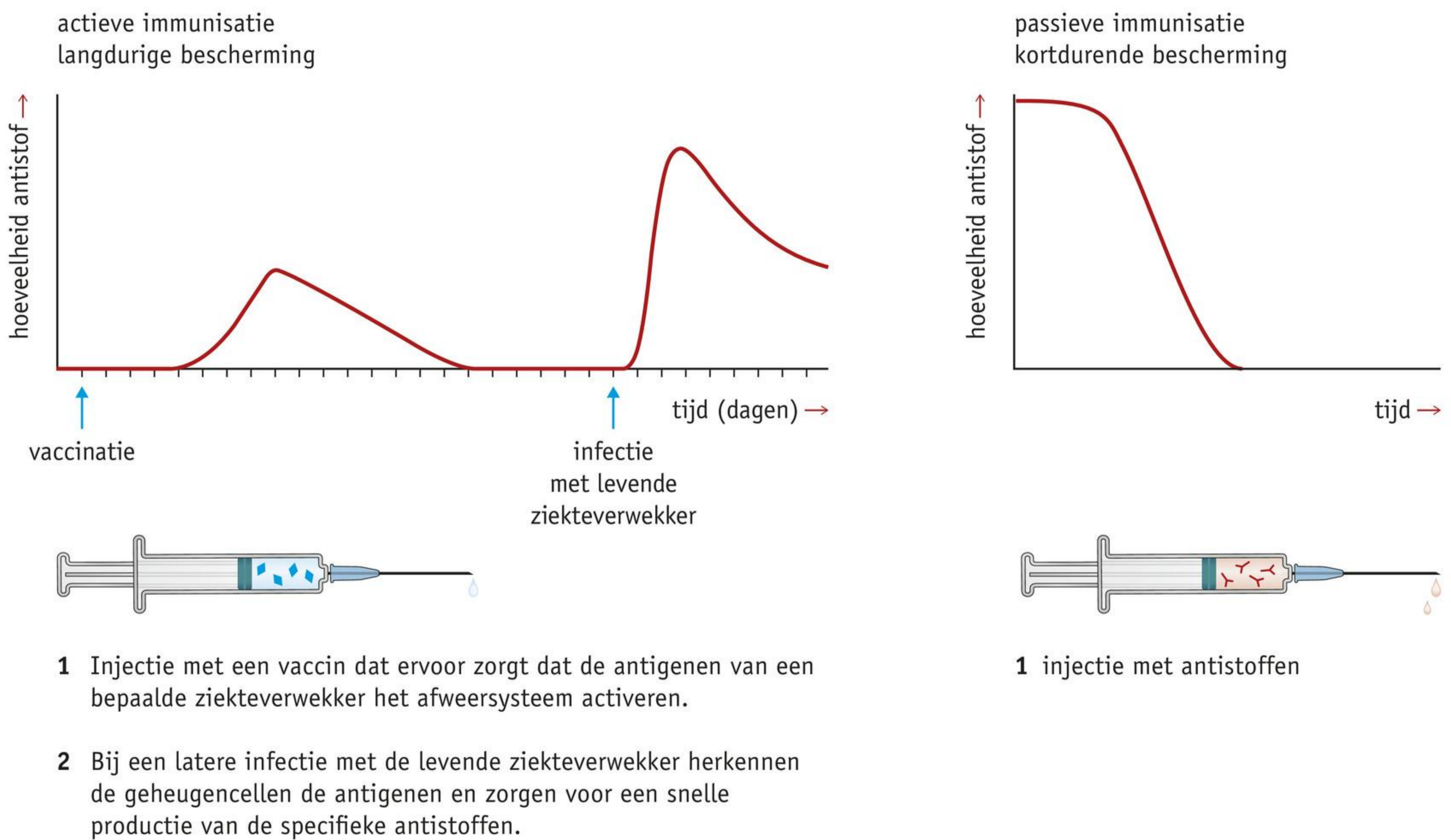
ACTIEVE EN PASSIEVE IMMUNITEIT

Wanneer iemand door vaccinatie immuun wordt voor een ziekte, noem je dat **actieve immuniteit**. Het afweersysteem reageert op de antigenen van de ziekteverwekker met de aanmaak van antistoffen en geheugencellen. De geheugencellen zorgen voor een langdurige bescherming. Wanneer je door menselijk contact wordt besmet met een ziekteverwekker, is er ook sprake van actieve immuniteit.

In sommige (nood)gevallen wordt **passieve immunisatie** toegepast. Bij passieve immunisatie worden antistoffen ingespoten, bijvoorbeeld wanneer iemand is gebeten door een gifslang of een giftige spin. Het lichaam maakt dan zelf geen antistoffen en geheugencellen aan, omdat de gifstoffen of ziekteverwekkers snel worden afgebroken door de ingespoten antistoffen. Daarom geeft passieve immuniteit slechts kortdurende bescherming.

Antistoffen worden toegediend in de vorm van antiserum: bloedplasma zonder stollingseiwitten. Dat is afkomstig van menselijke bloeddonors, of van een dier dat eerst immuun is gemaakt tegen bepaalde gifstoffen of ziekteverwekkers. Het bevat dus veel specifieke antistoffen. Een nadeel van het toedienen van een antiserum is dat in het bloed van een dier veel verschillende antistoffen voorkomen. Dit kan soms tot een ernstige allergische reactie leiden, waarbij het afweersysteem van de mens reageert tegen de dierlijke antistoffen. Afbeelding 28 geeft een overzicht van actieve en passieve immuniteit.

■ **Afb. 28** Actieve en passieve immunisatie.



Opdrachten KENNIS

- 40
- a Hoe ontstaat passieve immuniteit?
 - b Worden er bij passieve immunisatie geheugencellen aangemaakt?
 - c Iemand heeft antiserum toegediend gekregen na een beet door een giftige spin. Is deze persoon nu voortaan immuun voor het gif van deze spinnensoort? Leg je antwoord uit.
- 41 Sefer is besmet geraakt met waterpokken via zijn tweelingzusje. Sefer is nu immuun voor waterpokken. Is er sprake van actieve immuniteit?
- 42 Leg uit dat zowel natuurlijke als kunstmatige immunisatie tot de actieve immunisatie wordt gerekend.

- 43** Het verworven immuunsysteem van een baby wordt pas na de geboorte actief. Tijdens de zwangerschap en kort na de geboorte bevat het bloed van een baby toch al antistoffen. Deze antistoffen zijn via de placenta in het bloed van de baby terechtgekomen. Het zijn antistoffen die door de moeder zijn aangemaakt. Hierdoor is de baby in de eerste fase van het leven beschermd tegen een aantal ziekteverwekkers. Leg uit dat je dit natuurlijke passieve immuniteit kunt noemen.

Opdrachten **INZICHT**

- 44** Welke organellen produceren de virusantigenen die ervoor zorgen dat je afweersysteem wordt geactiveerd?
- 45** Waarom wordt er na een beet van een gifslang gekozen voor passieve immunisatie?
- 46** In 2013 en 2014 was er in Nederland een mazelenepidemie. Mazelen is geen onschuldige kinderziekte. Het mazelenvirus kan bijvoorbeeld wel twee jaar lang het immuunsysteem verzwakken. Cellen die ziekteverwekkers herkennen waarmee het lichaam in het verleden in contact is geweest verdwijnen bijvoorbeeld. Het gevolg hiervan is dat besmette mensen vatbaarder worden voor infecties met andere ziekteverwekkers, net als bij aids. Jaarlijks sterven wereldwijd meer dan honderdduizend mensen (vooral kinderen) aan de mazelen, terwijl er een vaccin beschikbaar is.
- a** Leg uit dat na het doormaken van de ziekte en na vaccinatie dezelfde immuniteit voor mazelen ontstaat.
 - b** Door vaccinatie tegen mazelen ontstaat immuniteit. Geef nog een reden waarom het belangrijk is dat vaccinatie tegen mazelen is opgenomen in het vaccinatieprogramma.
- 47** Een vectorvaccin bevat een stukje RNA van de ziekteverwekker waartegen je gevaccineerd wordt. Met dit RNA produceren de ribosomen in de lichaamscellen na vaccinatie een eiwit (antigeen) van de ziekteverwekker, waardoor je afweersysteem wordt geactiveerd.
- a** Leg uit waarom een niet-ziekmakend virus wordt gebruikt om het RNA van de ziekteverwekker in te brengen.
 - b** Bij een RNA-vaccin zit het genetisch materiaal van de ziekteverwekker verpakt in een vetbolletje. Op deze manier is het ook mogelijk om het RNA in jouw cellen te krijgen.
Leg uit waarom dit via een vetbolletje lukt. Denk daarbij aan de eigenschappen van het celmembraan.

 [Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)

VACCINATIEVERPLEEGKUNDIGE

Hoeveel vaccinaties Simon de afgelopen jaren heeft toegediend? 'Dat is niet meer te tellen', lacht hij. 'Het kunnen er honderden per dag zijn.' Simon heeft de hbo-opleiding tot verpleegkundige gevolgd. Na zijn opleiding is hij in een ziekenhuis gaan werken. Daarnaast werkt Simon een dag per week als vaccinatieverpleegkundige bij de GGD (zie afbeelding 29).

'In Nederland hebben we een uitgebreid Rijksvaccinatieprogramma. Alle kinderen hebben recht op deze vaccinaties. Kinderen vanaf drie maanden komen met regelmaat een vaccinatie halen. De meeste kinderen vinden zo'n prik spannend en niet zo leuk. Ik probeer ze op hun gemak te stellen. Er vloeit wel eens een traantje, maar ik probeer ze de deur weer uit te laten gaan met een lach.'

Naast het zetten van de vaccinaties heeft de vaccinatieverpleegkundige ook andere taken. Er moeten altijd voldoende vaccins op voorraad zijn. Een vaccin is niet zo lang houdbaar en je moet het op de juiste manier bewaren. Het voorraadbeheer moet je nauwkeurig uitvoeren. En de vaccins moet je op de juiste manier klaarmaken, voordat je ze kunt zetten.

'De afgelopen jaren hebben wij het heel druk gehad met het vaccineren van mensen tegen COVID-19. Niet alleen kinderen vaccineren, maar alle Nederlanders, dat was een grote klus! Met elkaar hebben we deze ziekte grotendeels onder controle weten te krijgen. Het gaf mij veel voldoening om daaraan bij te kunnen dragen.'

■ **Afb. 29** Simon aan het werk als vaccinatieverpleegkundige.



Opdrachten

- 48** Actieve of passieve immunisatie?
Naar: Voorronde Biologie Olympiade Junior havo 2021, vraag 3.
- Er zijn verschillende manieren om immuun te raken tegen het coronavirus. Hieronder zijn vier situaties beschreven. Geef per situatie aan of er sprake is van natuurlijke of kunstmatige immunisatie en of het gaat om actieve of passieve immunisatie.
- 1 Een vriend of vriendin werd door jou besmet met COVID-19 doordat jullie elkaar knuffelden.
 - 2 Een baby drinkt moedermelk waar antistoffen tegen het coronavirus in zitten.
 - 3 Een meisje wordt ingeënt tegen COVID-19.
 - 4 Je ontdekt (doordat er antistoffen in je bloed zitten) dat je COVID-19 hebt gehad zonder dat je dat wist.

- 49** Alle kinderen in Nederland kunnen worden gevaccineerd volgens het Rijksvaccinatieprogramma. Sommige ouders

kiezen ervoor om hun kind niet te laten vaccineren. Bedenk daarvoor een argument.

- 50** Sommige kinderen hebben een ernstige ziekte waardoor ze niet kunnen worden gevaccineerd. Deze kinderen zijn toch vrij goed beschermd tegen ziekten zoals bijvoorbeeld polio en mazelen. Dat is te danken aan een hoge vaccinatiegraad: een hoog percentage kinderen binnen de bevolking dat wél is gevaccineerd. Leg uit hoe een hoge vaccinatiegraad ervoor zorgt dat ook niet-gevaccineerde kinderen relatief goed zijn beschermd.
- 51** **a** Een vaccinatieverpleegkundige moet nauwkeurig kunnen werken. Noem nog drie eigenschappen die je voor dit beroep nodig hebt.
- b** Zou het beroep van vaccinatieverpleegkundige iets voor jou zijn? Verklaar je antwoord.

4 TRANSPLANTATIE EN BLOEDTRANSFUSIE

LEERDOEL

13.4.1 Je kunt beschrijven welke problemen door antigenen kunnen ontstaan bij transplantaties en bloedtransfusies.

- ▶ Vaardigheid 6 (thema 1)
- ▶ Practicum 1

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	13.4.1
Onthouden	52a, 55a, 56b
Begrijpen	52bcd, 53, 54, 55b, 56a, 61c
Toepassen	57, 60, 61ab, 62, 63
Analyseren	58, 59

Vroeger gingen veel mensen dood na een transplantatie. Ook bloedtransfusies waren geen succes. Pas na de ontdekking van de bloedgroepen door Karl Landsteiner in 1901 ging het stukken beter.

TRANSPLANTATIE

Bij een **transplantatie** wordt een aangetast weefsel of orgaan vervangen. Het weefsel of orgaan kan afkomstig zijn van de patiënt zelf, maar ook van iemand anders (een **donor**).

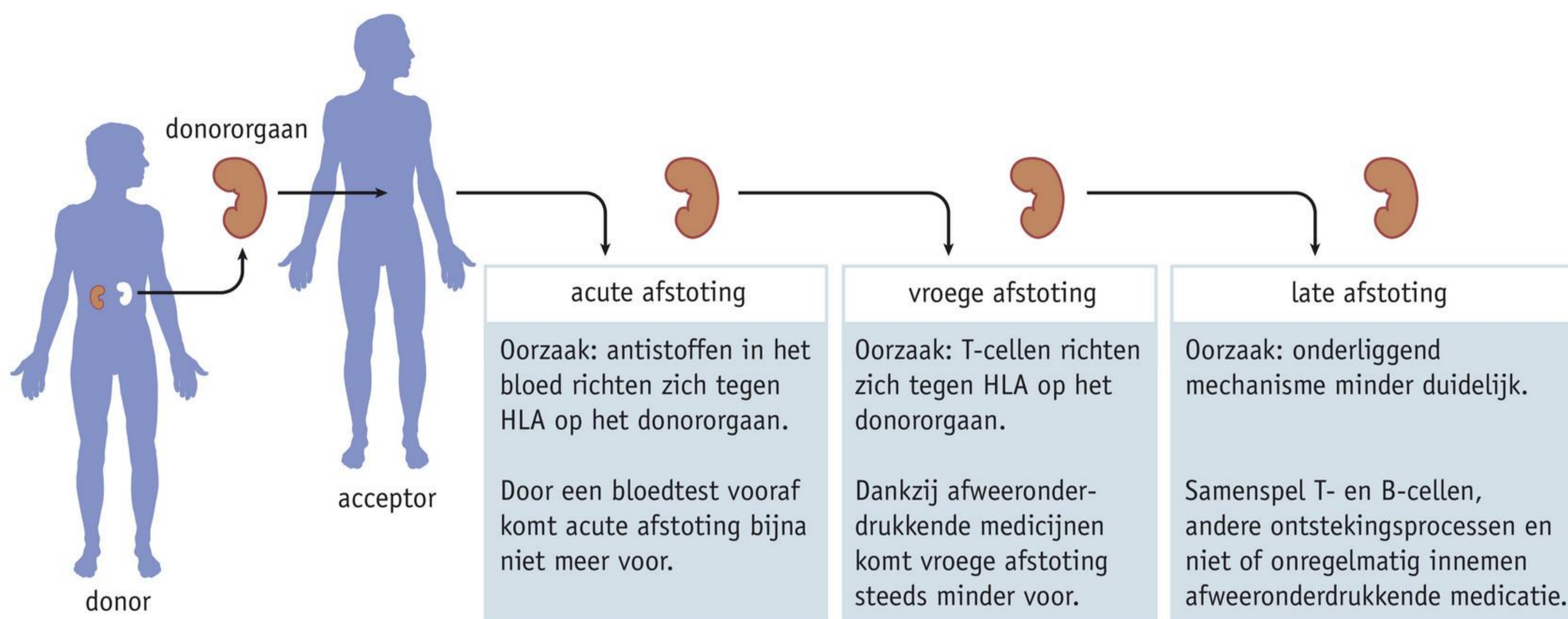
Als het weefsel of orgaan afkomstig is van een donor, is er kans op een afstotingsreactie bij de patiënt (de **acceptor**). Afstotingsreacties worden opgewekt door eiwitten op de celmembranen van het getransplanteerde weefsel of orgaan. Deze eiwitten worden door het afweersysteem van de acceptor gezien als antigenen. De eiwitten komen voor op alle cellen van zoogdieren, behalve op rode bloedcellen. Ze zijn voor ieder individu uniek. Alleen eeneiige tweelingen hebben dezelfde eiwitten. Dankzij dit systeem, het MHC (*major histocompatibility complex*), kunnen lymfocyten de eigen cellen onderscheiden van lichaamsvreemde cellen. Bij mensen wordt dit systeem HLA (*human leukocyte antigen*) genoemd.

Voorafgaand aan een transplantatie moet worden onderzocht of het HLA-systeem van de donor overeenkomt met het HLA-systeem van de acceptor. Aangezien de kans hierop klein is, is er een internationaal registratiesysteem ontwikkeld om geschikt donormateriaal voor een acceptor te vinden. Wanneer een donororgaan beschikbaar komt, bijvoorbeeld na een ongeval, kan via dit systeem snel worden bekeken voor welke patiënt dit orgaan het meest geschikt is (HLA-matching).

De HLA-systemen van donor en acceptor komen vrijwel nooit 100% overeen. Er is daardoor kans op een afstotingsreactie. De afstoting van een orgaan kan verschillende oorzaken hebben (zie afbeelding 30). Afstoting door antistoffen in het bloed van de acceptor leidt vaak tot een zeer snelle afstoting (acute afstoting). Dit kun je meestal voorkomen door vooraf te testen of het bloed van de acceptor reageert op cellen van de donor. Het bloed gaat dan klonteren. Antistoffen kunnen in het bloed van de acceptor aanwezig zijn door eerder contact met vreemd HLA. Bijvoorbeeld door een bloedtransfusie, door contact met het HLA van een kind bij zwangerschap of door een eerdere transplantatie.

Afstotingsreacties door T-cellen komen het meest voor in de eerste weken tot maanden na de transplantatie. De T-cellen van de acceptor herkennen de antigenen op de membranen van de cellen van het donororgaan als lichaamsvreemd. Donorcellen worden dan door de T-cellen vernietigd. De afstotingsreacties kun je onderdrukken met medicijnen die het gehele afweersysteem onderdrukken. Ook na langere tijd blijft er een kans op afstoting van het orgaan. De oorzaak is dan vaak minder duidelijk.

■ **Afb. 30** Mogelijke oorzaken van de afstoting van een donororgaan of -weefsel.



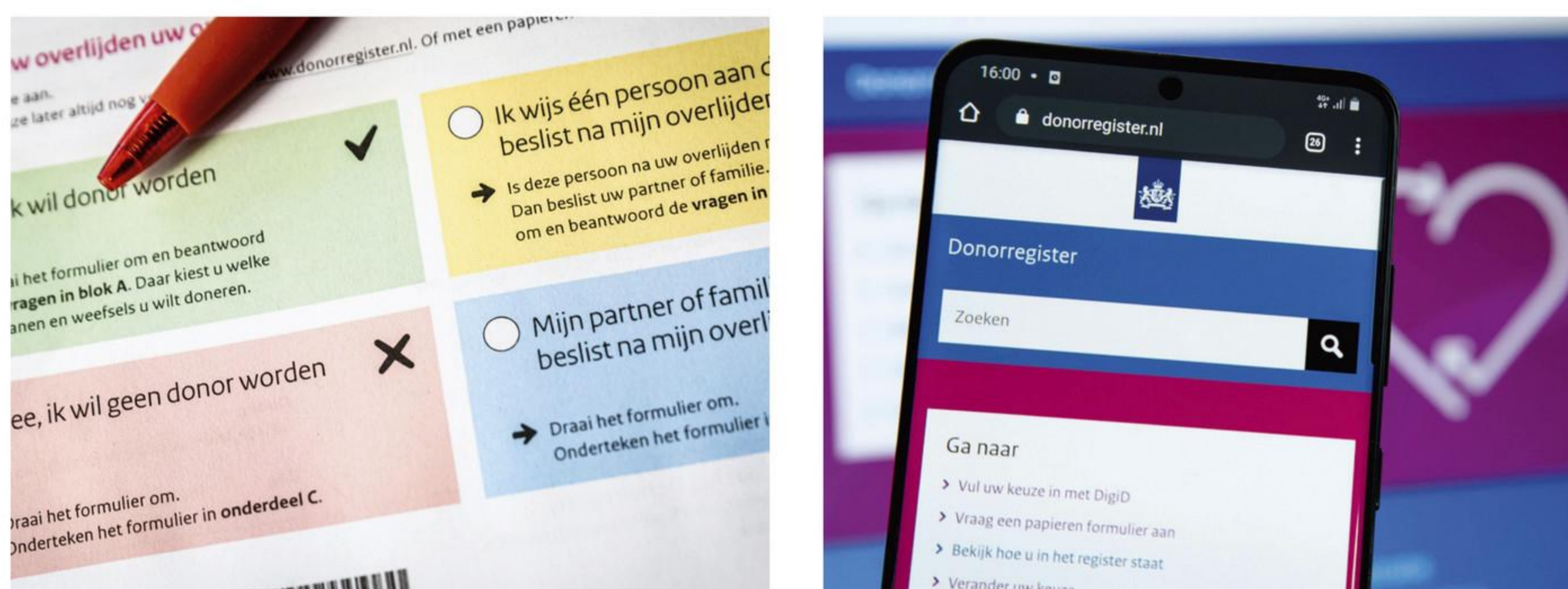
DONORREGISTRATIE

Iedereen van 18 jaar en ouder die is ingeschreven in een Nederlandse gemeente staat in het Donorregister. In het Donorregister is jouw keuze geregistreerd voor het wel of niet doneren van je organen en weefsels na je overlijden. Er zijn vier registratiemogelijkheden in het Donorregister (zie afbeelding 31):

- 1 Ja, ik wil donor worden.
- 2 Nee, ik wil geen donor worden.
- 3 Mijn partner of familie beslist na mijn overlijden.
- 4 Ik wijs één persoon aan die beslist na mijn overlijden.

Als je geen keuze invult, sta je in het Donorregister met 'geen bezwaar tegen orgaandonatie'. Je geeft zo toestemming om je organen en weefsels aan een patiënt te doneren na je overlijden. Doneren kan alleen als iemand in het ziekenhuis overlijdt, want een orgaan kun je maar kort bewaren. Je keuze voor donorregistratie kun je op ieder moment via een formulier of online aan passen.

■ **Afb. 31** Donorregistratie.



- 52
- Waardoor wordt na een transplantatie vaak een afstotingsreactie opgewekt?
 - Welk type B-cellen is verantwoordelijk voor een acute afstotingsreactie?
 - Bij ernstige brandwonden wordt soms een stuk huid van de patiënt getransplanteerd van een onbeschadigd lichaamsdeel naar het verbrande deel. Zal deze transplantatie afstotingsverschijnselen veroorzaken? Leg je antwoord uit.
 - Bij een transplantatie die tijdens het leven van de donor kan plaatsvinden, zoals van een nier of beenmerg, gaat de voorkeur uit naar een donor die broer of zus is van de acceptor. Leg dat uit.
- 53 Afstotingsreacties kun je onderdrukken met medicijnen die het gehele afweersysteem onderdrukken.
Wat is het nadeel van het gebruik van deze medicatie?

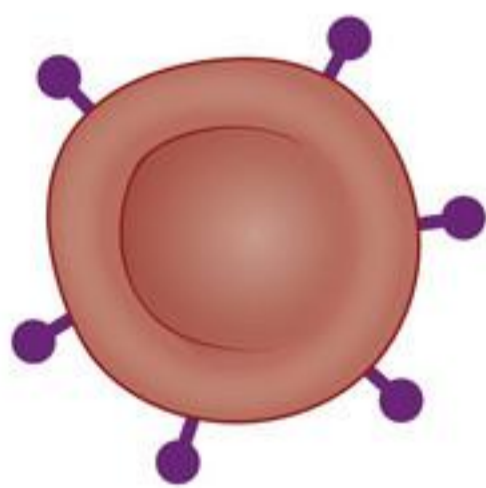
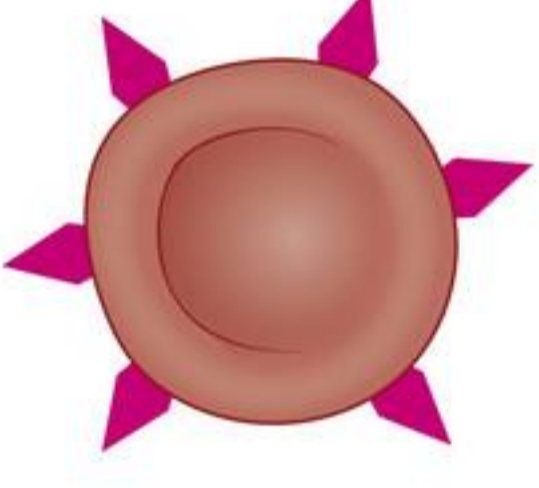
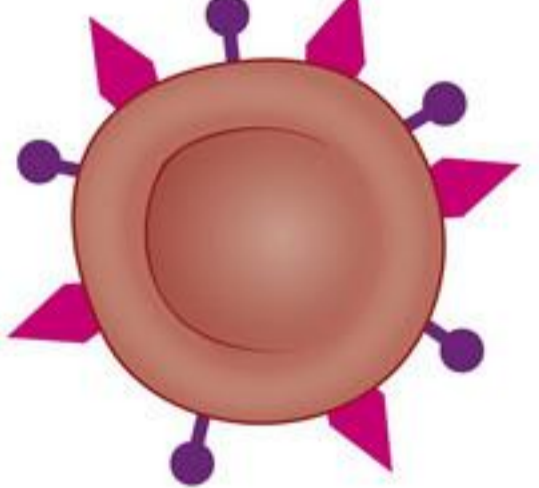
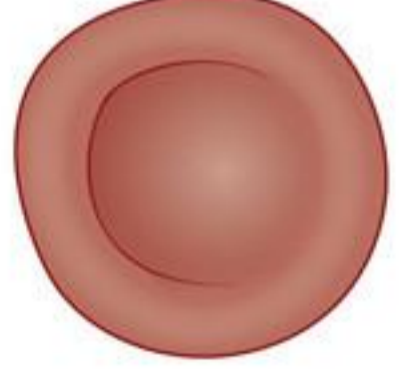



BLOEDGROEPEN

Op de celmembranen van rode bloedcellen komen geen HLA-eiwitten voor, maar wel antigenen die kunnen leiden tot afweerreacties. De antigenen bepalen de bloedgroep die je hebt. Er zijn meerdere systemen om bloedgroepen in te delen. De belangrijkste zijn het AB0-systeem en de resusfactor.

Het **AB0-systeem** bestaat uit de bloedgroepen A, B, AB en 0 (nul). Hierbij zijn twee antigenen betrokken (zie afbeelding 32). Mensen met bloedgroep A hebben op de celmembranen van rode bloedcellen het antigeen A, mensen met bloedgroep B hebben het antigeen B. Mensen met AB hebben beide antigenen. Iemand die geen van beide antigenen heeft, behoort tot bloedgroep 0.

Het bloedplasma bevat bij mensen antistoffen tegen de antigenen die niet op de celmembranen van hun rode bloedcellen voorkomen. Bij iemand met bloedgroep A zit dus antistof tegen B in het bloedplasma en iemand met bloedgroep B heeft antistof tegen A. Mensen met bloedgroep 0 hebben antistof tegen zowel A als B. Deze antistoffen worden vlak na de geboorte gevormd. Als je bloedgroep AB hebt, heb je geen antistoffen tegen antigeen A en B in je bloedplasma.

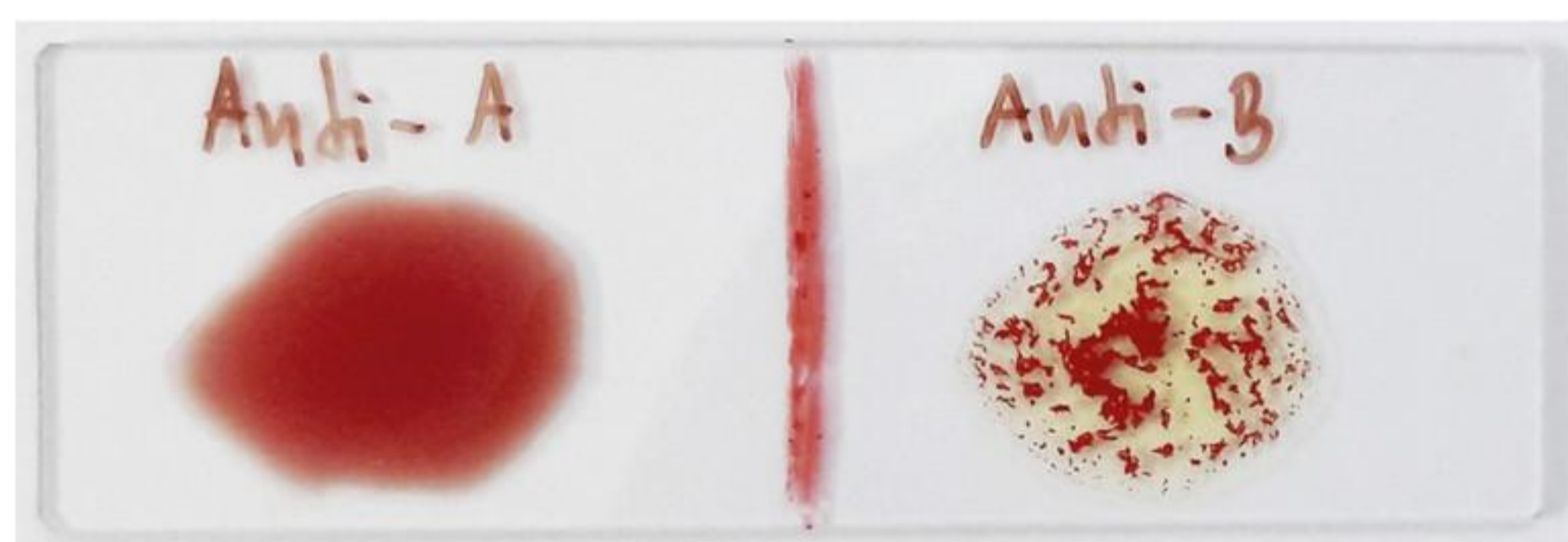
■ **Afb. 32** Antigenen en antistoffen bij de bloedgroepen van het AB0-systeem.

	bloedgroep A	bloedgroep B	bloedgroep AB	bloedgroep 0
antigenen aan rode bloedcellen	antigeen A 	antigeen B 	antigeen A en B 	geen antigeen A geen antigeen B 
antistoffen in bloedplasma	anti-B 	anti-A 	geen anti-A geen anti-B	anti-A anti-B 
% in Nederland	43%	9%	3%	45%

Rode bloedcellen klonteren samen als het antigeen in contact komt met de antistof (zie afbeelding 33). De samengeklonterde bloedcellen blijven steken in de haarvaten en gaan kapot. Hierdoor komt hemoglobine vrij in het bloedplasma. Dit proces noem je hemolyse. Het kan onder andere hersen- en nierbeschadigingen tot gevolg hebben en zelfs leiden tot de dood. Een patiënt moet bij voorkeur donorbloed van dezelfde bloedgroep ontvangen.

Door donorbloed te centrifugeren worden de verschillende bestanddelen van het bloed van elkaar gescheiden. Een patiënt krijgt bij een **bloedtransfusie** alleen het bestanddeel dat hij nodig heeft. Meestal zijn dat rode bloedcellen. Het bloedplasma van de donor met de antistoffen wordt dan niet toegediend. Hierdoor ontstaan meer mogelijkheden voor bloedtransfusies met bloed van een andere bloedgroep.

■ **Afb. 33** Niet-geklonterd en geklonterd bloed.



RESUSFACTOR

Een ander systeem om bloedgroepen in te delen is de resusfactor. Bij 85% van de mensen komt op de celmembranen van de rode bloedcellen een eiwit voor dat je **resusfactor** of resusantigeen noemt. Bloed met het resusantigeen noem je resuspositief bloed (Rh+). Mensen die het resusantigeen niet hebben, zijn resusnegatief (Rh-). Deze mensen kunnen antistof (antiresus) maken tegen het resusantigeen. Zij maken deze antistof pas als ze in contact komen met resuspositief bloed. Als een patiënt met resusnegatief bloed (bijvoorbeeld A Rh-) resuspositief bloed (bijvoorbeeld A Rh+) ontvangt, zal deze persoon antiresus maken (primaire reactie). Hierdoor klonteren de rode bloedcellen van het donorbloed samen en treedt hemolyse op. Of je resuspositief of resusnegatief bent is erfelijk bepaald.

Het resusantigeen kan problemen geven bij zwangerschap. Dit is het geval als een resusnegatieve vrouw zwanger is van een resuspositief kind (zie afbeelding 34). Door kleine scheurtjes in de placenta kunnen rode bloedcellen van het kind in de bloedsomloop van de moeder terechtkomen. De moeder maakt dan antiresus aan. Omdat dit meestal pas na de bevalling gebeurt, heeft dat voor het eerste kind geen gevolgen. Na de eerste bevalling bevat het bloed van de moeder echter antiresus. Als bij een volgende zwangerschap het kind weer resuspositief is, kan er antiresus uit het bloed van de moeder door de placenta in het bloed van het kind terechtkomen. Er kunnen dan rode bloedcellen van het kind samenklonteren en er kan hemolyse optreden. Het kind kan ernstig ziek worden. Een kind bij wie deze verschijnselen optreden, wordt een resuskindje genoemd.

Bij een resusnegatieve moeder die zwanger is van een resuspositief kind wordt in week 30 van de zwangerschap antiresus ingespoten als blijkt dat er in het bloed antistoffen voorkomen tegen het bloed van het kind. Ook direct na de geboorte wordt antiresus ingespoten. Als er rode bloedcellen met resusantigeen van het kind in het bloed van de moeder terecht zijn gekomen, klonteren deze door het ingespoten antiresus meteen samen en worden ze afgebroken. Het afweersysteem van de moeder zal de resusantigenen van het kind niet waarnemen, waardoor het zelf geen antiresus en geheugencellen maakt. Het ingespoten antiresus wordt na verloop van tijd afgebroken.

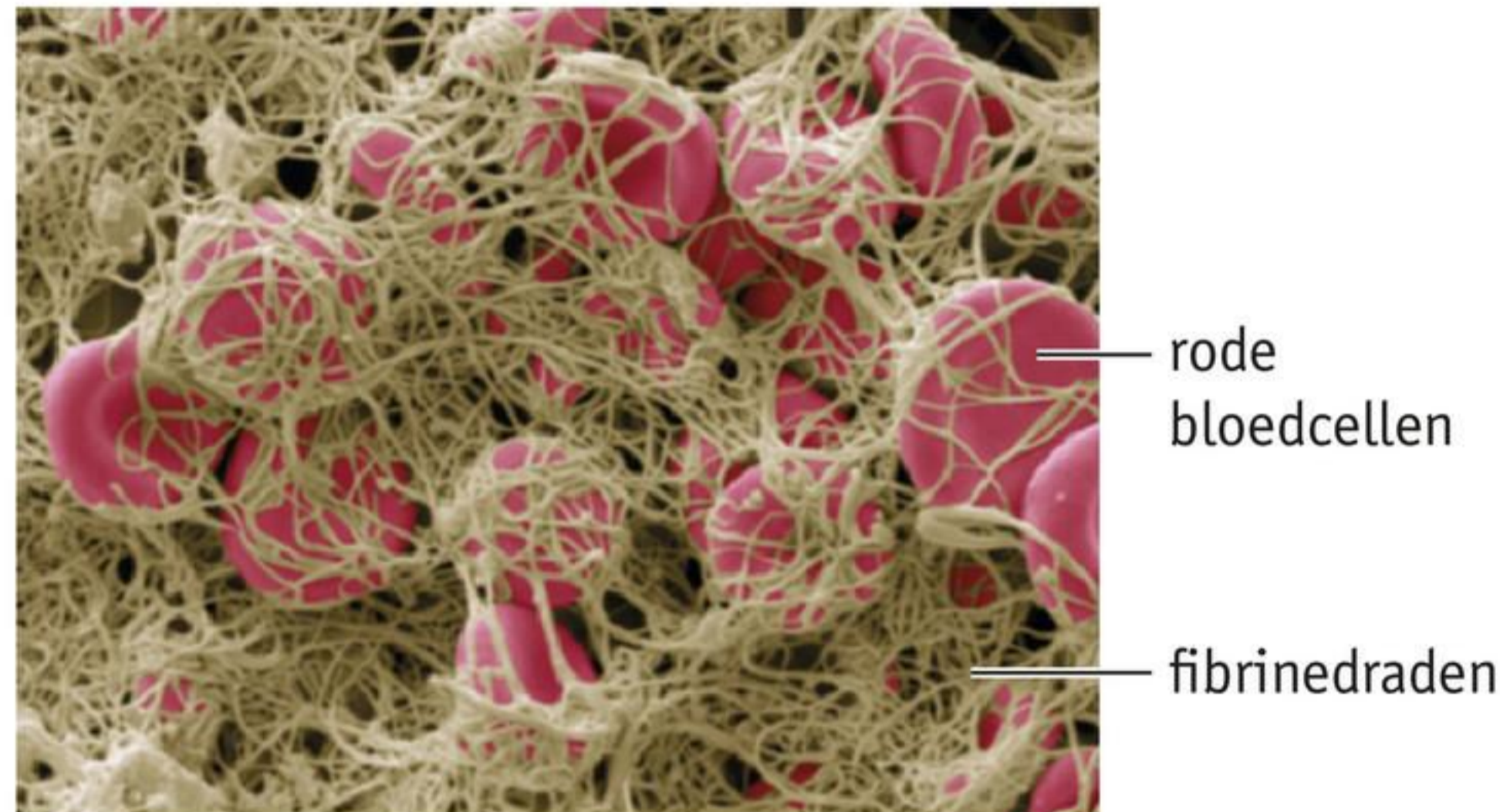
Aan dit beginnende bloedstolsel blijven steeds meer bloedplaatjes kleven. Deze bloedplaatjes vergaan ook, waardoor de stoffen uit de bloedplaatjes vrijkomen. Het proces van bloedstolling blijft doorgaan tot het bloedstolsel de wond helemaal afsluit.

Als het bloedstolsel is gevormd, trekken de fibrinedraden zich samen, waardoor de randen van de wond naar elkaar toe worden getrokken.

Door verdere indroging ontstaat uit het bloedstolsel een korstje. Na verloop van tijd worden de fibrinedraden langzaam afgebroken. Het korstje laat dan los. De wond is intussen al genezen.

Uit een bloedstolsel kan een vloeistof worden geperst: het bloedserum. Bloedserum is bloedplasma zonder fibrinogeen.

■ **Afb. 8** Bloedstolsel.



Opdrachten **KENNIS**

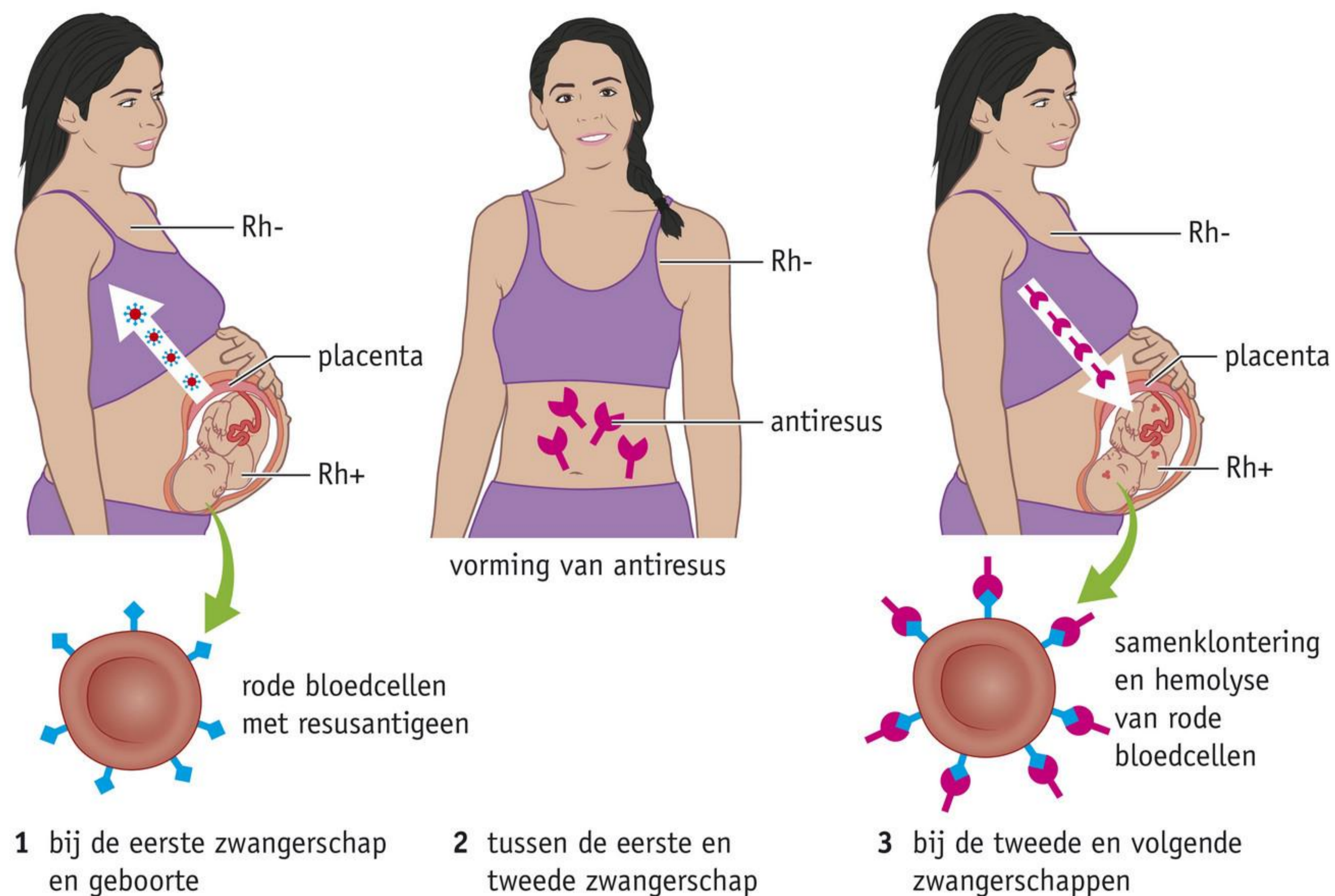
- 5 Vul de kenmerken van de verschillende bloedcellen in de tabel in.

	Rode bloedcellen	Witte bloedcellen	Bloedplaatjes
Wel of geen celkern			
Plaats(en) van vorming			
Functie(s)			

- 6 Witte bloedcellen kunnen hun functie ook buiten de bloedvaten vervullen.
- Door welke eigenschap van de witte bloedcellen kan dat?
 - Etter of pus ontstaat doordat er witte bloedcellen doodgaan bij het insluiten van bacteriën.
Waarom moet je voorzichtig zijn met etter of pus?
- 7 Bij een papiersnee in je vingers, stopt het bloeden binnen een minuut.
- Welke stof wordt tijdens de bloedstolling omgezet in een andere stof?
 - Bij bloederziekte (hemofilie) ontbreekt een bepaalde stollingsfactor in het bloed. Leg uit waardoor bij iemand met bloederziekte het bloed niet goed stolt.
 - Leg uit dat een tekort aan vitamine K kan leiden tot problemen met de bloedstolling.

Als een resuspositieve moeder zwanger is van een resusnegatief kind, zijn er geen problemen. Het immuunsysteem van het kind kan pas twee à drie maanden na de geboorte antistoffen maken.

■ **Afb. 34** Het ontstaan van een resuskindje.



Opdrachten **KENNIS**

- 54** a Leg uit dat je aan een patiënt met bloedgroep 0 geen donorbloed van bloedgroep A kunt geven.
b Leg uit dat een patiënt met bloedgroep 0 wel donorbloed kan geven aan iemand met bloedgroep A.
- 55** Een 18-jarige jongen heeft nog nooit een bloedtransfusie gehad. Deze jongen heeft bloedgroep A Rh-.
a Bevat het bloed van deze jongen antiresus? Leg je antwoord uit.
b Kun je bij een bloedtransfusie bloed van deze jongen geven aan een patiënt met bloedgroep A Rh+? Leg je antwoord uit.
- 56** a Als antiresus uit het bloed van een resusnegatieve moeder door de placenta in het bloed van een resuspositieve baby terecht komt, is dat gevaarlijk voor de baby. Leg dat uit.
b Als een resuspositieve moeder zwanger is van een resusnegatief kind, zijn er geen problemen. Leg dat uit.

Opdrachten INZICHT

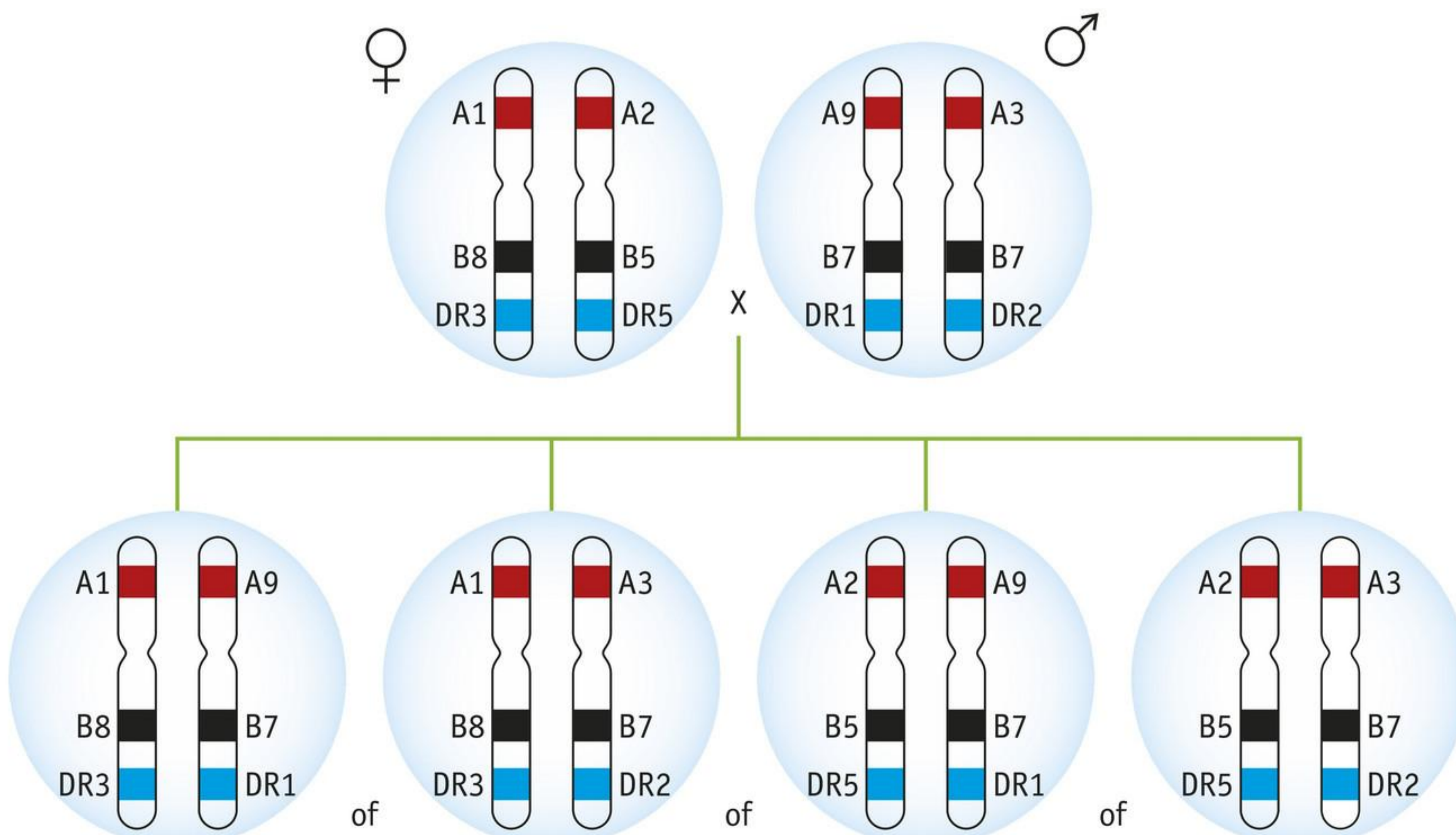
- 57 In afbeelding 35 geven de egaal ingevulde cirkels aan dat een bloedtransfusie goed verloopt. Gespikkelde cirkels geven aan dat er hemolyse optreedt.
- Welke bloedgroep noem je de algemene donor? Leg je antwoord uit. Gebruik bij je uitleg de begrippen *antigenen* en *antistoffen*.
 - Welke bloedgroep noem je de algemene acceptor? Leg je antwoord uit. Gebruik bij je uitleg de begrippen *antigenen* en *antistoffen*.

■ **Afb. 35** Transfusieschema.

		bloedgroep van het donorbloed			
		A	B	AB	0
bloedgroep van de patiënt (ontvanger)	A				
	B				
	AB				
	0				

- 58 Welke HLA-eiwitten je aanmaakt is erfelijk bepaald. De informatie hiervoor ligt in een aantal genen op chromosoom 6. Ouders hebben ieder twee verschillende chromosomen 6, elk chromosoom met een eigen set HLA-allelen (zie afbeelding 36). Een kind erft van elke ouder één chromosoom, zodat er voor de kinderen van deze ouders vier verschillende combinaties mogelijk zijn. Het eerste kind van deze ouders heeft op latere leeftijd een nieuwe nier nodig. Hoe groot is de kans dat een broer of zus van dit kind als donor een 100% match is?

■ **Afb. 36** HLA-allelen op chromosoom 6 worden doorgegeven van ouder op kind.



- 59** Xenotransplantatie is het transplanteren van dierlijke organen in mensen. Er wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om bijvoorbeeld een hart van een varken of een nier van een aap te transplanteren in een mens.
Bedenk één argument voor en één argument tegen xenotransplantatie.
- 60** De onderwerpen orgaandonatie en de Donorwet leiden tot discussie. Sommige mensen vinden dat de overheid eigendom wordt van je lichaam bij een systeem zoals het Donorregister. Want je bent dan donor vanaf het moment dat je wordt geboren, tenzij je ouders, of jij na je 18e, expliciet aangeven dat niet te willen. Dit zou in strijd zijn met het elementaire mensenrecht dat jij zelf beschikt over je eigen lichaam en niet de overheid.
- a** Leg uit of je het wel of niet eens bent met de stelling dat de overheid eigendom wordt van je lichaam door een systeem zoals het Donorregister.
 - b** Voor de wetwijziging van 2021 was iemand alleen donor na het invullen van keuze 1 op het donorformulier. Iemand die het formulier niet had ingevuld, was voor 2021 geen donor.
Wat was een belangrijke reden om dit systeem aan te passen naar het huidige?

 [Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)

JE HOEFT GEEN DOKTER TE ZIJN OM EEN LEVEN TE REDDEN!

Het geven van een halve liter bloed een paar keer per jaar kan van levensbelang zijn. Lot (16) weet daar alles van. Tijdens de eerste jaren van haar leven was ze voortdurend verkouden of ziek. Na maanden van onderzoek en ziekenhuisopnames bleek dat Lot een afweerstoornis had. Ze maakt een bepaald soort antistoffen niet aan, waardoor ze gevoelig is voor infecties met sommige bacteriën. Dat kan zelfs levensbedreigend zijn.

Lot kan een normaal leven leiden dankzij medicijnen die zijn gemaakt uit het plasma van donoren. Eens per drie weken een infuus met antistoffen is voldoende. 'Ik heb mijn leven te danken aan de 400 000 Nederlanders die bloeddonor zijn.'

Bloeddonor kun je zijn als je tussen de 18 en 79 jaar bent (zie afbeelding 37). Voordat je bloed mag geven, moet je eerst medisch worden gekeurd door een arts van de bloedbank. Je vult een medische vragenlijst in en er wordt een buisje bloed afgenomen. Dat wordt gecontroleerd op een aantal ziekten. En uiteraard wordt ook je bloedgroep bepaald.

Als je bent goedgekeurd, dan ontvang je een oproepkaart. Mannen mogen tot vijf keer per jaar

bloed doneren. Vrouwen maximaal drie keer. Per keer wordt er een halve liter bloed afgenomen. Dit bloed kan worden gebruikt voor patiënten die veel bloed hebben verloren, maar ook om bijvoorbeeld de medicijnen voor Lot van te maken. En wie weet red jij zo een leven.

■ **Afb. 37** Door bloed te doneren kun je levens redden.



Opdrachten

- 61** Dankzij medicatie is Lot immuun voor allerlei ziekten en is ze veel minder vaak ziek.
- Leg uit van welk type immunisatie hier sprake is.
 - Anne krijgt elke drie weken een infuus met rode bloedcellen vanwege een ernstige vorm van bloedarmoede. Anne heeft bloedgroep B Rh+. Van welke bloedgroep(en) kan zij rode bloedcellen krijgen toegediend?
 - Waarom hoef je bij deze bloedtransfusie niet te letten op het HLA-systeem, maar alleen op de verschillende bloedgroepen?
- 62** Mannen mogen per jaar vaker bloed doneren dan vrouwen. Wat kan daar de reden van zijn?
- 63** Vanaf je 18e kun jij ook bloeddonor worden. Is bloeddonatie iets voor jou? Waarom wel of niet?

WAAR KOMEN NIEUWE ZIEKTEN VANDAAN?

LEERDOELEN

- 13.S.1** Je kunt de invloed van nieuwe ziekten toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- 13.S.2** Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair, ecologisch en vorm-functiedenken toepassen op het ontstaan en de verspreiding van nieuwe ziekten.

Zo nu en dan steken nieuwe ziekten de kop op. COVID-19 is een bekend voorbeeld. Maar ook SARS, MERS, gekkekoeienziekte (BSE), Q-koorts, aids en vogelgriep waren in de afgelopen tientallen jaren nieuwe ziekten waar de mens mee te maken kreeg. Waar komen die nieuwe ziekten vandaan?

Nieuwe ziekten zijn eigenlijk helemaal niet nieuw. Ze bestonden al, maar dan bij dieren. Het coronavirus dat in december 2019 uitbrak in de Chinese stad Wuhan bijvoorbeeld, is zeer nauw verwant aan een virus dat voorkomt bij vleermuizen. En de voor ons bekende griep komt oorspronkelijk van vogels.

Marion Koopmans is hoogleraar virologie in het Erasmus MC in Rotterdam. Volgens haar kan een virus niet zomaar van een dier op een mens worden overgedragen. Het DNA of RNA van een virus moet hiervoor eerst zijn aangepast. De eerste stap daarna is vaak dat een virus een landbouwdier of huisdier besmet. Via deze dieren kan een virus gemakkelijk een mens besmetten. Als dat eenmaal kan, kan een virus van mens op mens worden overgedragen. Dat kan gevaarlijk zijn omdat virussen die voor de mens nieuw zijn je soms behoorlijk ziek kunnen maken. Je hebt er geen weerstand tegen omdat je er niet eerder mee in aanraking bent geweest.

De omstandigheden waarbij ziekten voor het eerst overgaan van een dier op een mens zijn vaak ideaal in gebieden waar mensen en dieren dicht bij elkaar leven. In landen waar de bevolkingsdichtheid zeer hoog is worden soms heel veel dieren gehouden. De dierenmarkten waar deze levende dieren worden verhandeld kunnen een broeinest van ziekten zijn omdat de hygiëne daar vaak te wensen overlaat (zie afbeelding 1).

Ook van andere bekende ziekten weten we inmiddels dat de oorsprong bij dieren ligt. Genetisch onderzoek van hiv heeft aangetoond dat het afkomstig is van apen. Q-koorts kan via geiten en schapen op de mens worden overgedragen en gekkekoeienziekte via koeien.

■ Afb. 1 Dierenmarkt in Azië.



Kunnen we iets doen om nieuwe ziekten bij de mens te voorkomen? Dat is vrijwel onmogelijk. Maar je kunt wel zorgen dat je alert blijft en snel handelt als je denkt dat iemand is besmet met een nieuwe ziekteverwekker. Dierenartsen, artsen en de GGD spelen hier een belangrijke rol in. En internationale samenwerking is van belang. Want we hebben van corona geleerd dat ziekten zich niet aan landsgrenzen houden.

Opdrachten



- 1 Vul in de tabel de volgende begrippen in bij het juiste organisatieniveau. Kies uit: *dierenartsen – landbouwdier – mens – vleermuizen*.

Organisatieniveau	Begrip
Systeem aarde	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaanstelsel	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

- 2 Een virus dat dieren infecteert wordt pas een gevaar voor mensen als het virus genetische veranderingen heeft ondergaan.
- Hoe wordt zo'n genetische verandering genoemd?
 - Virussen kunnen zich niet vermenigvuldigen zonder gastheercellen. Het virus bindt aan de eiwitten op het membraan van de gastheercel en brengt vervolgens zijn DNA of RNA over. Een virus dat kan binden aan de cellen van een dier kan zich niet vanzelfsprekend ook binden aan de cellen van een mens. Leg uit waarom niet.
 - Er wordt vaak gezegd dat een dierziekte 'overspringt' op de mens. Leg uit waarom dit geen juiste term is.
- 3 In de tekst staat dat nieuwe virussen je soms behoorlijk ziek kunnen maken. Leg uit hoe dat komt. Gebruik in je uitleg je kennis over de werking van het immuunsysteem.
- 4 Om van dier op mens over te gaan moet een ziekteverwekker evolueren. Leg uit hoe dat plaatsvindt.
- 5 Q-koorts is een infectieziekte die van dieren kan overgaan op mensen. In Nederland zijn besmette melkgeiten en melkschapen de bron van de ziekte bij mensen. De meeste mensen krijgen Q-koorts door het inademen van lucht waar de bacterie in zit. Dit kan gebeuren in het voorjaar tijdens de lammerperiode van geiten en schapen. Als deze dieren zijn besmet met Q-koorts, kan de bacterie vrijkomen tijdens de geboorte van de lammetjes. Kun je Q-koorts behandelen met antibiotica? Leg je antwoord uit.

PRACTICA


Practicumopdracht 1

ONDERZOEKSDOEL

13.O.1 Je kunt met behulp van reagentia de bloedgroep van een bloedmonster bepalen.

- ▶ Basisstof 4
- ▶ Vaardigheid 6 (thema 1)

Het bepalen van de bloedgroep van een bloedmonster

 30 minuten

INLEIDING

Rode bloedcellen bevatten – afhankelijk van de bloedgroep – A- en/of B-antigenen, of geen van beide. Je onderzoekt met deze bepaling of en welke antigenen aanwezig zijn op de te testen rode bloedcellen. Je gebruikt hiervoor een reagens dat antistoffen bevat en reageert op bloedgroep A- of B-antigenen.

ONDERZOEKSVRAAG

Wat is de bloedgroep van de patiënten en de donoren (uit de practicumkit)?

MATERIAAL

- rode bloedcellen van de patiënten (nummers 1, 2, 3) en donoren (X en Y) uit de practicumkit voor bloedgroepbepaling
- reagens anti-A en anti-B
- 10 reageerbuisen en reageerbuisrekje

METHODE

- Schud de buizen met rode bloedcellen, net zolang tot alle rode bloedcellen van de bodem loskomen.
- Zet tien reageerbuisen in een rek en markeer deze zoals in afbeelding 1: De 1, 2, 3, X en Y staan voor de patiënten en donoren. A en B staan voor het reagens dat je toevoegt.
- Doe één druppel rode bloedcellen van patiënt 1 in reageerbuis 1A én in buis 1B. Doe één druppel rode bloedcellen van patiënt 2 in reageerbuis 2A én in buis 2B, enzovoort.
- Voeg één druppel reagens anti-A toe aan alle reageerbuisen met de letter A.
- Voeg één druppel reagens anti-B toe aan alle reageerbuisen met de letter B.
- Zwenk de reageerbuisen eventjes voorzichtig en laat ze in het rekje staan.
- Wacht nu minimaal vijftien minuten, zodat de cellen eventueel gaan klonteren. Blijf in de tussentijd van de buisjes af, anders is het resultaat minder goed zichtbaar.
- Ruim na het noteren van de resultaten en de conclusie het gebruikte materiaal op volgens aanwijzing van je docent of TOA.

- **Afb. 1** De tien reageerbuizen in het rek.

1A	2A	3A	XA	YA
1B	2B	3B	XB	YB

RESULTAAT EN CONCLUSIE

- Je kunt nu het resultaat bekijken. Zwenk een reageerbuis zachtjes van links naar rechts en zorg ervoor dat alle rode cellen loskomen van de bodem. Om te beoordelen of er klontering is opgetreden, houd je een buis (bijna) horizontaal, zodat de vloeistof zich over de hele buis verdeelt. Als er geen agglutinatie (klontering) is opgetreden, zie je een troebele vloeistof. Als de cellen geklonterd blijven, zie je kleine rode klontjes in de vloeistof. Noteer of teken het resultaat in tabel 1.
- Welke antigenen zijn op de rode bloedcellen van de geteste personen aanwezig? Bepaal uit deze gegevens de bloedgroep van de geteste personen en noteer die in tabel 2.

Tabel 1 Resultaat klontering rode bloedcellen van patiënten en donoren.

	Patiënt 1	Patiënt 2	Patiënt 3	Donor X	Donor Y
Klontering met anti-A?					
Klontering met anti-B?					

Tabel 2 Antigenen aanwezig op rode bloedcellen en bloedgroep van patiënten en donoren.

	Patiënt 1	Patiënt 2	Patiënt 3	Donor X	Donor Y
Aanwezige antigenen					
Bloedgroep					

SAMENVATTING

13.1.1 BASISSTOF 1

Je kunt de werking en functie van de eerste verdedigingslinie van het afweersysteem bij de mens beschrijven.

- Inwendig milieu: deel van het lichaam dat pas kan worden bereikt nadat een celmembraan is gepasseerd.
- Uitwendig milieu: omgeving buiten het lichaam en delen in het lichaam waarvoor geen celmembraan hoeft te worden gepasseerd om die te bereiken.
- Lichaamsvreemd: stoffen of cellen die niet in je lichaam thuishoren.
- Lichaamseigen: stoffen of cellen die door je lichaam worden gemaakt.
- Huid en slijmvliezen vormen de eerste verdedigingslinie (**BiNaS** tabel 84J2).
 - Doordat de cellen in de huid aaneengesloten liggen, kunnen ziekteverwekkers en schadelijke stoffen moeilijk binnendringen.
 - Slijmvliezen: zorgen er bij openingen in het lichaam voor dat ziekteverwekkers moeilijk kunnen binnendringen.
 - Melanocyten in de kiemlaag produceren pigment (melanine) dat beschermt tegen uv-straling.
- Mechanische afweer: fysieke (lichamelijke) aanpassingen om indringers buiten te houden.
 - Bijv. de huid en de slijmvliezen.
- Chemische afweer: het gebruik van stoffen om indringers buiten te houden.
 - Bijv. zoutzuur in maagsap dat bacteriën doodt.

13.1.2

Je kunt de kenmerken van verschillende typen ziekteverwekkers beschrijven.

- Infectie: wanneer ziekteverwekkers (pathogenen) je lichaam binnendringen en zich daar vermenigvuldigen.
- Ziekteverwekkers: virussen, bacteriën, schimmels en dieren (bijvoorbeeld insecten en wormen).
- Antibiotica zijn medicijnen die bacteriën doden of hun groei remmen. Ze beschadigen de celwand van bacteriën of blokkeren de stofwisselingsprocessen van de bacterie.

- Antibiotica werken alleen tegen bacteriële infecties.
- Een belangrijk nadeel van antibiotica is dat bacteriën er resistent (ongevoelig) voor kunnen worden.
- Virussen zijn geen organismen.
 - Virussen bestaan uit een streng DNA (DNA-virus) of RNA (RNA-virus) met daaromheen een eiwitmantel.
 - Ze kunnen alleen overleven en zich voortplanten in een gastheer cel.
 - Virussen maken gebruik van de celorganellen in een gastheer cel.

13.2.1 BASISSTOF 2

Je kunt de vormen van aangeboren afweer beschrijven.

- De tweede verdedigingslinie: de aangeboren (niet-specifieke) afweer:
 - gericht tegen veel verschillende ziekteverwekkers (o.a. tegen bacteriën en lichaamsvreemde stoffen);
 - wordt bij infectie snel geactiveerd;
 - komt voor bij alle dieren.
- Fagocyten en mestcellen maken deel uit van de aangeboren afweer.
- Fagocytose: insluiting en vertering van ziekteverwekkers.
- Macrofagen maken binnendringende ziekteverwekkers binnen enkele minuten na binnenkomst onschadelijk door ze te fagocyteren en te verteren.
 - Macrofagen kunnen koorts veroorzaken.
 - Koorts: een verhoogde lichaamstemperatuur versnelt de afweerreacties van het lichaam.
 - Macrofagen spelen ook een belangrijke rol bij de activatie van de verworven afweer.
 - Granulocyten fagocyteren ook ziekteverwekkers die het lichaam zijn binnengedrongen.
 - De meeste granulocyten sterven hierdoor zelf ook, waardoor etter of pus (dode granulocyten met dode ziekteverwekkers) ontstaat.
 - Mestcellen zijn witte bloedcellen die zich vooral bevinden in de weefsels van de huid en slijmvliezen.

- 8 Rode bloedcellen zijn niet bolvormig, maar afgeplat en 'ingedeukt'.
- a Welk voordeel heeft deze vorm voor het functioneren van de rode bloedcellen?
 - b Iemand met bloedarmoede heeft een verminderde conditie en is snel moe. Leg uit hoe dit komt.
 - c Leg uit dat toediening van epo bij iemand met bloedarmoede niet zal helpen. Gebruik in je antwoord het begrip 'beperkende factor'.
- 9 Bij zoogdieren komen voortdurend kleine inwendige bloedingen voor. Door bloedstolling stoppen deze bloedingen. Muizen en ratten in huis kun je bestrijden met gif. Dit gif bevat anticoagulantia, antistollingsmiddelen. Welk effect heeft het eten van dit gif op muizen en ratten?
- 10 Een onderzoeker vult drie reageerbuizen met gelijke hoeveelheden vloeistof, afkomstig van dezelfde persoon. Buis 1 bevat bloed, buis 2 bloedplasma en buis 3 bloedserum. De buizen worden verhit totdat al het water is verdampt en er alleen droge stof overblijft.
- a Welke buis bevat de grootste hoeveelheid droge stof? Leg je antwoord uit.
 - b Welke buis bevat de kleinste hoeveelheid droge stof? Leg je antwoord uit.

 [Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)

- Mastcellen kunnen histamine afgeven. Histamine zorgt voor verwijding en een grotere doorlaatbaarheid van de bloedvaten.
- Hierdoor kunnen andere typen witte bloedcellen snel de plaats bereiken waar de histamine is afgegeven.
- De afgifte van histamine leidt tot zwelling, warmte en roodheid van de weefsels.

13.2.2

Je kunt de vormen van verworven afweer beschrijven.

- De derde verdedigingslinie: de verworven (specifieke) afweer:
 - gericht tegen één type ziekteverwekker;
 - komt langzaam op gang;
 - alleen bij gewervelde dieren.
- Specifieke afweerreacties worden opgewekt door antigenen.
 - Antigenen zijn grote moleculen, meestal eiwitten.
 - Antigenen bevinden zich meestal op celmembranen, maar ook gifstoffen en chemische stoffen kunnen antigenen zijn.
 - Herkennen van antigenen gebeurt door specifieke receptoreiwitten op de celmembranen van T- en B-cellen.
- Lymfocyten zorgen voor specifieke afweerreacties.
 - Lymfocyten ontstaan uit stamcellen in het rode beenmerg (BiNaS tabel 84I).
 - In het beenmerg ontwikkelen zich B-cellen; in de thymus T-cellen. Hierna komen de lymfocyten vooral terecht in de lymfeknopen en de milt.
- Lymfoïde organen: lymfeknopen, de milt, het beenmerg en de thymus.
- Macrofagen en andere fagocyten kunnen een antigeen op een receptor aan de buitenkant van hun celmembraan plaatsen. Ze worden dan antigeen-presenterende cellen (APC) genoemd.
 - Via de lymfe komen APC's in de lymfoïde organen terecht.
 - Op het moment dat de APC een T- of B-cel heeft gevonden met de juiste receptor voor het antigeen, wordt deze lymfocyt geactiveerd.
- Activatie van T-cellen:
 - Na antigeen-presentatie van een APC delen T-cellen zich veelvuldig. Er ontstaan T-helpercellen en cytotoxische T-cellen.
 - De T-helpercellen produceren stoffen waardoor de ontwikkeling van cytotoxische T-cellen wordt geactiveerd.
- Cytotoxische T-cellen vernietigen geïnficeerde lichaamscellen, kankercellen of getransplanteerde cellen.
- Cytotoxische T-cellen herkennen deze cellen aan het antigeen dat ze op een receptor in het celmembraan hebben geplaatst.
- Activatie van B-cellen:
 - B-cellen kunnen worden geactiveerd door stoffen uit T-helpercellen of door te binden aan een antigeen op een APC of een ziekteverwekker.
 - Geactiveerde B-cellen delen zich en ontwikkelen zich voor een deel tot plasmacellen.
 - Plasmacellen vormen antistoffen tegen antigenen.
 - De antistoffen komen in alle lichaamsvochten terecht en vernietigen daar de ziekteverwekkers.
 - Tegen een antigeen kunnen verschillende antistoffen worden gevormd.
- Antigeen-antistofcomplex:
 - Een antigeenmolecuul en een antistofmolecuul vormen een antigeen-antistofcomplex.
 - De ziekteverwekker wordt onschadelijk gemaakt, bijv. door aantasting van het celmembraan of door fagocytose.
- T-geheugencellen en B-geheugencellen:
 - Zijn langlevende cellen die zich hebben ontwikkeld uit geactiveerde T-cellen en B-cellen.
 - Bij een nieuwe infectie met een bekende ziekteverwekker herkennen ze de antigenen.
 - Ze kunnen zich snel ontwikkelen tot cytotoxische T-cellen, T-helpercellen en plasmacellen, waardoor er een snellere afweerreactie volgt.
- Allergenen zijn antigenen die voorkomen op onschadelijke stoffen en allergische reacties kunnen veroorzaken.
 - Allergenen zijn altijd eiwitten.
 - Een allergische reactie is een onnodige immuunreactie die kan optreden nadat je stoffen hebt aangeraakt, gegeten of ingeademd.
 - Geactiveerde B-cellen kunnen antistoffen maken tegen het allergeen.
 - Deze antistoffen hechten zich aan het celmembraan van mastcellen, waardoor gesensibiliseerde mastcellen ontstaan.
 - Bij een volgend contact met het allergeen bindt dit aan de antistoffen in het celmembraan van de mastcellen.
 - De mastcellen worden geactiveerd en geven onder andere histamine af. Deze stof veroorzaakt klachten als een loopneus, tranende ogen, jeuk, benauwdheid en diarree.

13.3.1 BASISSTOF 3

Je kunt beschrijven op welke manieren immuniteit kan ontstaan.

- Incubatietijd: de tijd tussen besmetting en de eerste ziekteverschijnselen.
 - Primaire reactie: de antistofvorming na de eerste besmetting met het antigeen van de ziekteverwekker.
 - Secundaire reactie: de antistofvorming na de tweede of volgende besmetting met hetzelfde antigeen. Het organisme is immuun en heeft meestal geen symptomen.
- Natuurlijke immuniteit: ontstaat doordat een organisme wordt geïnfecteerd door een ziekteverwekker.
- Kunstmatige immuniteit: ontstaat door immunisatie.
 - Actieve immuniteit: door vaccinatie, dus inenting met een vaccin (bevat afgezwakte of volledig geïnactiveerde ziekteverwekkers, antigenen van ziekteverwekkers of DNA of RNA van de ziekteverwekker). De persoon vormt zelf antistoffen en geheugencellen. De immuniteit is daardoor van langere duur.
 - Passieve immuniteit: door inspuiten van antiserum met antistoffen. De persoon vormt zelf geen antistoffen en geen geheugencellen. De immuniteit is tijdelijk, doordat de antistoffen worden afgebroken en er geen geheugencellen worden gevormd.

13.4.1 BASISSTOF 4

Je kunt beschrijven welke problemen door antigenen kunnen ontstaan bij transplantaties en bloedtransfusies.

- Transplantatie: aangetast weefsel of orgaan wordt vervangen.
 - Een acceptor ontvangt weefsel of orgaan van zichzelf of van een donor.
- MHC (*major histocompatibility complex*), bij mensen HLA (*human leukocyte antigen*):
 - Eiwitten op celmembranen voor de herkenning van lichaamseigen en lichaamsvreemde cellen. Het HLA-systeem is voor iedere persoon uniek.
- Afstotingsreactie:
 - Eiwitten op de membranen van donorcellen worden door het afweersysteem van de acceptor herkend als antigenen.
 - Vooral door cellulaire afweer: T-cellen van de acceptor herkennen lichaamsvreemde HLA-antigenen en vernietigen donorcellen.

- In sommige gevallen: antistofvorming door plasmacellen die leidt tot zeer snelle afstoting (acute afstoting).
 - Bij transplantaties worden donoren gezocht van wie het HLA-systeem zoveel mogelijk overeenkomt met dat van de acceptor (HLA-matching).
 - Afstotingsreacties worden onderdrukt met medicijnen die het gehele afweersysteem onderdrukken.
- Bloedgroepen van het AB0-systeem:

Bloedgroep	Antigeen op celmembranen van rode bloedcellen	Antistof in bloedplasma
A	A	anti-B
B	B	anti-A
AB	A en B	geen
0 (nul)	geen A en B	anti-A en anti-B

- Bloedtransfusies:
 - Bij voorkeur heeft de donor dezelfde bloedgroep als de acceptor.
 - Rode bloedcellen klonten samen als antistoffen van de acceptor reageert met antigenen van de donor. Rode bloedcellen gaan kapot, waardoor hemoglobine vrijkomt in het bloedplasma (hemolyse).
 - Bloedgroep 0 is de algemene donor.
 - Bloedgroep AB is de algemene acceptor.
 - Door alleen rode bloedcellen (zonder bloedplasma met antistoffen) toe te dienen komen ook andere bloedgroepen in aanmerking voor een bloedtransfusie.
- Resusfactor (resusantigeen):
 - Eiwit op de celmembranen van de rode bloedcellen; komt voor bij 85% van de mensen.
 - Resuspositief bloed bevat resusantigeen.
 - Resusnegatief bloed bevat geen resusantigeen en kan antiresus bevatten.
- Bloedtransfusies:
 - Bij voorkeur heeft de donor dezelfde resusfactor (en dezelfde bloedgroep) als de acceptor.
 - Transfusie van resusnegatief bloed naar een resuspositieve acceptor is mogelijk.

- Resusnegatieve moeder die zwanger is van een resuspositief kind:
 - Na de bevalling vormt de moeder antiresus.
 - Tijdens de volgende zwangerschap(pen) worden rode bloedcellen van een resuspositief kind afgebroken (resuskindje).
 - Door toediening van antiresus aan de moeder in week 30 en onmiddellijk na de geboorte wordt de vorming van antiresus door de moeder tegengegaan.
- Resuspositieve moeder die zwanger is van een resusnegatief kind:
 - Veroorzaakt geen problemen, doordat het kind tijdens de eerste maanden nog geen antistoffen kan maken.

SAMENHANG

- 13.S.1** Je kunt de invloed van nieuwe ziekten toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- 13.S.2** Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair, ecologisch en vorm-functiedenken toepassen op het ontstaan en de verspreiding van nieuwe ziekten.

ONDERZOEK - PRACTICA

- 13.O.1** Je kunt met behulp van reagentia de bloedgroep van een bloedmonster bepalen.

 [Ga naar de Flitskaarten en de Oefentoets.](#)

EXAMENOPGAVEN

PAS OP VOOR TEKENBETEN!

Bron: examen havo 2021-1, vraag 5 en 6.

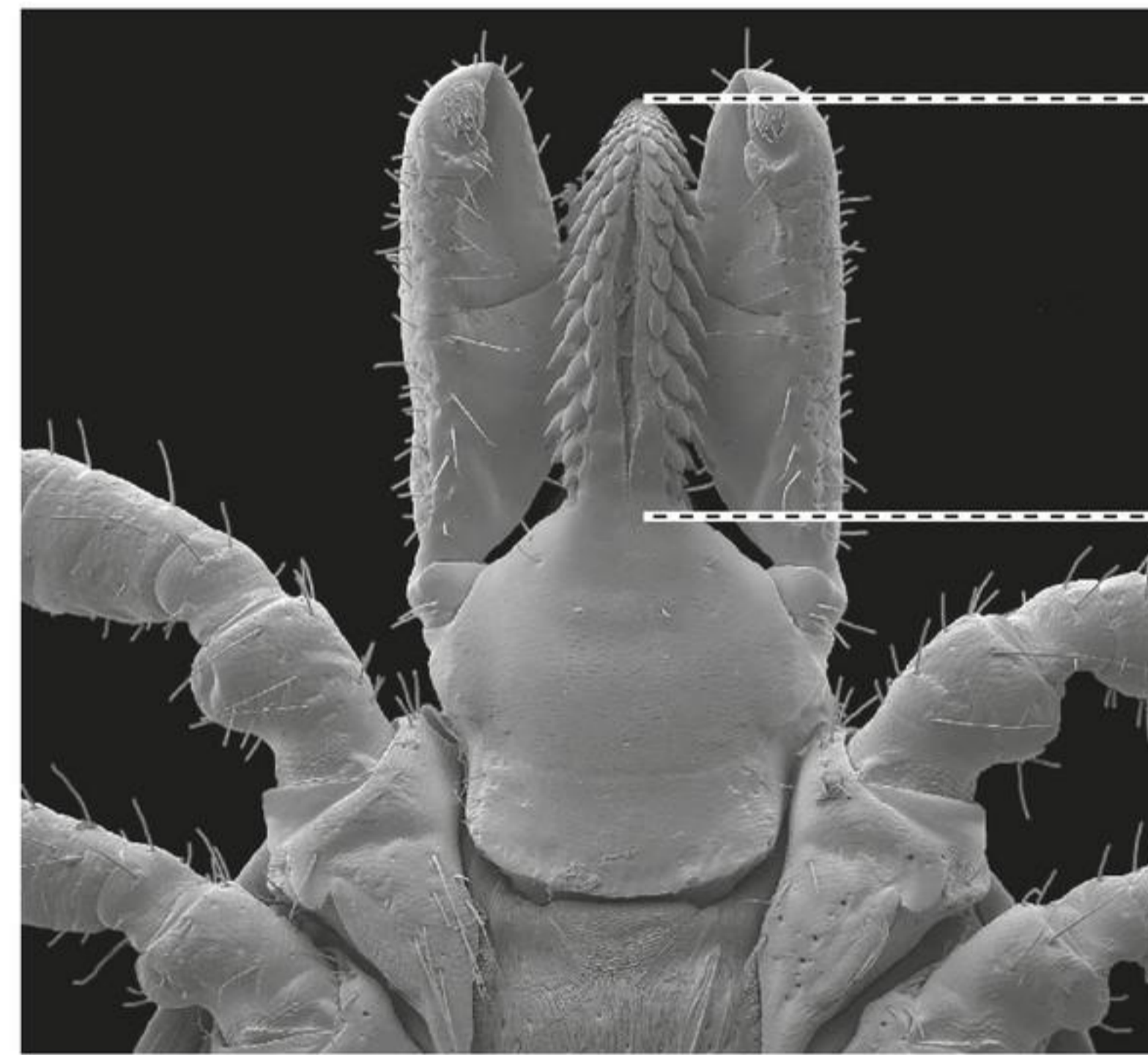
Tijdens een introductieactiviteit van de hbo-opleiding Bos- en natuurbeheer spelen Stijn en zijn medestudenten een kennismakingsspel in het bos. Aan het eind van de dag wordt tegen alle studenten gezegd dat ze zich goed moeten controleren op teken.

Teken (*Ixodes ricinus*, zie afbeelding 1.1) wachten in het gras of in laag struikgewas op voorbijkomende dieren of mensen die hun een bloedmaaltijd kunnen verschaffen. Ze hechten zich met hun zuignuit (zie afbeelding 1.2) aan hun slachtoffer en voeden zich vervolgens met bloed uit de bloedvaten van de huid.

■ Afb. 1 Teek.



1 *Ixodes ricinus*



2 zuignuit (vergroting 100x)

Zo'n 20% van de teken in Nederland is geïnfecteerd met de borrelia-bacterie (*Borrelia burgdorferi*) en kan deze bacterie overbrengen op mensen. De bacterie is de veroorzaker van de ziekte van Lyme. Mensen met deze ziekte hebben vaak last van vermoeidheid en gewrichtsproblemen.

Een docent van Stijn heeft de afgelopen jaren al tientallen tekenbeten gehad. Hij heeft onlangs zijn bloed laten onderzoeken. Hij blijkt nu niet besmet met de borrelia-bacterie, maar wel immuun te zijn voor deze bacterie.

Er worden stoffen in het bloed van de docent aangetoond die aangeven dat hij in het verleden een infectie met deze bacterie heeft gehad.

- 2p 1 Welk type stof wordt in het bloed van de docent aangetoond? En is zijn immuniteit actief of passief?

	Aangetoonde stof	Immuniteit
A	antigenen van de borrelia-bacterie	actief
B	antigenen van de borrelia-bacterie	passief
C	antistoffen tegen de borrelia-bacterie	actief
D	antistoffen tegen de borrelia-bacterie	passief

De docent moet alert blijven op tekenbeten. Door mutaties veranderen de eiwitten op het buitenoppervlak van de borrelia-bacterie. Hierdoor is er een kans dat de docent bij een volgende infectie toch ziek kan worden.

- 1p 2 Verklaar waardoor er bij een volgende infectie met een borrelia-bacterie niet direct een specifieke afweerreactie optreedt als de eiwitten op het buitenoppervlak van de borrelia-bacterie zijn veranderd.

VLEERMUIZEN BEDREIGD!

Bron: examen havo 2021-1, vraag 42 en 43.

In Noord-Amerika werden in 2006 opeens veel dode vleermuizen gevonden. Ze bleken besmet met een schimmel. Onderzoekers doen onderzoek om het uitsterven van vleermuissoorten te voorkomen.

De schimmel *Pseudogymnoascus destructans* tast het huidweefsel van de snuit, oren en vleugels van vleermuizen aan. Doordat de neus wit kleurt (zie afbeelding 2), wordt de ziekte witteneuzensyndroom (WNS) genoemd. Vleermuizen zijn voor hun voedsel afhankelijk van vliegende insecten. 's Winters overbruggen vleermuizen deze voedselloze periode door in winterslaap te gaan: ze verlagen hun stofwisselingsniveau, waardoor hun lichaamstemperatuur daalt. Gedurende de winterslaap worden ze enkele keren actief, waarbij hun lichaamstemperatuur kortdurend stijgt. Wanneer de lichaamstemperatuur van de vleermuizen laag is, slaat *P. destructans* toe.

Canadese onderzoekers vermoeden dat vleermuizen vaker ontwaken als gevolg van een infectie met *P. destructans*. Hiermee zou deze schimmel ook verantwoordelijk zijn voor de massale sterfte. Door de lage lichaamstemperatuur is het immuunsysteem van de vleermuizen tijdens de winterslaap minder actief. Onderzoekers hebben aangetoond dat door de infectie met de schimmel het immuunsysteem wordt geactiveerd. Het bleek dat er dan wel sprake was van specifieke afweer, maar niet van specifieke afweer.

■ **Afb. 2** Vleermuis met witte neus.



2p **3** Drie processen bij afweerreacties zijn:

- 1 deling van B-cellen
- 2 fagocytose door macrofagen
- 3 productie van antistoffen

Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of het betreffende proces wel of niet werd geactiveerd tijdens de winterslaap van geïnfecteerde vleermuizen.

Om het uitsterven van vleermuissoorten te voorkomen, zoeken onderzoekers en natuurbeschermers naar een oplossing. Een optie is het tijdelijk inrichten van warmere zones in de grotten waar de vleermuizen overwinteren. Hierdoor zouden besmette vleermuizen immuniteit kunnen opbouwen tegen de schimmel en zou de sterfte kunnen worden voorkómen.

1p **4** Beargumenteer dat de nakomelingen van deze vleermuizen geen profijt hebben van de immuniteit van hun ouders.

BOERDERIJSTOF BESCHERMT TEGEN ASTMA

Bron: examen havo 2021-2, vraag 40.

Wetenschappers onderzoeken hoe het komt dat kinderen die opgroeien op een boerderij, minder kans hebben op astma dan andere kinderen.

Astma is een ongeneeslijke chronische ontsteking van de luchtwegen die meestal wordt veroorzaakt door een allergische reactie op onschuldige stoffen in de luchtwegen. Hierbij neemt de slijmproductie in de luchtwegen toe en tijdens een acute astma-aanval trekken spiertjes rond de luchtwegen zich samen.

Astma komt minder vaak voor bij kinderen die op melkveebedrijven opgroeien dan bij andere kinderen. Dit leidde tot de hypothese dat endotoxinen (bepaalde bestanddelen van bacteriën) in boerderijlucht het afweersysteem van de kinderen onderdrukken. Om deze hypothese te toetsen kregen muizen een voorbehandeling met endotoxinen. Tien dagen daarna werden ze voor een eerste keer blootgesteld aan huisstof (sensibilisering). Een week later werd een allergische reactie uitgelokt met een tweede blootstelling aan huisstof. Naast deze experimentegroep (groep 1) waren er drie controlegroepen (groep 2, 3 en 4). Tabel 1 toont de behandeling van de vier groepen.

Tabel 1

Groep	Voorbehandeling	Eerste blootstelling	Tweede blootstelling
1	endotoxinen	huisstof	huisstof
2	endotoxinen	zoutoplossing	huisstof
3	zoutoplossing	huisstof	huisstof
4	zoutoplossing	zoutoplossing	huisstof

- 2p **5** Na de eerste blootstelling werd een week gewacht voor de tweede blootstelling. Wat was de reden dat een week werd gewacht?
- A Bij een aspecifieke afweerreactie duurt het enkele dagen voordat de antistoffen zijn gevormd.
 - B Bij een aspecifieke afweerreactie duurt het na productie van antistoffen enkele dagen voordat deze de luchtwegen bereiken.
 - C Bij een specifieke afweerreactie duurt het enkele dagen voordat de antistoffen zijn gevormd.
 - D Bij een specifieke afweerreactie duurt het na productie van antistoffen enkele dagen voordat deze de luchtwegen bereiken.

VOEDSEL-ALLERGIEËN

Bron: examen havo 2021-3, vraag 5.

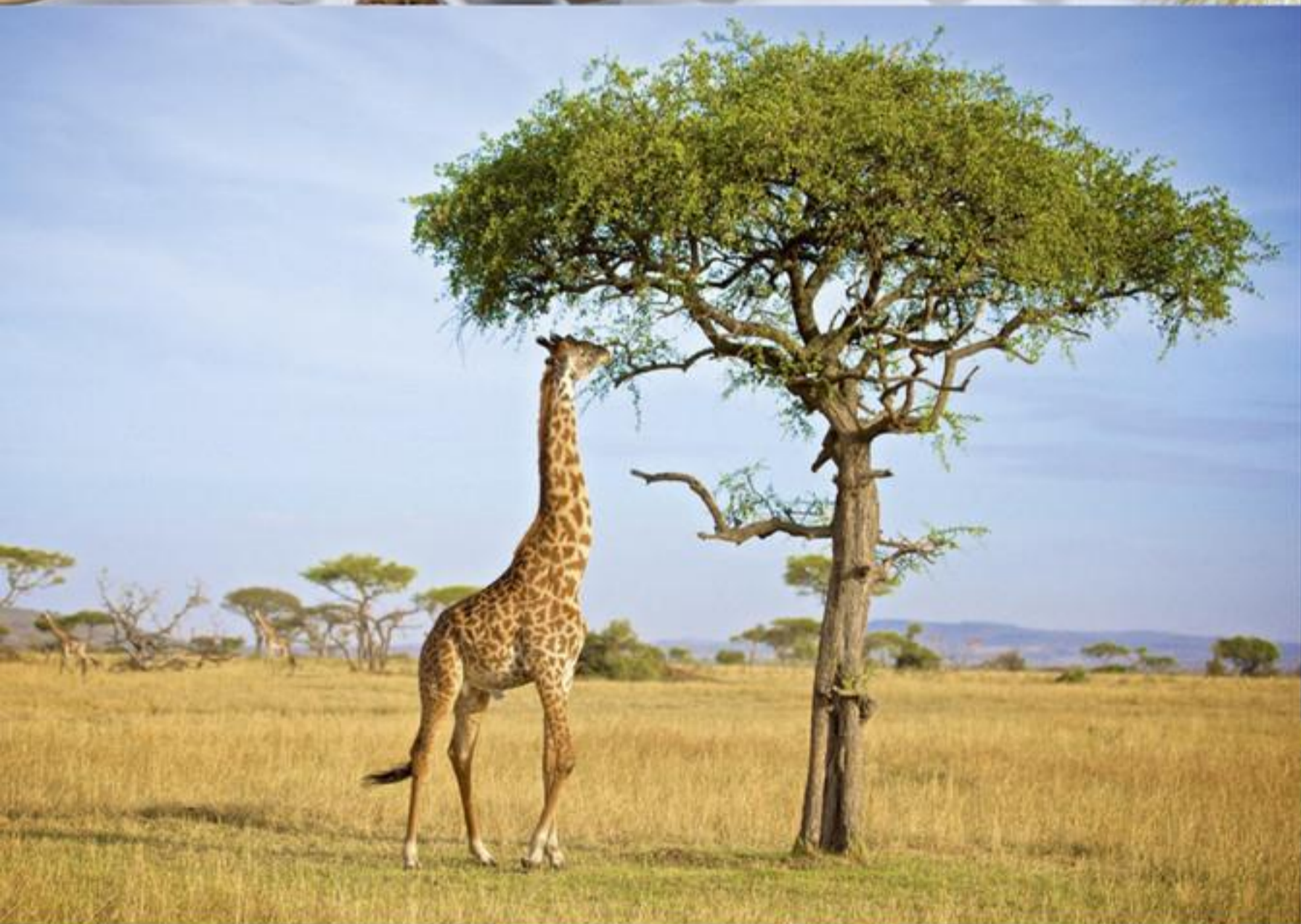
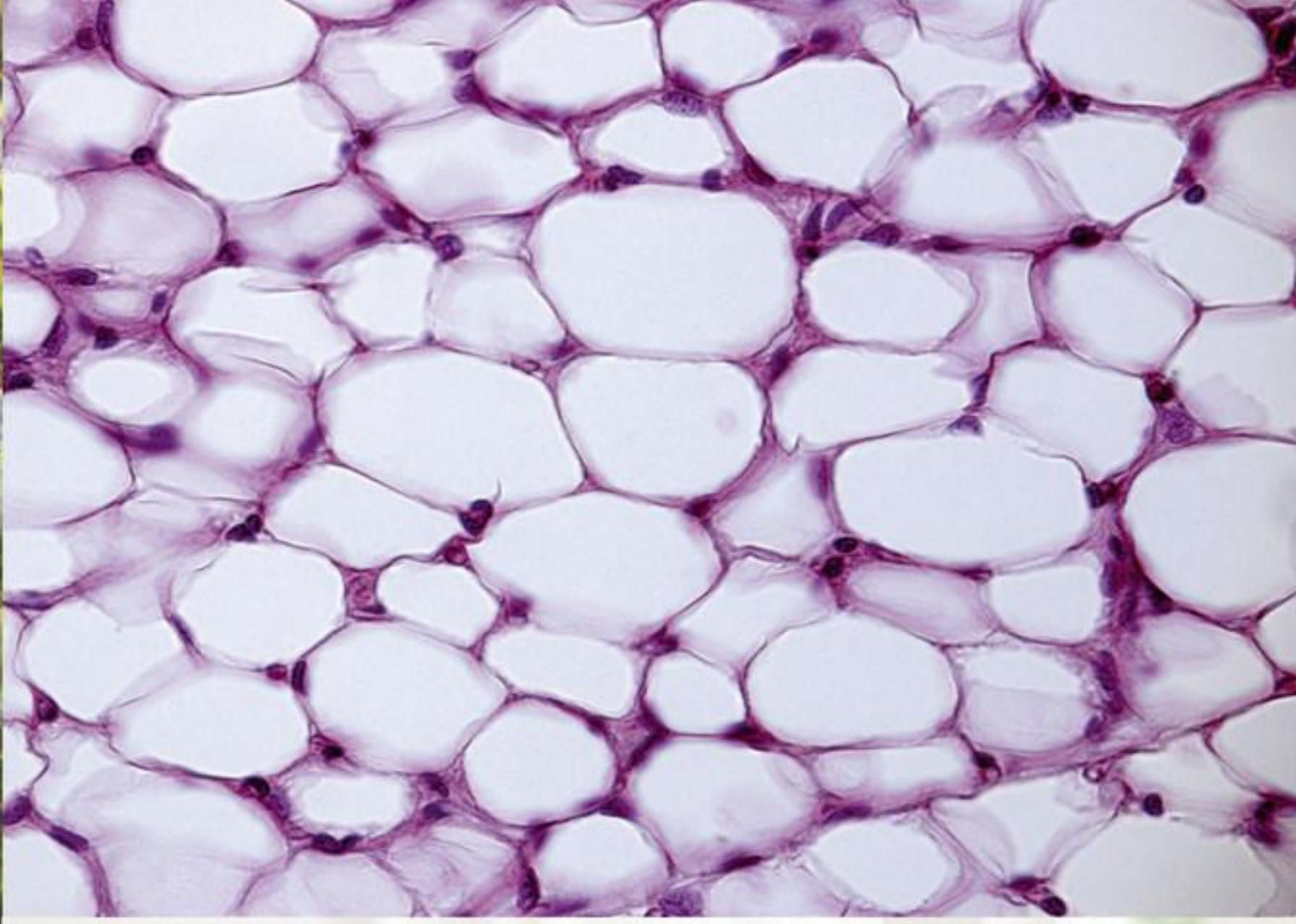
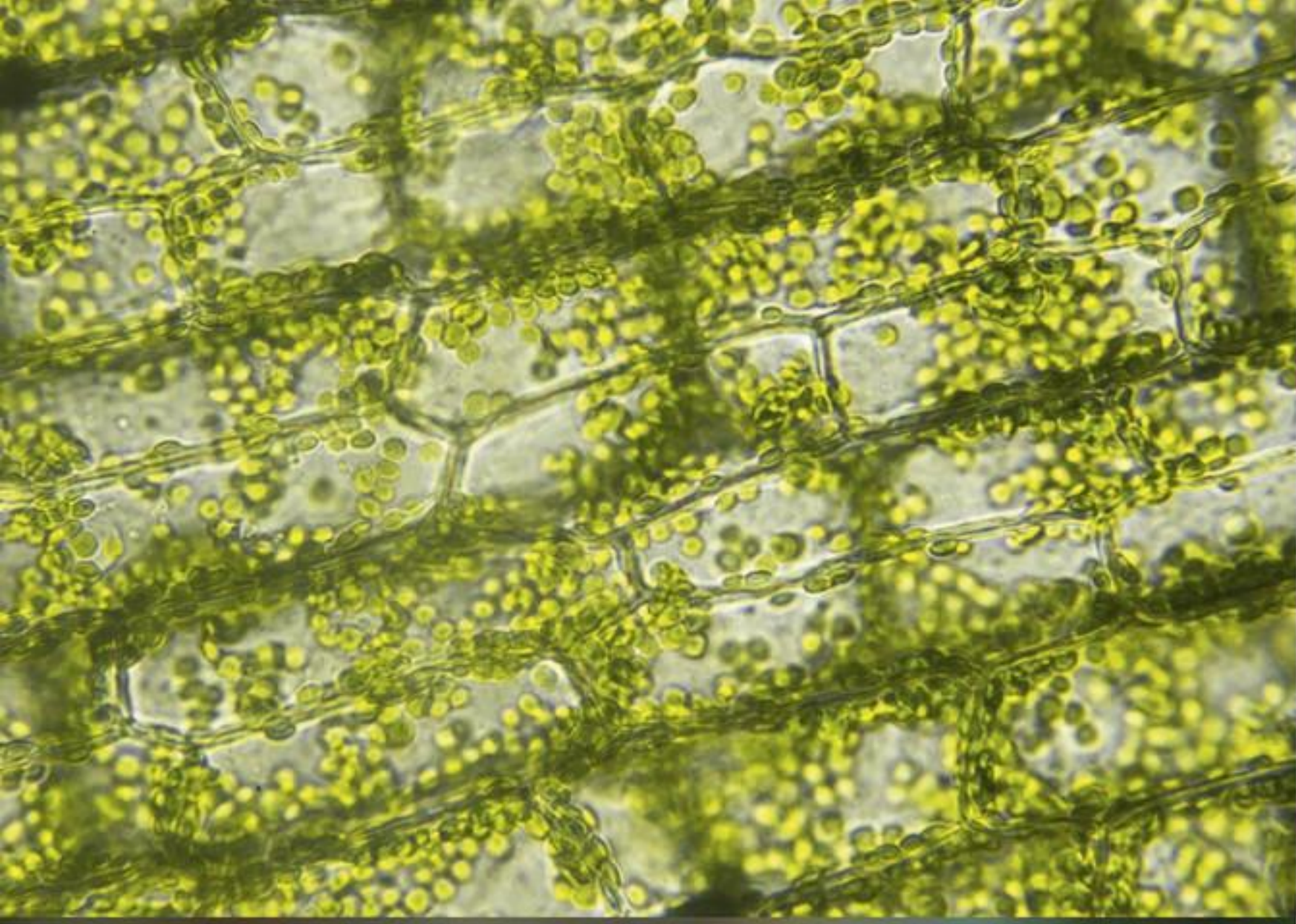
Eén hapje van een appel kan bij Marianne al leiden tot jeuk in de mond, lichte zwellingen of zelfs blaren. Zij at dus nooit meer appels. Sinds enige tijd kan Marianne bepaalde appels wel eten.

Soms herkent het immuunsysteem bepaalde stoffen uit de voeding als lichaamsvreemd en gaat daar antistoffen tegen maken. Dit wordt een primaire voedsel-allergie genoemd. Marianne heeft last van appel-allergie. Pollenkorrels van de berk zijn de oorzaak van het ontwikkelen van haar appel-allergie, omdat die pollenkorrels stoffen bevatten die erg lijken op die uit de appel. En omdat Marianne al een allergie tegen berkenpollen (een vorm van hooikoorts) had ontwikkeld, reageert zij ook allergisch op bepaalde appelrassen. Dit wordt een secundaire voedsel-allergie genoemd.

Het immuunsysteem van Marianne is geactiveerd door stoffen uit de berkenpollen. Twee uitspraken over deze activering van het immuunsysteem zijn:

- 1 Er is een toename van witte bloedcellen die specifiek op berkenpollen reageren.
 - 2 Er is een toename van de productie van antigenen die aan stoffen uit de berkenpollen binden.
- 2p **6** Welke uitspraak is of welke uitspraken zijn juist?
- A geen van beide
 - B alleen 1
 - C alleen 2
 - D beide

 [Ga naar de Examentrainer.](#)



BLOED IN VELE KLEUREN

Bloed en de kleur rood zijn voor de meeste mensen onlosmakelijk met elkaar verbonden. Maar in de dierenwereld komen ook veel andere kleuren bloed voor.

Ons bloed is rood dankzij hemoglobine. IJzer zorgt in hemoglobine voor een rode kleur. Het bloed van het hagedissengeslacht skink heeft een groene kleur. Dit komt doordat in hun bloed galkleurstof aanwezig is. De ruim dertig soorten krokodilijsvissen van de familie *Channichthyidae* hebben kleurloos bloed. Hun bloed bevat geen hemoglobine. Om hiervoor te compenseren hebben zij een groter hart, meer bloed en een dicht bloedvatennetwerk.

Het bloed van degenkrabben en inktvissen is blauw. In plaats van hemoglobine bezit hun bloed het zuurstofbindende eiwit hemocyanine. Hemocyanine bevat koper in plaats van ijzer, dat een helderblauwe kleur veroorzaakt. Het blauwe bloed van de degenkrab levert veel geld op, één liter maar liefst 1500 dollar. Met het bloed van de degenkrab kun je medische apparatuur en medicatie controleren op besmetting met bacteriën. Het bloed bevat namelijk een stof die

geleiachtige klonten vormt als het in aanraking komt met bacteriën of met hun gifstoffen.

Jaarlijks wordt bij bijna een half miljoen degenkrabben bloed afgetapt voor medisch onderzoek. Ongeveer 15% van de degenkrabben overlijdt bij de bloedafname; de rest wordt na hun bloeddonaatie weer vrijgelaten in de natuur.

■ Afb. 9 Bloedafname bij degenkrabben.



Opdrachten

- 11 Verschillende stoffen geven kleur aan bloed.
 - a Welke drie stoffen veroorzaken de rode, blauwe en groene bloedkleur?
 - b Wat is de functie van de blauwe stof in het bloed van de degenkrab?
 - c Krokodilijsvissen hebben transparant bloed, omdat hun bloed geen hemoglobine of hemocyanine bevat. Hun bloed bezit ook geen ander eiwit dat de functie van hemoglobine of hemocyanine overneemt. Wat kan een krokodilijvis door afwezigheid van eiwitten zoals hemoglobine minder goed? Leg je antwoord uit.
 - d De krokodilijvis heeft aanpassingen zoals een relatief groot hart, meer bloed en een dicht bloedvatennetwerk. In welke situatie zijn deze aanpassingen vooral van belang?
 - e Met behulp van degenkrabbloed worden vaccins getest op aanwezigheid van bacteriën. Waarom is dit belangrijk?

Thema 14

SAMENHANG IN DE BIOLOGIE

Afgelopen jaren heb je de onderwerpen uit de biologie bestudeerd vanuit de organisatieniveaus molecuul, cel, orgaan, organisme, populatie, ecosysteem en systeem aarde. Deze biologische eenheden hebben verschillende eigenschappen met elkaar gemeen. Bijvoorbeeld stofwisseling, waardoor in een biologische eenheid zoveel mogelijk een dynamisch evenwicht wordt gehandhaafd. En op het gebied van organisatie vormen cellen bijvoorbeeld een weefsel en vormen organismen van dezelfde soort een populatie in een bepaald gebied. Ook reageren alle biologische eenheden op interne en externe veranderingen. Zo kunnen cellen in organismen via signaalstoffen met elkaar communiceren en kan een organisme zijn gedrag aanpassen wanneer omstandigheden veranderen. De drijvende kracht achter alle biologische processen is energie. Energie wordt daarom in dit thema gebruikt om de samenhang tussen biologische eenheden en processen nog beter te leren begrijpen.

Inhoud

1	Energie, de basis van leven	181	4	De energiestroom in een ecosysteem	190
2	Energie uit voedsel	183	5	Mensen beïnvloeden de	
3	De evolutie van energieopslag bij mensen	187		energiebalans van de aarde	193

■ Afb. 1 Schema met de organisatieniveaus van de biologie.

Organisatie-niveau	Zelfregulatie Hoe houdt een biologisch systeem zichzelf in stand?	Zelforganisatie Hoe groeit een biologisch systeem en hoe ontwikkelt het zich in de loop van de tijd?	Interactie Hoe wordt een biologisch systeem beïnvloed door biotische en abiotische factoren?	Reproductie Hoe planten biologische eenheden zich voort?	Evolutie Hoe leiden processen in systemen tot aanpassing?
Molecuul	Eiwitsynthese _____	Genexpressie _____	Genregulatie Interactie met (a)biotische factoren _____	DNA-replicatie _____	Mutatie Recombinatie Variatie _____
Cel	Homeostase Transport Assimilatie Dissimilatie _____	Celdifferentiatie _____		Celcyclus Erfelijke eigenschap _____	
Orgaan	Orgaan Fotosynthese Ademhaling Vertering Uitscheiding Transport _____				
Organisme	Homeostase Hormonale regulatie Neurale regulatie Waarneming Afweer Beweging _____	Levenscyclus _____	Gedrag Interactie met (a)biotische factoren _____	Voortplanting _____	
Populatie					Variatie Selectie Soortvorming _____
Ecosysteem	Energiestroom Kringloop Dynamiek Evenwicht _____	Dynamiek Evenwicht _____	Voedselrelatie Interactie met (a)biotische factoren _____		
Systeem aarde	Kringloop _____				Biodiversiteit _____

1 ENERGIE, DE BASIS VAN LEVEN

Cellen van levende organismen verbruiken constant energie. Bijvoorbeeld voor de opbouw van moleculen, voor het transport van moleculen door het celmembraan of voor celdeling. Omdat energie niet kan worden gerecycled, hebben levende cellen een continue input van energie nodig.

In dit thema staan afbeeldingen die je vaak ook al in andere thema's bent tegengekomen. De afbeeldingen gaan over (delen van) organismen of processen in de biologie op verschillende organisatieniveaus.

Geef van alle afbeeldingen die je in dit thema tegenkomt aan over welk organisatieniveau ze gaan. Gebruik daarvoor ook de informatie in de tekst. Hierin lees je over welke processen elke afbeelding gaat. Noteer het nummer van de afbeelding op de juiste plaats in het schema van afbeelding 1. Aan het eind van het thema kun je in afbeelding 17 controleren of je het goed hebt gedaan.

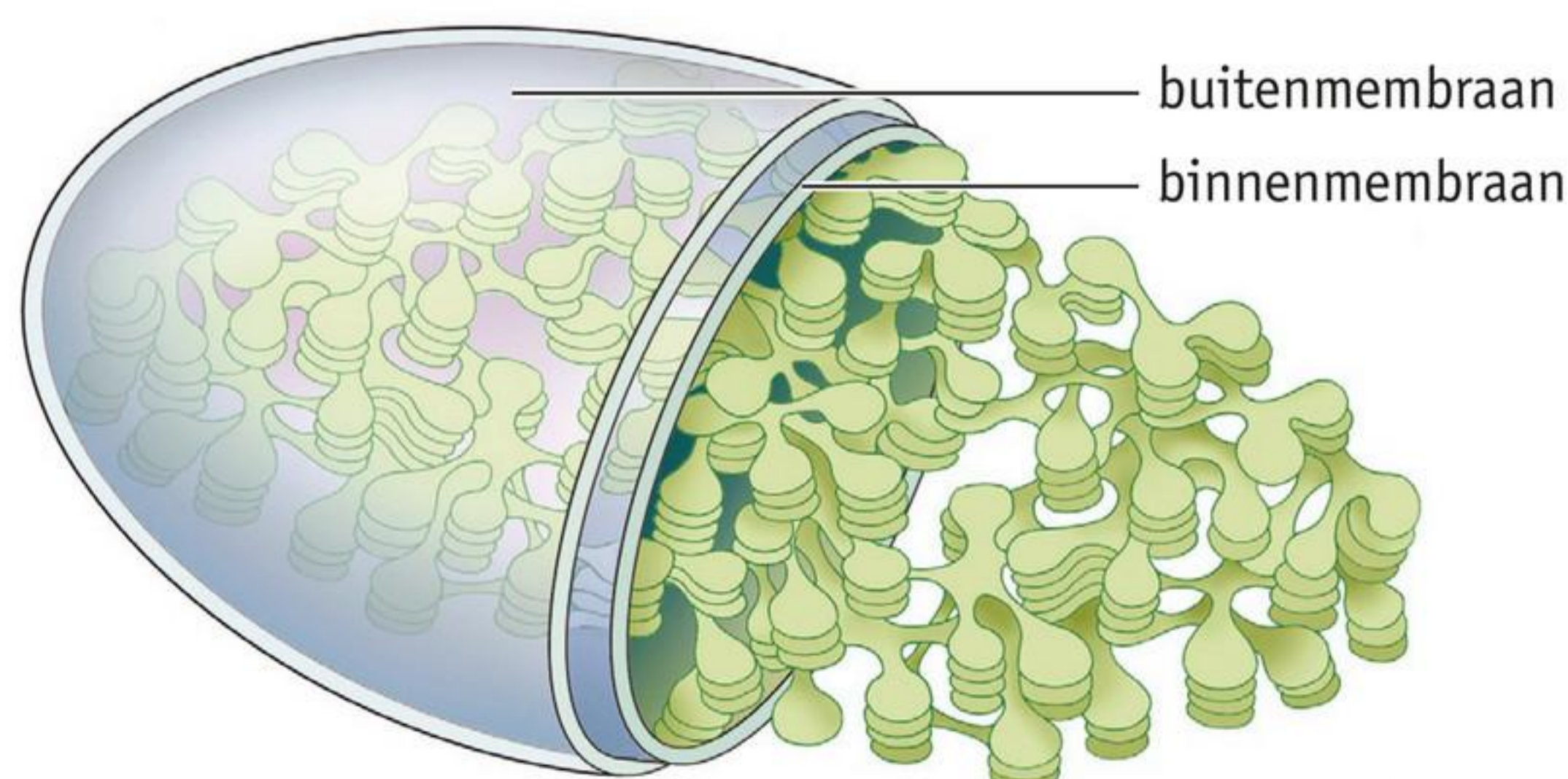
FOTOSYNTHESE

De bron van bijna alle energie op aarde is de zon. Een maisplant die wordt beschenen door de zon (zie afbeelding 2) kan de lichtenergie van de zon vastleggen door fotosynthese. Cellen in de bladeren en stengel van een maisplant bevatten bladgroenkorrels (zie afbeelding 3). Het pigment bladgroen in de bladgroenkorrels absorbeert het zonlicht en gebruikt de lichtenergie om uit koolstofdioxide en water glucose te vormen (koolstofassimilatie). De lichtenergie wordt omgezet en als chemische energie vastgelegd in de bindingen tussen de atomen van glucose.

■ Afb. 2 Maisplanten.



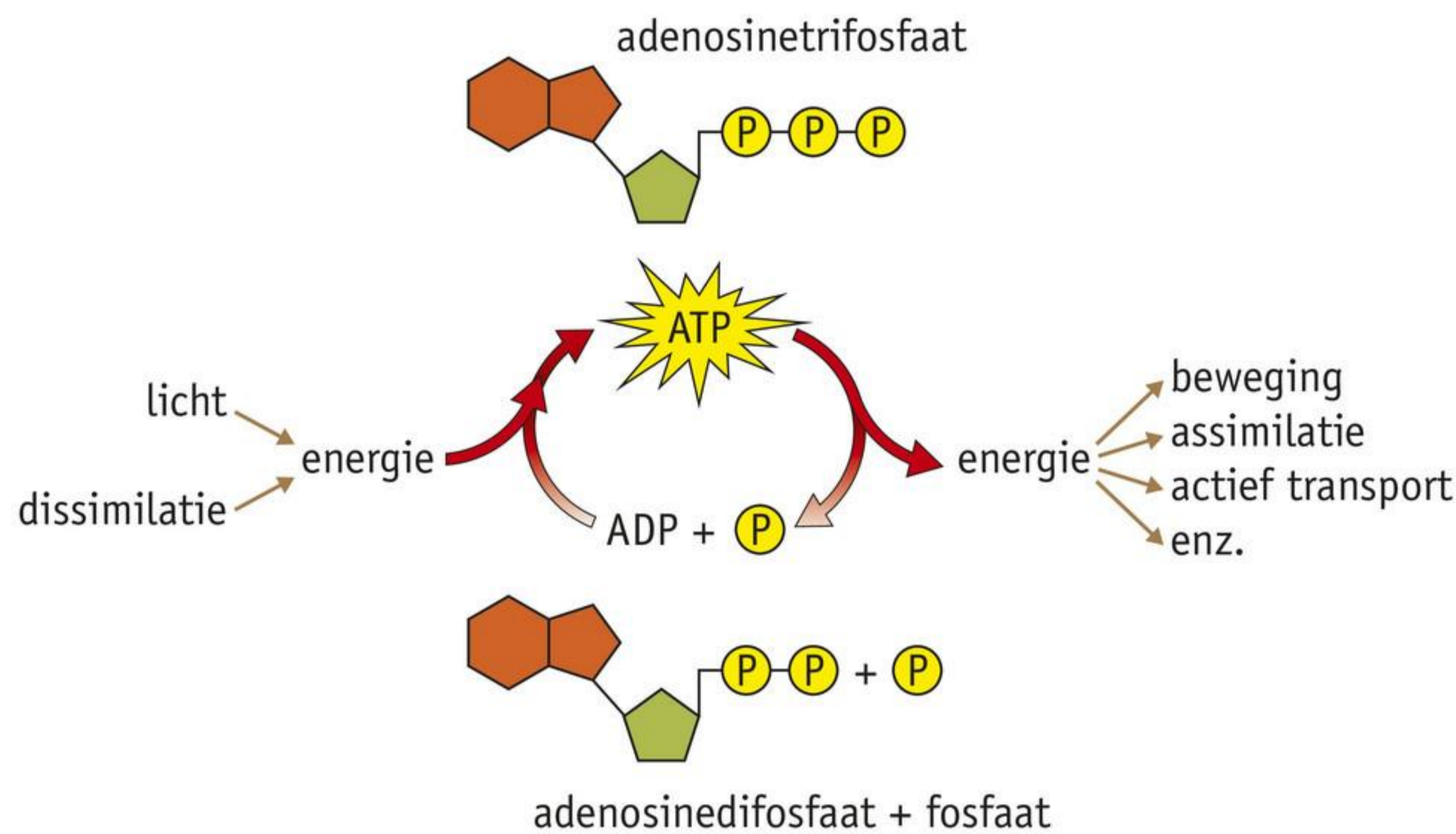
■ Afb. 3 Schematische tekening van een bladgroenkorrel.



DISSIMILATIE

De cellen van de maisplant gebruiken een deel van de gevormde glucose als brandstof. Bij de aerobe dissimilatie of verbranding wordt in de cellen glucose met zuurstof afgebroken tot koolstofdioxide en water. De aerobe dissimilatie vindt grotendeels plaats in de mitochondriën en levert een cel veel chemische energie in de vorm van ATP (adenosinetrifosfaat, zie afbeelding 4). ATP-moleculen kunnen vanuit een mitochondrium naar het cytoplasma gaan en daar de energie leveren die nodig is voor processen in de cel. Hiervoor wordt de derde fosfaatgroep van ATP afgesplitst. Er komt dan energie vrij en er ontstaat ADP (adenosinedifosfaat, zie afbeelding 4).

■ **Afb. 4** Energietransport met behulp van ATP.



VOORTGEZETTE ASSIMILATIE

Maisplanten gebruiken glucose ook als grondstof voor de voortgezette assimilatie. Uit glucosemoleculen worden dan de bouwstenen van andere organische moleculen zoals koolhydraten, vetten en eiwitten gevormd. De energie die daarvoor nodig is, wordt geleverd door ATP.

De bouwstenen van koolhydraten zijn monosachariden. Door die met elkaar te verbinden kunnen maisplanten disachariden (zoals sacharose) en polysachariden (zoals zetmeel en cellulose) vormen. De bouwstenen van vetten zijn glycerol en vetzuren. Door vetzuurketens aan een glycerolmolecuul te binden ontstaan vetten. Amino-zuren zijn de bouwstenen van eiwitten en worden in een maisplant gevormd uit glucose en uit nitraat (NO_3^-) dat met de wortels uit de bodem is opgenomen. Eiwitten bestaan uit aan elkaar gekoppelde amino-zuren. De energie uit ATP wordt vastgelegd in de bindingen tussen de bouwstenen van koolhydraten, eiwitten en vetten. Organische moleculen zijn daardoor energierijke moleculen.

Veel organische moleculen worden gebruikt voor de groei en ontwikkeling van de maisplant. Een deel wordt opgeslagen als reservestoffen. In een maisplant worden koolhydraten, vetten en eiwitten vooral als reservestoffen opgeslagen in de maiskorrels (zie afbeelding 5). Maiskorrels zijn de zaden van een maisplant. Een maiskiemplantje is voor zijn ontkieming en eerste groei afhankelijk van de reservestoffen in een maiskorrel die de energie en bouwstoffen leveren.

■ **Afb. 5** Maiskorrels in een maiskolf.



2 ENERGIE UIT VOEDSEL

Energie stelt organismen in staat om te groeien en zich te ontwikkelen, zich voort te planten, te bewegen, te reageren op interne en externe prikkels en alle andere activiteiten uit te voeren die nodig zijn om te overleven.

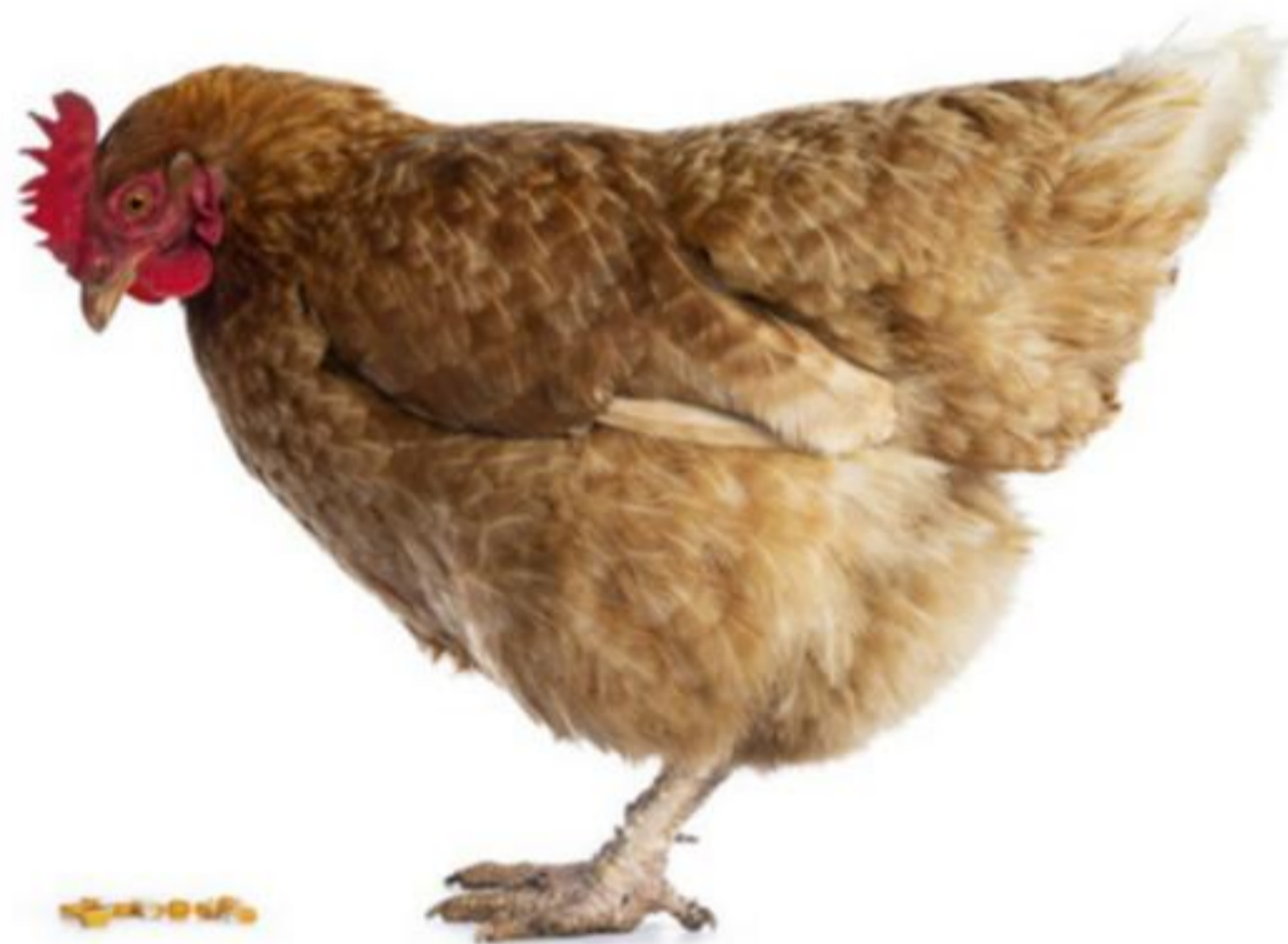
AUTOTROOF EN HETEROTROOF

Maisplanten kunnen met behulp van lichtenergie organische stoffen maken uit koolstofdioxide, water en andere anorganische stoffen. Zij hebben geen andere organismen als voedsel nodig en zijn autotroof. De meeste soorten bacteriën, schimmels en dieren zijn heterotroof. Ze kunnen niet zelf hun organische stoffen maken en hebben hun hele leven andere organismen als voedsel nodig om aan deze stoffen te komen.

VERTERING

Zonder voedsel komt er geen energie beschikbaar voor een heterotroof organisme om te kunnen (over)leven. Kippen zijn heterotrofe organismen die onder andere maiskorrels eten (zie afbeelding 6).

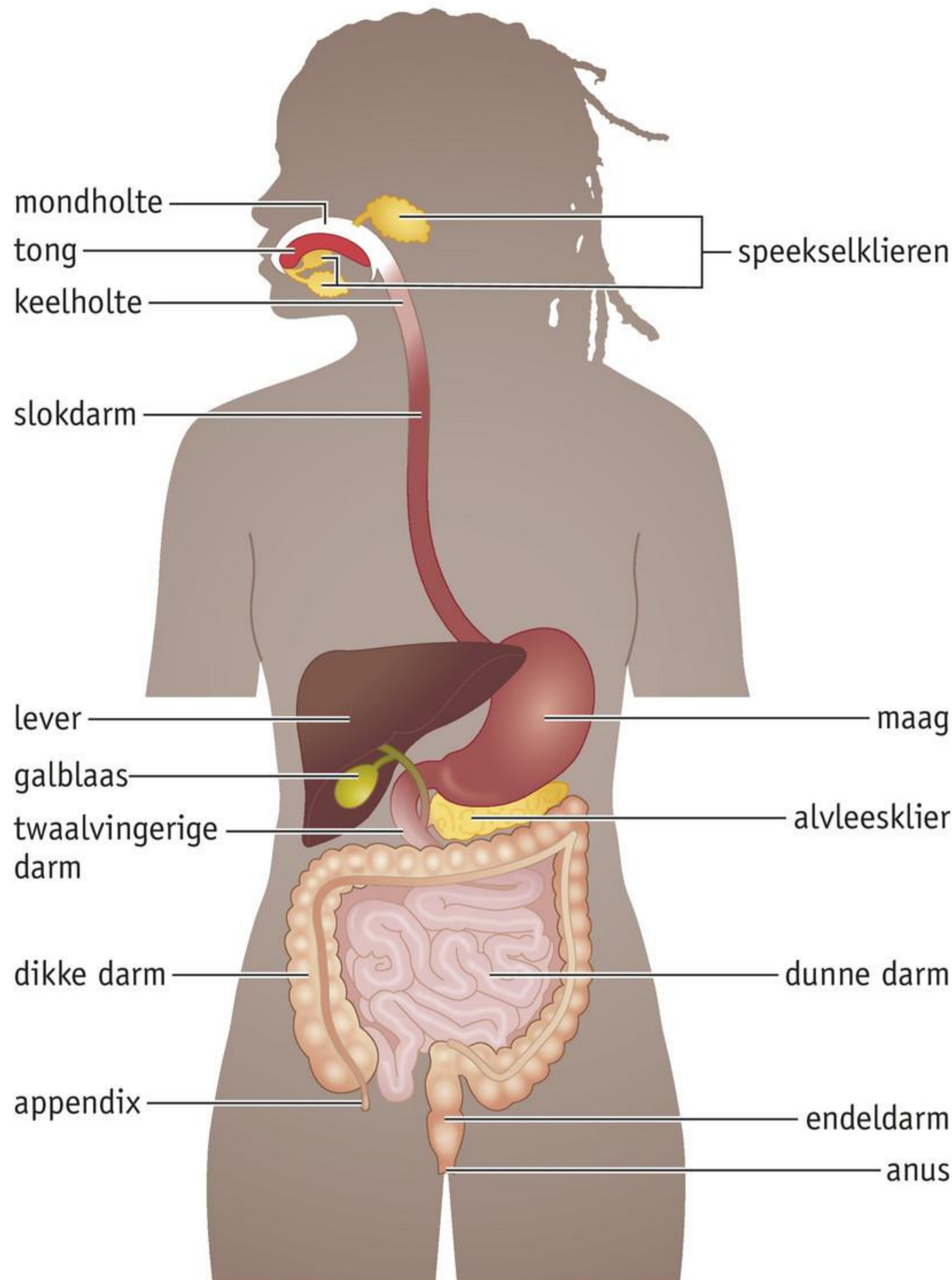
■ Afb. 6 Een kip.



Mensen zijn ook heterotrofe organismen die zowel mais als kip kunnen eten. Via hun voedsel krijgen kippen en mensen organische en anorganische stoffen binnen. Voedsel levert ook chemische energie. Meercellige heterotrofe organismen verbruiken ook energie om voedsel te kunnen bemachtigen (jagen, vangen, plukken, grazen, zoeken, kopen), te bereiden, te kauwen, te verteren en op te nemen. In het verteringsstelsel is bijvoorbeeld energie nodig voor de peristaltische bewegingen van de darmwand, de productie van verteringssappen en voor actief transport.

Voedsel komt bij kippen via de snavel en bij mensen via de mond het verteringsstelsel (zie afbeelding 7) binnen. Bij mensen wordt het voedsel door de kiezen in kleine stukjes verdeeld, zodat je het gemakkelijker kunt inslikken. Hierdoor wordt ook de totale oppervlakte van het voedsel groter, waardoor de enzymen uit de verteringssappen (speeksel, maagsap, alvleessap, darmsap) er beter op kunnen inwerken.

■ **Afb. 7** Het verteringsstelsel van een mens.

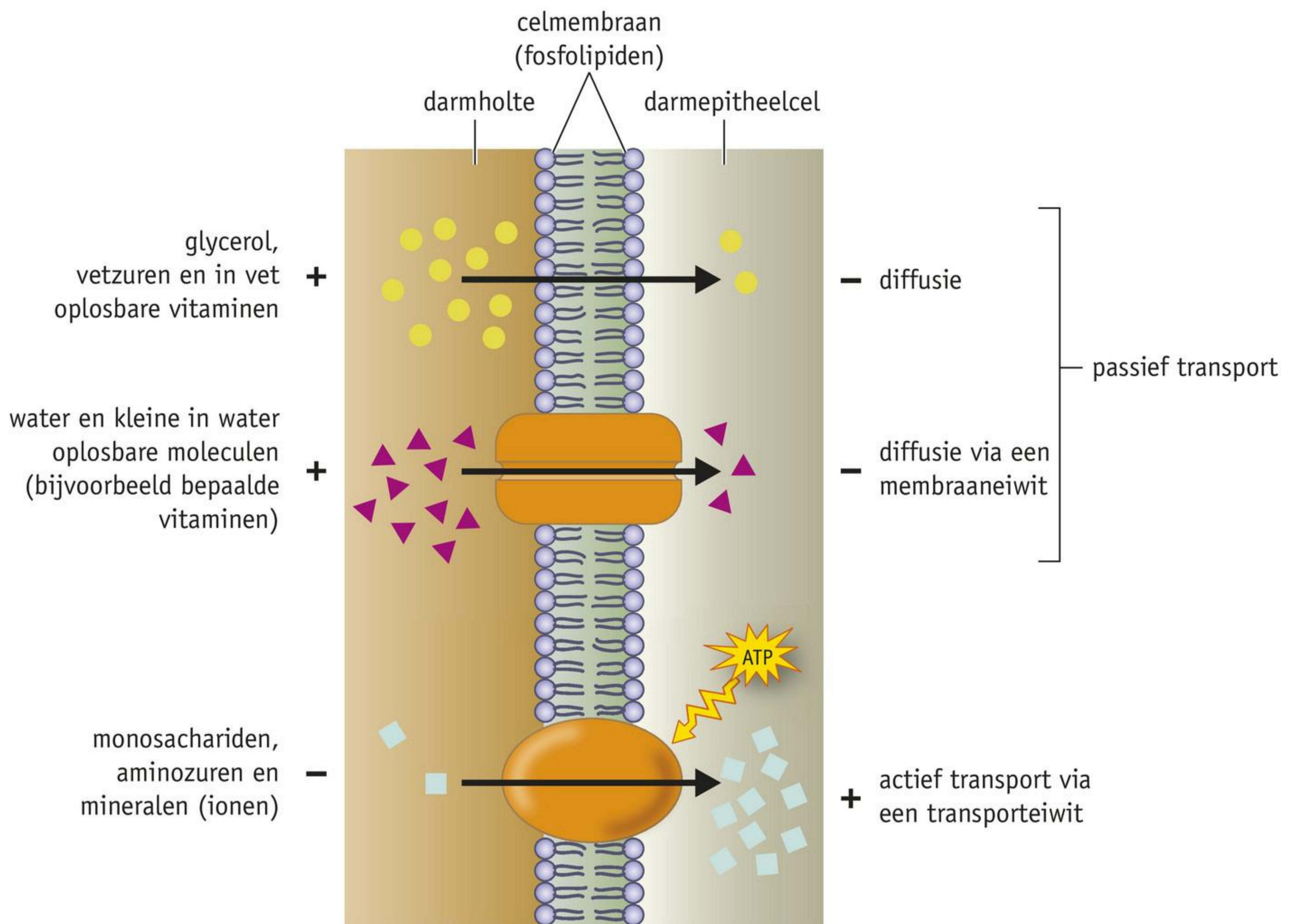


In het darmkanaal kunnen monosachariden, water, vitaminen en mineralen direct uit het voedsel worden opgenomen in het bloed. Grote energierijke organische moleculen van koolhydraten, vetten en eiwitten worden eerst verteerd met behulp van enzymen. De monosachariden, glycerol en vetzuren, en aminozuren die hierbij ontstaan worden vanuit het darmkanaal opgenomen in het bloed en de lymfe.

De dunne darm heeft door de sterke plooiing een grote oppervlakte. Hierdoor is de resorptie van voedingsstoffen groot. Resorptie vindt plaats door diffusie en door actief transport (zie afbeelding 8). Bij actief transport worden van sommige stoffen veel moleculen opgenomen en van andere weinig. De onverteerde voedselbrij die overblijft wordt tijdelijk opgeslagen in de endeldarm en verlaat uiteindelijk samen met veel darmbacteriën het verteringsstelsel via de anus. De organische stoffen in deze resten worden door bacteriën en schimmels (reducenten) gebruikt als voedsel en afgebroken tot anorganische stoffen.

De opgenomen voedingsstoffen kun je gebruiken als brandstof (vooral glucose) of als bouwstof voor de voortgezette assimilatie. De plantaardige organische stoffen uit de maiskorrels worden dan omgezet in dierlijke organische stoffen. Een kip en een mens kunnen hierdoor groeien en zich ontwikkelen. Bij de verbranding komt energie vrij die wordt gebruikt voor stofwisselingsprocessen, waarneming, beweging en voortplanting. Ook ontstaat er warmte. Die wordt voor een deel gebruikt om het lichaam op de juiste temperatuur te houden. Overtollige warmte wordt afgevoerd.

■ **Afb. 8** De opname van voedingsstoffen in het darmepitheel.

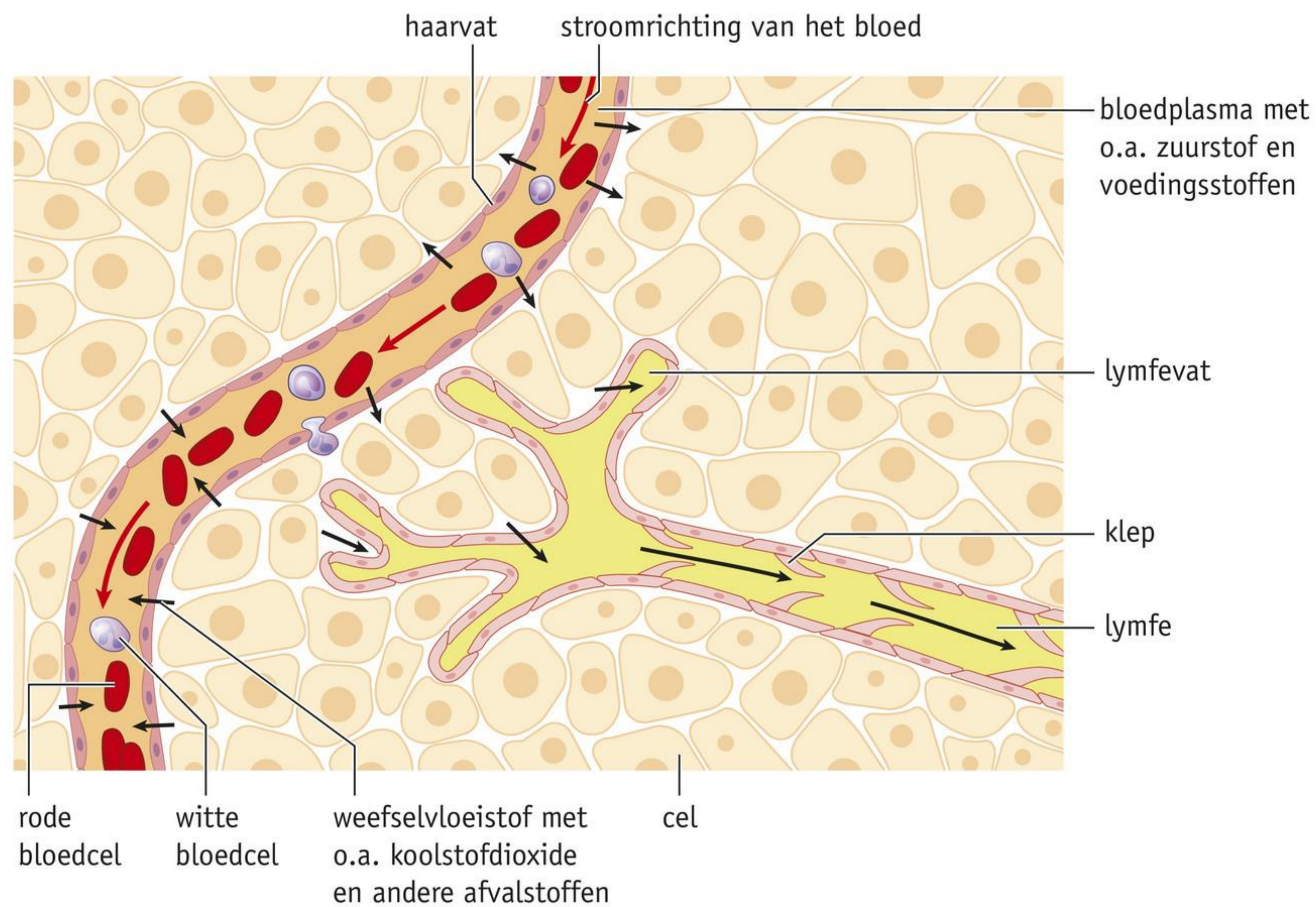


ENERGIE EN STOFWISSELINGSPROCESSEN

Om aerobe verbranding in de cellen mogelijk te maken moeten cellen van glucose en zuurstof worden voorzien. Verteringsproducten (onder andere glucose) die de darmwand zijn gepasseerd komen in het bloed terecht. Zuurstof is vanuit ingeademde lucht in de longen opgenomen in het bloed. In de gesloten dubbele bloedsomloop bij kippen en mensen pompt het hart voortdurend bloed met onder andere glucose en zuurstof naar de cellen van organen toe. Om bloed weg te kunnen pompen, moet de hartspier zich steeds opnieuw samentrekken. Dit kost energie. Ademhalen kost energie, omdat de buitenste tussenribspieren en de spieren in het middenrif zich voor elke inademing samentrekken.

De bloeddruk is aan het begin van een haarvat hoger dan de druk in het omliggende weefsel. Hierdoor wordt in de haarvaten in de organen een deel van het bloedplasma naar buiten geperst en kan de weefselvloeistof de cellen van glucose en zuurstof voorzien. Vanuit de weefselvloeistof diffunderen zuurstofmoleculen en voedingsstoffen naar de cellen van een weefsel (zie afbeelding 9). Koolstofdioxide en andere afvalstoffen diffunderen vanuit de cellen naar de weefselvloeistof. Aan het eind van de haarvaten is de bloeddruk sterk gedaald en is de osmotische waarde van het bloedplasma in het haarvat hoger dan die van de weefselvloeistof. Hierdoor wordt de meeste weefselvloeistof weer opgenomen in de haarvaten. Overtollige weefselvloeistof wordt opgenomen in de lymfevaten en heet dan lymfe.

■ **Afb. 9** Verplaatsing van weefselvocht en lymfe.



Rode bloedcellen zijn de bestanddelen van bloed die met behulp van hemoglobine zuurstof en koolstofdioxide vervoeren. Hemoglobine bevat ijzer dat zuurstof kan binden. Door ijzergebrek kunnen rode bloedcellen minder zuurstof naar de cellen vervoeren, waardoor er in de cellen minder verbranding kan plaatsvinden. Je maakt dan minder energie vrij en dat kan vermoeidheidsverschijnselen veroorzaken.

HOMEOSTASE

Om de homeostase van het inwendige milieu van een organisme in stand te houden, worden overtollige stoffen en afvalstoffen uit het inwendige milieu verwijderd of opgeslagen. De lever en de alvleesklier hebben een belangrijke functie bij het constant houden van de glucoseconcentratie van het bloed. De eilandjes van Langerhans in de alvleesklier produceren de hormonen insuline en glucagon. Het bloed transporteert deze hormonen naar de plaatsen waar ze nodig zijn. Wanneer het bloed uit de poortader te veel glucose bevat, wordt dit met behulp van insuline omgezet in glycogeen en opgeslagen in de lever en spieren. In glycogeen ligt chemische energie opgeslagen. Bij een laag glucosegehalte van het bloed wordt glycogeen met behulp van glucagon weer omgezet in glucose en aan het bloed afgegeven.

Bloed met water en afvalstoffen (onder andere koolstofdioxide, ureum en overtollige zouten) afkomstig van cellen passeert de nieren en longen, zodat je overtollig water en afvalstoffen kunt uitscheiden. De nieren spelen daardoor een belangrijke rol in het handhaven van de osmotische waarde van het inwendige milieu. De nieren verbruiken energie doordat nuttige stoffen selectief vanuit de voorurine in de nierbuisjes terug worden opgenomen in het bloed. Dit proces vindt plaats door middel van actief transport.

3 DE EVOLUTIE VAN ENERGIEOPSLAG BIJ MENSEN

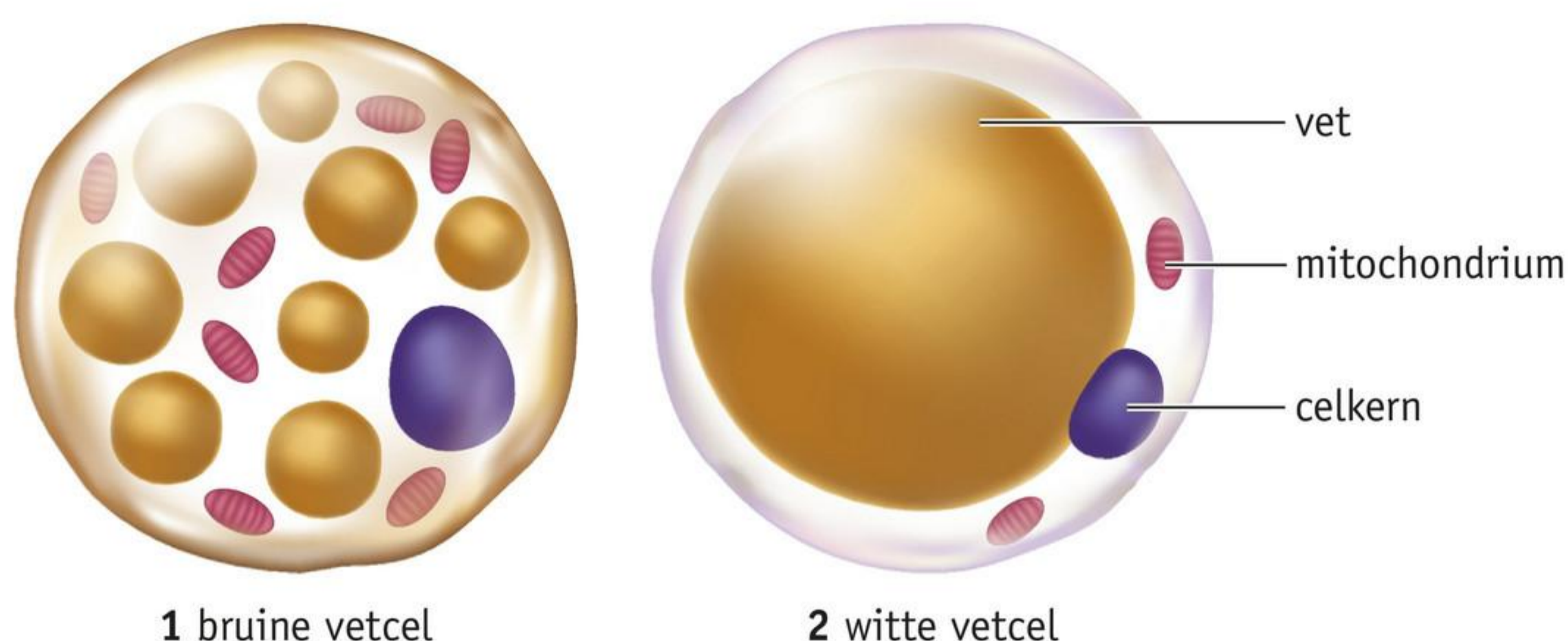
Evolutie leidt blijkbaar lang niet altijd tot het ontstaan van intelligentere organismen, want de meeste organismen op aarde zijn betrekkelijk simpel gebleven. Een van de redenen hiervoor is dat het onderhouden van grote en complexe organen zoals hersenen enorm veel energie kost.

GENEXPRESSIE

Mensen slaan op bepaalde plaatsen in hun lichaam vet op als energievoorraad, maar ook om organen te beschermen en zichzelf te isoleren tegen kou. Andere primaten doen dat ook. Maar mensen met een gezond lichaamsgewicht hebben tussen de 14% en 31% lichaamsvet, terwijl dat bij andere primaten maar 9% is. Hoewel primaten voor 99% dezelfde DNA-sequentie hebben, blijken mensen dus veel meer vet op te slaan dan andere primaten.

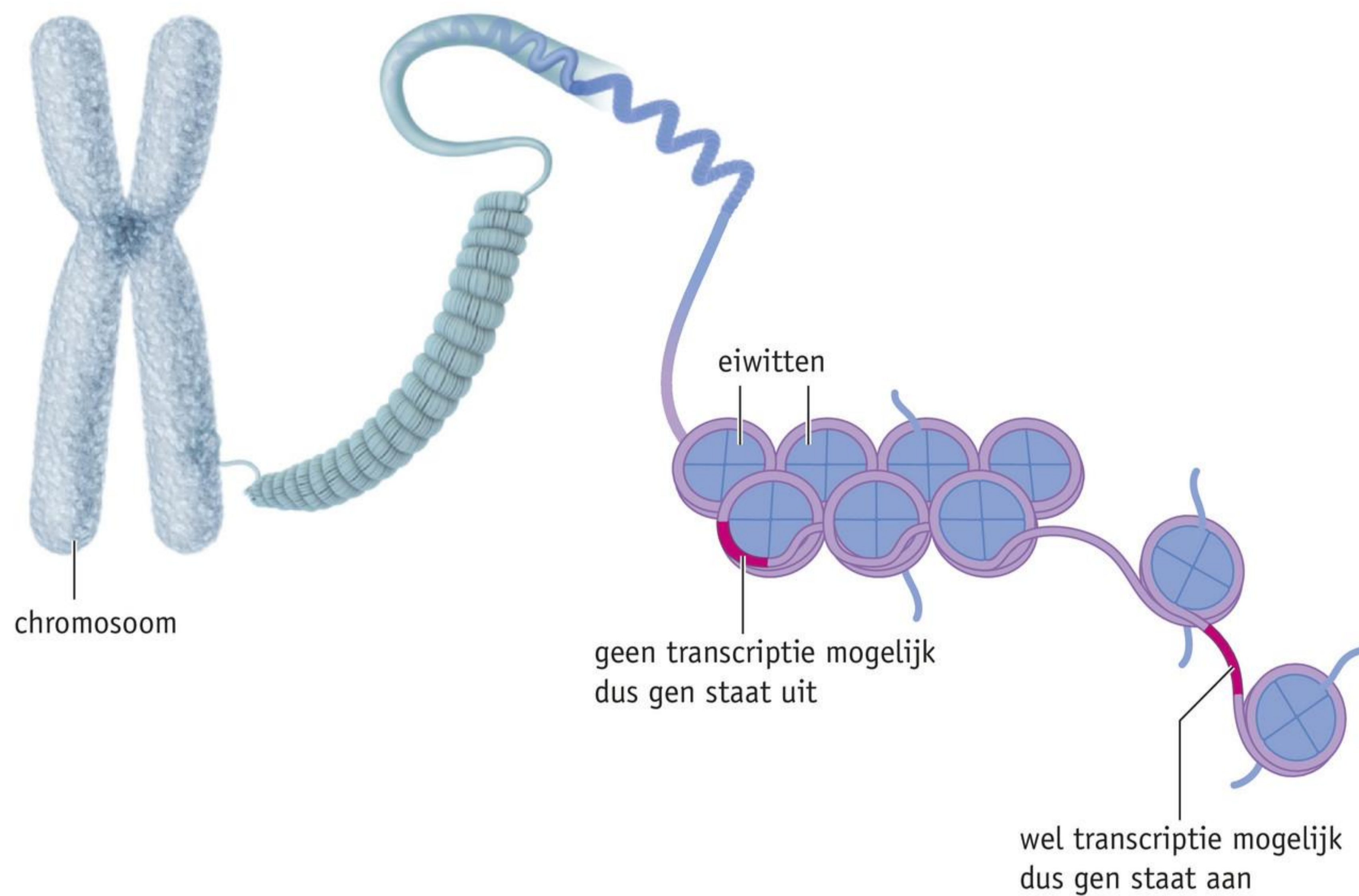
Wetenschappers hebben onderzocht hoe het komt dat mensen gemiddeld dikker zijn dan andere primaten. In zoogdieren komen twee typen vetweefsel voor: wit en bruin (zie afbeelding 10). In witte vetcellen wordt vet opgeslagen als energievoorraad, waardoor je dikker wordt. Witte vetcellen bevatten niet veel mitochondriën. Bruine vetcellen bevatten veel meer mitochondriën en hebben daar hun bruine kleur aan te danken. Bruine vetcellen verbruiken vet. Door vetten en glucose in de mitochondriën te verbranden, zorgt bruin vetweefsel ervoor dat er warmte wordt geproduceerd. Hierdoor kan een warmbloedig organisme zijn lichaamstemperatuur handhaven.

■ **Afb. 10** Een bruine vetcel en een witte vetcel.



Er is ontdekt dat mensen vooral wit vetweefsel hebben en andere primaten vooral bruin vetweefsel. Om erachter te komen hoe dit verschil wordt veroorzaakt, vergeleken wetenschappers het DNA van mensen, chimpansees (*Pan troglodytes*) en resusapen (*Macaca mulatta*). Ze onderzochten de gebieden in het DNA die te maken hebben met de vetcelproductie. Het DNA bij chimpansees en resusapen bleek hier losjes te zijn opgerold en het is daardoor gemakkelijk toegankelijk voor transcriptie (zie afbeelding 11). Bij mensen was het DNA op die plaatsen juist stevig opgerold. Hierdoor kan er geen transcriptie plaatsvinden langs het DNA om mRNA te vormen en is er geen genexpressie (zie afbeelding 12). Als gevolg hiervan kunnen mensen wel witte vetcellen vormen uit stamcellen, maar niet zo gemakkelijk bruine vetcellen. Mensen hebben daardoor veel witte vetcellen en slaan vet vooral op. Andere primaten hebben veel bruine vetcellen en verbranden het vet vooral.

■ **Afb. 11** DNA ontvouwt zich om transcriptie mogelijk te maken.



2 TRANSPORTSYSTEMEN BIJ DIEREN

LEERDOELEN

11.2.1 Je kunt de verschillende transportsystemen bij dieren herkennen.

11.2.2 Je kunt de functies van een bloedsomloop benoemen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	11.2.1	11.2.2
Onthouden	12, 14	16a
Begrijpen	13, 15	16bc
Toepassen	18a, 20ab	17b
Analyseren	18b, 19	17a, 20cde

Bloed is voor veel dieren het belangrijkste transportmiddel in het lichaam. Een uitgebreid netwerk van bloedvaten zorgt ervoor dat alle cellen voldoende voedingsstoffen en zuurstof krijgen en hun afvalstoffen kwijt kunnen. De transportsystemen bij dieren kunnen er op verschillende manieren uitzien.

EENCellige ORGANISMEN

Bij eencellige organismen zoals een amoebe en een pantoffeldiertje (zie afbeelding 10) staat de lichaamscel rechtstreeks in contact met het uitwendige milieu. Hierdoor kan deze cel direct stoffen opnemen en afgeven aan het milieu. Zuurstof wordt opgenomen via de celmembranen door middel van diffusie. Koolstofdioxide geven cellen op dezelfde wijze af. Voedingsstoffen kunnen worden opgenomen via diffusie of via fagocytose. Afvalstoffen raken eencellige organismen kwijt via diffusie of exocytose. Eencelligen hebben geen transportsysteem zoals een bloedsomloop nodig.

■ **Afb. 10** Eencellige organismen.

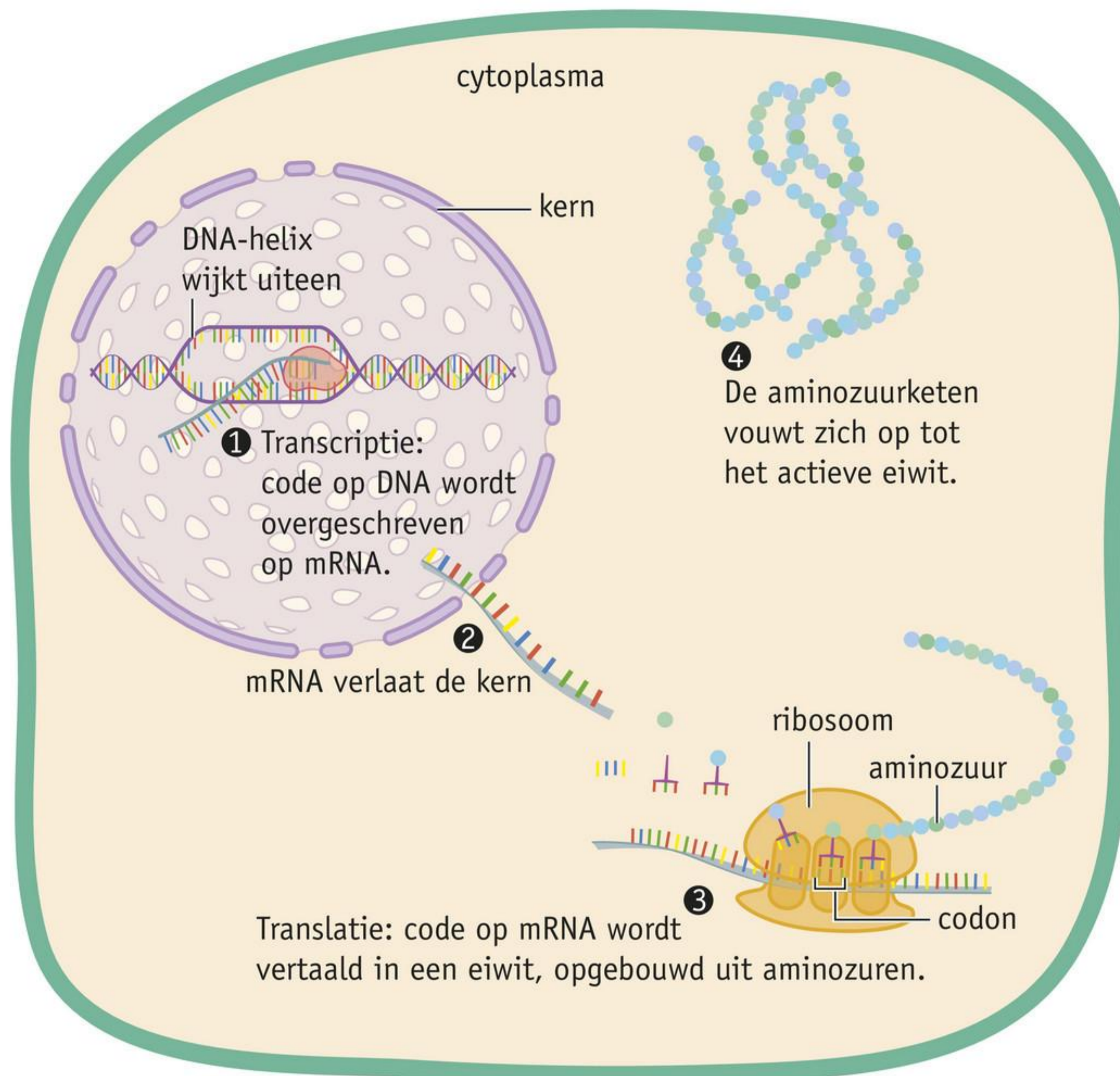


1 amoëbe



2 pantoffeldiertje

■ Afb. 12 Genexpressie: transcriptie en translatie.



EVOLUTIE

Mensen en chimpansees zijn ongeveer zes miljoen jaar geleden uit een gemeenschappelijke voorouder ontstaan. Wat heeft ervoor gezorgd dat de celdifferentiatie bij mensen is verschoven in de richting van de ontwikkeling van vooral wit vetweefsel, terwijl chimpansees vooral bruin vetweefsel vormen? Volgens wetenschappers is dat te verklaren doordat de hersenen van chimpansees in de afgelopen zes miljoen jaar nauwelijks zijn veranderd. De hersenen van mensen zijn ongeveer drie keer zo groot geworden en bevatten veel meer zenuwcellen. Zenuwcellen verbruiken veel energie. De hersenen van een mens zijn dus in de loop van de evolutie steeds meer energie gaan verbruiken. Ze verbruiken nu per dag ongeveer 25% van de totale hoeveelheid energie die een mens in rust nodig heeft. Voor de hersenen van chimpansees is dit niet het geval. Die verbruiken ongeveer evenveel energie als zes miljoen jaar geleden.

Om menselijke hersenen altijd van energie te kunnen voorzien, is het een voordeel als je beschikt over een energievoorraad. In een populatie mensen met veel wit vet en mensen met veel bruin vet (genetische variatie) hadden mensen met veel wit vet in een periode van voedselschaarste (verandering in het milieu) een grotere overlevingskans (natuurlijke selectie). Zij waren beter aangepast (adaptatie) aan de milieuomstandigheden en gaven de eigenschap om meer wit vet te ontwikkelen door aan hun nakomelingen. Uiteindelijk zijn mensen hierdoor de dikkere primaten geworden.

4 DE ENERGIESTROOM IN EEN ECOSYSTEEM

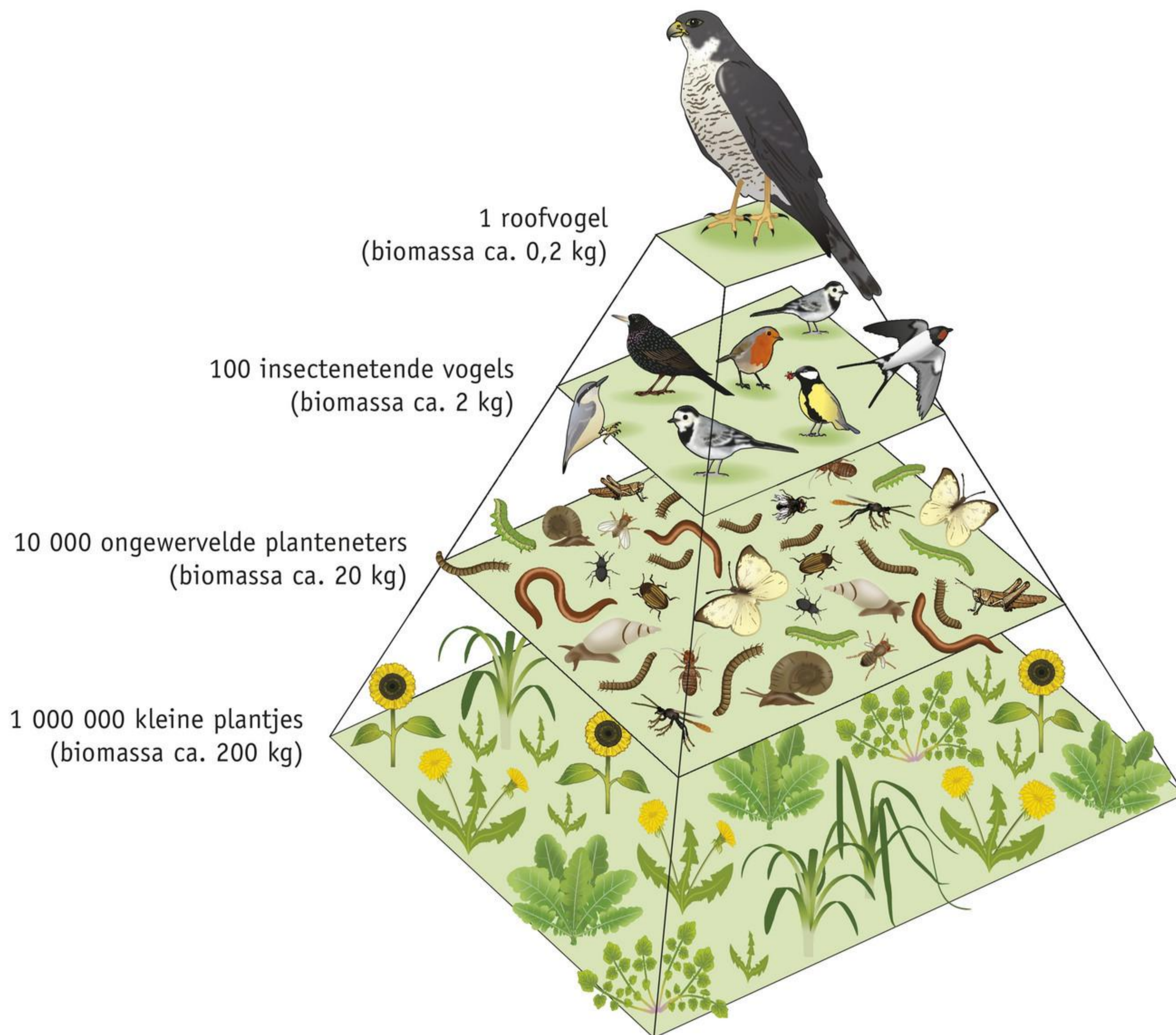
Elk organisme in een ecosysteem verliest een deel van de energie die het heeft opgenomen in de vorm van warmte aan de atmosfeer. Om het leven in een ecosysteem in stand te houden, moet er daarom een continue toevoer van nieuwe energie zijn. Gelukkig raakt de lichtenergie die de zon levert niet op.

VOEDSELKETENS

Er is een wisselwerking tussen biotische en abiotische factoren in een ecosysteem. De energie van zonlicht die een ecosysteem binnenkomt, wordt door planten bij de fotosynthese vastgelegd. Deze autotrofe organismen noem je ook wel producenten, omdat ze bij de voortgezette assimilatie hun eigen energierijke organische stoffen produceren voor hun groei en ontwikkeling. Hierdoor neemt hun biomassa toe en kan een producent een voedselbron voor heterotrofe organismen zijn.

Voedselketens in een ecosysteem bestaan uit een reeks soorten waarbij elke soort een voedselbron voor de volgende soort is. Er lopen meerdere voedselketens door elkaar (een voedselweb). De eerste schakel (trofisch niveau) van een voedselketen is altijd een producent. De organismen in alle volgende schakels zijn heterotrofe organismen. Zij moeten voor hun energievoorziening, groei en ontwikkeling organische stoffen uit voedsel opnemen en je noemt ze daarom consumenten. Consumenten die producenten eten zijn planteneters (herbivoren). Zij zetten de plantaardige organische stoffen in plantaardig weefsel om in dierlijke organische stoffen. Consumenten die dieren eten (vleeseters of carnivoren) zetten dierlijke organische stoffen uit dierlijk weefsel om in andere dierlijke organische stoffen. Alleseters (omnivoren) eten zowel planten als dieren. In een piramide van biomassa wordt de biomassa van elk trofisch niveau in een ecosysteem weergegeven (zie afbeelding 13).

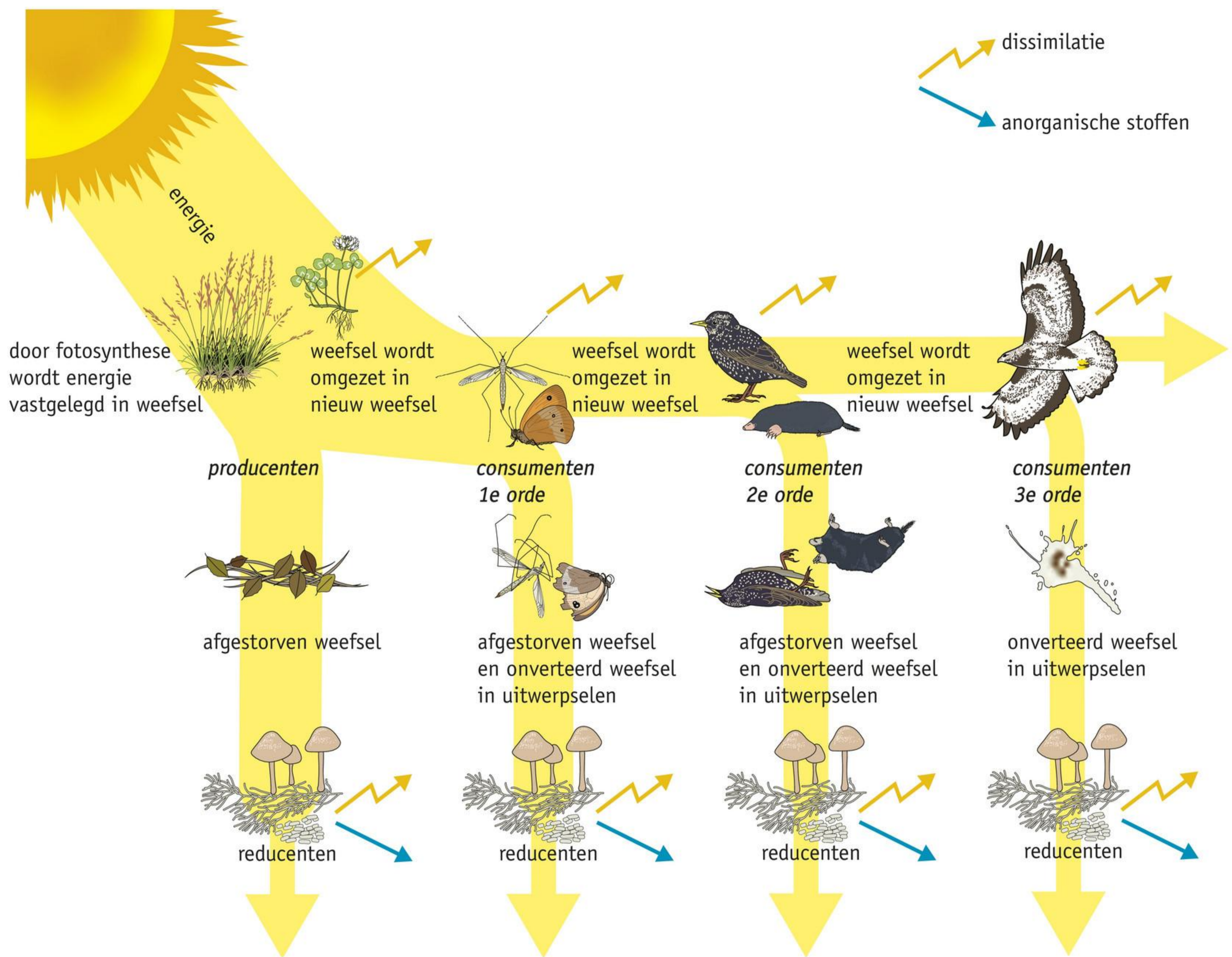
■ **Afb. 13** Piramide van aantallen en biomassa.



ENERGIESTROOM

In elke schakel van een voedselketen wordt een deel van de energie uit biomassa doorgegeven aan het volgende trofische niveau, doordat de energie wordt vastgelegd in weefsels van organismen (zie afbeelding 14). Een ander deel wordt verbruikt voor dissimilatie, verdwijnt via de ontlasting of wordt gebruikt door de organismen die de dode delen afbreken. Elk volgend trofisch niveau bevat daardoor veel minder energie. Ongeveer 10% van de energie uit de biomassa van een schakel kan in een voedselketen worden doorgegeven aan een volgende schakel: 100% → 10% → 1% → 0,1%. Omdat er per schakel veel energie verdwijnt, zijn de meeste voedselketens maar drie tot vijf schakels lang en komen er op hogere trofische niveaus meestal minder organismen voor (zie afbeelding 13). In de laatste schakel blijft er te weinig energie over om voldoende energie te leveren voor een volgende schakel.

■ Afb. 14 Energiestroom in een ecosysteem.



Afgestorven weefsel, onverteerd weefsel in uitwerpselen en (resten van) dode organismen worden afgebroken door reducenten (bacteriën en schimmels). Zij zetten de organische stoffen in de weefsels om in anorganische stoffen. Daarbij verbruiken ze energie. Producenten nemen de anorganische stoffen weer op om bij de voortgezette assimilatie nieuwe organische stoffen te kunnen vormen.

Doordat via de schakels van de voedselketen energie door het ecosysteem heen wordt getransporteerd, ontstaat er een energiestroom. Lichtenergie van de zon wordt continu vastgelegd als chemische energie. Per schakel wordt chemische energie weer opnieuw vastgelegd als chemische energie in organische stoffen en verdwijnt er energie (warmte) uit het ecosysteem. Uiteindelijk wordt alle chemische energie omgezet in warmte.

5 MENSEN BEÏNVLOEDEN DE ENERGIEBALANS VAN DE AARDE

De energiebalans van de aarde kun je opstellen op basis van informatie over de toe- en afvoer van energie. Door het meten van enerzijds de inkomende straling van de zon, de reflectie van zonlicht door wolken en het aardoppervlak en anderzijds de warmtestraling die de aarde en de atmosfeer uitzenden, kun je het broeikaseffect berekenen.

VOEDSELPRODUCTIE

Mensen gebruiken het milieu onder andere voor de productie van voedsel. De verwachting is dat de vraag naar voedsel de komende decennia zal stijgen door een alsmaar groeiende wereldbevolking. Door toename van de welvaart zal waarschijnlijk ook de vraag naar dierlijke eiwitten sterk stijgen. Wat we eten maakt een enorm verschil in de hoeveelheid energie die nodig is voor voedselproductie. Een voedingsmiddel is energie-efficiënt als er voor de productie relatief weinig energie nodig is.

Plantaardige diëten zijn vaak veel energie-efficiënter dan diëten op basis van vlees. Wanneer je mais eet om aan eiwitten te komen, wordt ongeveer 10% van de energie uit de biomassa van de mais gebruikt om nieuwe biomassa (menselijk weefsel) op te bouwen. De rest van de energie wordt gebruikt als brandstof of gaat verloren. Wanneer je kip eet om aan eiwitten te komen, treedt er twee keer energieverlies op: 10% van de biomassa van de mais wordt eerst omgezet in weefsels van de kip en vervolgens wordt 10% van het kippenvlees omgezet in menselijk weefsel. Hierdoor gebruik je netto maar 1% van de energie uit de mais. Door kip te eten in plaats van mais gaat 90% van de energie uit mais verloren die werd gebruikt om weefsel op te bouwen.

Wanneer steeds meer mensen voedsel nodig hebben, is er meer landbouwgrond nodig. Wanneer steeds meer mensen vlees willen eten, is er nog meer landbouwgrond nodig om de landbouwgewassen te kunnen telen die als veevoer dienen. Hierdoor verdwijnen er bossen door ontbossing en wordt er minder koolstofdioxide (CO₂) door fotosynthese vastgelegd. De concentratie CO₂ in de atmosfeer stijgt hierdoor.

Door toename van landbouw stijgt ook de concentratie methaan (CH₄) in de atmosfeer. Dit gas ontstaat door de afbraak van organische stoffen door anaerobe bacteriën. Veeteelt en het verbouwen van rijst (zie afbeelding 15) zijn de belangrijkste bronnen van methaangas in de landbouw.

Door de oogst van voedingsgewassen en door uitspoeling verdwijnen anorganische stoffen uit de bodem. Door te bemesten voegen boeren weer anorganische stoffen toe aan de bodem. Tijdens de nitrificatie en denitrificatie van nitraat in bodem, water, mestopslagen en composthopen ontstaat lachgas (N_2O). De concentratie lachgas in de atmosfeer neemt toe als de vraag naar voedsel toeneemt.

■ **Afb. 15** Rijstvelden.



FOSSIELE BRANDSTOFFEN

Ook het verbranden van fossiele brandstoffen zorgt ervoor dat de CO_2 -concentratie in de dampkring toeneemt. Fossiele brandstoffen zoals steenkool, aardolie en aardgas zijn miljoenen jaren geleden gevormd uit de organische stoffen van dieren en planten. Deze niet-hernieuwbare brandstoffen leveren energie voor elektriciteit, warmte, vervoer en industrie. Door toename van de welvaart neemt de vraag naar energie toe.

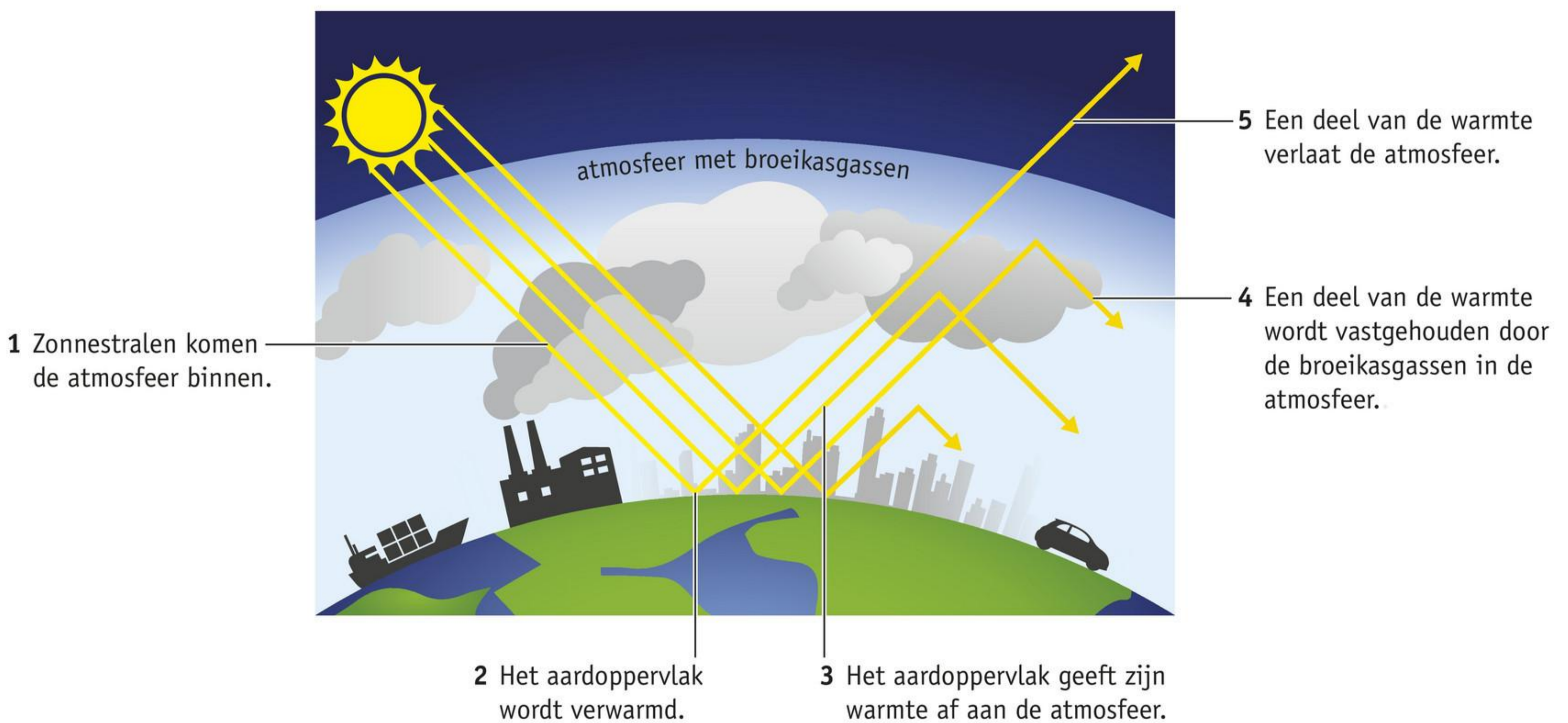
Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt dus de koolstof die heel lang geleden is opgeslagen vrij. Fossiele brandstoffen horen daarom bij de langlopende koolstofkringloop. Ze zorgen ervoor dat de CO_2 -concentratie van de huidige kortlopende koolstofkringloop toeneemt. In de huidige kortlopende koolstofkringloop gaat koolstof in maximaal een paar honderd jaar eenmaal rond.

DE ATMOSFEER

De atmosfeer is een mengsel van gassen. Een deel van deze gassen voorkomt dat de atmosfeer warmte uitstraalt naar het heelal (het broeikaseffect). Zonder deze gassen zou de temperatuur op aarde ruim 30 °C lager zijn. Koolstofdioxide, methaan en lachgas zijn broeikasgassen die van nature in de atmosfeer voorkomen. Doordat steeds meer mensen voedsel (energie) nodig hebben en door de verbranding van fossiele brandstoffen voor energie is er steeds meer uitstoot van deze gassen. Hierdoor verandert de energiebalans van de aarde. De input, de straling afkomstig van de zon, is vrij constant. De output, de warmtestraling afkomstig van het aardoppervlak en de atmosfeer naar de ruimte, neemt door toename van de broeikasgassen af. Dit zorgt ervoor dat de atmosfeer meer warmte vasthoudt, waardoor de gemiddelde temperatuur op aarde stijgt (het versterkte broeikaseffect, zie afbeelding 16). Een warmere atmosfeer houdt ook meer waterdamp vast. Waterdamp versterkt de opwarming die wordt veroorzaakt door de uitstoot van andere broeikasgassen.

Door de temperatuurstijging smelt een deel van het poolijs en gletsjers en stijgt de zeespiegel. Koolstofdioxide wordt voor een deel opgenomen door oceanen die daardoor verzuren. Ook worden weersomstandigheden extremer, waardoor de voedselvoorziening in gevaar kan komen en de biodiversiteit afneemt.

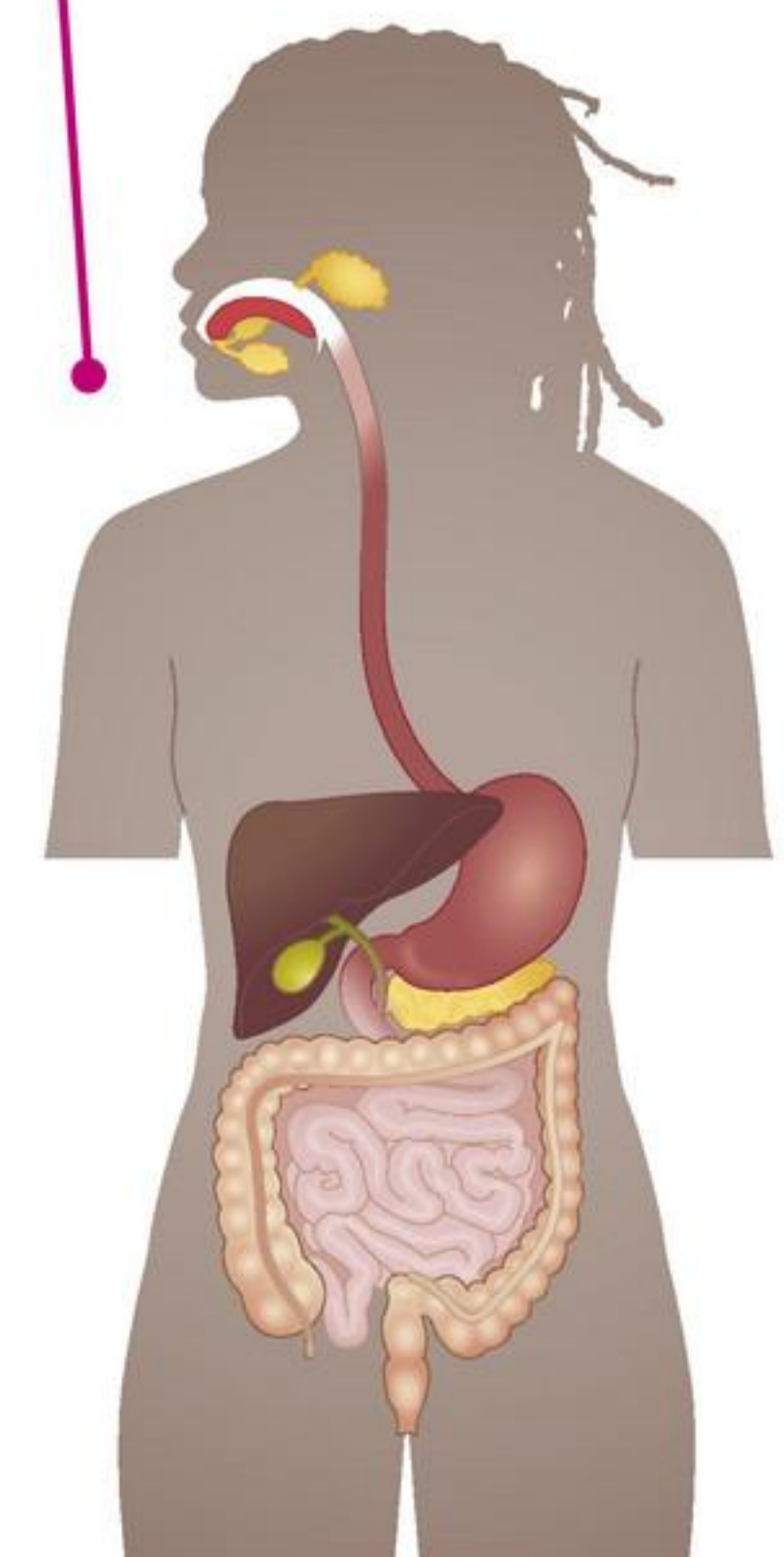
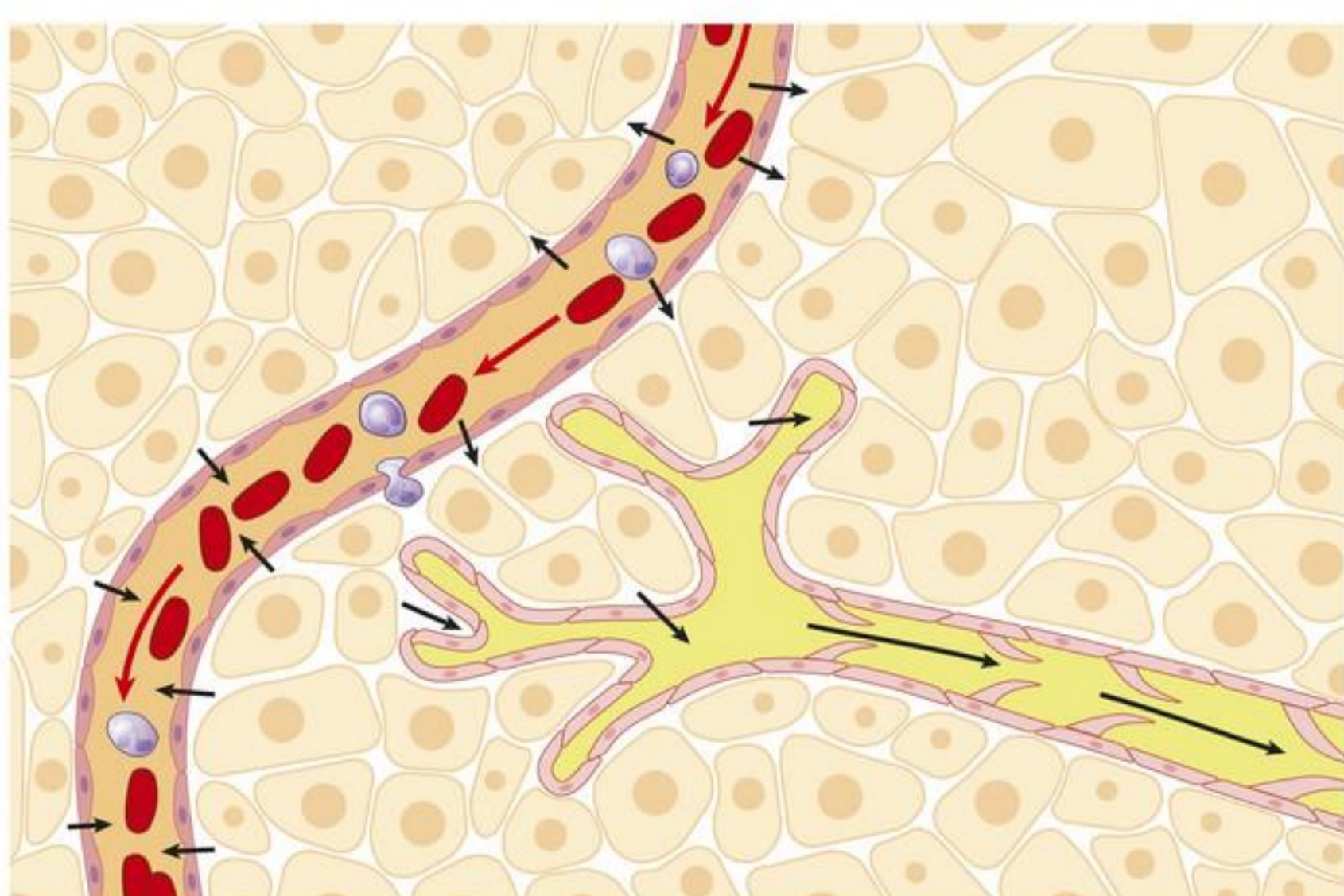
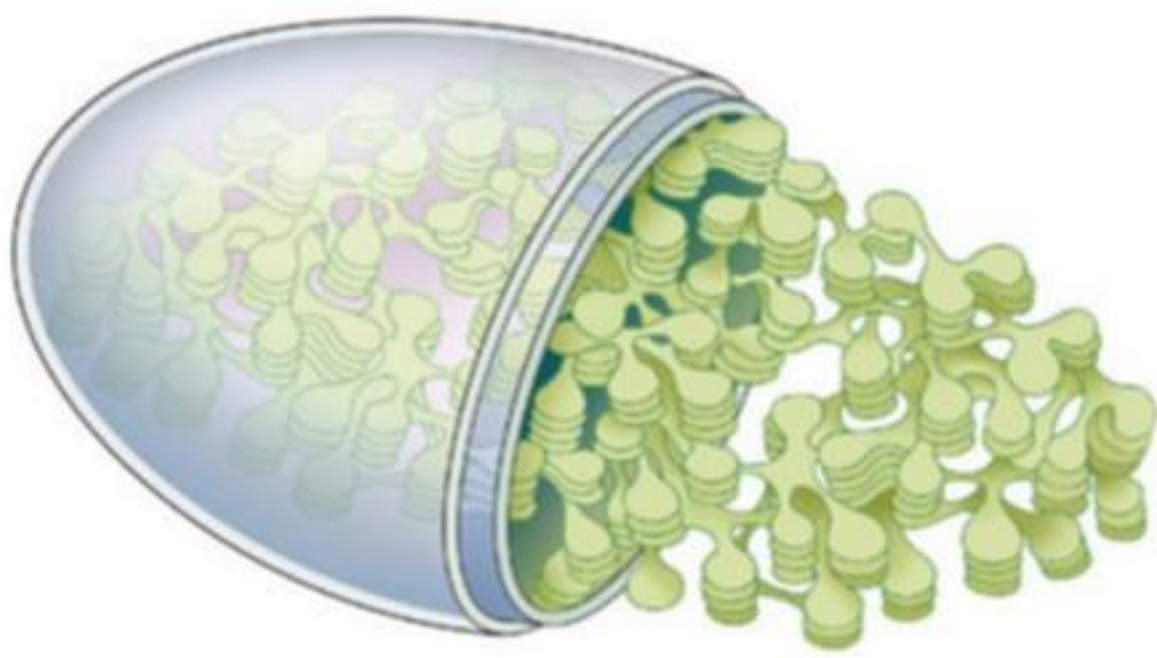
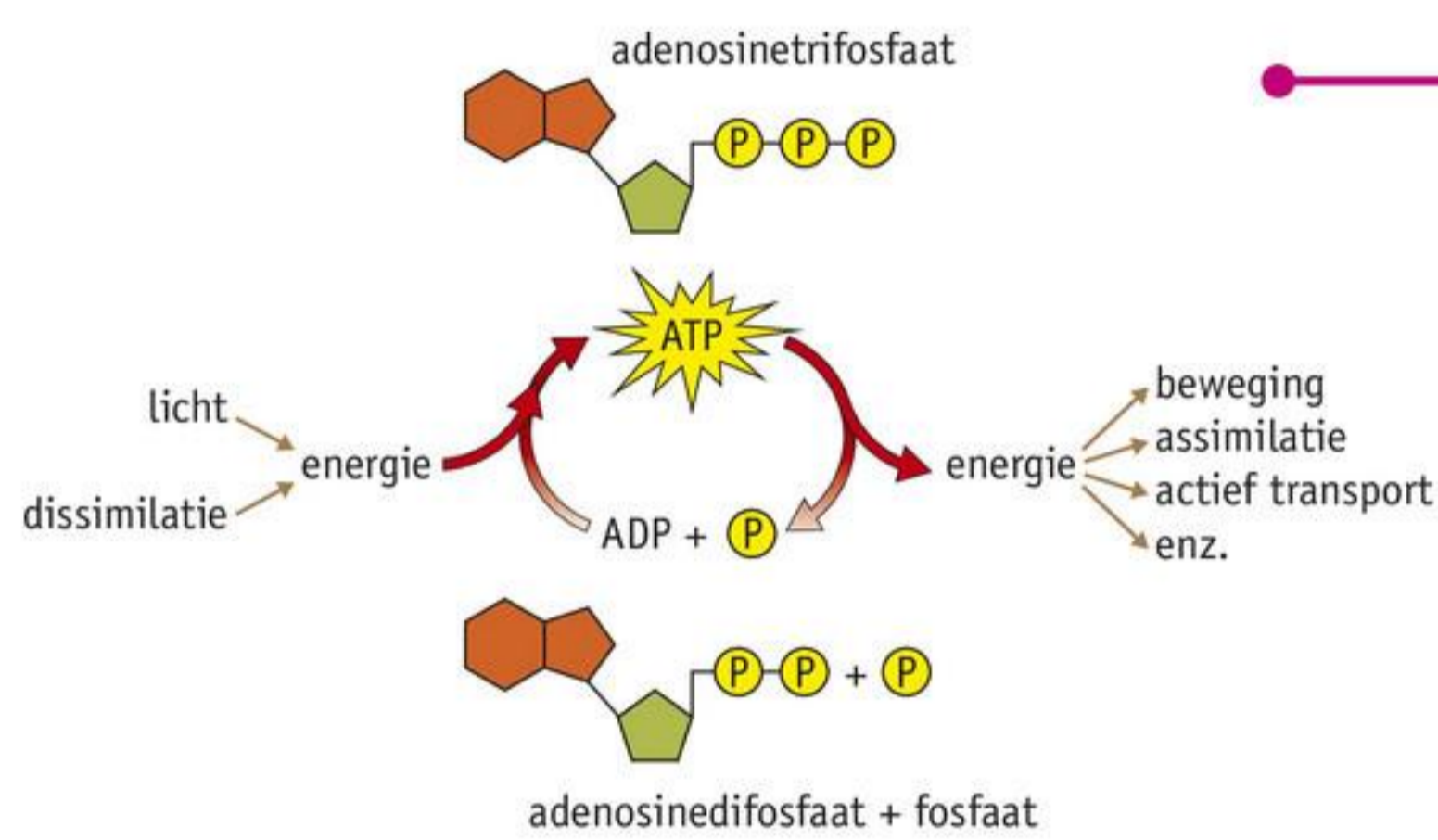
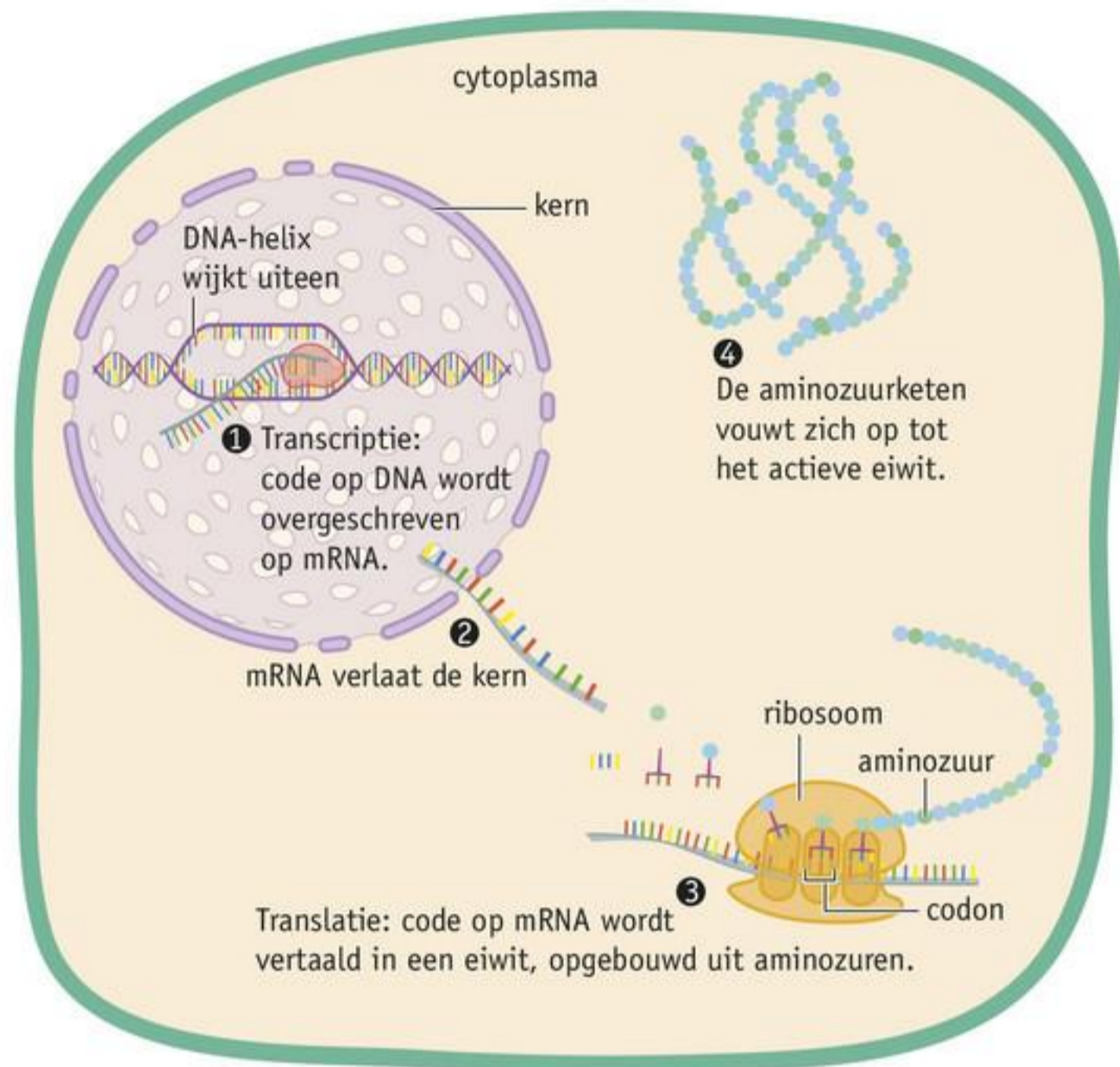
■ **Afb. 16** Het versterkte broeikaseffect.



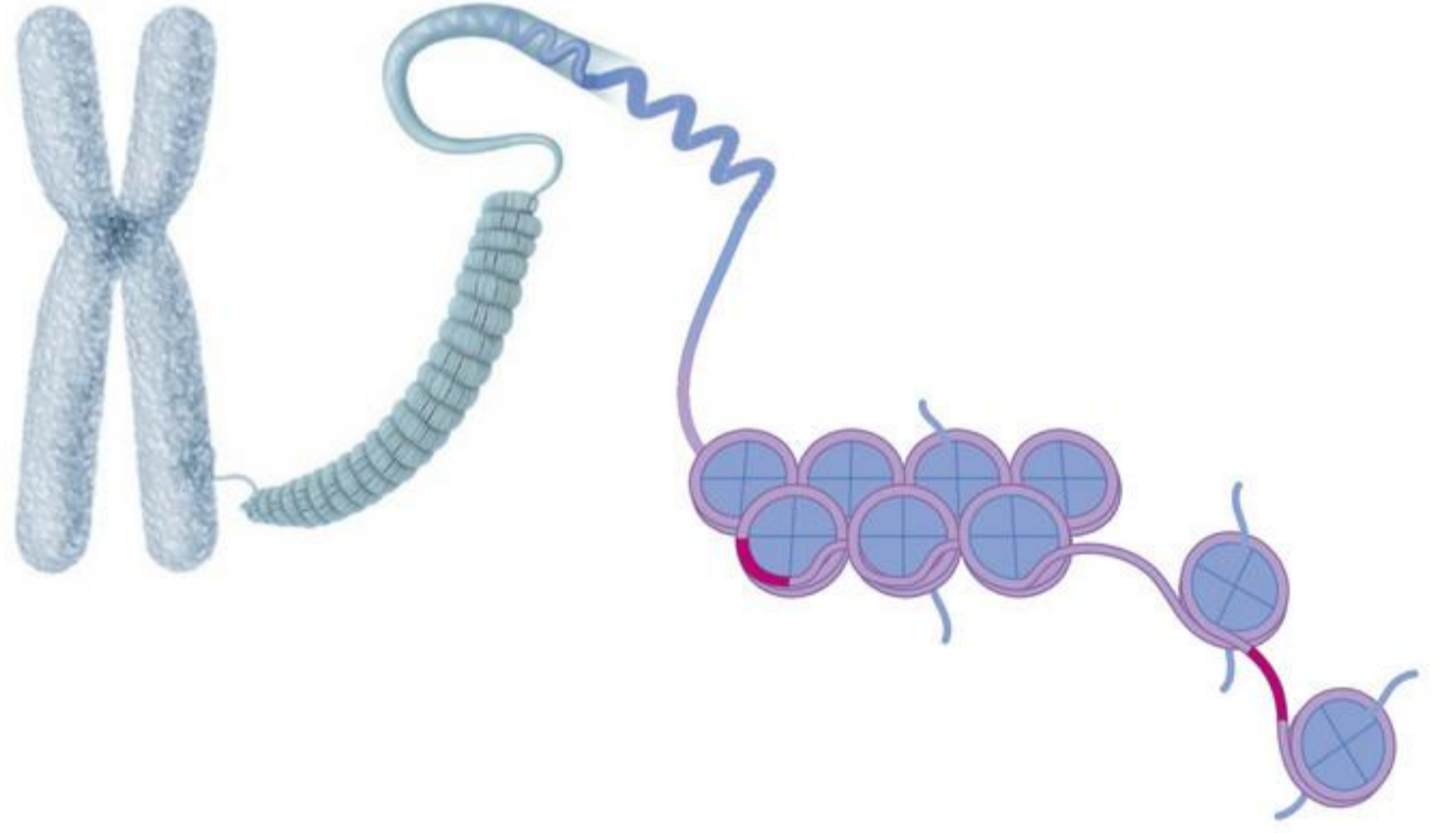
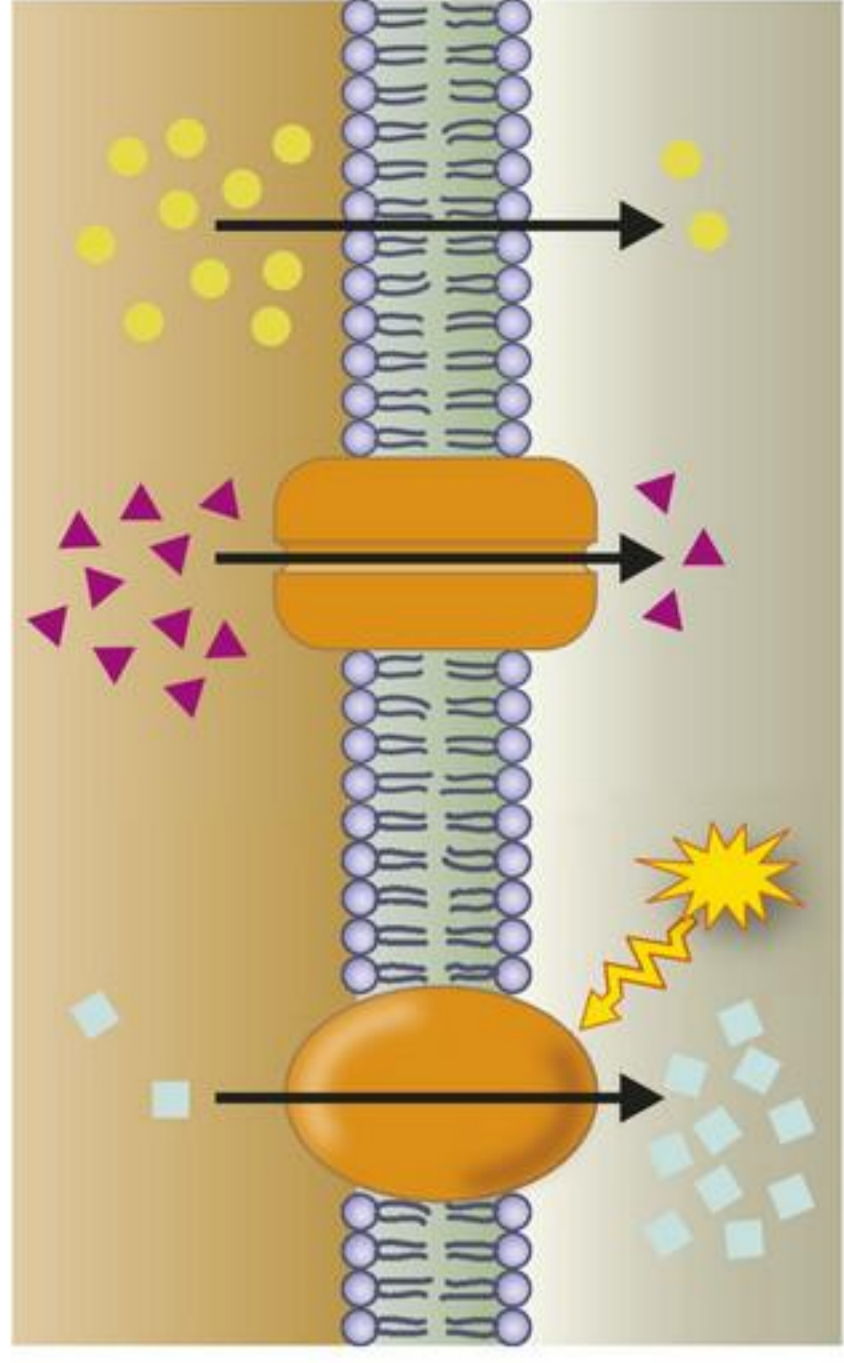
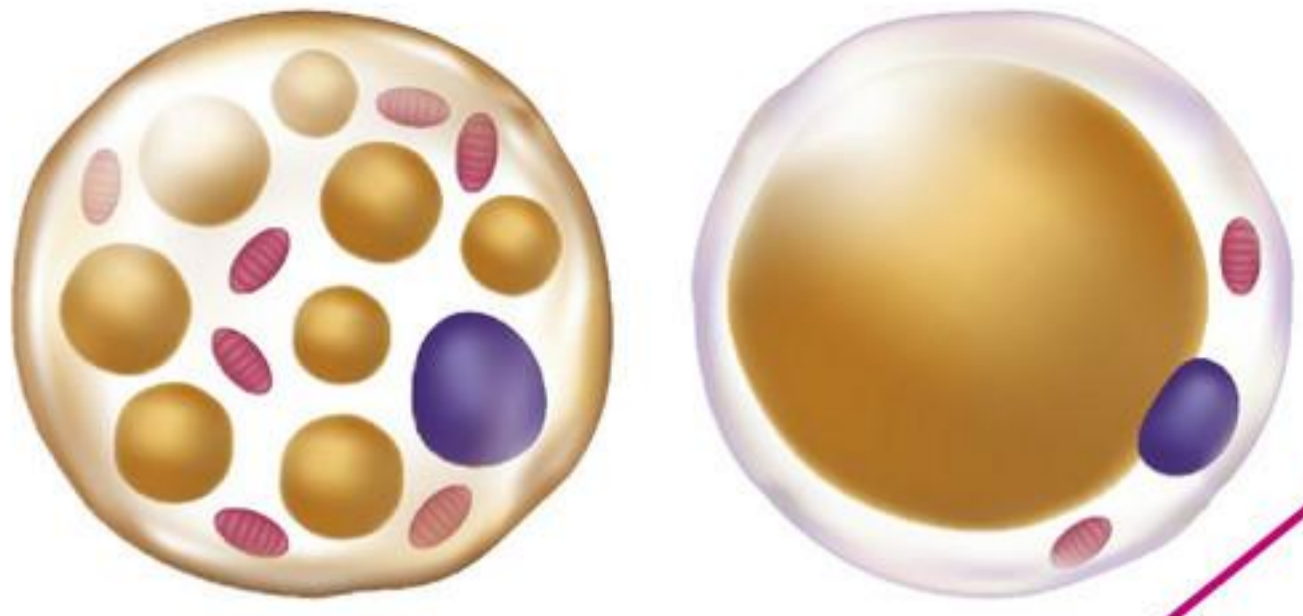
ORGANISATIENIVEAUS

Hieronder zie je waar de afbeeldingen thuishoren in het schema met de organisatieniveaus van de biologie. Heb je een andere indeling, bespreek die dan met je docent.

■ **Afb. 17** De juiste plaats van de afbeeldingen in het schema.



Organisatie-niveau	Zelfregulatie Hoe houdt een biologisch systeem zichzelf in stand?	Zelforganisatie Hoe groeit een biologisch systeem en hoe ontwikkelt het zich in de loop van de tijd?
Molecuul		
Cel		
Orgaan		
Organisme		
Populatie		
Ecosysteem		
Systeem aarde		



Interactie

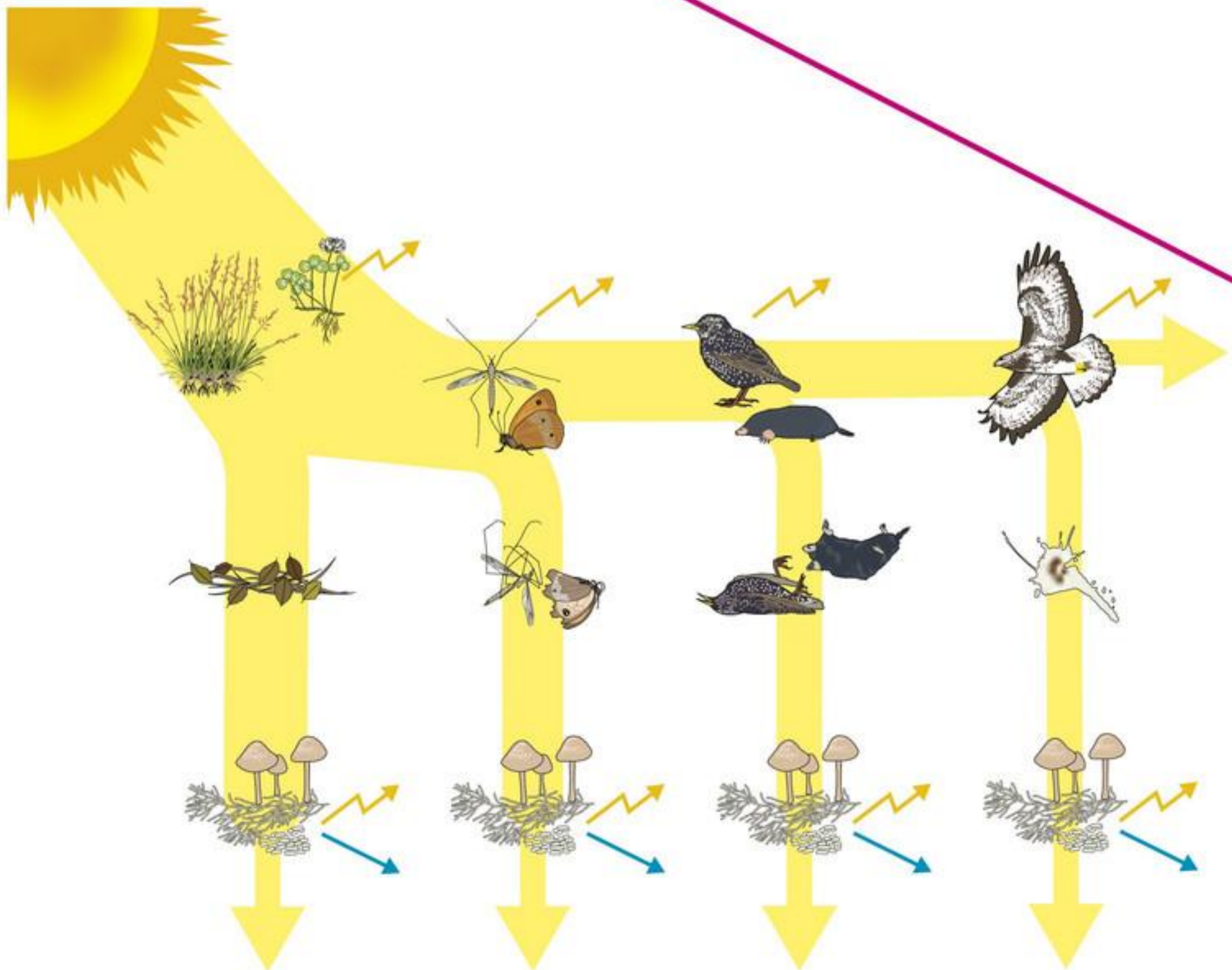
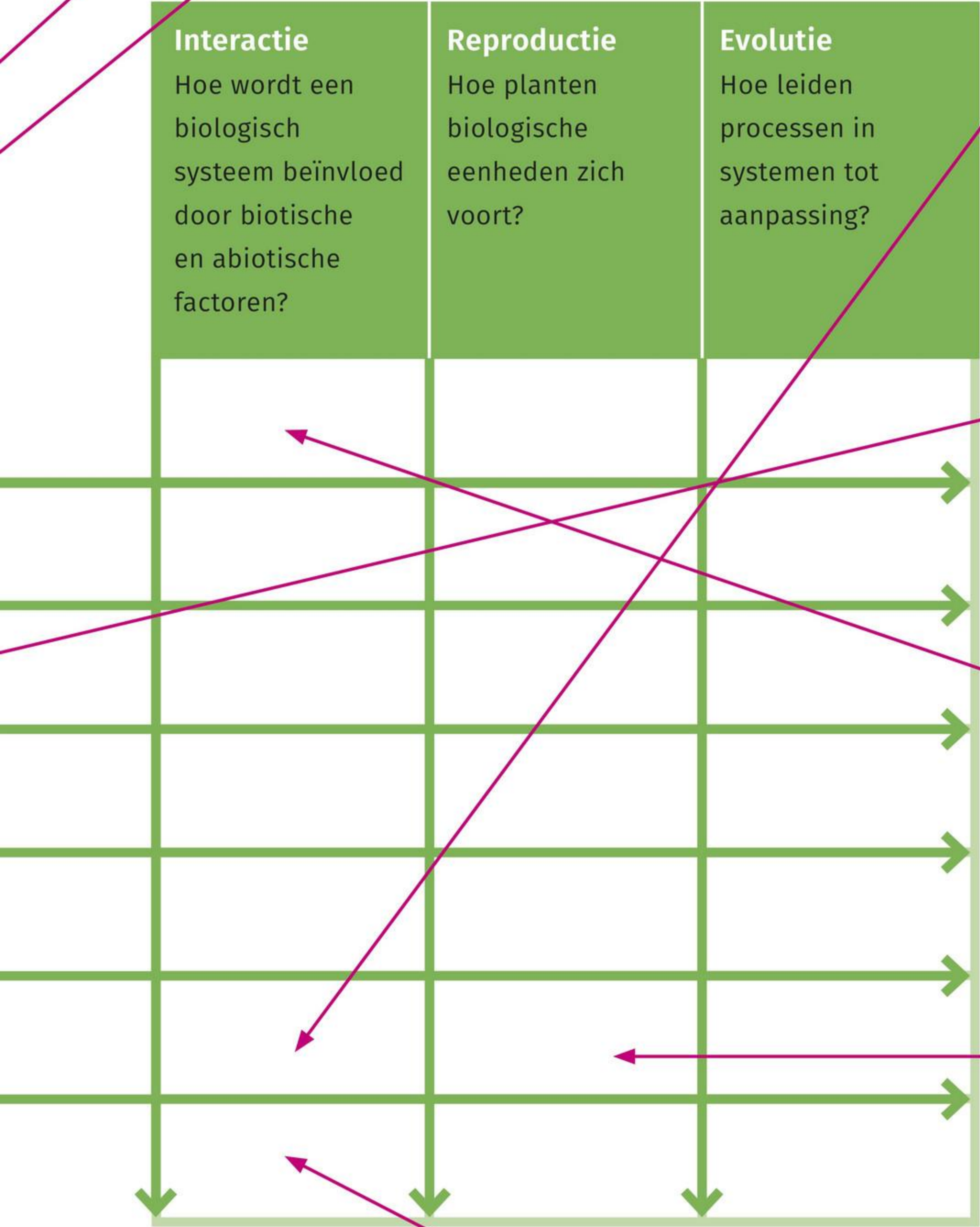
Hoe wordt een biologisch systeem beïnvloed door biotische en abiotische factoren?

Reproductie

Hoe planten biologische eenheden zich voort?

Evolutie

Hoe leiden processen in systemen tot aanpassing?



NOTITIES

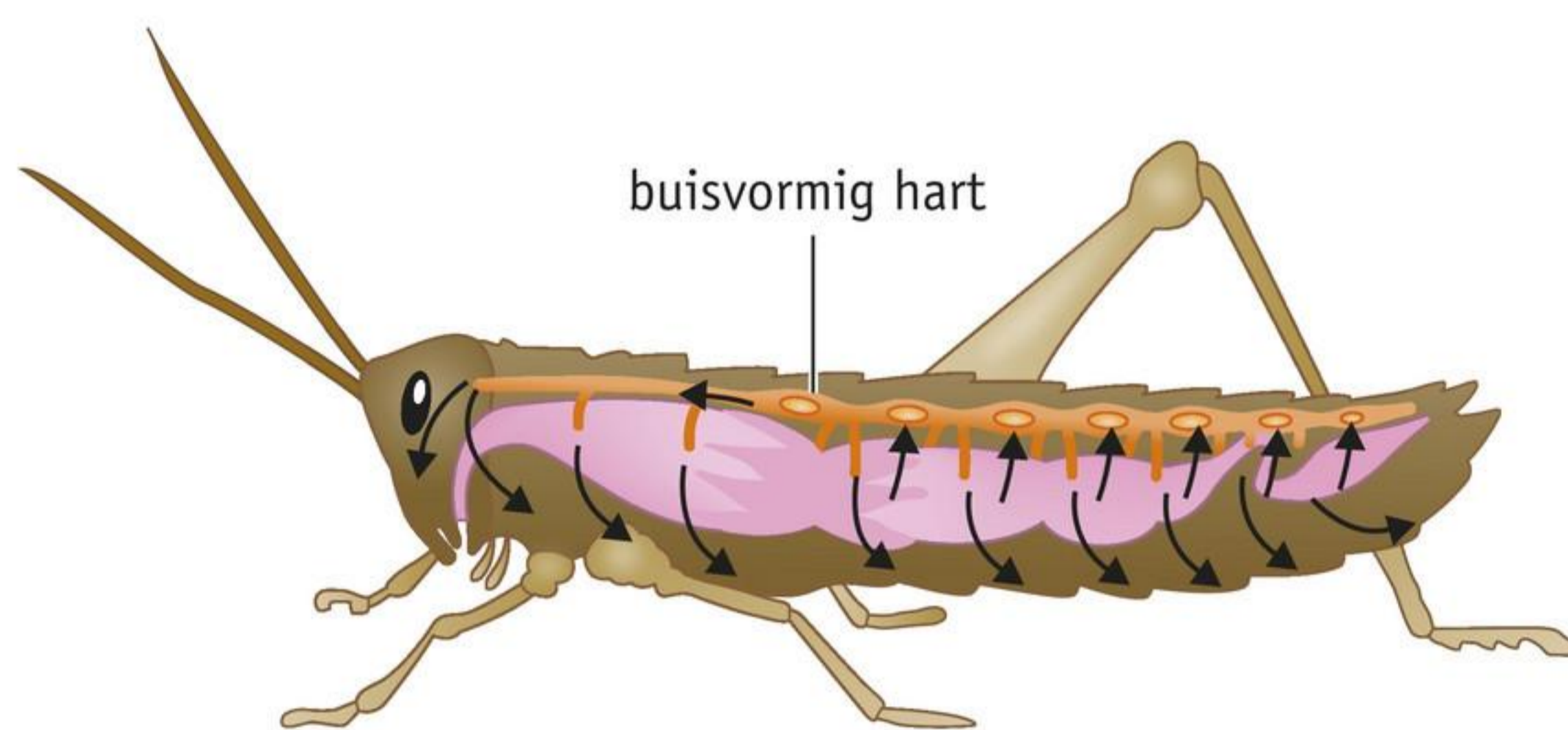
Lined writing area consisting of 28 horizontal lines.

CIRCULATIESYSTEMEN BIJ DIEREN

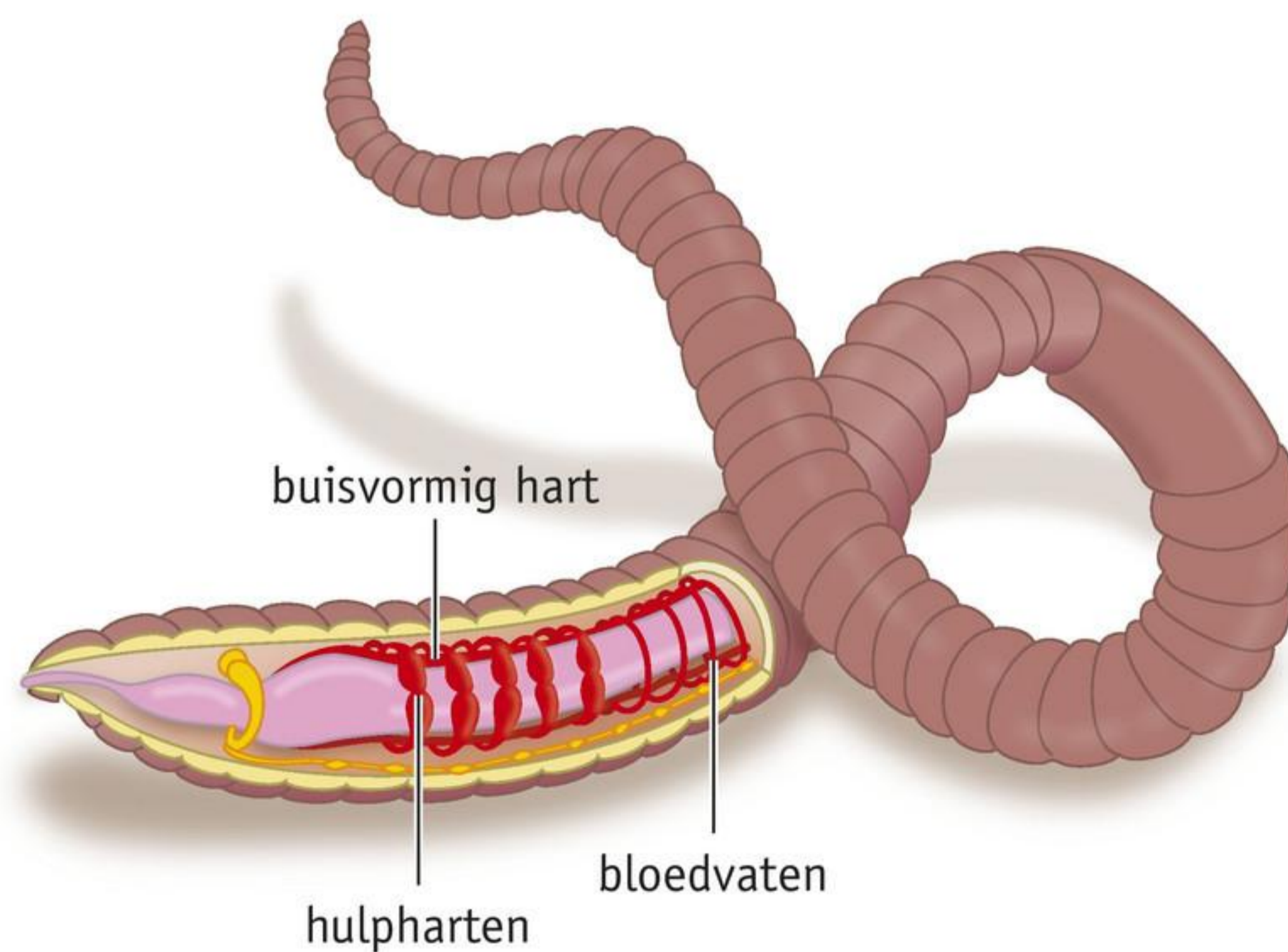
Bij meercellige dieren is een circulatiesysteem nodig om alle cellen van zuurstof en voedingsstoffen te voorzien. Via een vloeistof die rond stroomt in het lichaam worden opgeloste stoffen getransporteerd. Geleedpotigen hebben een open circulatiesysteem en een buisvormig hart dat de lichaamsvloeistof rond de organen laat bewegen (zie afbeelding 11.1). Gewervelde dieren hebben een **bloedsomloop**. Dat is een gesloten systeem waarin het bloed is gescheiden van de andere lichaamsvloeistoffen. Transport van stoffen vindt plaats door de bloedvaten. De kracht hiervoor wordt geleverd door het hart, dat het bloed door de bloedvaten pompt. In een gesloten systeem kan het transport van stoffen effectiever en over grotere afstanden plaatsvinden dan bij een open circulatiesysteem.

Sommige diersoorten hebben meerdere harten. Regenwormen bijvoorbeeld hebben een buisvormig hart met meerdere hulpharten (zie afbeelding 11.2).

■ **Afb. 11** Circulatiesystemen bij ongewervelden.



1 open circulatiesysteem bij een sprinkhaan



2 bloedsomloop van een regenworm



EXAMENTRAINER

Aan het einde van dit schooljaar doe je centraal examen. In drie uur tijd laat je dan zien wat je bij het vak biologie hebt geleerd. Deze *Examentrainer* bereidt je voor op dit examen. Eerst krijg je een beschrijving van de opbouw van het biologie-examen. Daarna volgt uitleg over hoe je *BiNaS* tijdens het examen kunt gebruiken. Vervolgens komen de verschillende soorten vragen aan de orde en krijg je handreikingen en stappenplannen voor het beantwoorden van de vragen. Tot slot krijg je enkele tips over hoe je voor het examen leert.

Inhoud

1	Het centraal examen	202
2	<i>BiNaS</i> gebruiken	204
3	Open vragen	210
4	Meerkeuzevragen	220
5	Leren voor het centraal examen	224
6	Antwoorden oefenopgaven	226

1 HET CENTRAAL EXAMEN

Het centraal examen (CE) biologie duurt drie uur. Het bestaat uit ruim veertig examenopgaven. De opgaven maak je op proefwerkpapier, net als bij een toets. Soms moet je iets op een aparte uitwerkbijlage invullen. Dat staat altijd bij de opgave aangegeven.

■ **Afb. 1** Examen doen.



WAAR GAAT HET EXAMEN OVER?

De leerstof voor het centraal examen staat in de volgende twaalf *Biologie voor jou*-thema's:

<i>Biologie voor jou 4 havo deel A</i>	thema 1 <i>Inleiding in de biologie</i>
	thema 2 <i>Voortplanting en seksualiteit, basisstof 3 en 4</i>
	thema 3 <i>Genetica, behalve basisstof 6</i> thema 4 <i>Evolutie</i>
<i>Biologie voor jou 4 havo deel B</i>	thema 5 <i>Regeling, behalve basisstof 6</i>
	thema 7 <i>Ecologie en milieu, behalve delen van basisstof 4</i>
<i>Biologie voor jou 5 havo deel A</i>	thema 8 <i>Stofwisseling in de cel</i>
	thema 9 <i>DNA, behalve basisstof 2 en 3</i> thema 10 <i>Voeding en vertering, behalve basisstof 5</i>
<i>Biologie voor jou 5 havo deel B</i>	thema 11 <i>Transport</i>
	thema 12 <i>Gaswisseling en uitscheiding</i>
	thema 13 <i>Afweer</i>

Ook *Leren onderzoeken* hoort bij de leerstof voor het centraal examen.

WELKE HULPMIDDELEN MAG JE GEBRUIKEN?

Op het examen mag je verschillende hulpmiddelen gebruiken. De belangrijkste zijn *BiNaS* en *Science Data*, pennen, potloden, een gum, kladpapier, een geodriehoek en een niet-grafische rekenmachine. Als je dat wilt, mag je ook een woordenboek Nederlands gebruiken.

HOE ZIT HET EXAMEN IN ELKAAR?

Het centraal examen biologie bestaat uit ruim veertig examenopgaven. De opgaven zijn verdeeld over ongeveer acht verschillende onderwerpen. Elk onderwerp heeft een eigen titel, zoals **Zoenen voor de wetenschap**, **Avocado** of **Okselfris**. Bij één onderwerp horen meestal vier tot zeven opgaven, maar meer of minder kan ook. De opgaven gaan vaak over leerstof uit verschillende thema's.

In het centraal examen kom je twee soorten opgaven tegen: open vragen en meerkeuzevragen. Lees de vragen goed om erachter te komen wat je moet doen. In de meeste open vragen wordt een opdrachtwerkwoord gebruikt. Voorbeelden van opdrachtwerkwoorden zijn: *leg uit*, *licht toe*, *verklaar*, *noteer*, *bereken*, *beredeneer*, enzovoort. Het is handig om opdrachtwerkwoorden met een speciale kleur te markeren, zodat ze goed opvallen (zie afbeelding 2).

■ **Afb. 2** Een vraag met twee groen gemarkeerde opdrachtwerkwoorden.

		Bij regulatie met behulp van een predator vindt selectie plaats op andere eigenschappen dan bij regulatie met behulp van netten.
2p	15	– Noteer één eigenschap van zwaarddragers die zal gaan verschillen tussen een populatie die gereguleerd wordt door een predator en een populatie die gereguleerd wordt met een net.
		– Licht toe hoe dit verschil tussen de twee populaties ontstaat.

De meeste opdrachtwerkwoorden hebben geen uitleg nodig. Berekenen doe je door iets uit te rekenen. Noteren doe je door iets op je examenpapier op te schrijven. Doe altijd precies wat er staat.

In meerkeuzevragen staat bijna nooit een opdrachtwerkwoord. In die vragen kun je dus ook geen opdrachtwerkwoord markeren. Bij een meerkeuzevraag noteer je alleen de hoofdletter die voor het antwoord staat dat je kiest. Let op: als je niet de hoofdletter voor het antwoord noteert, maar het antwoord zelf, kan je antwoord fout worden gerekend. Misschien wil je bij een meerkeuzevraag toch even iets tekenen of berekenen. Doe dat dan op het kladpapier, dan ontstaan er geen misverstanden.

2 BINAS GEBRUIKEN

Tijdens het examen mag je informatie uit *BiNaS* gebruiken. In het examen wordt in de opgaven echter niet verwezen naar *BiNaS*. Het is daarom handig dat je weet welke informatie je in *BiNaS* op kunt zoeken en hoe je die informatie kunt vinden, voordat je examen doet.

HOE ZIT BiNaS IN ELKAAR?

Voordat je gaat zoeken in *BiNaS*, is het goed om te weten hoe *BiNaS* is opgebouwd. In *BiNaS* is een gedeelte voor natuurkunde, een gedeelte voor scheikunde, een gedeelte voor wiskunde en een gedeelte voor biologie opgenomen. Het biologiegedeelte van *BiNaS* is groen gekleurd. Daar vind je de informatie die je kunt gebruiken voor je biologie-examen.

In de biologietabellen is een logische opbouw aangebracht: de informatie is per organisatieniveau gerangschikt. Het biologiegedeelte begint met tabellen over moleculen en hun structuur en gaat via tabellen over DNA en celdeling en over het menselijk lichaam naar tabellen over ecosystemen en evolutie. Je kunt dus zeggen dat de informatie is opgebouwd van klein naar groot.

HOE KUN JE IN BiNaS INFORMATIE OPZOEKEN?

Je kunt in *BiNaS* op verschillende manieren informatie opzoeken:

- Je kunt de inhoudsopgave voor in het boek gebruiken. Hier staan alle tabellen met hun titel op nummer gerangschikt.
- Je kunt het register achter in het boek gebruiken. Hier kun je zoeken op begrippen en trefwoorden.
- Je kunt gebruikmaken van de logische opbouw in het biologiegedeelte van *BiNaS*. Klein vind je voorin, groot vind je achterin.
- Je kunt bladeren door *BiNaS*. Dit is de minst efficiënte manier, maar als je een antwoord echt niet weet, kom je door bladeren misschien iets herkenbaars tegen.

Op het centraal examen kun je *BiNaS* op drie manieren gebruiken:

- als bron van gegevens
- als antwoordbron
- als geheugensteun

BiNaS GEBRUIKEN ALS BRON VAN GEGEVENS

BiNaS is onmisbaar als bron van gegevens. In elk centraal examen staan opdrachten waarvoor je gegevens in *BiNaS* kunt opzoeken. Bijvoorbeeld de structuur van aminozuren of DNA, of de koolstof- en stikstofkringloop.

VOORBEELDOPGAVE

GROENTEN TELEN OP MARS

Naar: examen havo 2021-I.

Marszand bevat fosfor (P) in de vorm van fosfaat, en het bevat stikstof (N) in de vorm van nitraat en ammonium. Een plant gebruikt fosfor en stikstof bij het maken van bepaalde organische stoffen. Twee voorbeelden van organische stoffen die voorkomen in een plant zijn DNA en aminozuren.

Bevat DNA fosfor en/of stikstof? En bevatten aminozuren fosfor en/of stikstof?

	DNA	aminozuren
A	alleen fosfor	alleen stikstof
B	alleen fosfor	zowel fosfor als stikstof
C	alleen stikstof	alleen stikstof
D	alleen stikstof	zowel fosfor als stikstof
E	zowel fosfor als stikstof	alleen stikstof
F	zowel fosfor als stikstof	zowel fosfor als stikstof

Uitwerking

De structuren van beide organische stoffen zijn zo complex dat je ze voor je examen niet uit je hoofd kunt en hoeft te leren. Daarom kun je voor het beantwoorden van deze vraag **BiNaS** tabellen 67H en 71C gebruiken. In deze tabellen vind je dat in aminozuren alleen stikstof voorkomt en in DNA zowel fosfor als stikstof. Met behulp van deze tabellen kun je dus concluderen dat antwoord E juist is.

OEFENOPGAVE

BIOLOGISCHE WIJN

Naar: examen havo 2021-I.

Wouter onderzoekt voor zijn profielwerkstuk de mogelijkheid om voedselgewassen te verbouwen op Mars. Wouter denkt dat de teelt van bonen gebruikt kan worden om het nitraatgehalte in de bodem van Mars te verhogen. Bonenplanten leven in symbiose met stikstofbindende knolletjesbacteriën. Als bonenplanten worden ondergespit, zetten bacteriën in de bodem de stikstofhoudende organische stoffen uit de plantenresten om tot nitraat.

Bacteriën die voorkomen in de bodem op aarde zijn:

- 1 denitrificerende bacteriën
- 2 nitrificerende bacteriën
- 3 rottingsbacteriën

Bepaalde bacteriën zouden aan de bodem van Mars moeten worden toegevoegd om de omzetting van stikstofhoudende organische stoffen naar nitraat mogelijk te maken.

- 2p 1 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bacteriën hiervoor wel of niet moeten worden toegevoegd.

TIP: Zoek in het register de tabel voor de stikstofkringloop.

Het antwoord op deze oefenopgave vind je aan het eind van de *Examentrainer*.

BiNaS GEBRUIKEN ALS ANTWOORDBRON

Soms kun je het antwoord op een vraag vrijwel in zijn geheel in *BiNaS* vinden. Je moet dan natuurlijk wel weten waar je moet zoeken.

VOORBEELDOPGAVE

BERKELBIKE

Naar: examen havo 2022-I.

Bij zenuwen die buiten het ruggenmerg en de hersenen liggen, kunnen kleine beschadigingen worden hersteld. Onderzoekers ontdekten dat de cellen die de axonen omhullen, bij beschadiging groeistimulerende eiwitten produceren. Deze eiwitten stimuleren het herstel van de beschadigde axonen.

Hoe heten de cellen die deze groeistimulerende eiwitten maken? En bevinden deze cellen zich in het centraal of in het perifere zenuwstelsel?

	naam	plaats
A	cellen van Schwann	centraal zenuwstelsel
B	cellen van Schwann	perifeer zenuwstelsel
C	schakelcellen	centraal zenuwstelsel
D	schakelcellen	perifeer zenuwstelsel

Uitwerking

Met behulp van *BiNaS* kun je deze vraag beantwoorden. Je kunt bijvoorbeeld in het register zoeken op 'axon' en 'zenuwstelsel'. Als je zoekt met 'axon', kom je uit bij de tabellen 88A, 88G en 88J. Die tabellen kun je gebruiken voor beantwoording van het eerste deel van de vraag. In tabel 88A vind je het antwoord. In de tekst staat dat de cellen die de axonen omhullen groeistimulerende eiwitten produceren. In de tabel zie je in de tekening dat de schwanncel het axon omhult.

Voor het tweede deel van de vraag zoek je op 'zenuwstelsel' in het register. Dat leidt je opnieuw naar de tabellen 88. In de tekst staat dat het gaat over 'zenuwen die buiten het ruggenmerg en de hersenen liggen'. In tabel 88B zie je dat de hersenen en het ruggenmerg het centrale zenuwstelsel vormen. De rest van het zenuwstelsel (de zenuwen) is dus perifeer. Antwoord B is dus het juiste antwoord.

LONGINFECTIES BIJ CF-PATIËNTEN

Naar: examen havo 2018-I.

Onderzoek bij patiënten moet uitwijzen of het mogelijk is om de longen minder zuur te maken. Dit kan bijvoorbeeld door met een inhalator (afbeelding 3) NaHCO_3 in te ademen, zodat het in de longen komt.

■ **Afb. 3** NaHCO_3 inademen met een inhalator.



TIP: Zoek de tabellen over het zenuwstelsel in *BiNaS* door van klein naar groot te denken.

- 1p **2** Noteer de namen van vier delen van de luchtwegen waar de NaHCO_3 -deeltjes uit de inhalator doorheen gaan voordat ze de longblaasjes bereiken.

IJSKOUD DE BESTE?

Naar: examen havo 2022-III.

Er zijn mensen die na het eten van een liter geschaafd ijs korte tijd last krijgen van een hartritmestoornis. De koude vloeistof in de slokdarm veroorzaakt afkoeling van een deel van het hart en daarmee wordt de elektrische geleiding van de boezems beïnvloed. De impulsgeleiding verloopt dan chaotisch en ongecontroleerd, waardoor de boezems niet meer effectief samentrekken (boezemfibrilleren). De kamers trekken bij boezemfibrilleren nog wel gecoördineerd samen.

TIP: Zoek in de inhoudsopgave van *BiNaS* de tabel over de werking van het hart.

- 1p **3** Noteer de naam van de groep cellen die de impulsen in het hart opwekt.

De antwoorden op deze oefenopgaven vind je aan het eind van de *Examentrainer*.

BiNaS GEBRUIKEN ALS GEHEUGENSTEUN

Weet je het antwoord op een opdracht, dan kun je *BiNaS* gebruiken om het antwoord te controleren.

VOORBEELDOPGAVE

VACCINATIE TEGEN MAZELEN

Naar: examen havo 2022-I.

Een geïnfecteerde lymfocyt komt vanuit het lymfevatensysteem bij de sleutelbeenader in de bloedsomloop. Een aantal bloedvaten zijn:

- 1 aorta
- 2 bovenste holle ader
- 3 longader
- 4 longslagader
- 5 miltader
- 6 miltslagader
- 7 onderste holle ader

Door welke van deze bloedvaten gaat de geïnfecteerde lymfocyt op de kortste weg vanuit de sleutelbeenader tot aan de milt? Noteer de betreffende nummers in de juiste volgorde.

Uitwerking

In thema 11 (Transport) heb je geleerd hoe de bloedsomloop in elkaar zit. Je denkt dat je het antwoord op de vraag weet. Je begint met nummer 2 en komt tot de volgende volgorde: 2 bovenste holle ader – 4 longslagader – 3 longader – 1 aorta – 6 miltslagader. Voor de zekerheid neem je **BiNaS** tabel 84A *Bloedsomloop volwassene* erbij. De sleutelbeenader staat niet op de tekening, maar die zal in de buurt liggen van de bovenste holle ader die bij het sleutelbeen ligt. Daarna volg je de pijlen in de afbeelding van tabel 84A. Je merkt op dat bij elk orgaan de slagader naar het orgaan toegaat, dus ook bij de milt. Je ziet dan dat je antwoord juist is.

OEFENOPGAVE

PAS OP VOOR TEKENBETEN!

Naar: examen havo 2021-I.

Tijdens een introductieactiviteit van de hbo-opleiding Bos- en natuurbeheer spelen Stijn en zijn medestudenten een kennismakingsspel in het bos. Aan het eind van de dag wordt tegen alle studenten gezegd dat ze zich goed moeten controleren op teken. 's Avonds bemerkt Stijn dat hij een teek in zijn knieholte heeft. Het speeksel van een teek bevat zowel een verdovende stof als een stof die bloedstolling tegengaat. Door de verdovende stof heeft Stijn de tekenbeet niet gevoeld en door de stollingsremmer kan de teek lange tijd bloed blijven zuigen zonder dat er stolsels ontstaan.

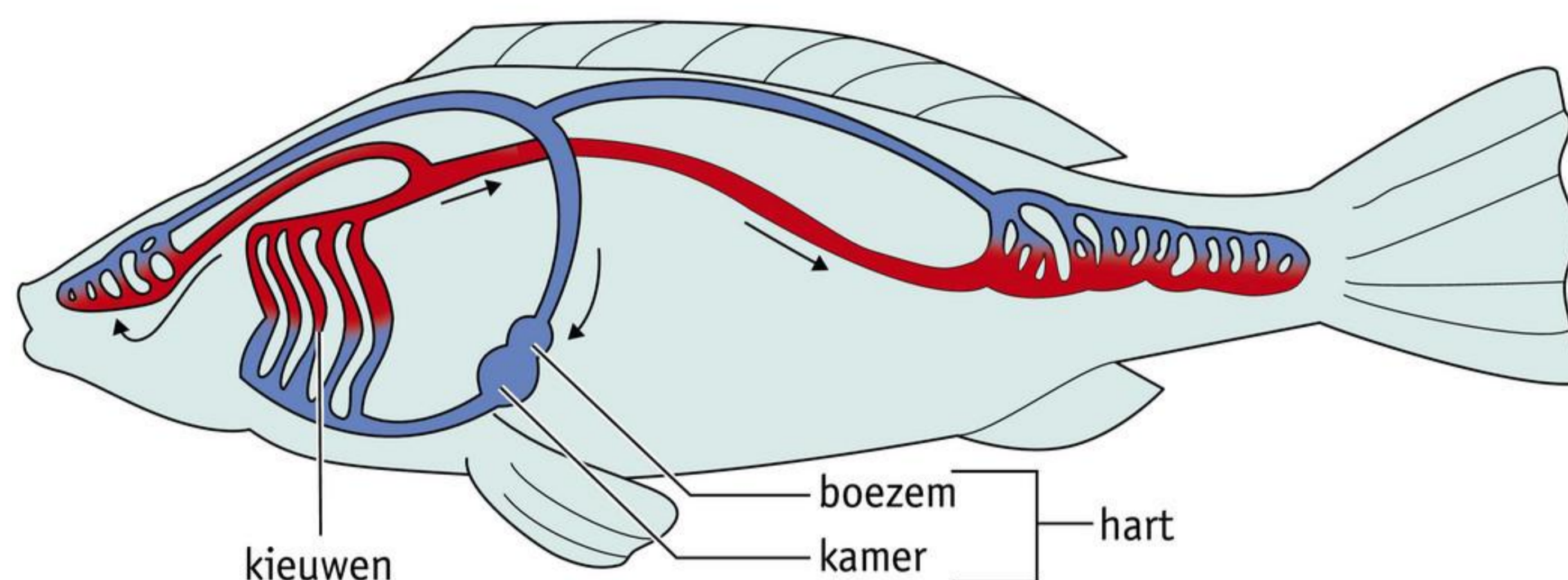
TIP: De vraag gaat over de huid. Zoek 'huid' op in het register van *BiNaS*.

- 12 **a** Welke manieren van transport heeft een eencellige zoals een amoëbe? Noem er drie.
b Waarom hebben eencelligen zoals een pantoffeldiertje geen bloedsomloop nodig?
- 13 **a** Waarom is er bij een open circulatiesysteem geen sprake van bloed, maar van lichaamsvloeistof?
b Waarom hebben organismen zoals sprinkhanen en regenwormen wel een circulatiesysteem nodig?
c Wat is het nadeel van een open circulatiesysteem ten opzichte van een gesloten circulatiesysteem?
d Leg uit waarom een open circulatiesysteem niet geschikt is voor organismen zoals mensen of olifanten.

ENKELE BLOEDSOMLOOP

Bij vissen stroomt het bloed vanuit het hart eerst naar de kieuwen (zie afbeelding 12). Hierna stroomt het bloed naar de andere organen van het lichaam. Vissen hebben een enkele bloedsomloop: per omloop stroomt het bloed één keer door het hart. Het hart van een vis bestaat uit een boezem en een kamer. Het bloed dat van de organen naar het hart stroomt, verzamelt zich in de boezem. De boezem pompt het bloed naar de kamer. De kamer pompt het bloed naar de kieuwen, daarna stroomt het bloed verder naar de organen.

■ **Afb. 12** Enkele bloedsomloop van een vis.



DUBBELE BLOEDSOMLOOP

In afbeelding 13 is de bloedsomloop van de mens schematisch getekend. Het roodgekleurde deel bevat zuurstofrijk bloed en het blauwgekleurde deel bevat zuurstofarm bloed. Je ziet dat het hart uit twee gescheiden helften bestaat: een linkerharthelft en een rechterharthelft. Let erop dat afbeeldingen van het bloedvatensysteem en het hart steeds in vooraanzicht zijn getekend. De linkerharthelft zie je dus rechts in de tekening. Iedere harthelft bestaat uit een boezem en een kamer.

De rechterhelft van het hart pompt zuurstofarm bloed naar beide longen. In de longen neemt het bloed zuurstof op en geeft het koolstofdioxide af. Vanuit de longen stroomt het zuurstofrijke bloed naar de linkerharthelft. Dit deel van de bloedsomloop heet de **kleine bloedsomloop**.

- 1p 4 Welke huidlaag moet het speeksel van de teek minimaal bereiken, zodat het zowel verdovend als stollingsremmend kan werken?
- A de hoornlaag
 - B de kiemlaag
 - C de lederhuid
 - D het onderhuids bindweefsel

Het antwoord op deze oefenopgave vind je aan het eind van de *Examentrainer*.

Belangrijke tabellen in BiNaS:

- 67F t/m H en L voor de structuren van moleculen
- 70A t/m D voor bouw van chromosomen
- 76A t/m B voor celcyclus, mitose en meiose
- 77C voor levenscyclus virus
- 78 voor indeling rijken en celkenmerken
- 79A t/m D voor cellen en celorganellen
- 82A t/m G voor verteringsstelsel en voedingsstoffen
- 83A t/m E voor ademhalingsstelsel en opname CO₂
- 84A t/m E, G en K t/m O, voor bloedsomloop, immuniteit en bloedstolling
- 85A t/m D voor nieren
- 86C en E voor voortplanting
- 87A en B voor zintuigen
- 88A t/m L voor zenuwstelsel
- 89A t/m C voor hormoonstelsel
- 91A t/m C weefsel van planten
- 93A, D1, D2, F en G voor energiestroom en kringlopen

3 OPEN VRAGEN

Op het centraal examen kom je de volgende soorten open vragen tegen:

- argumentatievragen
- vragen met een kort antwoord
- rekenvragen

Per soort open vraag volgt hier een stappenplan of volgen tips, waarmee je de vragen op de juiste manier kunt beantwoorden.

ARGUMENTATIEVRAGEN

Argumentatievragen zijn vragen waarbij je iets moet uitleggen, verklaren of beredeneren. Soms is het moeilijk om zo'n vraag op de juiste wijze te beantwoorden. Het kan dan handig zijn om dit stap voor stap aan te pakken.

Stap 1 Selecteer de vraag.

Ga eerst na in welke zin in de tekst de echte vraag staat.

Stap 2 Vervang de verwijswaarden.

Vervang de verwijswaarden in de vraag door begrippen. Bij verwijswaarden kun je denken aan de woorden *die*, *dat*, *deze*, *daar*, enzovoort. Zorg er dus voor dat er begrippen in de vraag staan en geen woorden die verwijzen naar iets wat al eerder in de tekst is genoemd. Schrijf de vraag opnieuw, maar nu met de begrippen.

Stap 3 Markeer het opdrachtwoord.

Markeer met kleur 1 het opdrachtwoord. Dit woord geeft aan wat je moet doen. Opdrachtwoorden die in het examen veel worden gebruikt, zijn *leg uit*, *verklaar*, *beredeneer*, *beschrijf*, *geef een argument*, *geef een verklaring* en *licht toe*.

Stap 4 Markeer de begrippen.

Markeer met kleur 2 de begrippen waarover de vraag gaat (zie afbeelding 4). De begrippen zijn bijna altijd woorden die je bij het vak biologie hebt geleerd, maar het kunnen ook woorden zijn die worden beschreven in de tekst bij de vraag.

■ **Afb. 4** Lees de tekst zorgvuldig en markeer begrippen.



Stap 5 Omschrijf de begrippen.

Omschrijf op een kladblaadje elk begrip dat je hebt gemarkeerd. Voor elk begrip gebruik je een nieuwe zin.

Stap 6 Formuleer het antwoord.

Formuleer nu het antwoord met de begrippen van stap 5. Het antwoord bestaat uit:

- de omschrijving van de begrippen
- een verbindingswoord
- de uitlegzin

Verbindingswoorden zijn bijvoorbeeld *daarom, omdat, daardoor, zodat, dus*, enzovoort.

In de voorbeeldopgave hierna zijn de volgende kleuren gebruikt:

- kleur 1: **groen** – opdrachtwoord
- kleur 2: **blauw** – begrip
- kleur 3: **geel** – verbindingswoord

Je kunt bij het markeren natuurlijk ook je eigen kleuren kiezen, maar zorg ervoor dat je steeds dezelfde kleur voor hetzelfde type woord gebruikt.

VOORBEELDOPGAVE

ALG DOET PALMOLIE NA

Naar: examen havo 2022-I.

Door de aanleg van oliepalmlantages 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.

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.

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.

Het nadeel van deze alg is dat hij alleen in zoet water leeft. Voor grootschalige productie heeft een zoutwateralg de voorkeur. Daarom deed De Jaeger vervolgonderzoek naar de alg *Neochloris oleoabundans*, die ook olie produceert en overleeft in zout water.

Door genetisch onderzoek weet De Jaeger welke genen verantwoordelijk zijn voor de zouttolerantie van de alg *N. oleoabundans*.

Beschrijf hoe met gebruik van deze kennis een zouttolerante *S. obliquus* kan worden ontwikkeld.

Uitwerking

Stap 1 Selecteer de vraag.

De vraag is: 'Beschrijf hoe met gebruik van deze kennis een zouttolerante *S. obliquus* kan worden ontwikkeld.'

Stap 2 Vervang de verwijzwoorden.

In de vraag staat het woord 'deze'. Dit is een verwijzwoord en het verwijst naar een bepaald soort kennis, namelijk: *welke genen verantwoordelijk zijn voor de zouttolerantie*. Je kunt de vraag dan zo herformuleren:

'Beschrijf hoe met gebruik van de kennis over de genen van de zouttolerantie in *N. oleoabundans* een zouttolerante *S. obliquus* kan worden ontwikkeld.'

Stap 3 Markeer het opdrachtwoord.

Beschrijf hoe met gebruik van de kennis over de genen van de zouttolerantie in *N. oleoabundans* een zouttolerante *S. obliquus* kan worden ontwikkeld.

Stap 4 Markeer de begrippen.

Beschrijf hoe met gebruik van de kennis over de **genen** van de **zouttolerantie** in ***N. oleoabundans*** een zouttolerante ***S. obliquus*** kan worden ontwikkeld.

Stap 5 Omschrijf de begrippen.

Zouttolerantiegenen zijn delen van een chromosoom die erfelijke informatie bevatten over **zouttolerantie**.

N. oleoabundans en ***S. obliquus*** zijn algen.

Stap 6 Formuleer het antwoord.

De zouttolerantiegenen van de alg ***N. oleoabundans*** moeten in het erfelijk materiaal van de alg ***S. obliquus*** worden gebracht **door** *genetische modificatie*.

OEFENOPGAVEN

HUIDCELLEN ALS VISVOER

Naar: examen havo 2021-III.

In Kangal, Turkije, zijn warmwaterbronnen waar je jezelf kunt 'aanbieden' als visvoer. Als je een hand of een voet in het water steekt, komen er onmiddellijk kleine visjes aan je huid knabbelen (afbeelding 5). De lokale bevolking schrijft een heilzame werking aan dit gedrag van de visjes toe.

Waarschijnlijk helpen de mensen de vissen (*Garra rufa*) meer dan dat de vissen de mensen helpen. Dode huidcellen vormen namelijk een noodzakelijke voedselbron voor de vissen. Hun oorspronkelijke voedsel – algen en kreeftjes – overleeft minder goed in de warmwaterbronnen. De soort komt van oorsprong voor in kreekjes en meren die in verbinding stonden met de warmwaterbronnen. In de loop van de tijd zijn deze kreekjes en meren gescheiden geraakt van de warmwaterbronnen. De populatie *Garra rufa* in de kreekjes en meren voedt zich met algen en kreeftenlarven. Als het voedselaanbod beperkt is, eten deze vissen soortgenoten.

De vissenpopulatie die nu in de warmwaterbronnen leeft, heeft zich aangepast aan het eten van menselijke huidcellen. Er wordt door wetenschappers gesuggereerd dat de vissen in de warmwaterbronnen als gevolg van hun voedselspecialisatie tot een nieuwe soort zullen evolueren.

■ Afb. 5



TIP: Bekijk wat precies de vraag is die je moet beantwoorden in opgave 1.

- 3p 1 Beschrijf:
- de variatie
 - de isolatie
 - en de natuurlijke selectie die zullen bijdragen aan deze evolutie van *Garra rufa*

BRUINVIS VERHONGERT IN ZEE VOL VIS

Naar: examen havo 2019-II.

De bruinvis is een zeezoogdier van ongeveer anderhalve meter. Door onder andere de verminderde visserijdruk en de verbeterde waterkwaliteit zwemmen er tegenwoordig weer zo'n driehonderdduizend bruinvissen in de Noordzee. In de zomermaanden spoelen relatief veel dode bruinvissen aan (afbeelding 6). De aangespoelde dieren blijken uitgehongerd, terwijl er meer dan voldoende voedsel is te vinden. Marien biologen onderzoeken wat de oorzaak is van het verhongeren van de aangespoelde dieren. Hiervoor wordt de maaginhoud van een aangespoelde bruinvis geanalyseerd. In de maag worden vooral skeletdelen van kreeftachtigen, inktvissen, zeeslakken en vissen aangetroffen. Aan de hand van deze delen kunnen de prooidieren worden gedetermineerd.

■ Afb. 6 Een dode bruinvis op het strand.



TIP: Bekijk waarnaar het verwijswoord 'deze' verwijst in opgave 2.

- 1p **2** Verklaar waardoor juist deze delen van de prooidieren worden aangetroffen.

BIOLOGISCHE WIJN

Naar: examen havo 2021-III.

Biologische wijnboer Bernhard maakt bij de druiventeelt en de productie van zijn wijnen zoveel mogelijk gebruik van natuurlijke processen.

In een biologische wijngaard wordt niet gebruikgemaakt van kunstmest en chemische bestrijdingsmiddelen. Bestrijdingsmiddelen kunnen weliswaar aantasting van de druiven door micro-organismen verminderen, maar veroorzaken ook vervuiling van het grondwater en doden veel bodemorganismen. Bodemleven is juist belangrijk voor de productiviteit van de druivenplanten.

Door de activiteit van wormen, die voornamelijk leven van afgestorven plantenmateriaal, wordt de bodem goed belucht. Deze beluchting is belangrijk voor actief transport in plantenwortels.

TIP: Bepaal wat het opdrachtwoord in opgave 3 is.

- 3p **3** Leg uit dat beluchting van de bodem belangrijk is voor actief transport door de cellen van de plantenwortels.

TIP: Bij opgave 4 moet je iets uitleggen. Ga na hoeveel begrippen je moet markeren.

- 2p **4** Bernhard maakt gebruik van dierlijke mest en compost in plaats van kunstmest. Daarbij is het belangrijk dat schimmels en bacteriën in de bodem in leven blijven.
Leg uit dat schimmels en bacteriën in de bodem van de wijngaard belangrijk zijn voor een hoge opbrengst.

TIP: Bepaal welke begrippen je moet omschrijven voor de beantwoording van opgave 5.

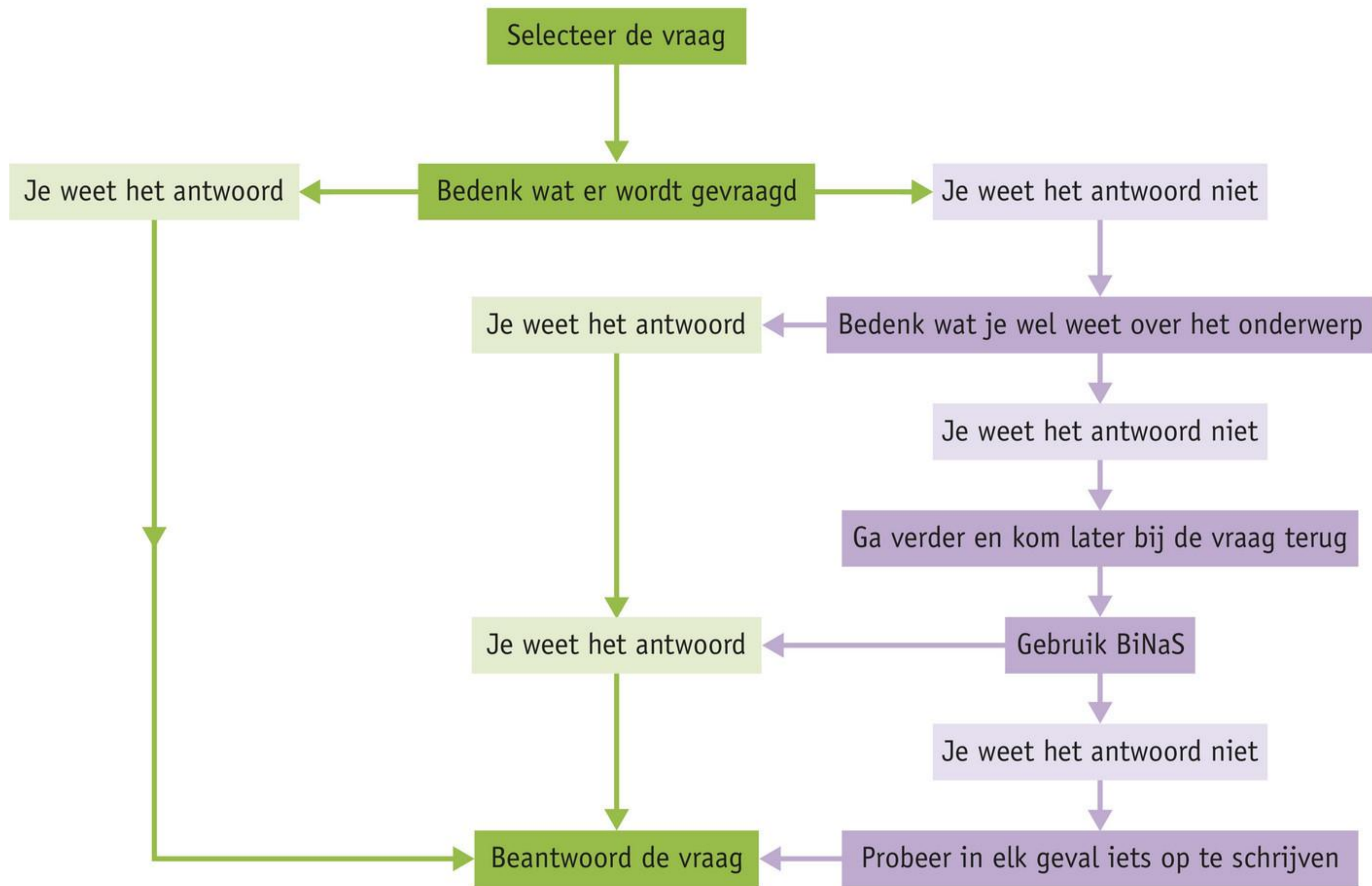
- 1p **5** Bernhard maakt ook gebruik van groenbemesting. Hiervoor zaait hij klaver, die in symbiose leeft met bacteriën in de wortelknolletjes. Door het onderspitten van de klaverplanten wordt de stikstofvoorraad in de bodem aangevuld. De bemesting is nodig, omdat de stikstofkringloop bij druiventeelt niet gesloten is. Verklaar dat door de wijnproductie stikstof uit de kringloop van de wijngaard verdwijnt.

De antwoorden op deze oefenopgaven vind je aan het eind van de *Examentrainer*.

VRAGEN MET EEN KORT ANTWOORD

Vragen met een kort antwoord zijn vaak kennisvragen. Met een kennisvraag is het zo: je weet het antwoord wel of je weet het antwoord niet. Toch kan het ook bij deze vragen nuttig zijn om voor een vaste aanpak te kiezen. Een voorbeeld van zo'n aanpak zie je in het stappenplan van afbeelding 7.

■ **Afb. 7** Stappenplan voor het beantwoorden van kennisvragen.



VOORBEELDOPGAVE

FANTOOMPIJN BESTRIJDEN MET VIRTUAL REALITY

Naar: examen havo 2022-II.

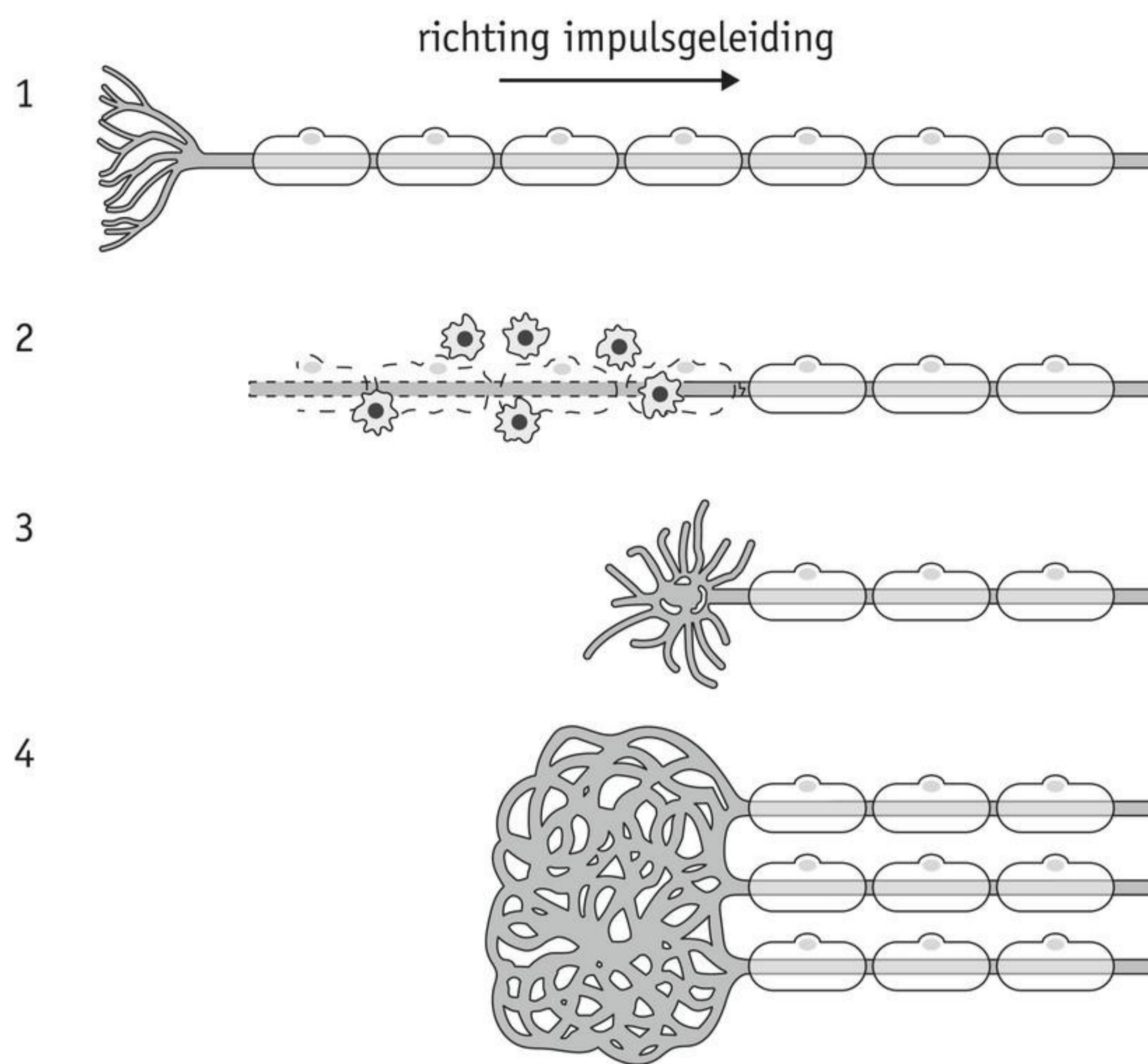
Corry van der Sluis is revalidatiearts en onderzoeker in het Universitair Medisch Centrum Groningen. Ze hoopt met behulp van virtual reality fantoompijn te kunnen bestrijden.

Fantoompijn is pijn die wordt gevoeld in een geamputeerd deel van het lichaam. Een theorie is dat het pijngevoel wordt veroorzaakt door een zogenoemd neuroma, dat wordt gevormd op de plaats waar een perifere zenuw is doorgesneden als gevolg van een amputatie. Het ontstaan van een neuroma is in afbeelding 8 in vier stappen weergegeven:

- 1 Een gezonde sensorische zenuwcel heeft een dendriet met een myelineschede.
- 2 Na de amputatie ruimen witte bloedcellen celresten op rondom de beschadigde zenuwcel.
- 3 De zenuwcel vormt nieuwe uitlopers.
- 4 De nieuwe uitlopers van meerdere zenuwcellen vormen een kluwen: een neuroma.

In het neuroma kunnen spontaan actiepotentialen (impulsen) ontstaan die leiden tot het pijngevoel.

■ **Afb. 8** Het ontstaan van een neuroma.



- Noteer de naam van de cellen waaruit de myelineschede bestaat.
- Noteer de functie van de myelineschede.

Uitwerking

Je weet het antwoord op deze twee vragen niet en besluit het stappenplan in afbeelding 7 te gebruiken. Je bedenkt over welk onderwerp deze vraag zou kunnen gaan. Je ziet een zenuwcel en leest ‘zenuwcel’ en ‘uitloper’. Misschien herken je ook de dendriet en de myelineschede. Het onderwerp van deze vraag is hoogstwaarschijnlijk het zenuwstelsel.

Je slaat de vraag over en gaat verder met de andere vragen van het examen. Aan het eind van het examen kom je terug bij deze vraag, maar je weet nog steeds het antwoord niet.

Je kijkt in *BiNaS* en komt uit bij tabel 88A. Daar vind je dat de schwanncellen de myelineschede vormen. Nu je de afbeelding in *BiNaS* ziet, bedenk je dat er een stroompje door de zenuwcellen loopt. Je vult als functie ‘isolatie’ in. Je beide antwoorden blijken juist te zijn.

OEFENOPGAVE

TIP: Gebruik het stappenplan in afbeelding 7 als je het antwoord niet meteen weet.

BERKELBIKE

Naar: examen havo 2022-I.

Tobias wil zijn spieren in conditie houden, omdat hij hoopt ooit te genezen van zijn dwarslaesie. Een dwarslaesie is nu nog niet te genezen, omdat de beschadigde zenuwcellen niet vanzelf herstellen. Onderzoekers proberen nu ongedifferentieerde cellen van patiënten te laten uitgroeien tot zenuwcellen waarmee de beschadiging in het zenuwstelsel zou kunnen worden hersteld.

1p **6** Noteer de naam van ongedifferentieerde cellen.

Het antwoord op deze oefenopgave vind je aan het eind van de *Examentrainer*.

REKENVRAGEN

Bij rekenvragen op je examen moet je laten zien hoe je tot je antwoord bent gekomen. Laat je geen berekening zien, dan krijg je meestal geen punten. Het is daarom handig een rekenvraag op de volgende wijze aan te pakken:

Stap 1 Markeer de gegevens.

Begin met het markeren van de gegevens die je nodig hebt voor je berekening. Doe dit op het vragenblad van het examen.

Stap 2 Neem de gegevens over.

Neem daarna deze gegevens over op je antwoordpapier. Je moet immers de berekening laten zien.

Stap 3 Maak de berekening.

Tot slot schrijf je je berekening stap voor stap op en maak je de berekening.

Je kunt natuurlijk ook eerst de stappen 2 en 3 op een kladblaadje schrijven, en daarna de berekening en het antwoord overnemen op je antwoordpapier.

VOORBEELDOPGAVE

PAS OP VOOR TEKENBETEN!

Naar: examen havo 2021-I.

Lisa is met haar vriendinnen Jaimy en Julia naar Chersonissos gegaan om lekker vakantie te vieren in de zon. Zonnen is heerlijk, maar te veel zon kan verbranding en huidkanker veroorzaken. Ook je ogen lopen risico.

De meisjes hebben niet allemaal hetzelfde erfelijk bepaalde huidtype. In tabel 1 staat een indeling van de verschillende huidtypen. In de derde kolom staat hoelang iemand onbeschermd in de zon kan verblijven voordat er verbrandingsverschijnselen optreden bij een zonkracht met sterkte 1. De zonkracht kan in Europa variëren tussen 0 en 15. Lisa heeft huidtype 1 en kan volgens tabel 1 bij zonkracht 1 dus 60 minuten onbeschermd in de zon liggen. Bij een sterkere zonkracht moet de maximale tijd bij zonkracht 1 worden gedeeld door de zonkracht. Voor Lisa betekent dit, dat ze bij zonkracht 3 dan 20 minuten onbeschermd kan zonnen. Deze tijd kan verlengd worden als ze zich insmeert met zonnebrandcrème.

Crème met een factor 20 die dik genoeg is aangebracht, zorgt ervoor dat je 20 keer zo lang in de zon kunt verblijven zonder te verbranden. Jaimy heeft huidtype 3 en Julia heeft huidtype 2.

De meisjes smeren zich regelmatig goed in met een zonnebrandcrème met factor 30. Op hun eerste stranddag is de zonkracht 10.

Tabel 1 Huidtypen.

huidtype	omschrijving	maximale tijd onbeschermd in de zon bij zonkracht 1
1	zeer lichte huid; verbrandt zeer snel; wordt niet bruin	60 minuten
2	lichte huid; verbrandt snel; wordt langzaam bruin	100 minuten
3	licht getinte huid; verbrandt zelden; wordt gemakkelijk bruin	200 minuten
4	getinte huid; verbrandt bijna nooit; bruint zeer goed	300 minuten

Bereken hoeveel minuten Julia, volgens tabel 1, maximaal kan blijven zonnen voordat ze verbrandingsverschijnselen krijgt. Noteer je berekening.

Uitwerking

Stap 1

In de tekst van de opdracht markeer je de gegevens die van belang zijn voor de berekening. In deze voorbeeldopgave is dat al voorgedaan.

Stap 2

Benodigde gegevens voor deze opdracht zijn:

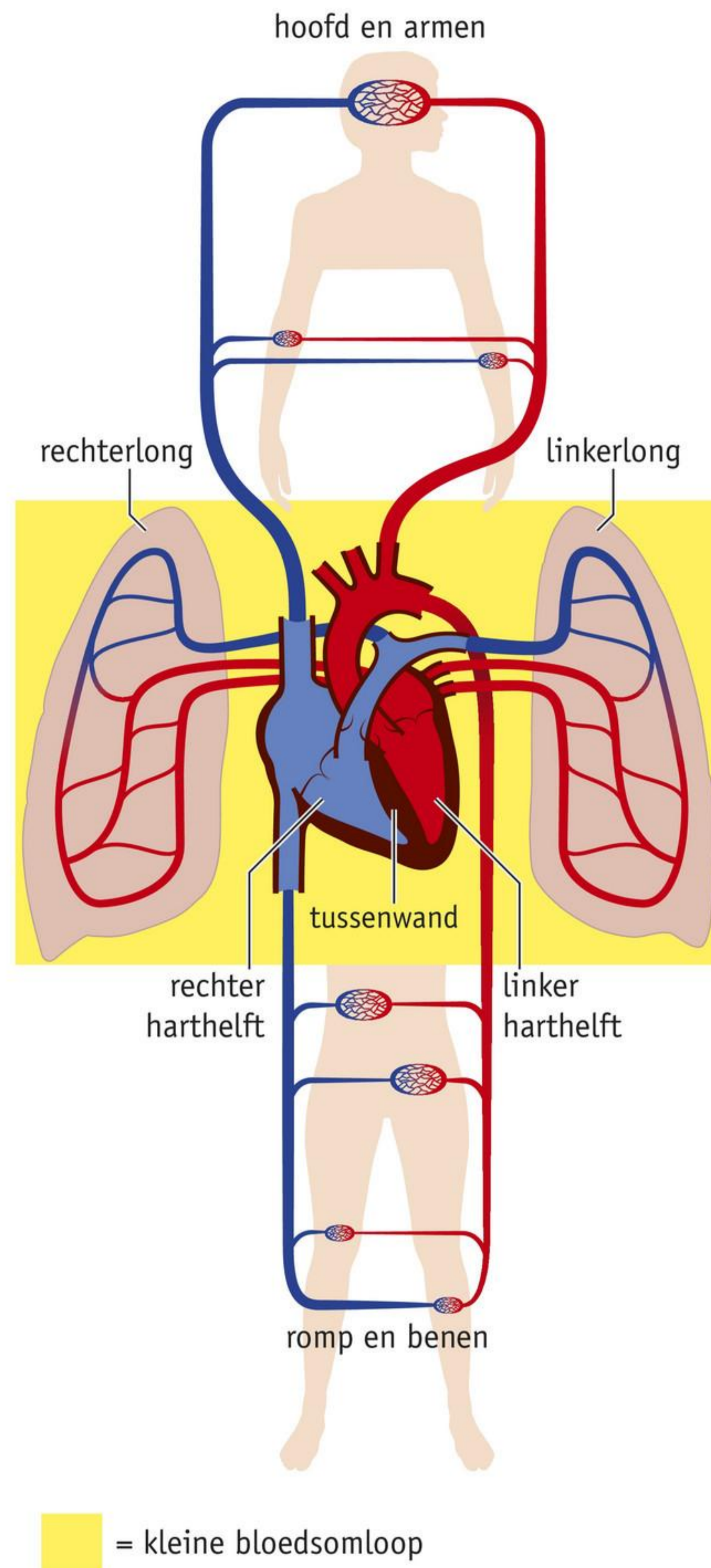
- huidtype 2 → 100 minuten bij zonkracht 1
- het is zonkracht 10
- zonnebrandcrème met factor 30

Stap 3

Bij een sterkere zonkracht moet je de maximale tijd bij zonkracht 1 delen door de zonkracht, dus $\frac{100}{10} = 10$ minuten

Crème met een factor 20 die dik genoeg is aangebracht, zorgt ervoor dat je 20 keer zo lang in de zon kunt verblijven zonder te verbranden. Er wordt gevraagd naar een crème met factor 30, dus $10 \text{ minuten} \times 30 = 300 \text{ minuten}$.

■ Afb. 13 Dubbele bloedsomloop van een mens.



De linkerhelft van het hart pompt het bloed door het hele lichaam. Zuurstofrijk bloed stroomt naar alle organen en daar worden zuurstof en voedingsstoffen (zoals glucose) afgegeven aan de cellen. Koolstofdioxide en andere afvalstoffen uit de cellen worden opgenomen in het bloed. Vanuit de organen stroomt zuurstofarm bloed weer terug naar de rechterharthelft. Dit deel van de bloedsomloop heet de **grote bloedsomloop**.

Per omloop stroomt het bloed twee keer door het hart. De bloedsomloop bij de mens heet daarom een dubbele bloedsomloop. In vergelijking met een enkele bloedsomloop kun je met een dubbele bloedsomloop een hogere druk bereiken. Een dubbele bloedsomloop tref je aan bij alle vogels en zoogdieren.

OEFENOPGAVE

TIP: Bepaal welke gegevens je nodig hebt voor je berekening.

BRUINVIS VERHONGERT IN ZEE VOL VIS

Naar: examen havo 2019-II.

De bruinvis is een zeezoogdier van ongeveer anderhalve meter. Door onder andere de verminderde visserijdruk en de verbeterde waterkwaliteit zwemmen er tegenwoordig weer zo'n driehonderdduizend bruinvissen in de Noordzee. Bruinvissen zijn uitstekende jagers. Onderzoek heeft aangetoond dat jonge bruinvissen per uur 550 pogingen kunnen doen om een prooi te vangen. Ongeveer 90% van deze pogingen is succesvol. Per succesvolle poging wordt een visje van gemiddeld 1 gram gevangen. Per dag heeft een jonge bruinvis 2 kilogram vis nodig.

- 2p **7** Laat met een berekening zien hoeveel uren een jonge bruinvis per dag ongeveer moet jagen.

Het antwoord op deze oefenopgave vind je aan het eind van de *Examentrainer*.

4 MEERKEUZEVRAGEN

Meerkeuzevragen zijn vragen waarbij je moet kiezen uit een beperkt aantal voorgeschreven mogelijkheden. De meest voorkomende meerkeuzevraag is de vraag waarbij je moet kiezen uit vier antwoordopties: A, B, C of D. Andere vragen die je vaak op het examen tegenkomt, zie je in afbeelding 9: bij elk voorbeeld moet je kiezen uit twee antwoordopties: 'wel' of 'niet'. Bij dit soort vragen kom je ook de antwoordopties 'juist' of 'onjuist' tegen.

■ **Afb. 9** Een meerkeuzevraag uit het examen 2022-III.

Hieronder staan eigenschappen die een lichaamscel kan hebben.

- 1 bevat mitochondriën
- 2 kan zich differentiëren
- 3 produceert eiwitten

Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of een stamcel de betreffende eigenschap **wel** of **niet** heeft.

Maar ook de vraag in afbeelding 10 is een meerkeuzevraag. Je moet namelijk kiezen uit vijf letters in de afbeelding.

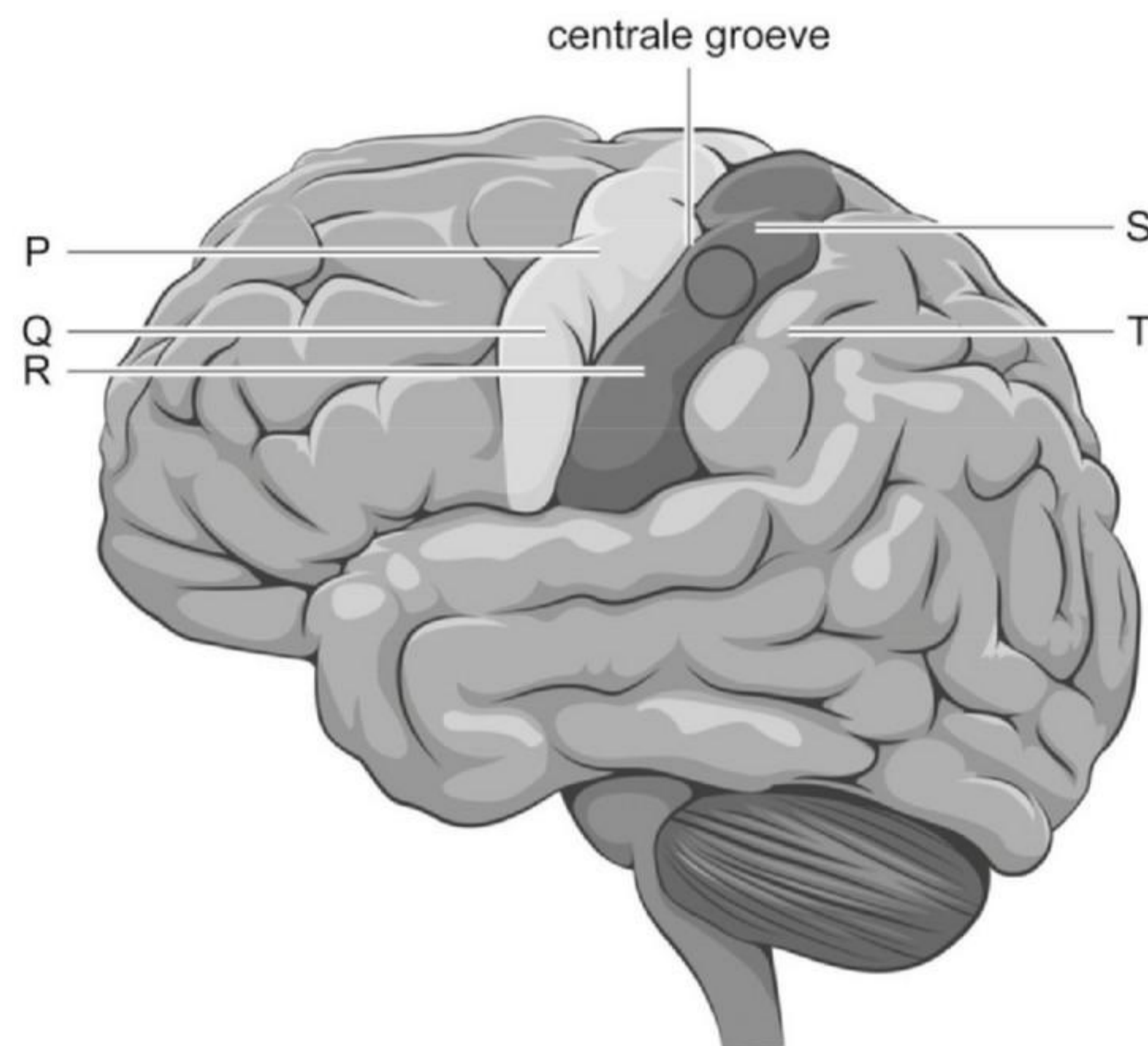
Meerkeuzevragen kun je beantwoorden door een vaste methode te gebruiken: de rondenmethode. In deze methode werk je de meerkeuzevragen af in verschillende ronden.

- In ronde 1 beantwoord je alleen de vragen waarop je het antwoord zeker weet. De vragen waarop je het antwoord niet weet, laat je dus even onbeantwoord.
- In ronde 2 beantwoord je de moeilijke vragen. Hierbij kun je kiezen uit drie opties:
 - Leg een kladblaadje op de antwoorden. Probeer het antwoord op te schrijven zonder naar de antwoordmogelijkheden te kijken. Bekijk daarna pas de antwoordmogelijkheden. Kies het antwoord dat hetzelfde is als jouw antwoord of dat het dichtst bij jouw antwoord ligt.
 - Schrijf de vraag op in je eigen woorden. Let daarbij goed op woorden als 'niet', 'wel' en 'geen'. Als je de vraag in je eigen woorden hebt opgeschreven, denk je misschien: aha, dat wordt bedoeld. Begin daarna met het wegstrepen van de onmogelijke antwoorden. Maak dan een keuze uit de overgebleven antwoordmogelijkheden. Als je tussen twee antwoorden twijfelt, kan het helpen op een kladblaadje te schrijven wat precies het verschil is tussen deze twee antwoorden. Als je het verschil hebt gevonden, lees je de vraag nog een keer en kies je het juiste antwoord.
 - Blader door *BiNaS*. Misschien vind je daarin het antwoord. Lees de vraag nog een keer en maak een keuze.
- In ronde 3 beantwoord je de vragen waarbij je geen idee hebt wat het goede antwoord is. Je móét kiezen: als je dat niet doet, krijg je sowieso geen punten voor de vraag.

■ **Afb. 10** Een meerkeuzevraag uit het examen 2022-II.

In afbeelding 2 is met een zwarte cirkel een gebied van de hersenschors aangegeven dat werkeloos is als gevolg van de amputatie van een hand. Dit gebied wordt nu gebruikt door een nabijgelegen hersengebied dat sensorische informatie van het gezicht verwerkt.

afbeelding 2



1p 37 Noteer welke letter in afbeelding 2 het gebied aangeeft waarin de sensorische informatie van het gezicht wordt verwerkt.

Controleer achteraf altijd of je alle vragen hebt beantwoord. Verbeter niets meer, tenzij je het heel zeker weet. Als je op het eind van je examen nog antwoorden verbetert, doe je dat vaak uit onzekerheid of stress. Je neemt dan geen goede beslissingen meer. Vertrouw dus op je eerste ingeving. Deze blijkt vaak de juiste te zijn.

Belangrijk is ook om te oefenen met meerkeuzevragen in oude examens of in de *Test jezelfs*. Hoe meer je oefent, hoe beter je erin wordt. Je raakt gewend aan de manier van vragen stellen en het kiezen van het juiste antwoord.

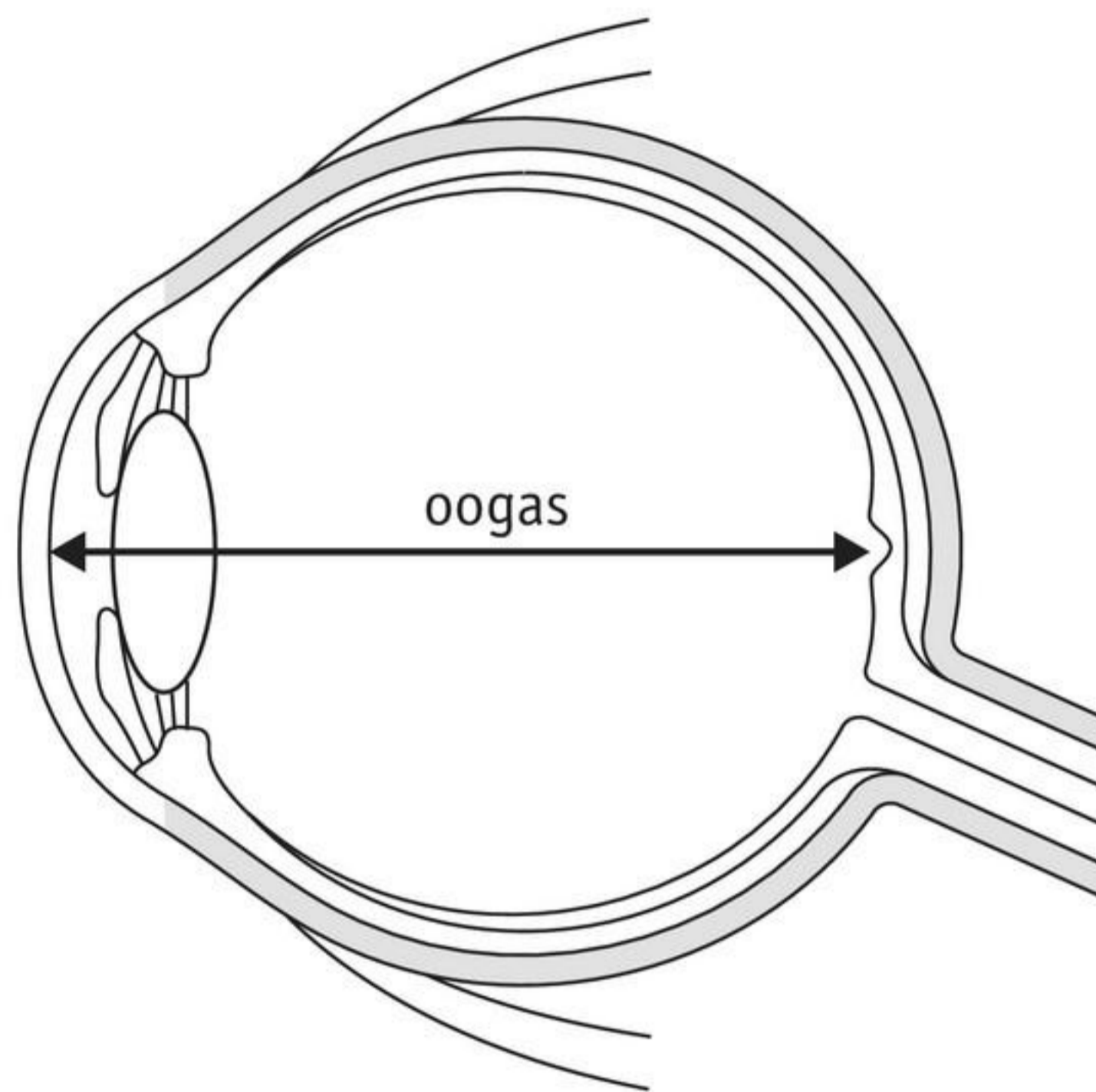
BIJZIENDHEID, EEN GROEIEND PROBLEEM

Naar: examen havo 2022-III.

Jimmy is 9 jaar en draagt een bril om in de verte scherp te kunnen zien. Omdat zijn bijziendheid de afgelopen tijd snel is toegenomen, gaat hij met zijn ouders naar Caroline Klaver, oogarts in het Erasmus Medisch Centrum. Klaver doet onderzoek naar de rol van genen en van de omgeving bij het ontstaan van bijziendheid.

Jimmy leest veel en speelt vaak spelletjes op zijn tablet. Zijn ogen moeten zich dan inspinnen om het beeld scherp op het netvlies te projecteren. De lengte van de oogas van Jimmy is de laatste jaren toegenomen (afbeelding 11). Hij is daardoor bijziend.

■ Afb. 11 Oogas.



Kost scherpstellen op voorwerpen dichtbij nu meer of minder energie dan toen Jimmy nog niet bijziend was? En heeft hij nu een bril nodig met bolle of met holle lenzen om op afstand scherp te kunnen zien?

	scherpstellen	bril met
A	meer	bolle lenzen
B	meer	holle lenzen
C	minder	bolle lenzen
D	minder	holle lenzen

Uitwerking

Je weet het antwoord niet meteen, dus je kiest ervoor om deze vraag in ronde 2 opnieuw te bekijken. Als je de vraag in ronde 2 bekijkt, weet je dat het een bril met holle lenzen moet zijn, dus je streept de antwoorden A en C weg. De antwoorden B en D blijven over, maar je weet niet of scherpstellen meer of minder moeite kost. Je bladert door *BiNaS*, maar *BiNaS* kan je niet helpen. Je moet een antwoord kiezen en kiest antwoord D. Dit antwoord blijkt juist te zijn.

LEVEN ZONDER MILT

Naar: examen havo 2022-III.

Tessa is drie jaar geleden van haar paard gevallen. Als gevolg van deze val moest haar milt worden verwijderd. Als de milt is verwijderd, ontstaat er een stoornis in de afweer. Besmetting met bepaalde bacteriën zoals *Streptococcus pneumoniae* kan dan leiden tot een levensbedreigende infectie. Om zo'n infectie te voorkomen, kreeg Tessa twee weken na de operatie een vaccinatie tegen een aantal soorten bacteriën.

TIP: Kies een van de drie methoden als je het antwoord op deze vraag niet zeker weet.

- 2p **1** Worden als gevolg van de vaccinatie antistoffen of antigenen gemaakt door het lichaam van Tessa? En hoe reageren bepaalde witte bloedcellen op bacteriën waaraan deze stoffen zijn gehecht?

	geproduceerde stoffen	reactie van witte bloedcellen
A	antigenen	de bacterie wordt lek geprikt
B	antigenen	de bacterie wordt gefagocyteerd
C	antistoffen	de bacterie wordt lek geprikt
D	antistoffen	de bacterie wordt gefagocyteerd

Het antwoord op deze oefenopgave vind je aan het eind van de *Examentrainer*.

5 LEREN VOOR HET CENTRAAL EXAMEN

Je voorbereiden op het eindexamen is anders dan je voorbereiden op een toets, proefwerk of schoolexamen. Dat komt vooral doordat de leerstof voor het examen heel omvangrijk is. Het is daarom belangrijk een goede planning te maken. En bedenk hierbij: biologie is waarschijnlijk niet je enige examenvak.

Je voorbereiden op het examen kan op verschillende manieren:

- Lees de basisstof van een thema door. Maak op het eind voor jezelf een woordweb of een samenvatting. Doe dit met alle thema's die je moet leren voor het centrale examen.
- Lees de samenvattingen aan het eind van elk thema. Daarin is alle leerstof samengevat die je voor het examen moet kennen. Pas op: ook de stof voor het schoolexamen is in de samenvatting samengevat. Die stof hoef je niet te kennen voor het centraal examen.
- Vraag of iemand je af en toe kan overhoren (zie afbeelding 12). Zo kun je erachter komen of je de leerstof beheerst.

■ **Afb. 12** Overhoren kan op elk moment.



- Overhoor jezelf als je dat liever doet. Een handig hulpmiddel daarbij zijn de leerdoelen aan het begin van elke basisstof. Als voorbeeld drie leerdoelen uit basisstof 3 van thema 5:

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.

Gebruik deze leerdoelen om jezelf vragen te stellen: in welke delen kun je het zenuwstelsel indelen? Op hoeveel manieren kun je het zenuwstelsel indelen? Uit welke delen bestaan de hersenen? Wat is de functie van de verschillende delen van de hersenen? Welke typen zenuwcellen zijn er? Hoe zijn zenuwcellen opgebouwd? Wat is het verschil tussen de hersenen en de ruggengraat? Wat gebeurt er in het zenuwstelsel als ik een vogel zie? En wat als ik tegen een bal trap?

- Bekijk online video's over de leerstof.

Bij alle manieren van voorbereiding is het belangrijk dat je regelmatig pauze neemt.

Achter in elk thema staan oude examenopgaven. Hiermee kun je per leerstofonderdeel oefenen voor je examen. Op de site examenblad.nl vind je oude examens, met ook de antwoorden en correctievoorschriften. Hiermee kun je oefenen als je de leerstof uit alle thema's hebt doorgenomen.

6 ANTWOORDEN OEFENOPGAVEN

2 BiNaS gebruiken

- 2p 1 Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bacteriën hiervoor wel of niet moeten worden toegevoegd.
- 1 niet
2 wel
3 wel
(BiNaS tabel 93G)
- 1p 2 Noteer de namen van vier delen van de luchtwegen waar de NaHCO_3 -deeltjes uit de inhalator doorheen gaan voordat ze de longblaasjes bereiken.
- Voorbeelden van een juist antwoord:
- mondholte – strottenhoofd – luchtpijp – bronchiole
 - bronchie – keel – longtrechtertje – luchtpijp
- (BiNaS tabel 83A)
- 1p 3 Noteer de naam van de groep cellen die de impulsen in het hart opwekt.
- sinusknoop / (natuurlijke) pacemaker(cellen)
(BiNaS tabel 84D2)
- 1p 4 Welke huidlaag moet het speeksel van de teek minimaal bereiken, zodat het zowel verdovend als stollingsremmend kan werken?
- A de hoornlaag
B de kiemlaag
C de lederhuid
D het onderhuids bindweefsel
- C
(BiNaS tabel 77A)

3 Open vragen

- 3p 1 Beschrijf:
- de variatie
 - de isolatie
 - en de natuurlijke selectie die zullen bijdragen aan deze evolutie van *Garra rufa*
- Stap 1** Selecteer de vraag
- Beschrijf de variatie die zal bijdragen aan deze evolutie van *Garra rufa*.
 - Beschrijf de isolatie die zal bijdragen aan deze evolutie van *Garra rufa*.
 - Beschrijf de natuurlijke selectie die zal bijdragen aan deze evolutie van *Garra rufa*.

Stap 2 Vervang de verwijzwoorden.

- Beschrijf de variatie die zal bijdragen aan de aanpassing van *Garra rufa* aan het leven in warmwaterbronnen en het eten van menselijke huidcellen.
- Beschrijf de isolatie die zal bijdragen aan de aanpassing van *Garra rufa* aan het leven in warmwaterbronnen en het eten van menselijke huidcellen.
- Beschrijf de natuurlijke selectie die zal bijdragen aan de aanpassing van *Garra rufa* aan het leven in warmwaterbronnen en het eten van menselijke huidcellen.

Stap 3 Markeer het opdrachtwoord.

- **Beschrijf** de variatie die zal bijdragen aan de aanpassing van *Garra rufa* aan het leven in warmwaterbronnen en het eten van menselijke huidcellen.
- **Beschrijf** de isolatie die zal bijdragen aan de aanpassing van *Garra rufa* aan het leven in warmwaterbronnen en het eten van menselijke huidcellen.
- **Beschrijf** de natuurlijke selectie die zal bijdragen aan de aanpassing van *Garra rufa* aan het leven in warmwaterbronnen en het eten van menselijke huidcellen.

Stap 4 Markeer de begrippen.

- Beschrijf de **variatie** die zal bijdragen aan de aanpassing van *Garra rufa* aan het leven in warmwaterbronnen en het eten van menselijke huidcellen.
- Beschrijf de **isolatie** die zal bijdragen aan de aanpassing van *Garra rufa* aan het leven in warmwaterbronnen en het eten van menselijke huidcellen.
- Beschrijf de **natuurlijke selectie** die zal bijdragen aan de aanpassing van *Garra rufa* aan het leven in warmwaterbronnen en het eten van menselijke huidcellen.

Stap 5 Omschrijf de begrippen.

- Variatie: door mutaties zijn er variaties binnen de soort ontstaan
- Isolatie: een populatie leeft lange tijd gescheiden van een andere populatie van dezelfde soort
- Natuurlijke selectie: de best aangepaste organismen overleven en hebben een grotere kans op nakomelingen
- *Garra rufa*: een vissoort

Stap 6 Formuleer het antwoord.

- Er is variatie in voedselgedrag / vertering tussen de twee populaties.
- Er zijn verschillende populaties ontstaan, doordat de bronnen (geografisch) zijn gescheiden van de kreekjes en meren.
- De vissen met een aangepast voedselgedrag / die goed huidcellen kunnen verteren hebben een grotere kans op nakomelingen / een grotere fitness.

1p 2 Verklaar waardoor juist deze delen van de prooidieren worden aangetroffen.

Stap 1 Selecteer de vraag.

- Verklaar waardoor juist deze delen van de prooidieren worden aangetroffen.

Stap 2 Vervang de verwijzwoorden.

- Verklaar waardoor juist vooral skeletdelen van prooidieren (kreeftachtigen, inktvissen, zeeslakken en vissen) worden aangetroffen in de maag van dode bruinvissen.

Stap 3 Markeer het opdrachtwerkwoord.

- **Verklaar** waardoor juist vooral skeletdelen van prooidieren (kreeftachtigen, inktvissen, zeeslakken en vissen) worden aangetroffen in de maag van dode bruinvissen.

Stap 4 Markeer de begrippen.

- Verklaar waardoor juist vooral **skeletdelen** van **prooidieren** (kreeftachtigen, inktvissen, zeeslakken en vissen) worden aangetroffen in de **maag** van dode **bruinvissen**.

Stap 5 Omschrijf de begrippen.

- Skeletdelen: delen van het skelet
- Prooidier: dier dat voor een roofdier tot voedsel dient
- Bruinvis: roofdier dat leeft in de oceaan
- Maag: orgaan dat dient om voedsel te verteren

Stap 6 Formuleer het antwoord.

- De delen van het skelet van de prooidieren worden door de maag van de bruinvissen moeilijk verteerd.

3p 3 Leg uit dat beluchting van de bodem belangrijk is voor actief transport door de cellen van de plantenwortels.

Stap 1 Selecteer de vraag.

- Leg uit dat beluchting van de bodem belangrijk is voor actief transport door de cellen van de plantenwortels.

Stap 2 Vervang de verwijzwoorden.

- De vraag / opdracht bevat geen verwijzwoorden.

Stap 3 Markeer het opdrachtwerkwoord.

- **Leg uit** dat beluchting van de bodem belangrijk is voor actief transport door de cellen van de plantenwortels.

Stap 4 Markeer de begrippen.

- Leg uit dat **beluchting** van de bodem belangrijk is voor **actief transport** door de cellen van de **plantenwortels**.

Stap 5 Omschrijf de begrippen.

- Beluchting: met lucht in aanraking brengen
- Actief transport: transport waarvoor energie nodig is
- Plantenwortels: ondergrondse gedeelte van de plant, waarmee hij water en opgeloste voedingsstoffen uit de bodem opneemt

Opdrachten **KENNIS**

- 14 Verschillende organismen hebben verschillende circulatiesystemen. Noteer in de tabel bij elk organisme het type circulatiesysteem en het type hart. Gebruik bij circulatiesysteem: *gesloten – open*. Gebruik bij hart: *buisvormig – kamer en boezem – kamers en boezems*.

Organisme	Circulatiesysteem	Hart
Sprinkhaan		
Regenworm		
Vis		
Mens		

- 15 Mensen en vissen hebben een gesloten bloedsomloop.
- Wat is daarvan het voordeel?
 - Welke hartruimte van een vis is het meest gespierd: de boezem of de kamer? Leg je antwoord uit.
- 16
- Wat is de functie van de kleine bloedsomloop?
 - Welk voordeel heeft een dubbele bloedsomloop boven een enkele bloedsomloop?
 - Welke harthelft bevat bij een mens zuurstofarm bloed? Leg je antwoord uit.

Opdrachten **INZICHT**

- 17
- Een vis heeft een enkele bloedsomloop, de mens heeft een dubbele. Leg uit dat dit samenhangt met hun lichaamstemperatuur.
 - Waarom hebben mensen en sprinkhanen een verschillend circulatiesysteem? Geef twee redenen.

- 18 Beerdiertjes (*Tardigrada*) (zie afbeelding 14) zijn minuscule meercellige dieren van ongeveer een halve millimeter groot. Ze nemen via hun lichaamscellen zuurstof op uit water. Ze bezitten een lichaamsvloeistof die hemolymfe heet, een mengsel van bloed en andere lichaamsvloeistoffen.

■ Afb. 14 Beerdiertje.



- Hebben beerdiertjes een open of een gesloten circulatiesysteem? Leg je antwoord uit.
- Ondanks dat beerdiertjes zuurstof kunnen opnemen via hun lichaamscellen, hebben ze toch een circulatiesysteem. Waarom hebben beerdiertjes een circulatiesysteem nodig?

Stap 6 Formuleer het antwoord.

- Door beluchting is er meer zuurstof beschikbaar, waardoor meer (aerobe) dissimilatie / verbranding kan plaatsvinden. Hierdoor is er meer ATP / energie beschikbaar voor actief transport.

2p 4 Bernhard maakt gebruik van dierlijke mest en compost in plaats van kunstmest. Daarbij is het belangrijk dat schimmels en bacteriën in de bodem in leven blijven.

Leg uit dat schimmels en bacteriën in de bodem van de wijngaard belangrijk zijn voor een hoge opbrengst.

Stap 1 Selecteer de vraag.

- Leg uit dat schimmels en bacteriën in de bodem van de wijngaard belangrijk zijn voor een hoge opbrengst.

Stap 2 Vervang de verwijswaarden.

- Leg uit dat schimmels en bacteriën in de bodem van de wijngaard belangrijk zijn voor een hoge opbrengst van de druivenplanten.

Stap 3 Markeer het opdrachtwoord.

- Leg uit dat schimmels en bacteriën in de bodem van de wijngaard belangrijk zijn voor een hoge opbrengst van de druivenplanten.

Stap 4 Markeer de begrippen.

- Leg uit dat schimmels en bacteriën in de bodem van de wijngaard belangrijk zijn voor een hoge opbrengst van de druivenplanten.

Stap 5 Omschrijf de begrippen.

- Schimmels en bacteriën: organismen die dierlijke en plantaardige resten omzetten in anorganische stoffen
- Hoge opbrengst: veel druivengroei aan de wijnplanten
- Druivenplanten: planten waar druiven aan groeien waar wijn van wordt gemaakt

Stap 6 Formuleer het antwoord.

- Schimmels en bacteriën zetten organische stoffen uit dierlijke mest en compost om in anorganische stoffen. Planten kunnen alleen anorganische stoffen / mineralen opnemen. Doordat er veel anorganische stoffen aanwezig zijn, zal de groei van de druiven en dus ook de opbrengst hoog zijn.

- 1p **5** Bernhard maakt ook gebruik van groenbemesting. Hiervoor zaait hij klaver, die in symbiose leeft met bacteriën in de wortelknolletjes. Door het onderspitten van de klaverplanten wordt de stikstofvoorraad in de bodem aangevuld. De bemesting is nodig, omdat de stikstofkringloop bij druiventeelt niet gesloten is. Verklaar dat door de wijnproductie stikstof uit de kringloop van de wijngaard verdwijnt.
- Stap 1** Selecteer de vraag.
- Verklaar dat door de wijnproductie stikstof uit de kringloop van de wijngaard verdwijnt.
- Stap 2** Vervang de verwijswaarden.
- De vraag / opdracht bevat geen verwijswaarden.
- Stap 3** Markeer het opdrachtwerkwoord.
- **Verklaar** dat door de wijnproductie stikstof uit de kringloop van de wijngaard verdwijnt.
- Stap 4** Markeer de begrippen.
- Verklaar dat door de **wijnproductie** stikstof uit de **kringloop** van de **wijngaard** verdwijnt.
- Stap 5** Omschrijf de begrippen.
- Wijnproductie: maken van wijn met als grondstof druiven
 - Stikstof: anorganische stof die de productie van planten bevordert
 - Kringloop: deze is gesloten als er geen stoffen uit het ecosysteem verdwijnen
 - Wijngaard: klein ecosysteem met als doel druiventeelt voor wijnproductie
- Stap 6** Formuleer het antwoord.
- Door het produceren van wijn en dus het oogsten van de druiven verdwijnt stikstof uit de wijngaard en dus uit het ecosysteem.
- 1p **6** Noteer de naam van ongedifferentieerde cellen.
- Wanneer je het stappenplan voor het beantwoorden van kennisvragen gebruikt, kom je bijvoorbeeld uit bij de stap 'Gebruik *BiNaS*'. Die stap leidt je naar **BiNaS** tabel 80A en naar het antwoord: stamcellen.

- 2p 7 Laat met een berekening zien hoeveel uur een jonge bruinvis per dag ongeveer moet jagen.

Stap 1

- De bruinvis is een zeezoogdier van ongeveer anderhalve meter. Door onder andere de verminderde visserijdruk en de verbeterde waterkwaliteit zwemmen er tegenwoordig weer zo'n driehonderdduizend bruinvissen in de Noordzee. Bruinvissen zijn uitstekende jagers. Onderzoek heeft aangetoond dat jonge bruinvissen per uur 550 pogingen kunnen doen om een prooi te vangen. Ongeveer 90% van deze pogingen is succesvol. Per succesvolle poging wordt een visje van gemiddeld 1 gram gevangen. Per dag heeft een jonge bruinvis 2 kilogram vis nodig.

Stap 2

- pogingen per uur = 550
- percentage succesvol = 90%
- hoeveelheid vis nodig per dag = 2 kg = 2000 gram
- vis per poging = 1 gram

Stap 3

- Berekenen aantal vissen gevangen per uur:
aantal pogingen × percentage succesvol × gram vis
 $550 \times 90\% \times 1 = 495$ gram per uur
- Berekenen aantal uren jagen dat nodig is:
totale hoeveelheid vis nodig / aantal gram vis per uur
 $2000 / 495 = 4,04$ uur = 4 uur (afgerond)

4 Meerkeuzevragen

- 2p 1 Worden als gevolg van de vaccinatie antistoffen of antigenen gemaakt door het lichaam van Tessa? En hoe reageren bepaalde witte bloedcellen op bacteriën waaraan deze stoffen zijn gehecht?

	geproduceerde stoffen	reactie van witte bloedcellen
A	antigenen	de bacterie wordt lek geprikt
B	antigenen	de bacterie wordt gefagocyteerd
C	antistoffen	de bacterie wordt lek geprikt
D	antistoffen	de bacterie wordt gefagocyteerd

D

REGISTER

A		H		O	
aangeboren afweer	136	haarvaten	34	onderdruk	38
ABO-systeem	157	hart	25		
acceptor	155	hartkleppen	26	P	
actieve immuniteit	151	hartslagfrequentie	29	passieve immunisatie	151
ademhalingspijpen	79	hemoglobine	12, 74	plasmacel	140
aders	34	huid	101, 131		
ADH	95			R	
antibiotica	129	I		reabsorptie	94
antigenen	138	inwendig milieu	87	receptoren	139
antistoffen	141			regelkringen	102
		K		resistent	129
B		kapsel van Bowman	93	restvolume	82
B-cellen	137	kleine bloedsomloop	20	resusfactor	158
beenmerg	136	koolstofdioxideconcentratie	74	RNA-virus	129
bloeddruk	38	koolstofdioxidedruk	74	rode beenmerg	11
bloedplaatjes	14	koolstofdioxidetransport	76	rode bloedcellen	12
bloedplasma	10	kransaders	26		
bloedsamenstelling	10	kransslagaders	26	S	
bloedsomloop	19	kunstmatige immuniteit	149	sinusknoop	28
bloedstolling	14			slagaders	33
bloedtransfusie	158	L		slagvolume	30
bloedvatenstelsel	35	lever	86	slijmvliezen	131
bovendruk	38	leverlobjes	86		
bronchiën	72	lichaamseigen	129	T	
		lichaamsvreemd	129	temperatuurregulatie	102
C		longblaasjes	72	terugresorptie	94
cytotoxische T-cellen	140	longcapaciteit	82	T-helpercellen	140
		longen	70	transplantatie	155
D		luchtpijp	72		
diffusie	73	lymfe	45	U	
DNA-virus	129	lymfeknopen	136	uitscheiding	70
dode ruimte	82	lymfesysteem	46	uitwendige milieu	102
donor	155	lymfevaten	45	ultrafiltratie	94
				ureum	88
E		M		urine	92
eiwitmantel	129	macrofagen	138	urineblaas	92
epo	12	mestcellen	138		
				V	
G		N		vaccinatie	149
gal	88	natuurlijke immuniteit	149	ventilatiebewegingen	80
gaswisseling	70	nierbuisje	94	verworven afweer	136
geheugencellen	143	niereenheid	93	virussen	129
glomerulus	93	nieren	92	vitale capaciteit	82
glucoseconcentratie	88	niermerg	92		
grote bloedsomloop	21	nierschors	92	W	
				waterhuishouding	95
				weefselvloeistof	44
				witte bloedcellen	13

Z	
zuurstofconcentratie.....	73
zuurstofdruk.....	73
zuurstoftransport.....	74
zweet.....	102
zweetklieren.....	102

COLOFON

ONTWERP BINNENWERK

Bianca Enthoven

ONTWERP OMSLAG

Michael Brugmans (Kimmic
concept & design)
Bianca Enthoven

UITVOERING BINNENWERK

Crius Group

EINDREDACTIE

Claud Biemans
Marianne Gommers

AUTEURS

Carin van Haren
Sander Michon
Sjon van de Sant
Elke de Schrevel

BUREAUREDACTIE

Grada Hooijer
Maurice Breugelmans

BEELDRESEARCH

BenU International Picture
Service, Amsterdam

FOTO'S EN ILLUSTRATIES

123RF, frhojdysz: blz. 66; 123RF, rh2010: blz. 108; ANP / AFP, Robyn Beck: blz. 106; ANP / Science Photo Library, Dennis Kunkel Photography: blz. 14 (6); ANP / Science Photo Library, Steve Gschmeissner: blz. 15, 71 (2), 172; ANP, Ben Stockphotos: blz. 224; ANP, Flip Franssen: blz. 202; ANP, Persbureau Meter: blz. 156 (31.2); ANP, Tom van Limpt: blz. 210; ANP, Venema Media: blz. 156 (31.1); CvTE, Examen HAVO 2022, tijdvak 2: blz. 221; CvTE, Examen HAVO 2022, tijdvak 3: blz. 203, 220; Edwin Verbaal / Verbaal Visuele Communicatie, Nijmegen: blz. 182 (4), 196-197; Erik Eshuis Infographics, Groningen: blz. 12, 14 (7), 19 (11.1, 11.2), 28, 29 (23), 31, 36, 63, 74 (6), 81, 145 (20), 185, 196-197; Getty Images, Frank Owen: blz. 127; Gunther von Hagens' BODY WORLDS & Institute for Plastination, Heidelberg, Germany, www.bodyworlds.com: blz. 6; Henk van der Vrande: blz. 11 (2), 25, 181 (3), 196-197; iStockphoto / Getty Images, Johnny Greig: blz. 135 (Tabel 1.2); iStockphoto / Getty Images, wilpunt: blz. 135 (Tabel 1.4); Jeannette Steenmeijer, Zwolle: blz. 75 (8), 77, 82 (16), 83, 84 (18), 92, 98, 109, 113, 119, 133, 145 (21), 148, 152, 160 (36), 167, 184, 191, 195, 196-197, 215, 216, 222; Maikel Samuels photographer: blz. 62; Medical Visuals / Maartje Kunen, Arnhem: blz. 11 (1), 13 (5), 21, 26, 27, 29 (22), 34 (28, 29), 35, 37, 38, 39 (35), 40, 41 (37, 38), 45, 46 (41, 42), 53, 61, 71 (1, 2), 72 (3, 4), 73, 74 (7), 75 (9), 79, 80, 82 (15), 87, 89, 90 (24, 25), 93 (28, 29), 97 (31), 100, 101, 102 (36, 37), 103, 118, 121, 128, 129, 131, 132, 137 (9, 10), 138, 139 (12, 13), 140 (14, 15), 141 (16, 17), 142, 143, 146, 156 (30), 157, 159, 160 (35), 186, 188, 189, 196-197; Nature in Stock / Minden Pictures, Juergen & Christine Sohns: blz. 104 (39.2); Nature in Stock, Franka Slothouber: blz. 104 (39.1); Nierstichting, Bussum: blz. 99; Paul Veenvliet, Ljubljana: blz. 192, 196-197; Photography by Ariane Müller: blz. 17; Privécollectie Björn van Empel: blz. 126; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu: blz. 150 (27); Rosanne van der Wijngaart, Arnhem: blz. 20, 23, 24 (17), 51; Shutterstock, 3 Travelers: blz. 48; Shutterstock, 3d_man: blz. 178 (3); Shutterstock, Alexander Raths: blz. 39 (34); Shutterstock, AManias: blz. 194, 196-197; Shutterstock, Antonio Guillem: blz. 207; Shutterstock, Ben Schonewille: blz. 86; Shutterstock, Bernhard Staehli: blz. 178 (7); Shutterstock, Bits And Splits: blz. 182 (5), 196-197; Shutterstock, Cast of Thousands: blz. 135 (Tabel 1.1); Shutterstock, Dasha Petrenko: blz. 213 (5); Shutterstock, davide bonaldo: blz. 130 (3.2); Shutterstock, Dima Photographer: blz. 105; Shutterstock, dropStock: blz. 200; Shutterstock, Dudarev Mikhail: blz. 68; Shutterstock, Elizaveta Galitckaia: blz. 147; Shutterstock, enuengneng: blz. 130 (3.1); Shutterstock, Evgeniyqw: blz. 9; Shutterstock, fizkes: blz. 43; Shutterstock, fokke baarsen: blz. 178 (17); Shutterstock, Garsya: blz. 178 (18); Shutterstock, Gerry Burrows: blz. 213 (6); Shutterstock, Gorodenkoff: blz. 32 (25); Shutterstock, Ground Picture: blz. 178 (5); Shutterstock, hartphotography: blz. 149; Shutterstock, Henner Damke: blz. 24 (16); Shutterstock, i am adventure: blz. 178 (8); Shutterstock, Iryna Kalamurza: blz. 13 (4); Shutterstock, Jess Gregg: blz. 164; Shutterstock, Jose Luis Calvo: blz. 33, 178 (2); Shutterstock, Kanjane Chaisin: blz. 130 (3.3); Shutterstock, Kateryna Kon: blz. 124; Shutterstock, Koen Adriaenssen: blz. 178 (4); Shutterstock, LDarin: blz. 187, 196-197; Shutterstock, Lebendkulturen.de: blz. 18 (10.1, 10.2); Shutterstock, LeManilo: blz. 178 (11); Shutterstock, LightField Studios: blz. 154; Shutterstock, Lotus_studio: blz. 178 (14); Shutterstock, Matthew Jacques: blz. 178 (16); Shutterstock, max dallocco: blz. 178 (6); Shutterstock, MZPHOTO.CZ: blz. 178 (12); Shutterstock, Nynke van Holten: blz. 183, 196-197; Shutterstock, Oleh Liubimtsev: blz. 22; Shutterstock, Olha Tytska: blz. 85; Shutterstock, possohh: blz. 97 (30); Shutterstock, Prostock-studio: blz. 50, 55, 134, 150 (26); Shutterstock, RachenStocker: blz. 181 (2), 196-197; Shutterstock, Radiological imaging: blz. 32 (26); Shutterstock, Rapieff: blz. 8; Shutterstock, Robert Kneschke: blz. 78; Shutterstock, Rodica Ciorba: blz. 178 (10); Shutterstock, SeventyFour: blz. 162; Shutterstock, Simona Traur: blz. 221; Shutterstock, Sk Hasan Ali: blz. 178 (9); Shutterstock, Smileus: blz. 130 (3.4); Shutterstock, Stasia04: blz. 84 (19); Shutterstock, Steven Phraner:

blz. 178 (15); Shutterstock, sunabesyou: blz. 91; Shutterstock, Sunisa Butphet: blz. 158; Shutterstock, tonyzhao120: blz. 178 (13); Shutterstock, triocean: blz. 135 (Tabel 1.3, 8); Shutterstock, Videologia: blz. 178 (1); Shutterstock, Zay Nyi Nyi: blz. 46 (43); U.S. Fish and Wildlife Service Southeast Region (Photo credit: Gabrielle Graeter/NCWRC) / via Flickr - CC BY 2.0 (<https://www.flickr.com/photos/usfwssoutheast/5429328341/>): blz. 173.

Omslag: Greg Lecoeur

MALMBERG

ISBN 978 94 020 8070 4

Release 7.0, vierde oplage



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.

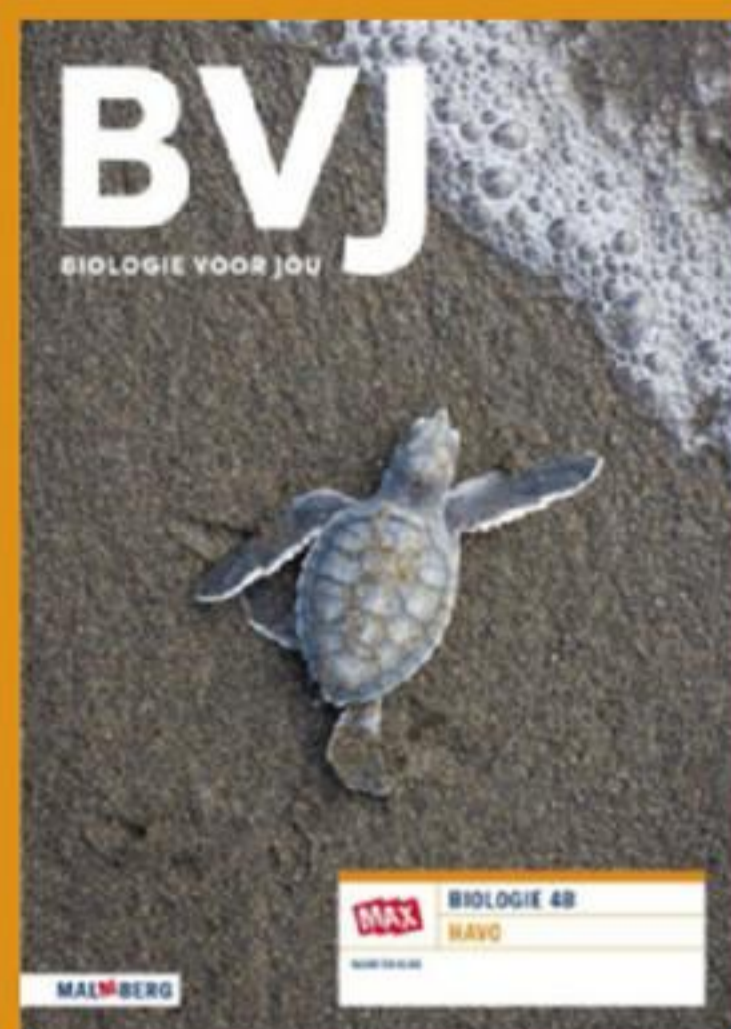
Eindredactie

Claud Biemans
Marianne Gommers

Auteurs

Carin van Haren
Sander Michon
Sjon van de Sant
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.



Sommige soorten zeeschildpadden zijn pas na 25 jaar volwassen en kunnen zich dan voortplanten. Ze kunnen tijdens hun leven enorme afstanden in zee afleggen. Heel soms spoelt een zeeschildpad aan op een Nederlands strand. Zo'n dier is waarschijnlijk verdwaald. Zeeschildpadden kunnen zich hier niet goed ontwikkelen of voortplanten, daarvoor is de Noordzee te koud.



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



ISBN 978 94 020 8070 4



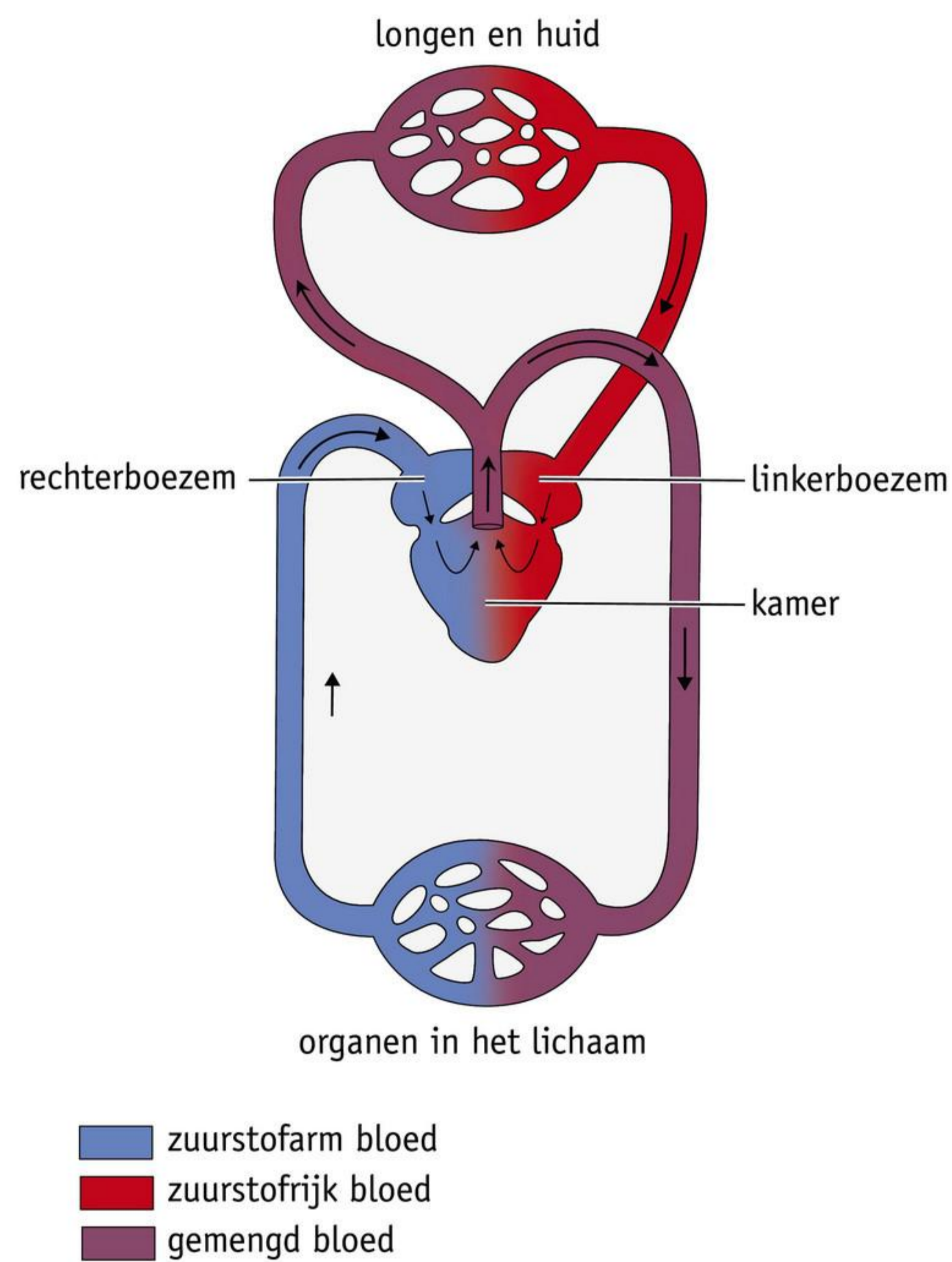
9 789402 080704

604425-04

MALMBERG

- 19 In afbeelding 15 zie je schematisch de bloedsomloop van een kikker weergegeven. Bij een kikker bestaat het hart uit drie ruimten, twee boezems en een kamer. De kamer pompt zowel bloed naar de longen als bloed naar alle organen in het lichaam. Heeft de kikker een enkele of een dubbele bloedsomloop? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 15** Bloedsomloop van een kikker.



 [Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)

OCTOPUS

In de documentaire *My octopus teacher* uit 2020 vertelt filmmaker Craig Foster over zijn bijzondere vriendschap met een octopus (zie afbeelding 16). In de documentaire is onder andere te zien dat de octopus een van zijn acht armen kwijtraakt en dat deze arm daarna weer aangroeit. Dat is een voorbeeld van regeneratie, die bij sommige dieren voorkomt.

Octopussen hebben nog meer bijzondere eigenschappen. Net als bij degenkrabben stroomt blauw bloed door hun bloedvaten. Door de aanwezigheid van hemocyanine kunnen ze zich gemakkelijker aanpassen aan verschillende watertemperaturen. Een nadeel is echter dat dit blauwe bloed iets minder efficiënt zuurstof opneemt dan rood bloed.

Om ervoor te zorgen dat een octopus toch voldoende energie kan vrijmaken voor zijn negen breinen (één centraal brein en een minibrein in iedere arm), heeft het dier maar liefst drie harten. Twee hulpharten ontvangen zuurstofarm bloed en pompen dit door bloedvaten in de richting van de kieuwen. In de

kieuwen vindt gaswisseling plaats en wordt het bloed zuurstofrijk. Het zuurstofrijke bloed stroomt vanuit de kieuwen naar een centraal hart, dat het zuurstofrijke bloed wegpompt naar alle organen. In de organen staat het bloed zuurstof af. Het zuurstofarme bloed stroomt vervolgens terug naar de twee hulpharten.

Met deze drie harten kan een octopus al zijn negen breinen tegelijkertijd gebruiken. Hiermee krijgt de mens toch wel serieuze concurrentie voor de titel van slimste dier op aarde.

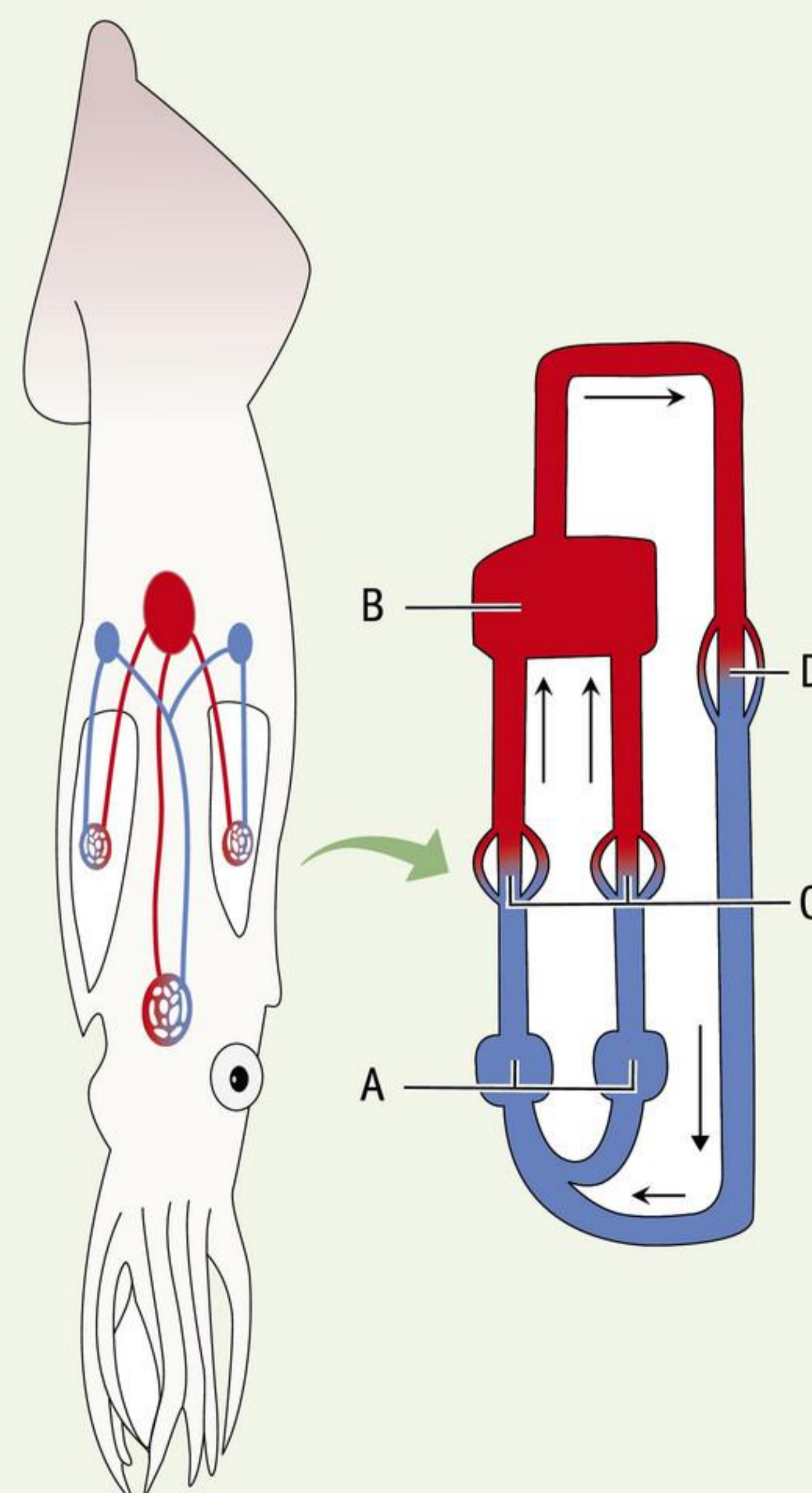
■ Afb. 16 Octopus.



Opdrachten

- 20
- a Heeft een octopus een open of een gesloten bloedsomloop? Leg je antwoord uit.
 - b Heeft een octopus een enkele of een dubbele bloedsomloop? Leg je antwoord uit.
 - c Zenuwcellen verbruiken veel energie. Een octopus heeft een relatief groot energieverbruik voor een koudbloedig dier. Wat veroorzaakt dit grote energieverbruik? Leg je antwoord uit.
 - d Waarom heeft een octopus drie harten nodig?
 - e In afbeelding 17 is de bloedsomloop van een octopus schematisch weergegeven. Wat stellen de onderdelen A, B, C en D voor?

■ Afb. 17 Schematische weergave bloedsomloop octopus.



3 HET HART

LEERDOELEN

11.3.1 Je kunt de delen van een hart met hun kenmerken en functies benoemen.

► Practicum 2

11.3.2 Je kunt de werking van het hart beschrijven.

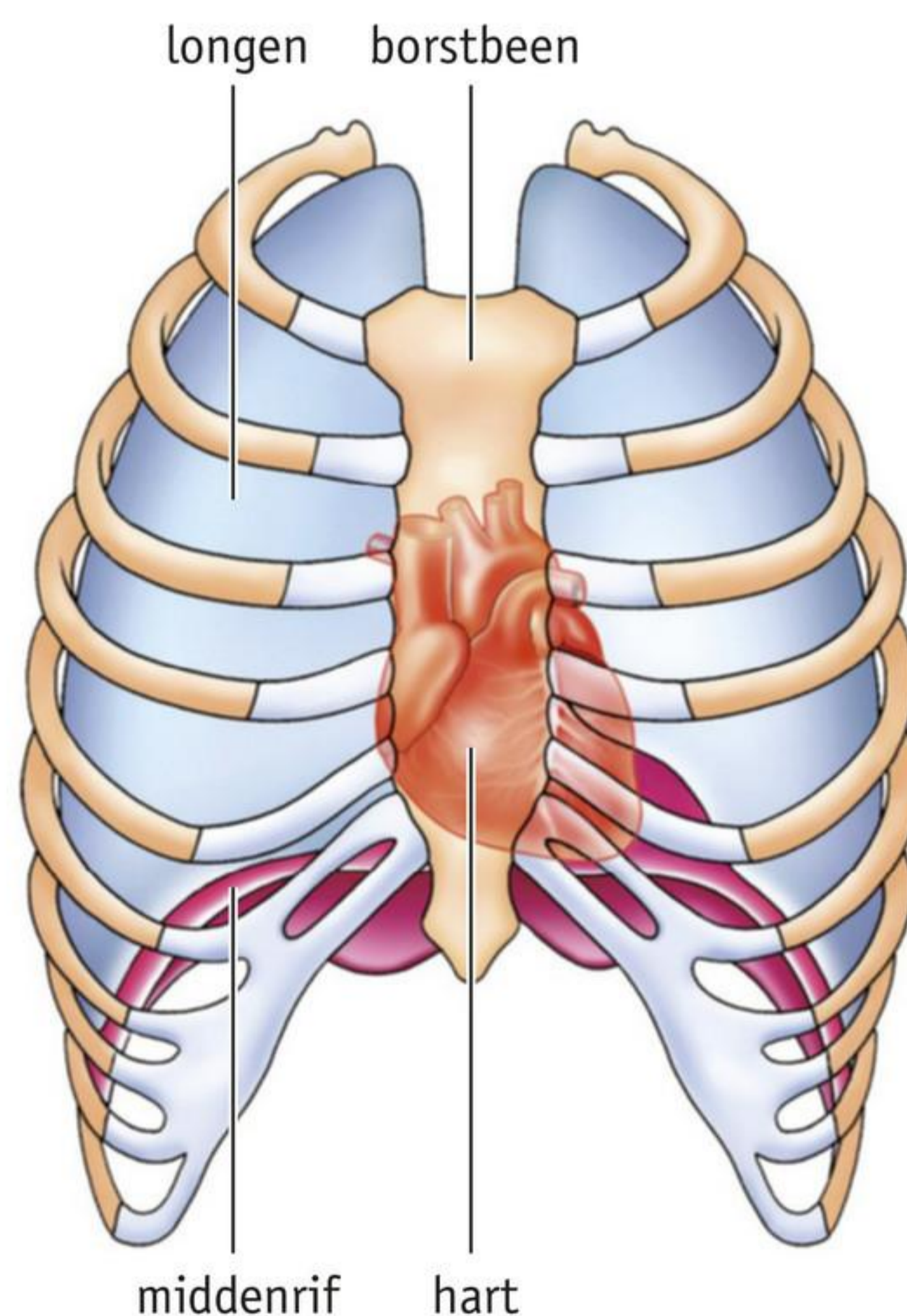
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	11.3.1	11.3.2
Onthouden	21a	24
Begrijpen	21b, 22, 23	25, 26, 27
Toepassen	28, 32a	29, 33a
Analyseren	32b	30, 31, 33bc

Al in een embryo van drie weken oud begint het hart te kloppen. Je hart zorgt ervoor dat het bloed door je lichaam stroomt, zodat de cellen van je lichaam voortdurend van zuurstof en voedingsstoffen worden voorzien.

DE BOUW VAN HET HART

In de borstkas, iets naar links onder het borstbeen, ligt het hart (zie afbeelding 18).

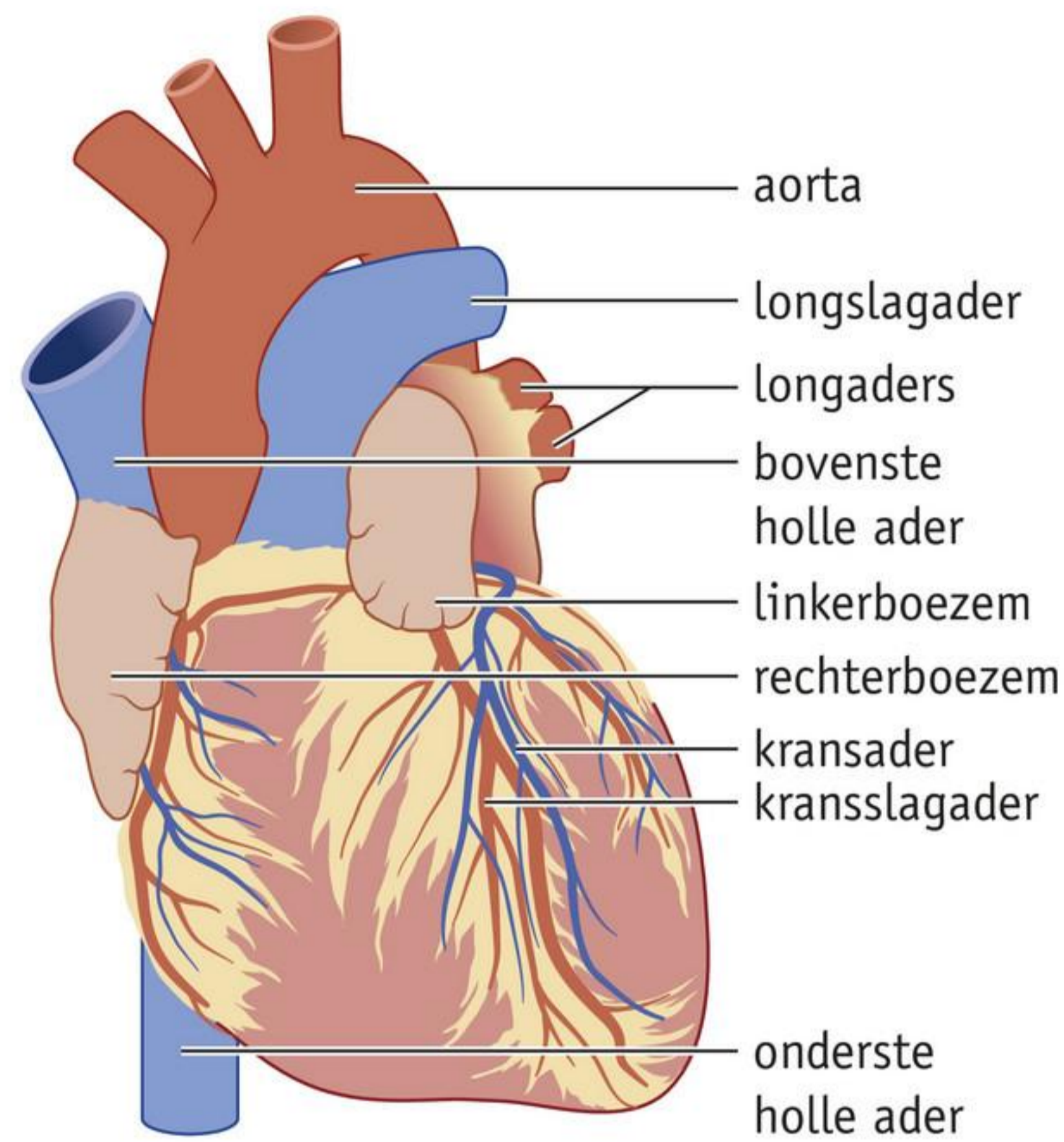
■ **Afb. 18** Ligging van het hart.



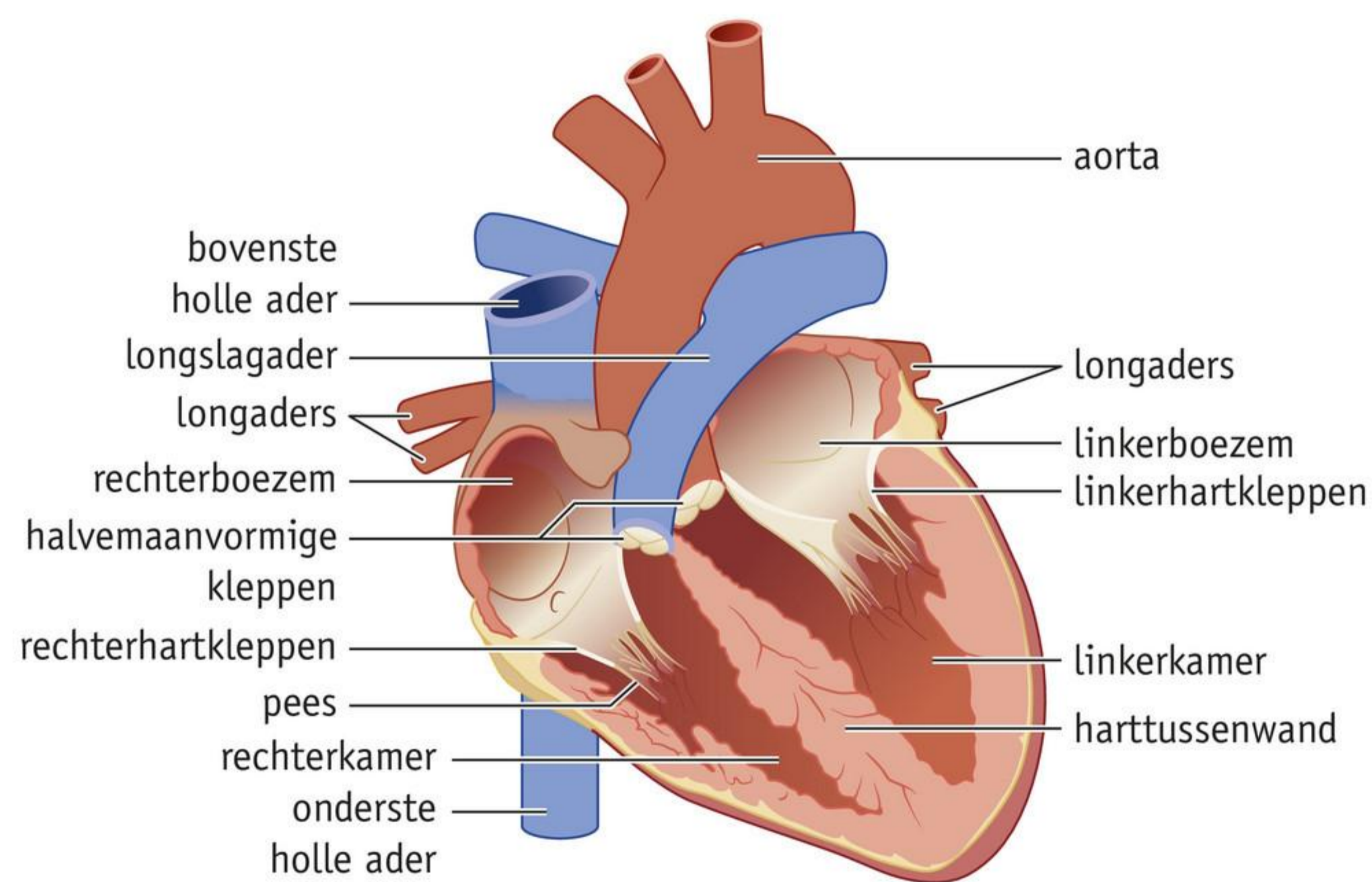
Het **hart** is een dubbele pomp, ongeveer zo groot als een vuist. Afbeelding 19 is een schematische tekening van het hart, zie ook **BiNaS** tabel 84C. Het hart is een holle spier die energie verbruikt. Over het hart lopen bloedvaten: de kransslagaders en de kransaders.

De **kransslagaders** zijn aftakkingen van de aorta die het hartspierweefsel van zuurstof en voedingsstoffen voorzien. Koolstofdioxide en andere afvalstoffen worden afgevoerd via de **kransaders**. De kransaders monden rechtstreeks uit in de rechterboezem.

■ **Afb. 19** Het hart.



1 vooraanzicht

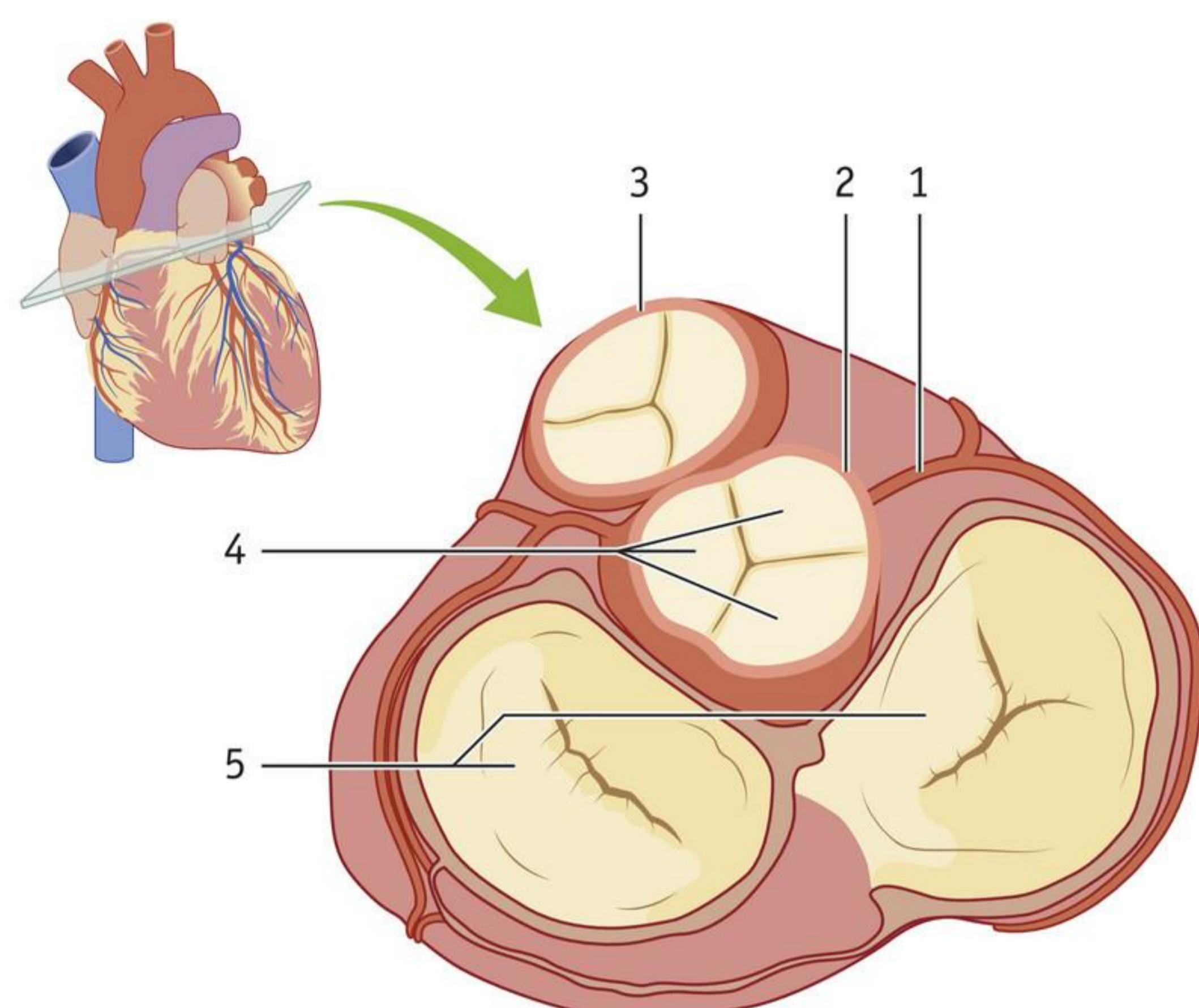


2 lengtedoorsnede

De linkerharthelft en de rechterharthelft zijn gescheiden door een harttussenwand (zie afbeelding 19.2). Elke harthelft bestaat uit een boezem en een kamer. De boezems zitten als een soort 'zakjes' op de kamers. Het bloed dat afkomstig is uit de organen komt het hart binnen in de rechterboezem via de onderste en bovenste holle ader. Van de rechterboezem stroomt het bloed naar de rechterkamer. Deze pompt het bloed in de longslagader die zich vertakt naar beide longen. Het bloed uit de longen stroomt via de longaders terug naar het hart en komt in de linkerboezem terecht. Van de linkerboezem stroomt het bloed naar de linkerkamer. De linkerkamer pompt het bloed in de aorta. Door slagaders die van de aorta aftakken, stroomt het bloed naar alle organen van het lichaam. Boezems en kamers zijn van elkaar gescheiden door **hartkleppen**. Aan het begin van de longslagader en de aorta bevinden zich halvemaanvormige kleppen (zie afbeelding 19.2).

- 21 Het hartspierweefsel van een mens heeft veel energie nodig om zich samen te trekken.
- Via welke bloedvaten worden de benodigde zuurstof en voedingsstoffen naar de hartspier gevoerd?
 - Het hartspierweefsel produceert tijdens het samentrekken veel koolstofdioxide. In welk deel van het hart komt deze koolstofdioxide het eerst terecht?
- 22 Afbeelding 20 is een schematische tekening van een bovenaanzicht van het hart. De nummers 1 t/m 5 geven kleppen en bloedvaten aan.
- Geef de namen van de onderdelen.
 - Een bloedcel gaat van de bovenste holle ader naar de aorta. Door welke delen van het hart komt deze bloedcel achtereenvolgens? Gebruik bij deze opdracht **BiNaS** tabel 84A.

■ **Afb. 20** Bovenaanzicht van een hart zonder boezems.



- 23 Het hart heeft een linker- en een rechterkamer.
- Welke kamer heeft de meest gespierde wand? Leg je antwoord uit.
 - Doordat het hart het bloed met kracht wegpompt, ontstaat de bloeddruk. Is de bloeddruk aan het begin van de aorta lager dan, gelijk aan of hoger dan de bloeddruk aan het begin van de longslagader? Leg je antwoord uit.

DE WERKING VAN HET HART

Bij de werking van het hart zijn drie fasen te onderscheiden die elkaar steeds opvolgen (zie afbeelding 21 en **BiNaS** tabel 84D1):

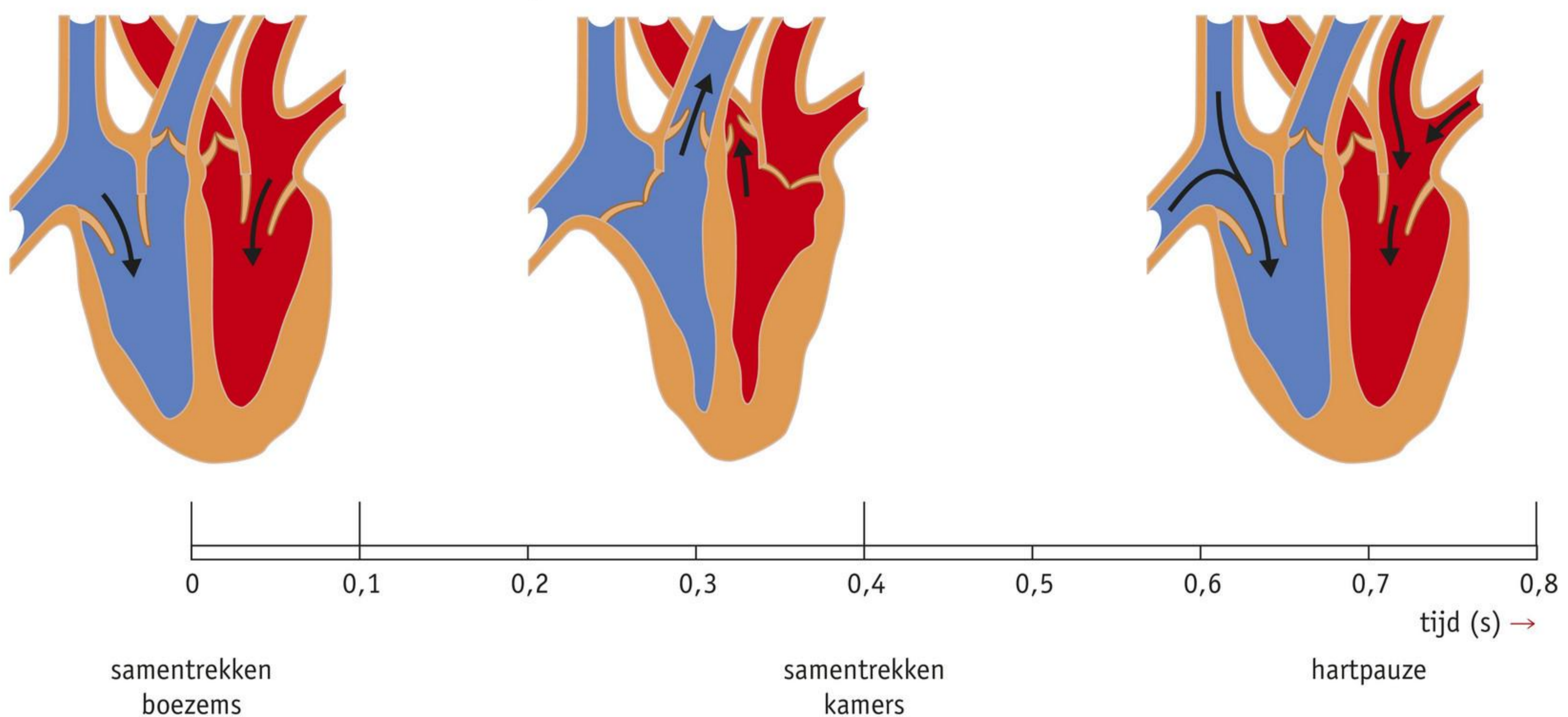
- het samentrekken van de boezems
- het samentrekken van de kamers
- de hartpauze: het ontspannen van de boezems en kamers

Het samentrekken van hartspierweefsel heet systole, de ontspanning heet diastole. De hartslag begint als de boezems zijn volgestroomd met bloed vanuit de holle aders en de longaders. Beide boezems trekken gelijktijdig samen, hierdoor stroomt het bloed de kamers in. De kamers zijn op dat moment ontspannen.

Als de kamers zijn volgestroomd, trekken ze zich samen. De druk in de kamers stijgt. Daardoor slaan de hartkleppen dicht en verhinderen dat het bloed terugstroomt naar de boezems. De hartkleppen zijn door pezen verbonden met spieren in de hartwand. Doordat de spieren samentrekken tijdens de systole van de kamers, zorgen ze er samen met de pezen voor dat de hartkleppen niet 'doorslaan' naar de boezems. Tijdens het samentrekken van de kamers ontspannen de boezems zich. Als de druk in de kamers hoger is geworden dan de druk in de aorta en in de longslagader(s), worden de halvemaanvormige kleppen opgedrukt. Het bloed wordt tegelijkertijd in de aorta en in de longslagader(s) gepompt.

Hierna volgt de hartpauze, waarbij zowel de boezems als de kamers ontspannen zijn. De halvemaanvormige kleppen zijn nu gesloten en verhinderen dat het bloed terugstroomt naar de kamers vanuit de longslagader en de aorta. Het bloed stroomt uit de holle aders en de longaders in de boezems en gedeeltelijk door naar de kamers. In afbeelding 21 is voor elke fase de stand van de hartkleppen en van de halvemaanvormige kleppen aangegeven.

■ **Afb. 21** Drie fasen van een hartslag (in rust).

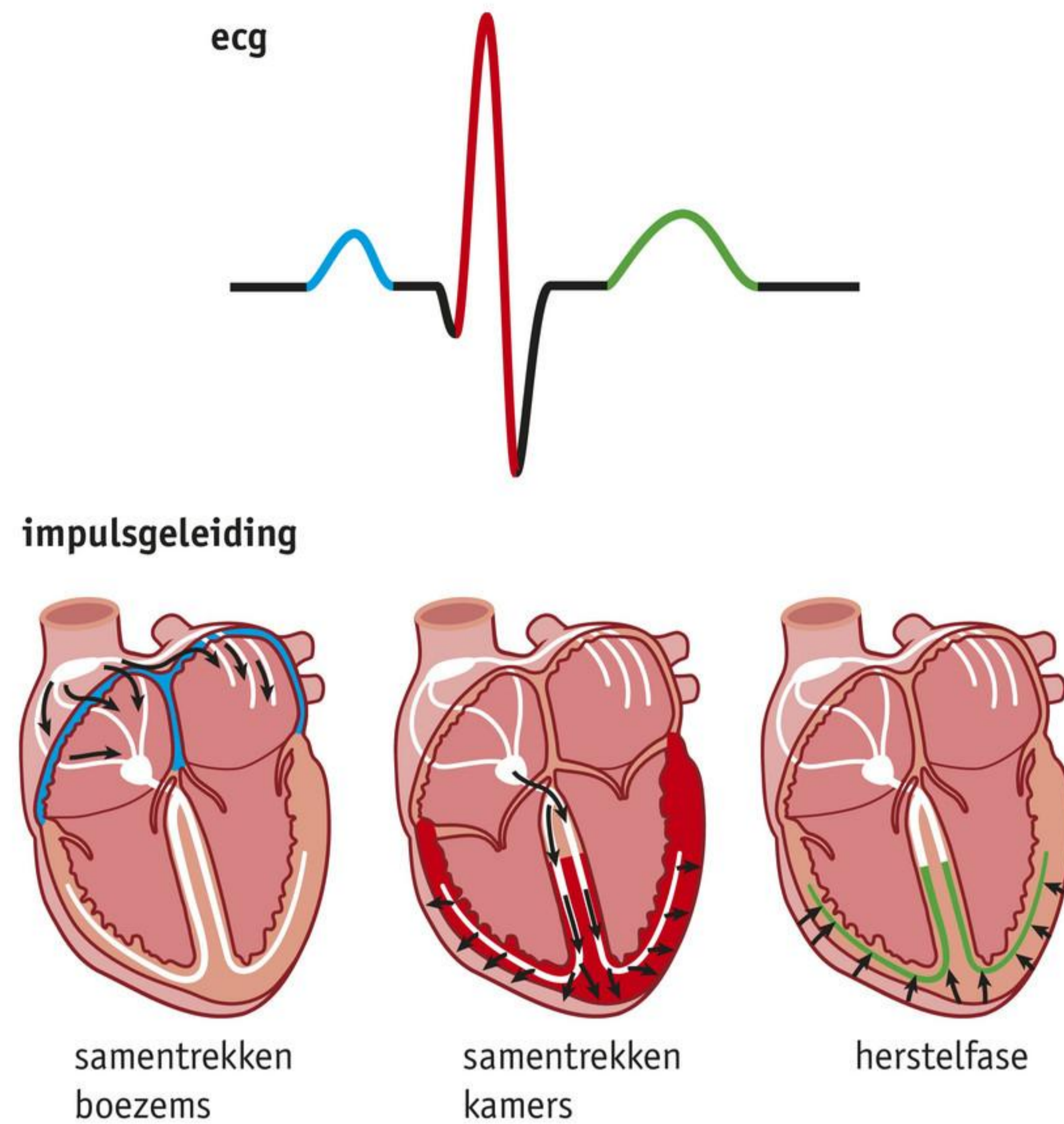


Met een stethoscoop zijn bij elke hartslag twee harttonen te horen. Wanneer de kamers net beginnen met samentrekken slaan de hartkleppen dicht. Hierdoor is een doffe harttoon te horen. Aan het einde van het samentrekken van kamers slaan de halvemaanvormige kleppen dicht, hierdoor is een heldere harttoon te horen. Een arts kan aan de harttonen horen of de kleppen goed functioneren. Als er hartruis te horen is, sluiten de kleppen niet goed.

DE HARTSLAGFREQUENTIE

De samentrekking van het hartspierweefsel wordt veroorzaakt door impulsen. De impulsen ontstaan in een groep gespecialiseerde cellen in de wand van de rechterboezem: de **sinusknoop**. Vanuit de sinusknoop worden de impulsen eerst naar het spierweefsel in de wand van beide boezems geleid. Hierdoor trekken de boezems zich samen. Even later komen de impulsen in de wand van de kamers aan, en trekken de kamers zich samen (zie ook **BiNaS** tabel 84D2). Hierna treedt de herstelfase op, waarna de sinusknoop opnieuw een impuls kan afgeven. De impulsgeleiding in het hart kun je meten en is in afbeelding 22 weergegeven in een elektrocardiogram (ecg) (zie ook **BiNaS** tabel 84D3). In de afbeelding zie je ook wat er gebeurt in het hart tijdens de verschillende fasen van de impulsgeleiding.

■ **Afb. 22** Ecg en impulsgeleiding in het hart.



Bij hartritmestoornissen kunnen de boezems of de kamers zich te snel, te langzaam of onregelmatig samentrekken. De oorzaak ligt in de vorming of de geleiding van impulsen. Als er vaker ernstige hartritmestoornissen optreden en er risico bestaat voor een hartstilstand, kun je het hartritme ondersteunen met behulp van een pacemaker. Deze herstelt het normale hartritme met elektrische impulsen.

De snelheid waarmee de sinusknop impulsen afgeeft, noem je de **hartslagfrequentie** (of het hartritme). De hartslagfrequentie hangt samen met de lichaamsactiviteit. Bij toenemende activiteit hebben de spieren meer zuurstof nodig. De bloedvaten die bloed naar de spieren toevoeren verwijden zich dan, zodat er meer bloed naartoe kan stromen. Hierdoor daalt de bloeddruk. Om de bloeddruk op peil te houden, neemt de hartslagfrequentie toe. De bloeddruk wordt geregeld door negatieve terugkoppeling (zie afbeelding 23).

■ **Afb. 23** Regeling van hartritme en bloeddruk.




In de wand van de halsslagaders en de aorta liggen zintuigcellen die de bloeddruk waarnemen en doorgeven aan de hersenstam. Als de bloeddruk daalt onder een bepaalde waarde (de normwaarde), zorgt de hersenstam voor een stijging van het hartritme. Hierdoor stijgt de bloeddruk. Is de bloeddruk gestegen tot boven de normwaarde, dan daalt het hartritme weer.

De hersenstam kan ook worden beïnvloed door emoties en zintuiglijke waarnemingen via de grote hersenen. Bijvoorbeeld als je gespannen of kwaad bent, of als je iets ziet waarvan je schrikt. Het bijniermerg geeft dan veel van het hormoon adrenaline af aan het bloed. Adrenaline en de hersenstam zorgen dan voor een verhoging van het hartritme.

De hartslagfrequentie in rust is onder andere afhankelijk van de lichaamsgrootte. Bij pasgeboren baby's slaat het hart gemiddeld 130 keer per minuut, bij volwassenen in rust gemiddeld 70 keer per minuut. Bij volwassenen wordt per hartslag in rust 70 tot 100 mL bloed in de aorta gepompt. Deze hoeveelheid bloed noem je het **slagvolume**. Het slagvolume is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid bloed die vanuit de holle aders de rechterboezem instroomt.

Opdrachten **KENNIS**

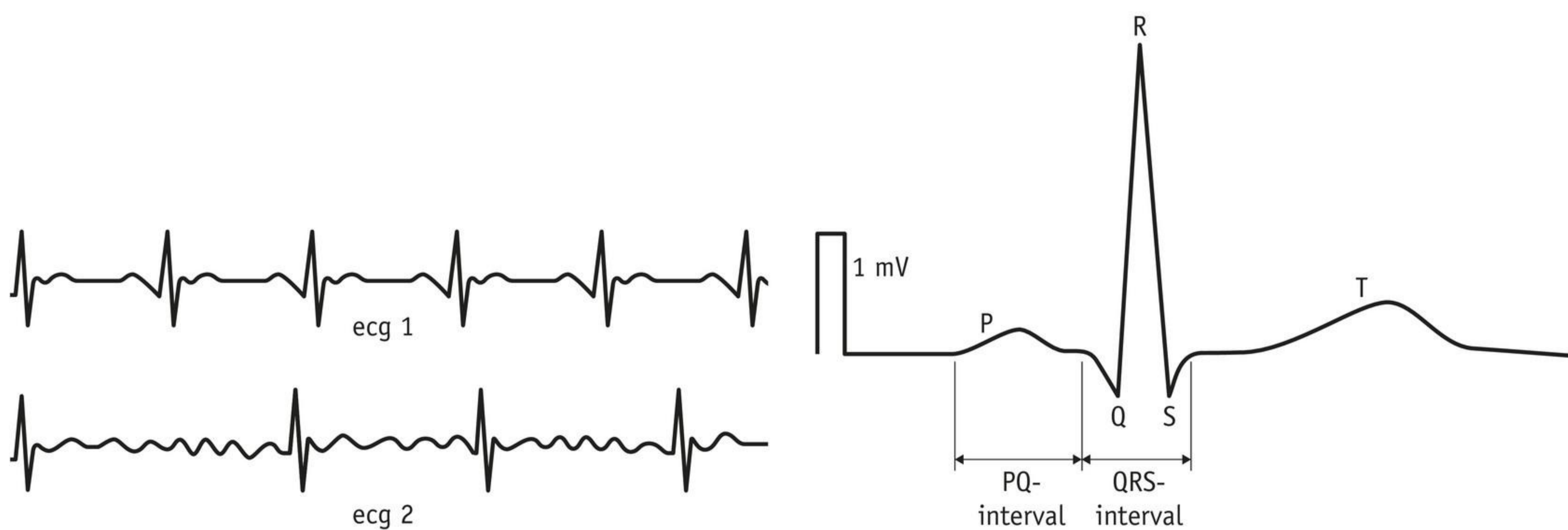
-  **24** Noteer in de tabel wat er gebeurt tijdens de verschillende fasen van een hartslag. Kies uit: *boezems en hartkamers – dicht – hartkamers – open – slagaders*.

	De boezems trekken zich samen	De kamers trekken zich samen	Hartpauze
1 Het bloed stroomt in de:			
2 De hartkleppen zijn:			
3 De halvemaanvormige kleppen zijn:			

- 25** In afbeelding 21 is een tijdbalk weergegeven.
- Op welk tijdstip van deze tijdbalk is het bloedvolume in de hartkamers het grootst? En op welk tijdstip het kleinst?
 - Op welk tijdstip op de tijdbalk slaan de hartkleppen en de halvemaanvormige kleppen dicht?
 - Tijdens het samentrekken van de kamers gaan de hartkleppen dicht en de halvemaanvormige kleppen open. Welke gebeurtenis vindt het eerst plaats? Leg je antwoord uit.
- 26** Een arts luistert naar het hart van Yuhui. De arts neemt hartruis waar en trekt daaruit de conclusie dat een of meer kleppen in het hart van Yuhui niet goed sluiten. Welke gevolgen heeft dit voor de bloedstroom van Yuhui's hart?
- 27** De hoeveelheid bloed die per minuut wordt rondgepompt door het hart heet het hartminuutvolume. Het hartminuutvolume bereken je door de hartslagfrequentie te vermenigvuldigen met het slagvolume. Wat is het hartminuutvolume van een volwassen persoon in rust? Ga uit van een gemiddeld slagvolume van 85 mL.

- 28** Bij een medische keuring van een voetballer wordt een hartkwaal geconstateerd. Een klep bij de aorta sluit onvolledig af, als gevolg van een aangeboren afwijking. Hierdoor raakt een deel van het hart te vol.
Welk deel van het hart raakt te vol? Leg je antwoord uit.
- 29** **a** Is het slagvolume van de linkerkamer kleiner dan, ongeveer gelijk aan of groter dan de hoeveelheid bloed die de rechterkamer per hartslag wegpompt?
b Bij sportmensen blijkt soms het hartritme bij toenemende inspanning gedurende een trainingsperiode weinig of niet te stijgen. Toch neemt het hartminuutvolume wel toe.
Door welke verandering in de hartwerking wordt dan toch het hartminuutvolume vergroot?
- 30** Bij experimenten wordt soms een kloppend hart van een zoogdier buiten het lichaam in een vloeistof gebracht.
Leg uit hoe het komt dat zo'n hart kan blijven kloppen.
- 31** In afbeelding 24.1 zijn twee elektrocardiogrammen (ecg's) op dezelfde schaal getekend. Ecg 1 is gemaakt van een normaal kloppend hart, ecg 2 is gemaakt van een hart tijdens boezemfibrilleren. Afbeelding 24.2 is een schema van een ecg tijdens een normale hartcyclus.
- a** In ecg 2 van afbeelding 24.1 zie je veel extra golven tussen de pieken in. Zijn deze golven het best te vergelijken met de P-golven of T-golven uit het ecg van afbeelding 24.2? Leg je antwoord uit.
- b** Vergelijk een normale hartslag met een hartslag tijdens boezemfibrilleren. Wanneer zal het slagvolume van het hart het grootst zijn? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 24** Ecg's.



1 twee verschillende ecg's

2 ecg van normale hartcyclus

[Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)

AMBULANCEBROEDER

'112, waarmee kan ik u helpen?' 'Mijn vrouw heeft last van duizeligheid, een drukkende pijn op de borst en pijn in haar buik en rug. Ze zweet heel erg en voelt zich onrustig. Ook geeft ze aan dat ze het gevoel heeft dat ze moet overgeven. Ik denk dat ze een hartinfarct heeft.' 'Blijft u aan de lijn, dan sturen wij een ambulance naar u toe.'

'En dan komen wij in actie', zegt Deion. Hij werkt al vijf jaar als ambulancebroeder. 'In films gaat de melding van een hartinfarct heel anders dan in het echt', vertelt Deion. 'In films grijpt iemand naar zijn borst en stort dan bewusteloos neer. In het veld merk ik echter dat de meeste mensen die hier last van hebben, niet buiten bewustzijn raken. Maar ze zijn wel in nood, ze hebben het benauwd en zijn vaak bang dat ze zullen stikken.'

Ook het gebruik van een aed (automatische elektronische defibrillator) is lang niet altijd nodig. Enkel als er sprake is van een hartstilstand, is het gebruik noodzakelijk om het hartritme opnieuw op te wekken.

Deion vindt zijn werk als ambulancebroeder vooral leuk omdat het zo afwisselend is. De ene keer helpen we een oudere dame omdat ze is gevallen en haar heup heeft gebroken en een andere keer moeten we helpen bij een ongeluk op de snelweg. 'Je maakt op de ambulance soms best heftige dingen mee en daar moet je wel mee leren omgaan', sluit Deion zijn verhaal af.

■ Afb. 25 Deion aan het werk.

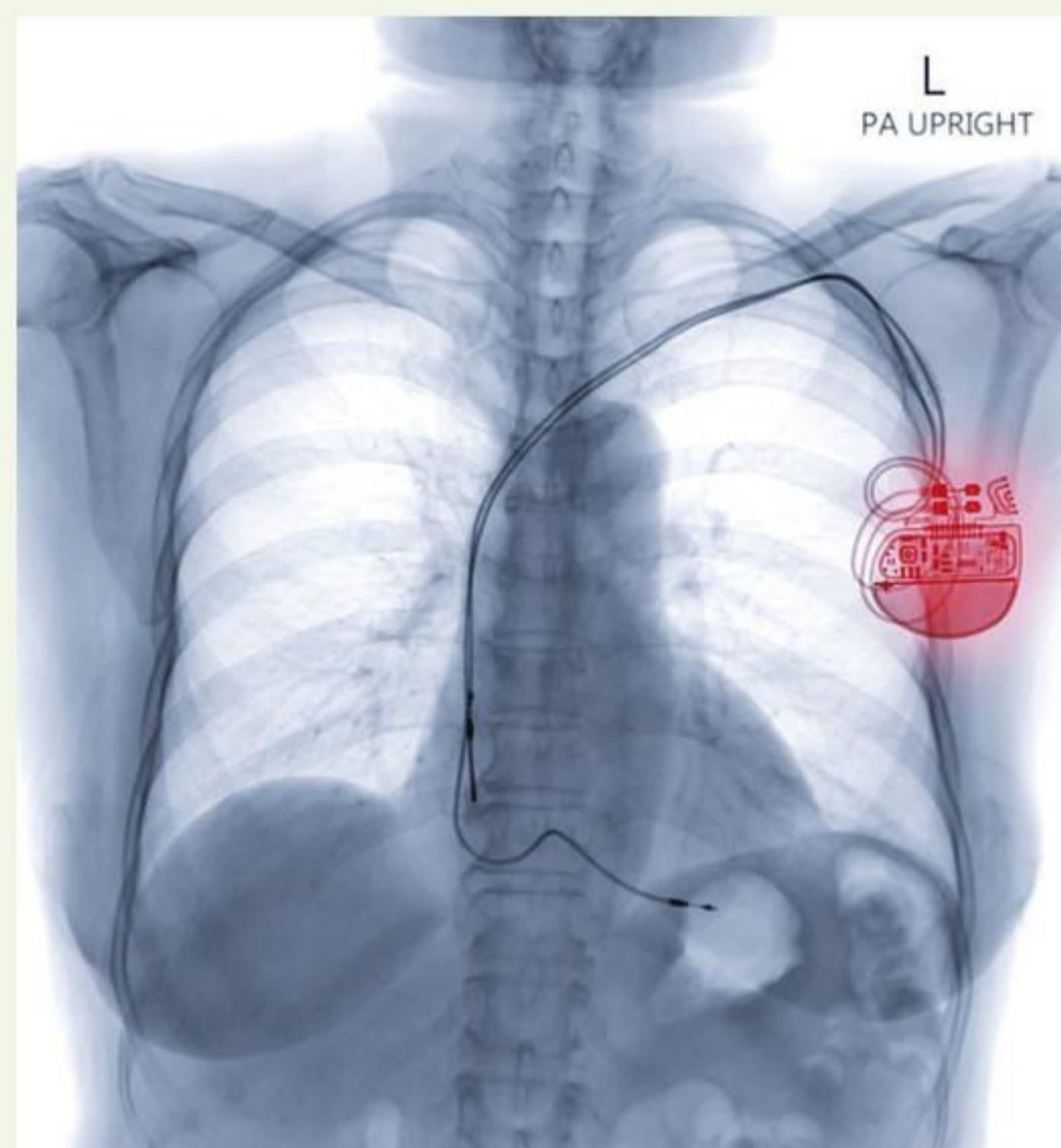


Opdrachten

- 32 a Welke opleiding moet je volgen om ambulanceverpleegkundige te worden? Maak eventueel gebruik van internet.
- b Welke vaardigheden zijn belangrijk voor een ambulanceverpleegkundige? Noem drie voorbeelden en licht toe waarom deze vaardigheden belangrijk zijn.
- 33 a Wat kan de oorzaak zijn van een hartstilstand? Maak eventueel gebruik van internet.
- b Hoe kan een aed helpen om het hartritme te herstellen na een hartstilstand?
- c Een icd (*internal cardioverter defibrillator*) is een apparaatje dat via een operatie vlak bij het hart kan worden geplaatst voor mensen met levensbedreigende hartritme stoornissen (zie afbeelding 26). De icd herkent een hartritme stoornis en herstelt zo nodig het normale hartritme

door elektrische impulsen of een sterke stroomstoot af te geven. Geef een overeenkomst en een verschil tussen een aed en een icd.

■ Afb. 26 Plaatsing van een icd.



4 DE BLOEDVATEN

LEERDOELEN

- 11.4.1** Je kunt de kenmerken en functies van slagaders, haarvaten en aders beschrijven. ▶ Practica 3 en 4
- 11.4.2** Je kunt de delen van het bloedvatensysteem noemen en daarin zuurstofgehalte, glucosegehalte en stroomrichting van het bloed aangeven.
- 11.4.3** Je kunt het verloop van de bloeddruk in de bloedvaten beschrijven.

TAXONOMIE

LEERDOELEN EN OPDRACHTEN

	11.4.1	11.4.2	11.4.3
Onthouden	34		38b, 39
Begrijpen	35, 37	36	38a, 40
Toepassen	44ac	42	41
Analyseren	44b		43, 44de

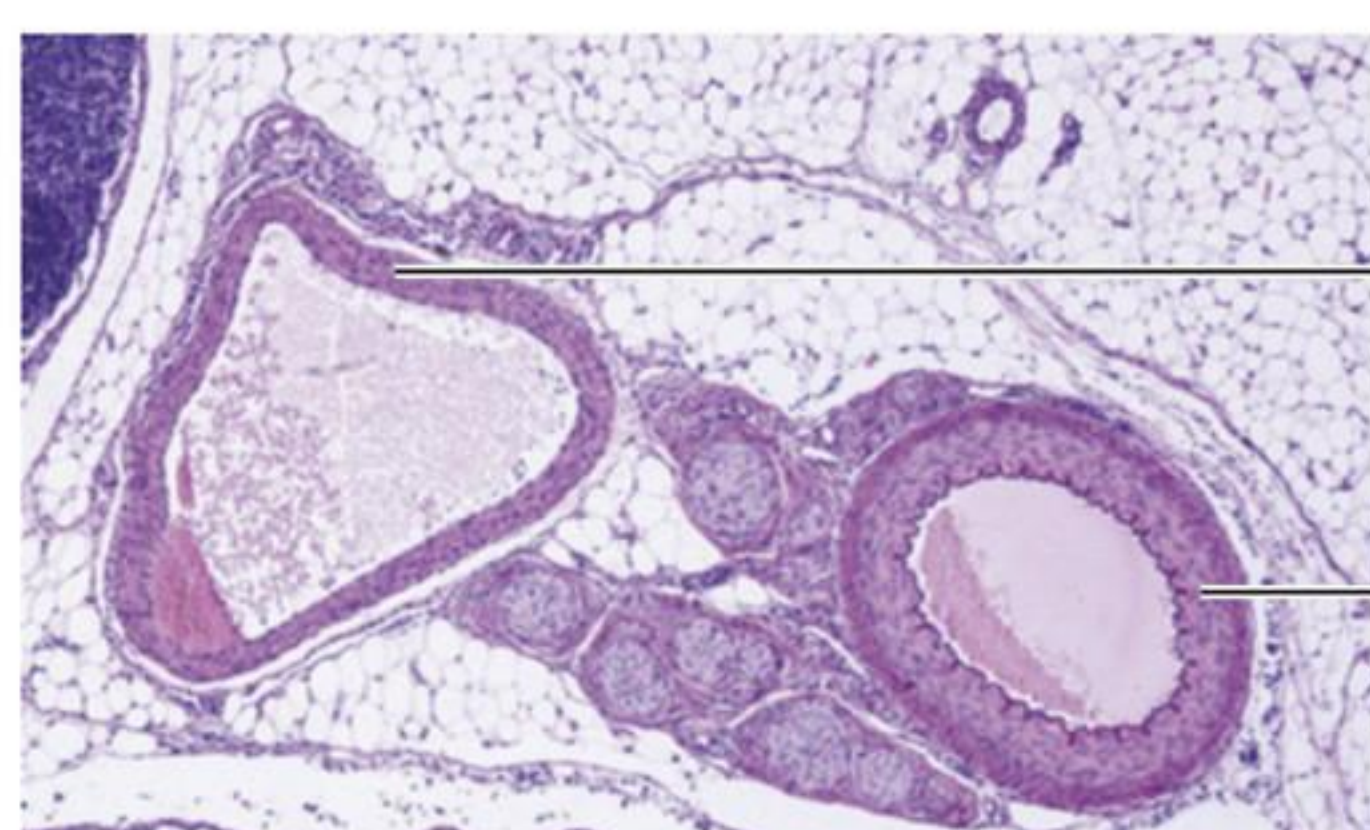
Bloed stroomt met grote snelheid door grote bloedvaten naar dunne haarvaten in de organen, waarin het zeer langzaam stroomt. Hierdoor kunnen er stoffen worden uitgewisseld in de organen. De samenstelling van het bloed verandert daardoor voortdurend.

DRIE TYPEN BLOEDVATEN

Het hart pompt het bloed in **slagaders**. Via slagaders stroomt het bloed weg van het hart, naar de organen toe. Door het samentrekken van de kamers stroomt het bloed stootsgewijs door de slagaders. De wanden van slagaders zijn dan ook dik, stevig en elastisch. Ze bevatten een dikke laag glad spierweefsel (zie afbeelding 27). Slagaders liggen meestal diep in het lichaam, waardoor ze niet gemakkelijk worden beschadigd.

In de organen vertakken de slagaders zich in steeds fijnere bloedvaten. Hierbij wordt de wand van de bloedvaten steeds dunner. Deze wand bestaat voor een groot deel uit glad spierweefsel. Dit maakt het mogelijk dat deze bloedvaten zich vernauwen of verwijden. Hierdoor kan de hoeveelheid bloed worden geregeld die door een bepaald weefsel stroomt. Bij grote lichamelijke inspanning worden de bloedvaten in de skeletspieren, in het hart en in de huid wijder. De bloedvaten in andere delen van het lichaam worden dan nauwer.

- **Afb. 27** Doorsnede van een slagader en een ader (microscopisch, vergroting 25×).



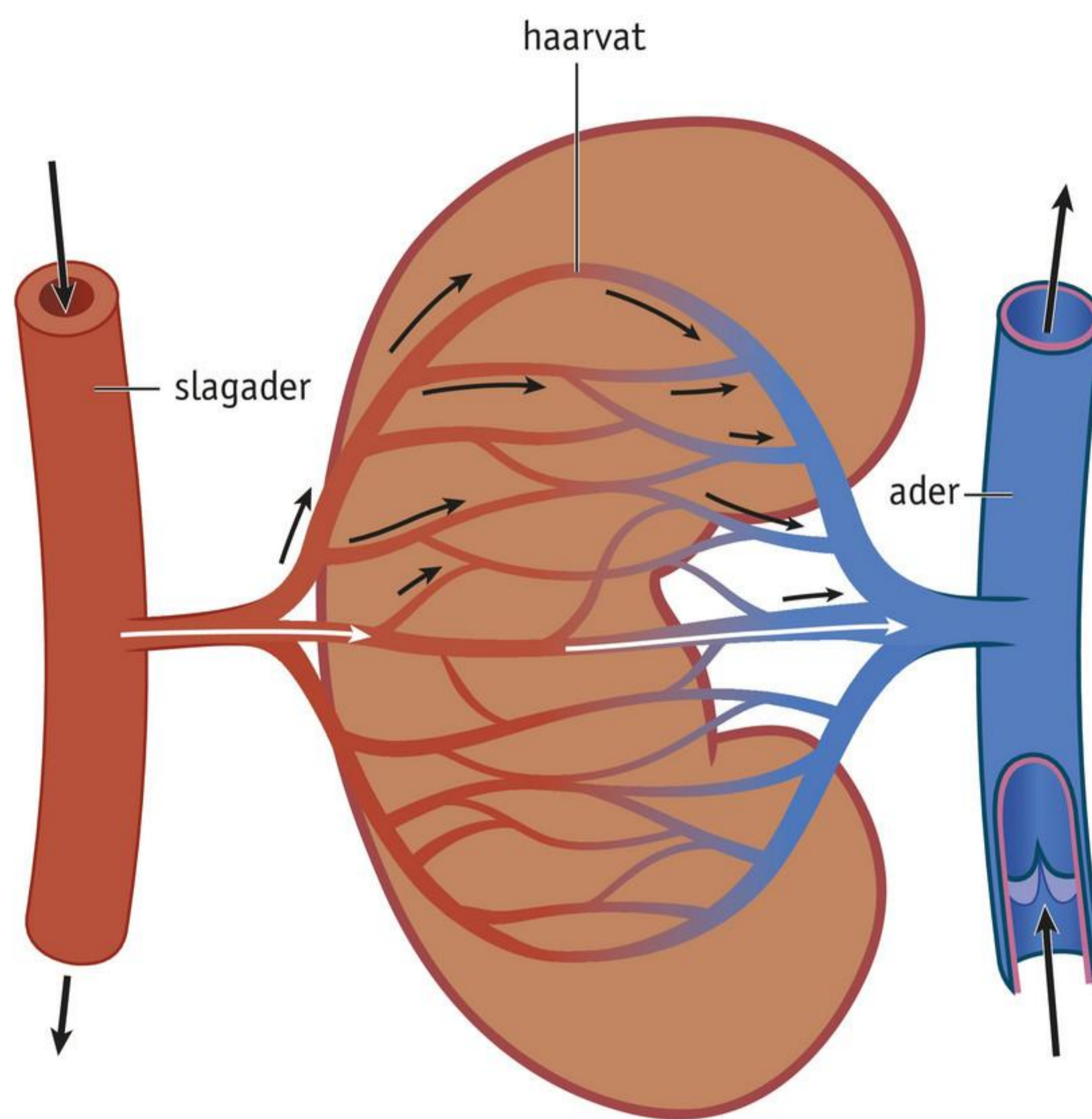
wand van een ader

wand van een slagader

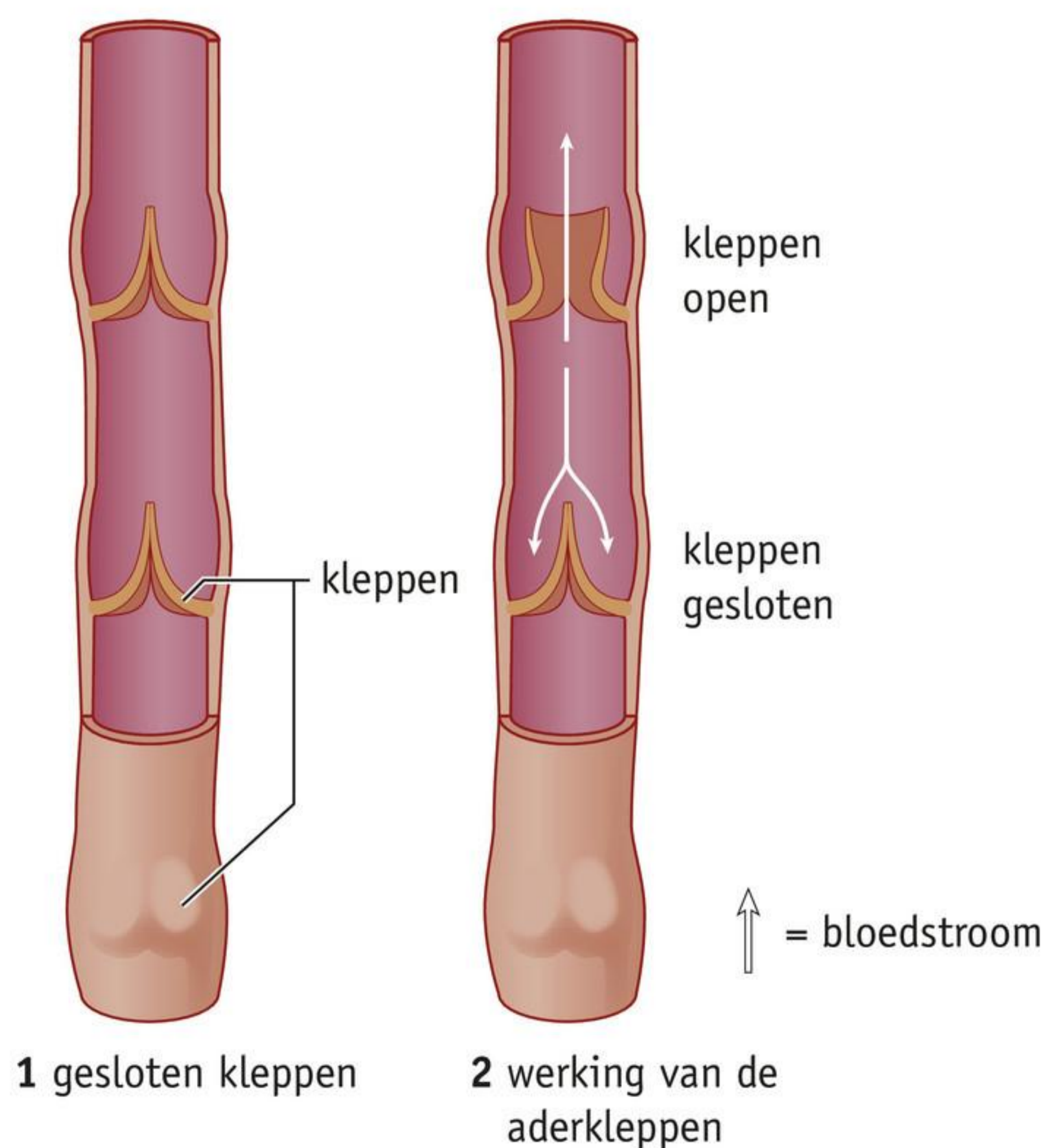
De fijnste bloedvaatjes zijn de **haarvaten**. De wand hiervan bestaat uit één laag cellen. Door deze dunne wand kan vocht met voedingsstoffen en zuurstof de haarvaten verlaten en naar de cellen stromen. Koolstofdioxide en andere afvalstoffen die door de cellen zijn geproduceerd, kunnen door de dunne wand in het bloed in de haarvaten terechtkomen. De hoeveelheid bloed die door een haarvatennet stroomt, is afhankelijk van de activiteit van de cellen van het weefsel.

De haarvaten komen weer bij elkaar in **aders**. Hierdoor stroomt het bloed terug naar het hart (zie afbeelding 28). De wanden van aders zijn dunner en minder elastisch dan die van slagaders. Veel aders bevatten kleppen, vooral de aders in de armen en benen. Deze aderkleppen laten het bloed slechts in één richting door (zie afbeelding 29). In aders stroomt je bloed gelijkmatig, niet stootsgewijs. Aders liggen vaak minder diep in het lichaam. Je kunt ze bijvoorbeeld aan de onderzijde van je arm als blauwe strepen zien liggen.

■ **Afb. 28** De bloedstroom door een orgaan.



■ **Afb. 29** Een ader met kleppen.

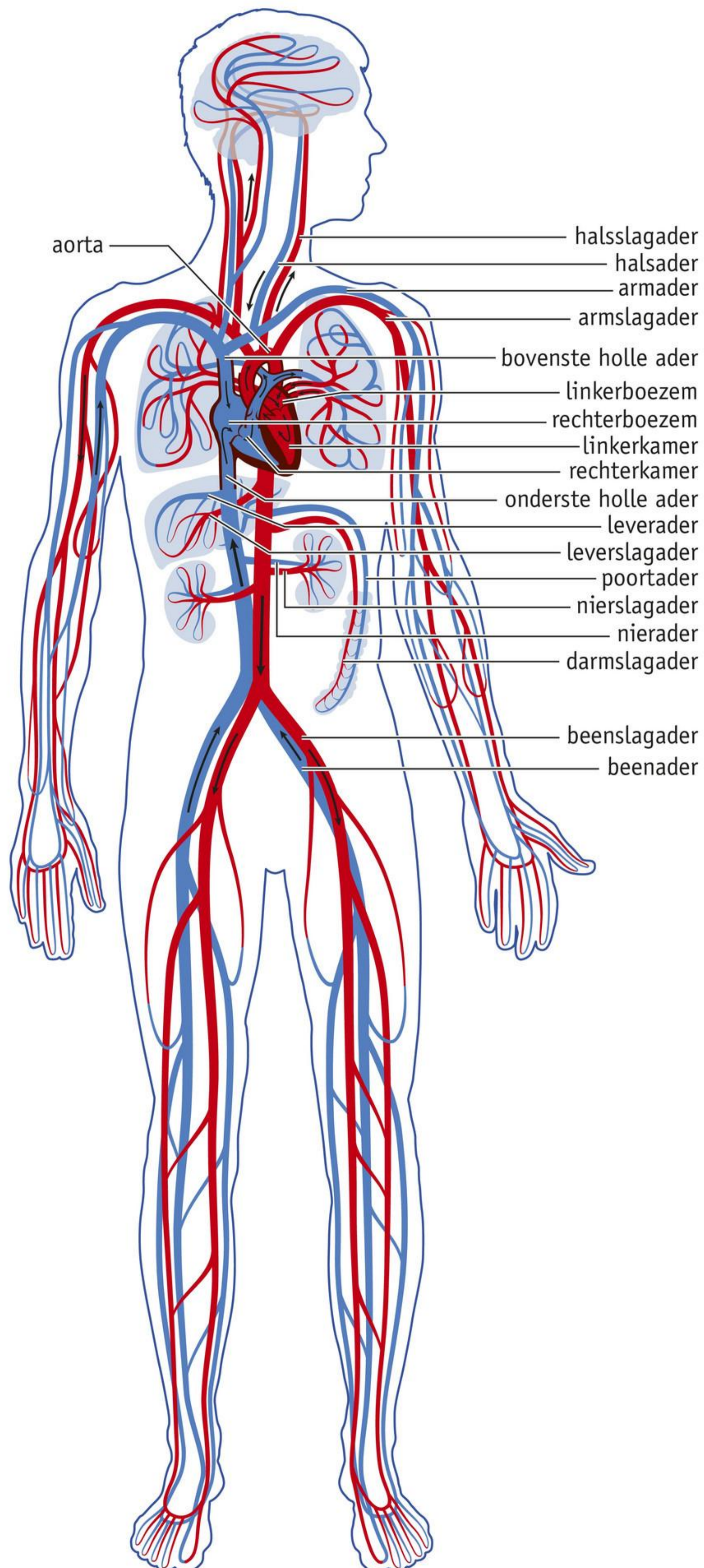


NAAMGEVING VAN DE BLOEDVATEN

In afbeelding 30 zijn de belangrijkste bloedvaten van het **bloedvatenstelsel** van de mens getekend, zie ook **BiNaS** tabel 84A.

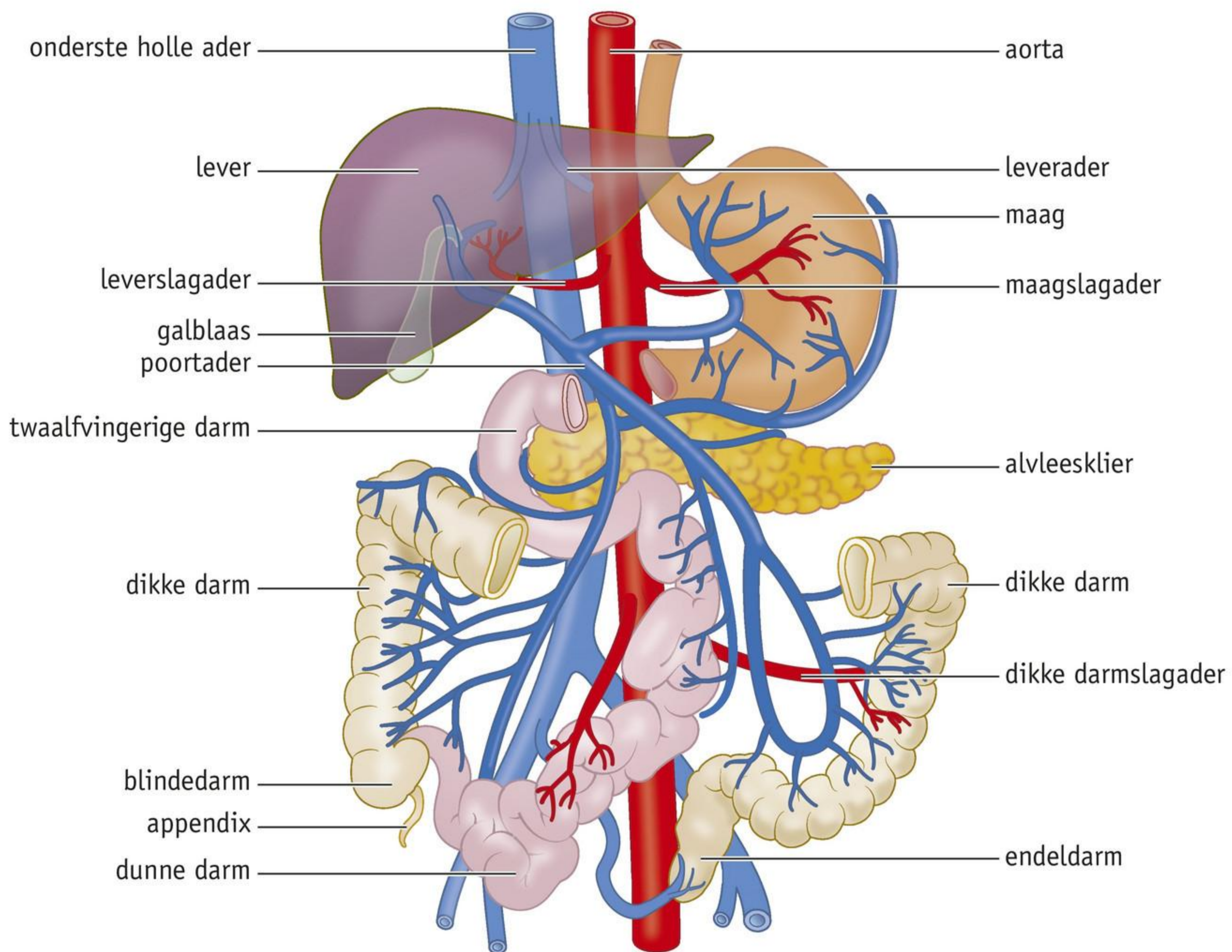
Bloedvaten hebben in het algemeen de naam van het orgaan waar ze bloed naartoe, doorheen of vanaf voeren. Zo stroomt bloed via de nierslagader naar een nier toe, via de nierhaartvaten door de nier heen en via de nierader uit de nier weg.

■ **Afb. 30** Naamgeving van de bloedvaten.



Niet alle bloedvaten hebben de naam van het orgaan waar ze bloed naartoe, doorheen of vanaf voeren. De ader die het bloed afvoert uit de wand van het darmkanaal heet bijvoorbeeld de poortader. Het bloed uit de wand van een groot deel van het darmkanaal gaat via deze poortader naar de lever (zie afbeelding 31). De lever ontvangt daarnaast ook bloed via de leverslagader. In de darmwand vindt dissimilatie en resorptie van voedingsstoffen plaats. Het bloed in de poortader verandert hierdoor steeds van samenstelling. Het bloed kan bijvoorbeeld veel koolstofdioxide bevatten. En het kan veel of weinig glucose bevatten. De lever en de alvleesklier vervullen belangrijke functies in het constant houden van het glucosegehalte van het bloed. Insuline en glucagon uit de eilandjes van Langerhans in de alvleesklier regelen dat de lever glucose uit het bloed opslaat of glucose aan het bloed afgeeft.

■ **Afb. 31** De poortader met vertakkingen.



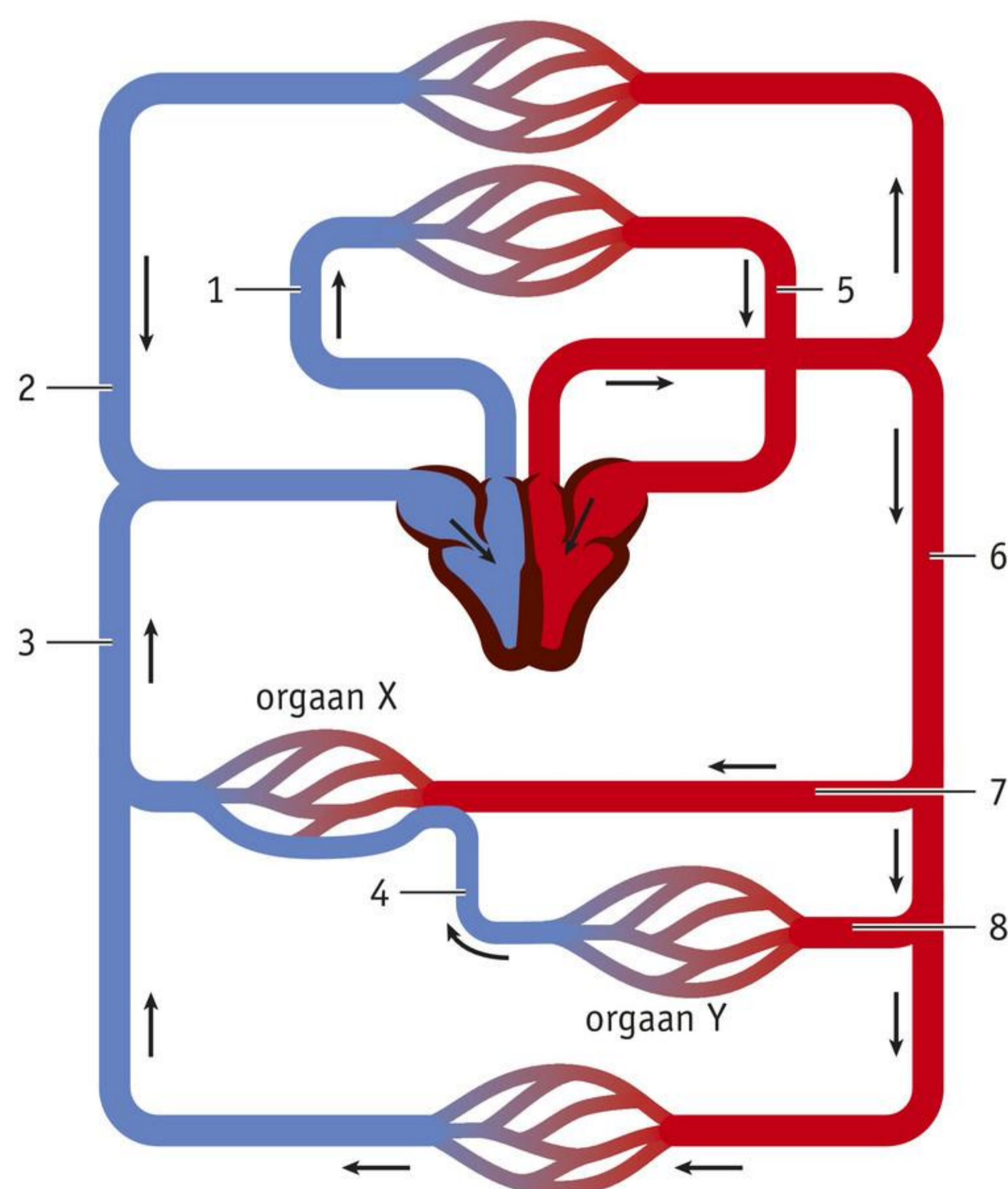
Opdrachten KENNIS

- 34** Vul de tabel in. Gebruik daarbij **BiNaS** tabel 84C.
 Gebruik bij 1: *in de organen – van de organen naar het hart – van het hart naar de organen*.
 Gebruik bij 2: *dik, stevig en elastisch – dun en weinig elastisch – één cellaag dik*.
 Gebruik bij 3: *gelijkmatig (2x) – stootsgewijs (kloppend)*.
 Gebruik bij 4: *aanwezig wanneer bloed tegen de zwaartekracht in omhoog wordt vervoerd – niet aanwezig – niet aanwezig, behalve de halvemaanvormige kleppen*.

	Slagaders	Haarvaten	Aders
1 Het bloed stroomt:			
2 De wand is:			
3 De bloedstroom is:			
4 Kleppen zijn:			

- 35** De meeste slagaders bevatten zuurstofrijk bloed en de meeste aders zuurstofarm bloed.
a Welke slagaders en aders vormen hier een uitzondering op?
b Leg uit hoe het komt dat je een polsslag in de bloedvaten van je polsen kunt voelen.
- 36** In afbeelding 32 is de bloedsomloop van de mens schematisch weergegeven.
a Welk orgaan stelt X voor? Leg je antwoord uit.
b Geef de namen van de genummerde bloedvaten.
c In welk van de genummerde bloedvaten varieert het glucosegehalte het meest? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 32** Bloedsomloop van de mens.



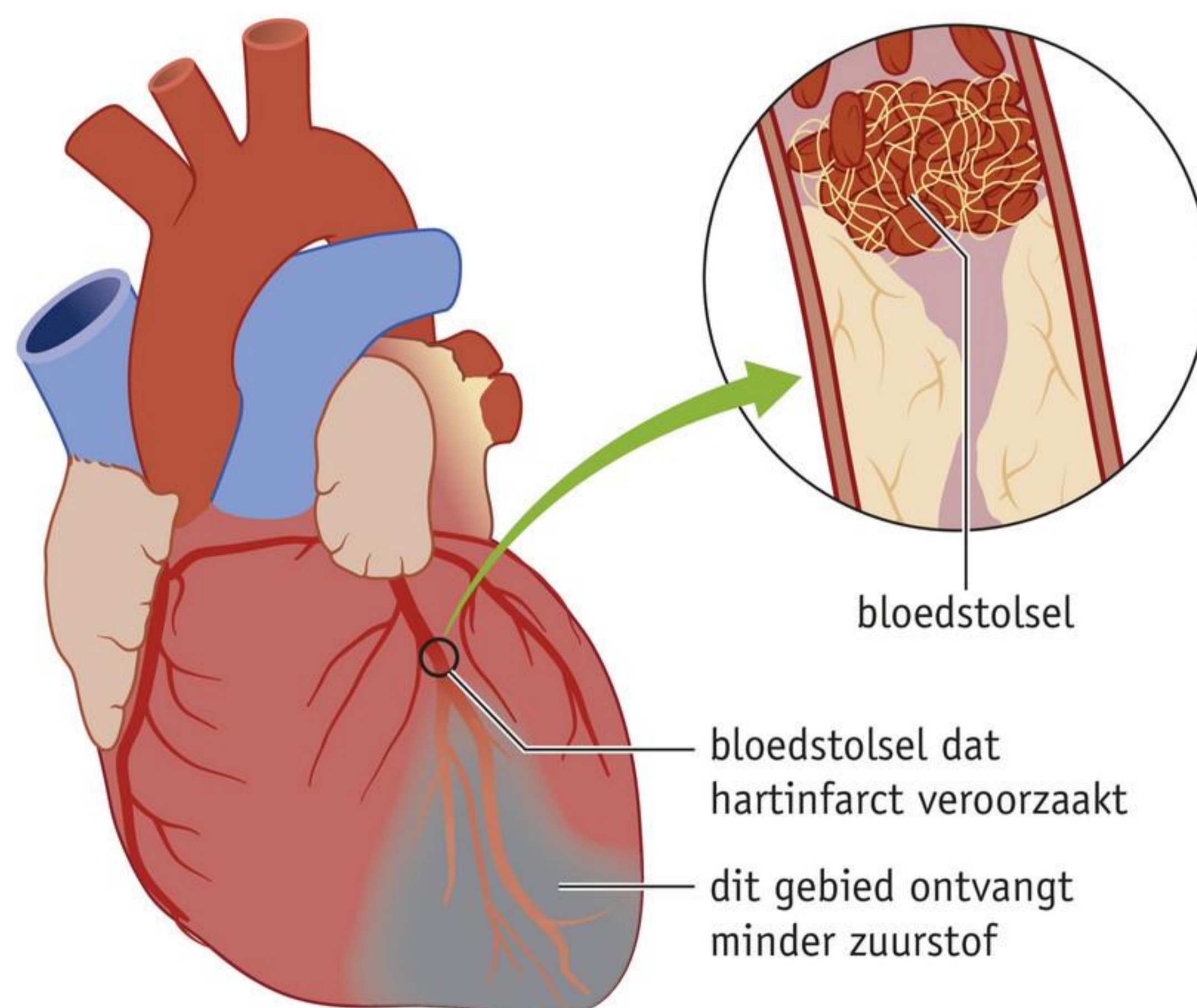
BLOEDDRUK

De druk die het bloed uitoefent op de wand van de bloedvaten noem je de **bloeddruk**. De bloeddruk wordt veroorzaakt door het samentrekken van de hartkamers. De hoge druk in de kamers zorgt voor het openen van de halvemaanvormige kleppen. De hoge bloeddruk in de slagaders wordt opgevangen, doordat de elastische wand van de slagaders uitzet. De bloeddruk daalt daardoor iets. Als het samentrekken van de hartkamers is voltooid, veren de elastische wanden van de slagaders terug en nemen ze zo de pompende kracht over.

De maximale druk op het moment dat de kamers zich samentrekken, is de **bovendruk**. De minimale druk tijdens de hartpauze is de **onderdruk**. De bloeddruk noteer je als bovendruk/onderdruk in mm Hg. Een bloeddruk rond de 120/80 mm Hg is normaal. Meestal stijgt de bloeddruk bij toenemende inspanning. Een voortdurend hoge bloeddruk kan worden veroorzaakt door stress, roken, overgewicht, vaak zout eten en door het ontstaan van slagaderverkalking, wat vooral bij oudere mensen voorkomt. Ook erfelijke factoren spelen een rol.

Slagaderverkalking ontstaat door afzetting van LDL-cholesterol tegen beschadigingen van de binnenwand van bloedvaten. De vaatwand wordt op deze plaats dikker en er wordt kalk in de verdikking afgezet. De elasticiteit van de vaatwand vermindert en de vaten vernauwen. Raken een of meer vertakkingen van een kransslagader verstopt, dan krijgt een deel van de hartspier geen zuurstof en voedingsstoffen meer. Dit deel sterft dan af en dat noem je een hartinfarct (zie afbeelding 33). Een hartinfarct kan dodelijk zijn als een groot deel van de hartspier afsterft. De meeste patiënten hebben al eerder klachten. Bij inspanning krijgen ze bijvoorbeeld pijn op de borst, doordat het hart door de vernauwde kransslagaders onvoldoende zuurstof krijgt. Of ze zijn benauwd en snel buiten adem.

■ **Afb. 33** Hartinfarct.



METING VAN DE BLOEDDRUK

Een bloeddrukmeting is een momentopname. De bloeddruk varieert gedurende de dag. Om een goed beeld van je bloeddruk te krijgen, moet je meerdere keren en op verschillende momenten meten. Bij veel mensen stijgt de bloeddruk met de leeftijd.

Een meting van de bloeddruk gaat als volgt (zie afbeelding 34). Er wordt een manchet om de bovenarm op de hoogte van het hart gedaan. De onderarm ligt ontspannen op tafel. In de manchet wordt lucht gepompt, zodat de armslagader wordt dichtgedrukt. Een arts luistert met een stethoscoop en pompt tot er geen vaatgeruis meer hoorbaar is. De druk in de manchet is dan hoger dan de bovendruk.

De arts laat lucht uit de manchet ontsnappen tot bij elke samentrekking van de hartkamers de armslagader een beetje wordt opgedrukt. Zodra de arts vaatgeruis hoort, is de druk in de manchet gelijk aan de bovendruk (gemiddeld 120 mm Hg). Hierna laat de arts nog meer lucht ontsnappen. Zodra geen vaatgeruis meer hoorbaar is, is de druk in de manchet gelijk aan de onderdruk (gemiddeld 80 mm Hg). Het bloed stroomt dan ongehinderd door de slagader.

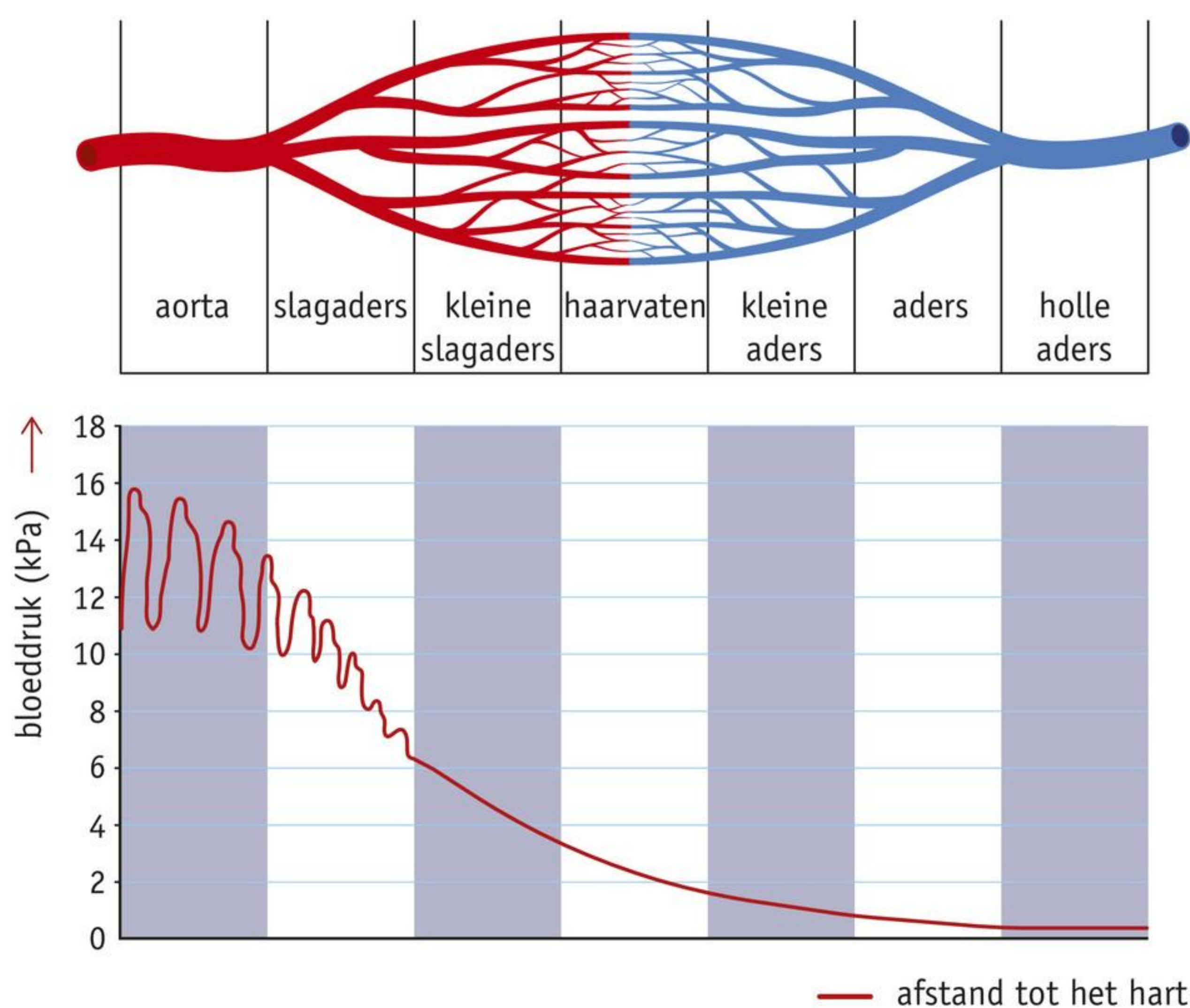
■ **Afb. 34** Meting van de bloeddruk.



VARIATIE IN BLOEDDRUK EN STROOMSNELHEID

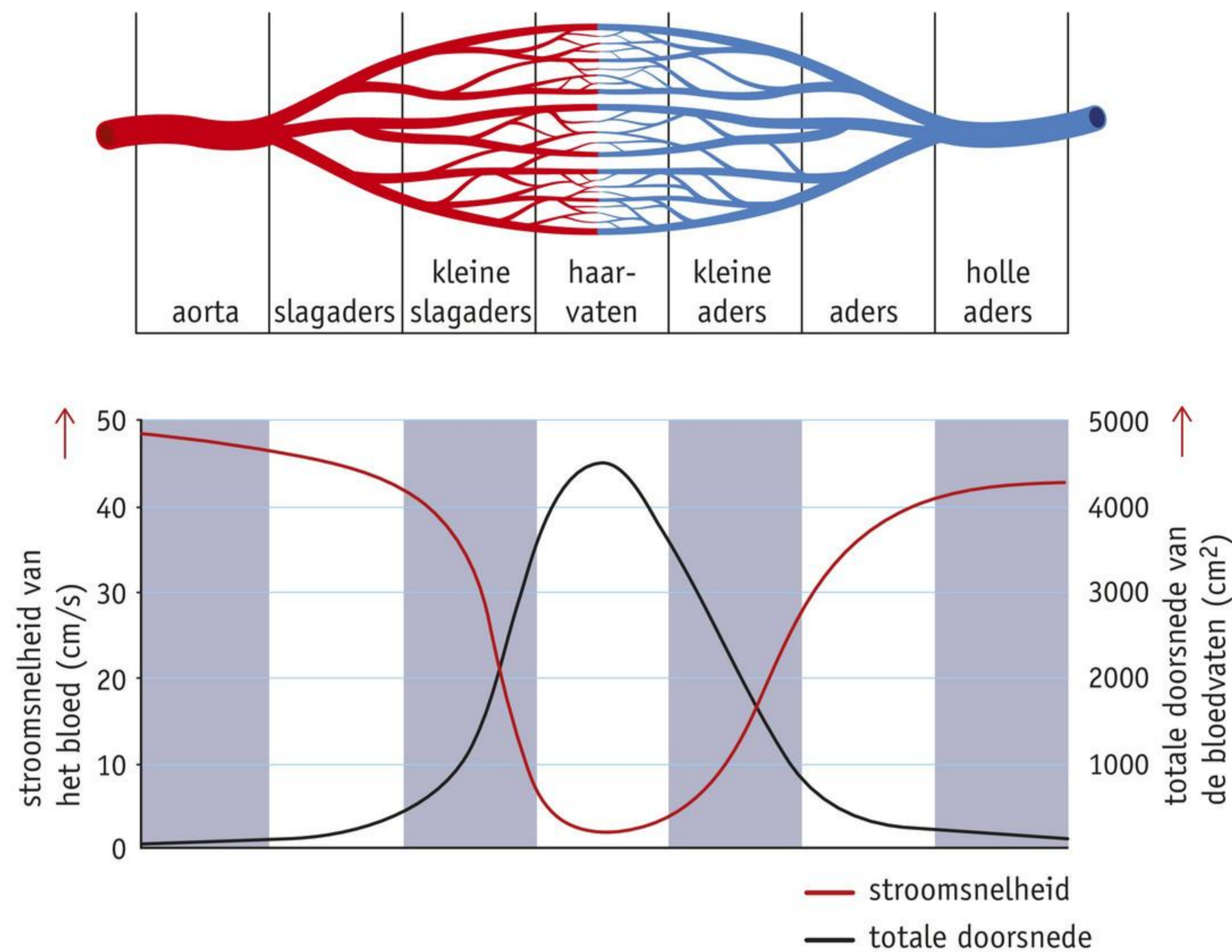
In afbeelding 35 is te zien dat de bloeddruk in een slagader sterk op en neer gaat onder invloed van de hartslag. De toppen van de grafiek geven de bovendruk weer; de dalen geven de onderdruk weer. Tijdens het stromen van het bloed van slagaders via haarvaten naar aders neemt de bloeddruk voortdurend af.

■ **Afb. 35** De bloeddruk in de verschillende type bloedvaten.



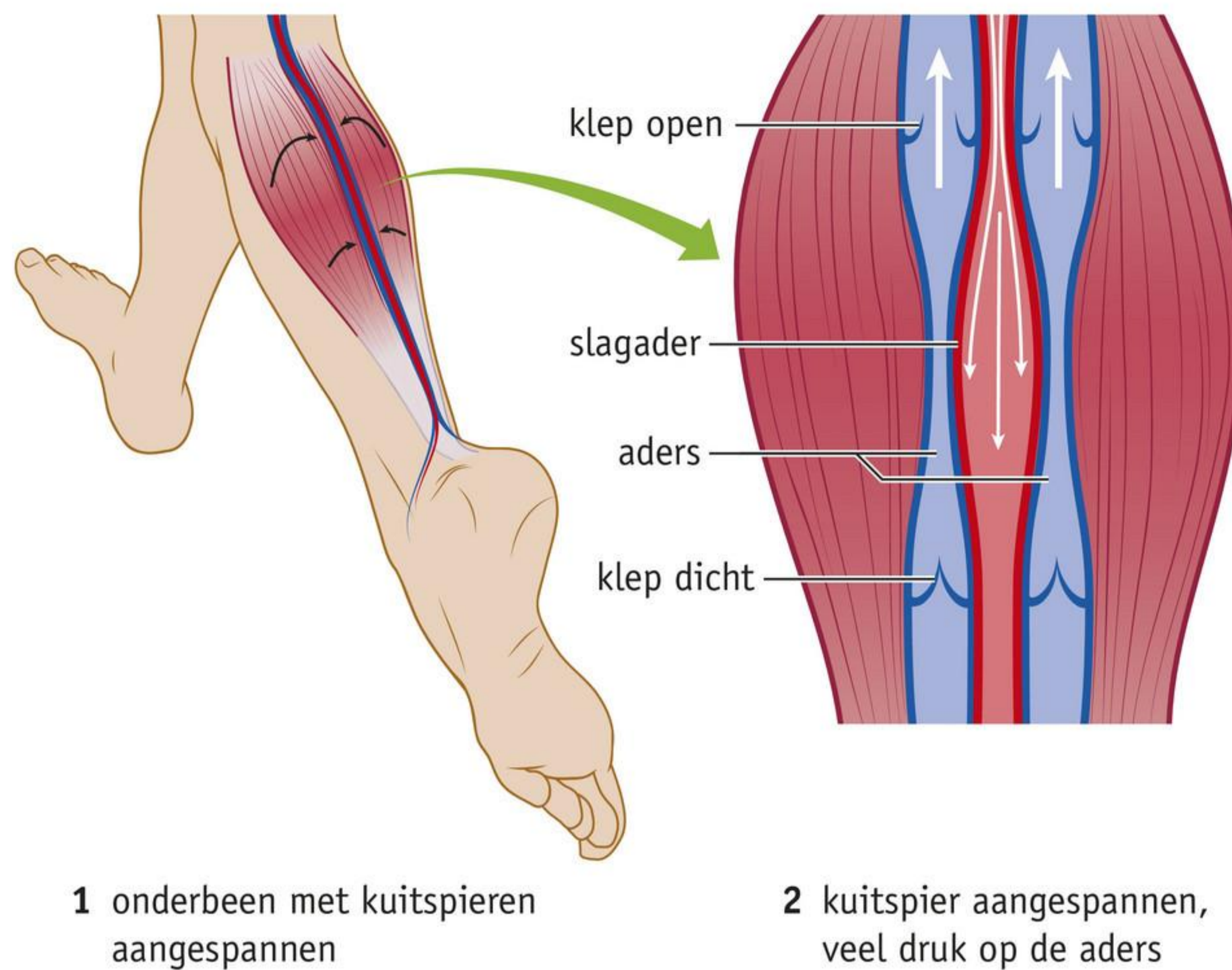
De stroomsnelheid van het bloed varieert (zie afbeelding 36 en **BiNaS** tabel 84E1). In de haarvaten is de stroomsnelheid van het bloed het laagst. Dat komt doordat de totale diameter (doorsnede) van alle haarvaten samen groter is dan die van de aanvoerende slagaders, of die van de afvoerende aders. Door de lage stroomsnelheid van het bloed in de haarvaten is een goede uitwisseling van stoffen tussen het bloed en de omringende cellen mogelijk.

■ **Afb. 36** Oppervlakte en stroomsnelheid van de verschillende bloedvaten.



Als het bloed vanuit de haarvaten naar de aders stroomt, neemt de stroomsnelheid van het bloed weer toe. Maar de bloeddruk neemt verder af. In de armen en benen is de bloeddruk in de aders vaak te laag om de bloedstroom op gang te houden. In de beenaders bijvoorbeeld moet het bloed meestal over een grote afstand tegen de zwaartekracht in stromen. In de benen liggen de aders tegen slagaders aan (zie afbeelding 37). Daardoor veroorzaken de kloppende slagaders een stootsgewijze druk op het bloed in de aders. Verder kunnen beenspieren die zich samentrekken het bloed uit een ader wegdrücken. De aderkleppen voorkomen dat het bloed de verkeerde kant op stroomt.

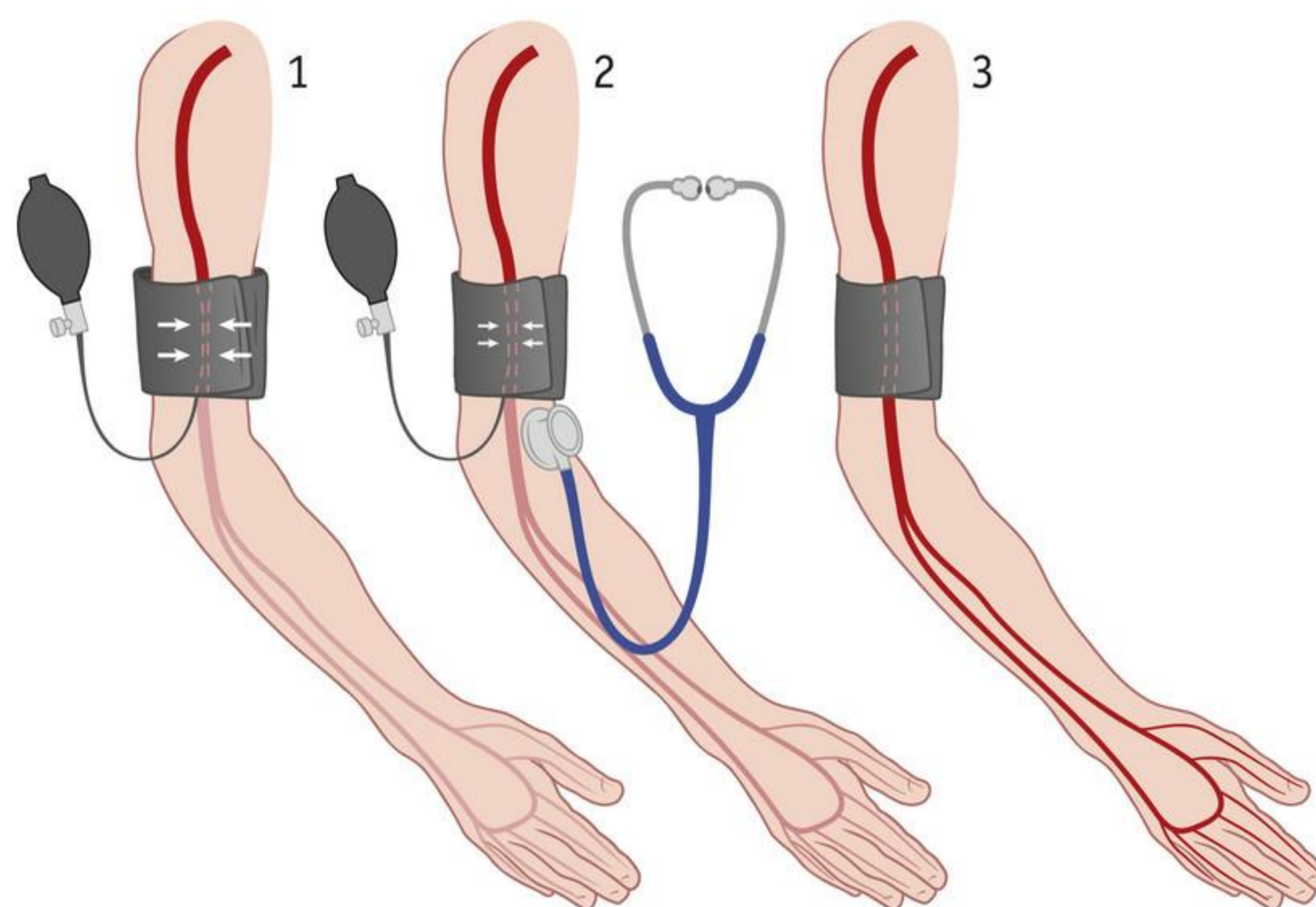
■ **Afb. 37** Stimulering van de bloedstroom in aders.



Opdrachten **KENNIS**

- 37 Waardoor is een slagaderlijke bloeding gevaarlijker dan een aderlijke bloeding?
- 38 **a** Waarom kun je de onder- en de bovendruk alleen meten in slagaders?
b In de aders is de stroomsnelheid hoger dan in de haarvaten.
 Leg uit hoe dit kan.
- 39 Wat is het verschil tussen een hartstilstand en een hartinfarct?
- 40 Een arts verricht een bloeddrukmeting bij een persoon (zie afbeelding 38). Er zijn drie fasen van de bloeddrukmeting weergegeven.
- a** Is er tijdens fase 1 van de bloeddrukmeting een polsslag te voelen in de arm waaraan de meting wordt verricht? Leg je antwoord uit.
- b** Tijdens welke fase meet de arts de onderdruk? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 38** Bloeddrukmeting.



- 41** Tijdens een bloeddrukmeting luistert een arts met een stethoscoop naar de bloedvaten in de onderarm.
Wat hoort de arts tijdens fase 2 van de meting van afbeelding 38?
- 42** Wanneer iemand een glas wijn of bier drinkt, kun je korte tijd later alcohol in het bloed aantonen. Alcoholmoleculen kunnen via de wand van de dunne darm in het bloed worden opgenomen. Alcohol wordt door enzymen in de lever afgebroken, waardoor de alcoholconcentratie in het bloed weer afneemt.
- a** Via welk bloedvat worden alcoholmoleculen naar de lever gevoerd?
 - b** Alcoholmoleculen kunnen je ook via de longen uitscheiden. Daardoor kun je het vaak ruiken als iemand alcohol heeft gedronken.
Door welke bloedvaten en hartdelen gaat een alcoholmolecuul dat via de kortste weg van de wand van de dunne darm naar de longen gaat?
- 43** Wanneer je snel opstaat vanuit een liggende positie kan je bloeddruk snel dalen. Je kunt dan duizelig worden, doordat er te weinig bloed naar je hersenen stroomt. De baroreflex zorgt ervoor dat de bloeddruk in stand wordt gehouden. Rekgevoelige zintuigcellen (de baroreceptoren) in de wand van de halsslagaders en aorta nemen veranderingen in de bloeddruk waar en geven hun informatie door aan de hersenstam. De hersenstam regelt via het autonome zenuwstelsel dat het hartritme wordt aangepast en dat de bloedvaten zich verwijden of vernauwen.
- a** Wat gebeurt er met het hartritme en de bloedvaten als je snel opstaat vanuit een liggende positie? Leg je antwoord uit.
 - b** Is de baroreflex een voorbeeld van positieve of van negatieve terugkoppeling? Verklaar je antwoord.

 [Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)

HEEL KOUDE VINGERS

Senna zit achter haar laptop, omdat ze huiswerk voor Nederlands moet maken. Ze is al een half uur bezig en krijgt last van koude en gevoelloze vingers, terwijl de verwarming op haar slaapkamer aanstaat. Hoe kan dat?

De bloedsomloop speelt een belangrijke rol bij het handhaven van je lichaamstemperatuur. Als de omgeving kouder wordt, treedt er vaatvernauwing op in je handen en voeten om warmteverlies te beperken. Dat is normaal. Maar sommige mensen, vooral vrouwen, hebben sneller last van koude vingers dan anderen. Vrouwen hebben er meer last van dan mannen, doordat zij over het algemeen een wat hogere lichaamstemperatuur hebben en eerder kou ervaren.

Bij Senna is er meer aan de hand. Haar vingers worden wit en gevoelloos of pijnlijk als ze lang blijft typen, of een wandeling maakt bij koud weer. De huisarts geeft aan dat Senna last heeft van het fenomeen van Raynaud. Dat is een aandoening waarbij de spieren in de wanden van kleine bloedvaten in handen en voeten te sterk samentrekken onder invloed van kou of stress. Delen van de tenen en vingers krijgen dan te weinig bloed.

Hierdoor heeft Senna vaak extreem koude vingers en tenen. De dokter adviseert haar daarom regelmatig even te stoppen met typen om haar handen op te warmen en de doorbloeding weer normaal te krijgen. Hij waarschuwt dat dit een vreemd tintelend gevoel kan geven. Senna hoeft zich geen zorgen te maken, want met wat extra inspanning om haar vingers en tenen goed warm te houden zal ze weinig last hebben van het fenomeen van Raynaud.

■ Afb. 39 Senna achter haar laptop.



Opdrachten

- 44
- a Vaatvernauwing om de lichaamswarmte te reguleren vindt vooral plaats in (kleine) slagaders. Waarom trekken juist slagaders zich samen? Leg je antwoord uit.
 - b Waarom hebben vrouwen sneller last van koude vingers en koude tenen dan mannen?
 - c Bij patiënten met het fenomeen van Raynaud, zoals Senna, worden de vingers bij koud weer wit en gevoelloos of pijnlijk. Verklaar waarom patiënten met het fenomeen van Raynaud witte vingers krijgen.
 - d Het fenomeen van Raynaud gaat gepaard met een verandering in de bloeddruk. Hoe verandert de bloeddruk door het fenomeen van Raynaud? Leg je antwoord uit.
 - e Mensen die veel last hebben van een hoge bloeddruk krijgen soms bètablokkers voorgeschreven. Bètablokkers zijn medicijnen die je hartritme verlagen, waardoor de bloeddruk daalt. Leg uit waarom patiënten die bètablokkers slikken soms als bijwerking last krijgen van koude vingers en tenen.

5 WEEFSELVLOEISTOF EN LYMF

LEERDOEL

11.5.1 Je kunt de kenmerken en functies van weefselvloeistof en lymfe benoemen.

TAXONOMIE	LEERDOEL EN OPDRACHTEN
	11.5.1
Onthouden	45b, 46a
Begrijpen	45a, 46b, 47
Toepassen	48a, 50, 52abc
Analyseren	48b, 49, 51, 52de

Een netwerk van fijne haarvaatjes doorkruist de weefsels. Bloedplasma met opgeloste stoffen stroomt door kleine openingen in de haarvatwand naar de omliggende cellen. Tussen de cellen door vindt de vloeistof uiteindelijk zijn weg terug naar een haarvat of een ander vat.

AANVOER VAN WEEFSELVLOEISTOF

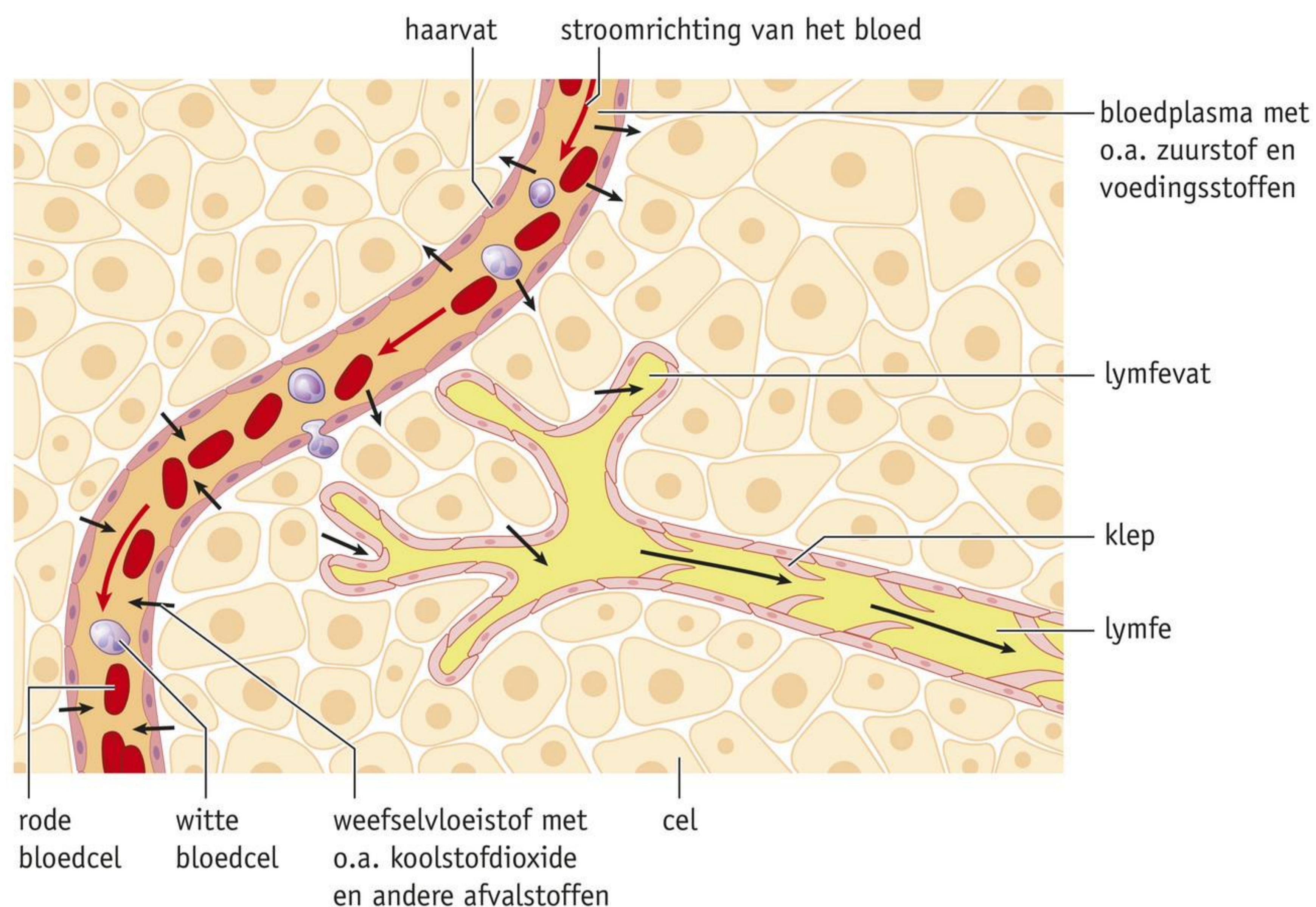
De wand van een haarvat is doorlaatbaar voor water en opgeloste stoffen met kleine moleculen. Aan het begin van een haarvat is de bloeddruk hoger dan de druk in het omliggende weefsel. Hierdoor wordt een deel van het bloedplasma door kleine openingen in de haarvatwand naar buiten geperst (zie afbeelding 40). Dit vocht bevat onder andere zuurstof, voedingsstoffen, hormonen en kleine eiwitten (onder andere antistoffen). Eenmaal in het weefsel, buiten de haarvaten, wordt dit vocht **weefselvloeistof** genoemd. Ook witte bloedcellen kunnen de haarvaten verlaten en in weefselvloeistof voorkomen. Rode bloedcellen en grote eiwitten kunnen de haarvaten niet verlaten.

Weefselvloeistof bevindt zich tussen de cellen van de weefsels. Cellen nemen door diffusie voedingsstoffen en zuurstof op uit de langsstromende weefselvloeistof. Koolstofdioxide diffundeert in tegengestelde richting. Ook door actief transport nemen cellen voedingsstoffen op uit de weefselvloeistof.

AFVOER VAN WEEFSELVLOEISTOF

Aan het eind van de haarvaten is de bloeddruk sterk gedaald. Doordat grote eiwitmoleculen de haarvaten niet kunnen verlaten, is de osmotische waarde van het bloedplasma in het haarvat hier hoger dan die van de weefselvloeistof. Door de lagere bloeddruk en de hogere osmotische waarde van het bloedplasma wordt aan het eind van de haarvaten 90% van de weefselvloeistof weer terug opgenomen in de haarvaten. Dit vocht bevat onder andere koolstofdioxide en andere afvalstoffen die door de cellen zijn geproduceerd (zie afbeelding 40).

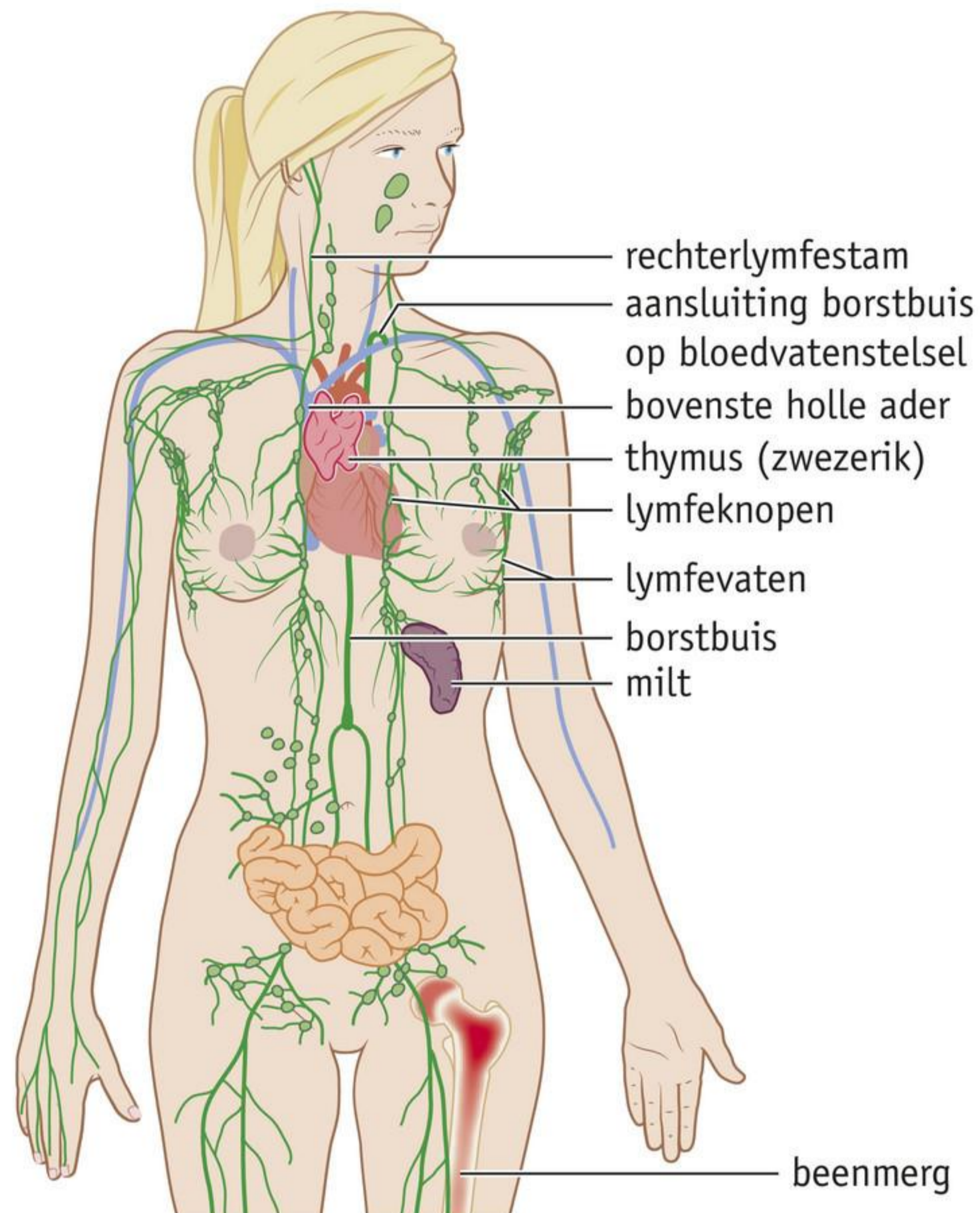
■ **Afb. 40** Verplaatsing van weefselvocht en lymfe.



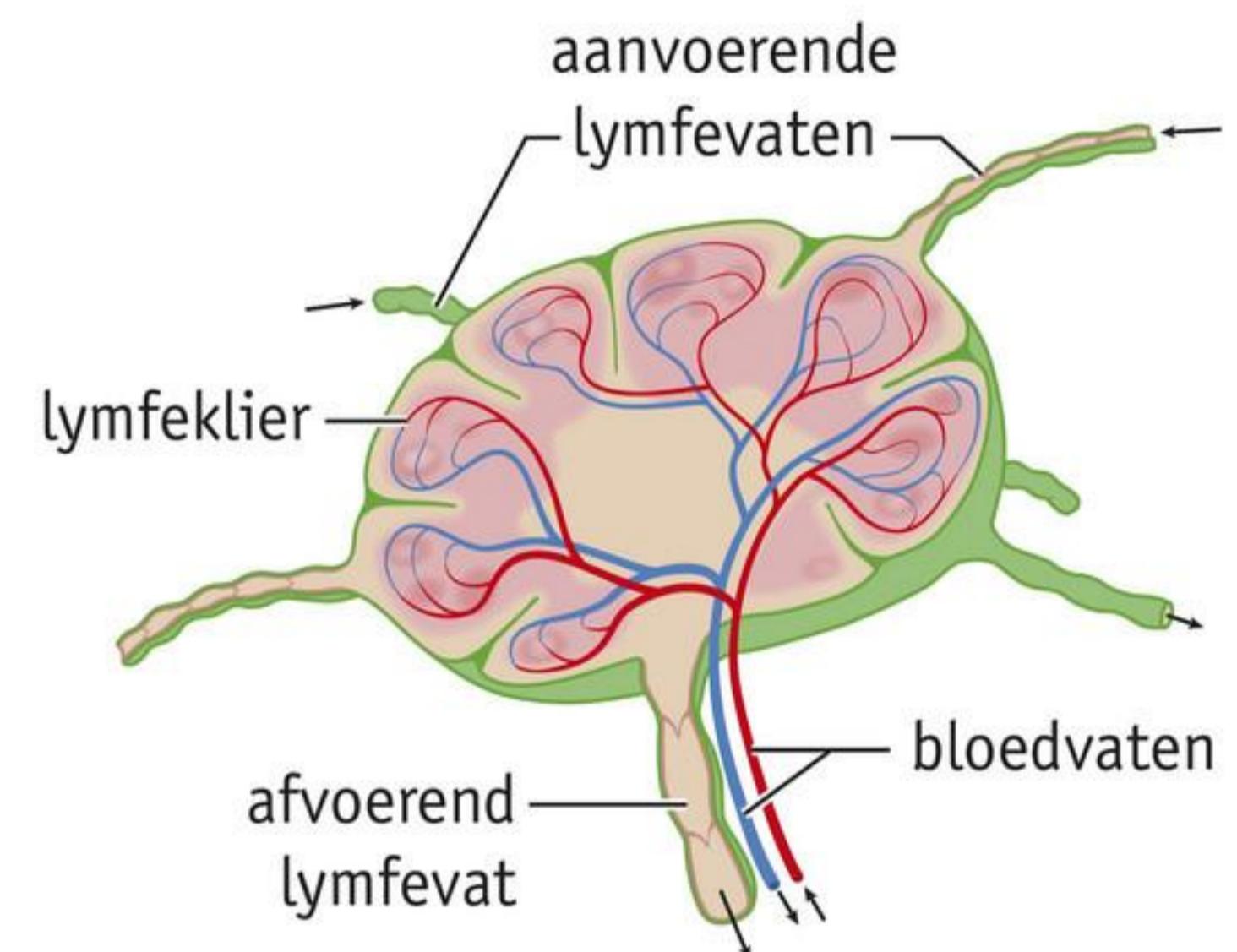
Niet al het uitgetreden vocht komt op deze manier terug in de haarvaten. Overtollige weefselvloeistof wordt opgenomen in **lymfevaten** en wordt dan **lymfe** genoemd. Lymfe bevat onder andere koolstofdioxide en andere afvalstoffen, hormonen, antistoffen en een deel van de zuurstof en voedingsstoffen die niet door de cellen zijn opgenomen. In lymfe kunnen ook witte bloedcellen voorkomen. Kleppen in de lymfevaten zorgen ervoor dat de lymfe maar in één richting stroomt (zie afbeelding 40). Samentrekkingen van spieren die vlak bij een lymfefvat liggen zorgen voor de stroming van lymfe.

De lymfevaten maken deel uit van het **lymfesysteem** (zie afbeelding 41 en **BiNaS** tabel 84N). De fijne lymfevaten verenigen zich tot grotere lymfevaten. Uiteindelijk komt alle lymfe terecht in twee grote lymfevaten die beide uitmonden in aders die onder de sleutelbeenderen liggen. In het lymfesysteem liggen lymfeklieren (lymfeknopen), onder andere in de hals, de oksels en de liezen (zie afbeelding 41 en 42). In de lymfeknopen bevinden zich witte bloedcellen (lymfocyten) en wordt de lymfe gezuiverd van onder andere ziekteverwekkers.

■ **Afb. 41** Het lymfesysteem.



■ **Afb. 42** Lymfeklier (doorsnede).



Bij een oedeem hoopt weefselvloeistof zich op in de weefsels (zie afbeelding 43). Dit kan verschillende oorzaken hebben:

- De weefselvloeistof bevat een te hoge eiwitconcentratie. Dit kan ontstaan door het afsterven van cellen na een infectie.
- Het bloed bevat een te lage eiwitconcentratie.
- De bloeddruk is te hoog.
- Er is een verstopt lymfevat. Dit kan ontstaan door ontsteking of een parasiet.
- Er zijn lymfeklieren verwijderd.

■ **Afb. 43** Oedeem in een arm.



Opdrachten **KENNIS**

- 45** De naam van lichaamsvocht wordt bepaald door de plaats waar het zich bevindt. Iemand die een lange wandeling op slecht passende schoenen maakt, kan blaren krijgen. In een blaar zit helder, kleurloos vocht.
- a** Hoe heet het vocht dat zich in een blaar bevindt?
 - b** Kunnen in dit vocht bloedcellen voorkomen? Zo ja, welke?
- 46** De uitwisseling van vocht tussen bloedplasma en weefselvloeistof wordt bepaald door verschillende krachten.
- a** Welke 'kracht' in het begin van de haarvaten veroorzaakt het uitstromen van bloedplasma?
 - b** Aan het einde van de haarvaten stroomt er weer weefselvloeistof terug de haarvaten in.
Leg uit hoe dit komt.
- 47** Wanneer je flink verkouden bent, kunnen de lymfeklieren in je hals opzetten.
- a** Waarom zwellen de lymfeklieren op als je verkouden bent?
 - b** Leg uit hoe het opzwellen van lymfeklieren kan leiden tot oedeemvorming.

Opdrachten **INZICHT**

- 48** Bij een experiment wordt de bloeddruk in een bepaald haarvat plotseling verhoogd.
- a** Hoe verandert daardoor de hoeveelheid vocht die uit dit haarvat treedt?
 - b** Hoe verandert het verschil in osmotische waarde tussen de weefselvloeistof en het bloedplasma in dit haarvat hierdoor? Leg je antwoord uit.
- 49** Ondervoede kinderen hebben vaak een opgezwollen buik. Deze kinderen lijden aan hongerodeem, dat wordt veroorzaakt door een gebrek aan eiwitten in het voedsel. Leg uit hoe het opzwellen van de buik ontstaat.
- 50** Wanneer je lang stil moet zitten, bijvoorbeeld tijdens een lange busreis of vliegtuigvlucht, kun je last krijgen van dikke enkels, doordat er zich weefselvocht ophoopt.
- a** Hoe kan lang stilzitten ervoor zorgen dat weefselvocht zich ophoopt rond de enkels?
 - b** Waarom zorgt het bewegen van je benen voor het tegengaan van dikke enkels?
- 51** In de longhaarvaten treedt vrijwel geen vocht uit.
Leg uit hoe dit komt en welk belang dit heeft.

 [Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)

MUGGEN, WORMEN EN OLIFANTSZIEKTE

Cinta en haar familie wonen op het platteland op ongeveer een uur rijden van Padang, een stad in Indonesië. Vroeger ging Cinta regelmatig naar de stad om inkopen te doen. Maar tegenwoordig komt ze haar dorp nog maar zelden uit.

Cinta kan sinds een paar jaar niet meer goed lopen. Een van haar voeten is opgezwollen en pijnlijk, de huid is ruw en donkerder van kleur. Ze heeft last van olifantsziekte, ook wel bekend als elefantiase. De ziekte wordt veroorzaakt door een parasiet, een kleine worm, *Wuchereria bancrofti*. De parasiet die elefantiase veroorzaakt leeft bovendien in symbiose met bacteriën die ontstekingen kunnen veroorzaken.

Cinta heeft de larve van deze besmette worm opgelopen via een muggenbeet. In eerste instantie merkte ze er niets van. Maar na vier jaar waren de larven uitgegroeid tot volwassen wormen. De volwassen wormen zitten in haar lymfevaten en beschadigen en blokkeren haar lymfevaten. De schade aan de lymfevaten en de ontstekingen die ontstaan door besmetting met de bacterie zorgen voor het dikker worden van de huid.

Bij toeristen die elefantiase oplopen tijdens hun vakantie in Indonesië kun je de ziekte relatief eenvoudig bestrijden. Zij krijgen

ontwormingsmiddelen in combinatie met een medicijn dat de symbiotische bacterie bestrijdt. De WHO (World Health Organization) probeert deze middelen ook beschikbaar te maken voor patiënten als Cinta, die minder geld hebben voor medicijnen.

■ Afb. 44 Cinta.



Opdrachten

- 52 De kleine worm *Wuchereria bancrofti* die de olifantsziekte veroorzaakt leeft in symbiose met een bacterie.
- Wat is symbiose?
 - Cinta heeft volwassen wormen in haar lymfevaten en hierdoor heeft ze een opgezwollen voet. Leg dit uit.
 - Waarom is alleen een ontwormingsmiddel niet voldoende om elefantiase te bestrijden?
 - Organisaties als de WHO proberen elefantiase niet alleen te bestrijden met medicijnen, maar proberen ook de ziekte te voorkomen door mensen in een groot gebied om de vijf jaar te laten ontwormen. Hoe helpt het regelmatig ontwormen van een hele populatie bij het bestrijden van elefantiase?
 - Andere manieren om de ziekte te voorkomen zijn het uitdelen van klamboes (muggennetten) en bestrijdingsmiddelen. Hoe helpen deze middelen om de verspreiding van elefantiase te voorkomen?

SIKKELCELLEN EN MALARIAPARASieten

LEERDOELEN

- 11.S.1** Je kunt de ziekten sikkelcelanemie en malaria toelichten op verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- 11.S.2** Je kunt de biologische vakvaardigheid evolutionair denken toepassen op sikkelcelanemie en malaria.

Erachter komen of je zwanger bent, is altijd spannend. Maar voor Emanuelle is het nog wat spannender dan voor de meeste andere vrouwen. Emanuelle heeft namelijk sikkelcelanemie of sikkelcelziekte.

Bij iemand met deze ziekte hebben de rode bloedcellen geen ronde vorm, maar de vorm van een halve maan. Deze afwijkende vorm is het gevolg van een recessieve mutatie in het gen voor hemoglobine. Hierdoor kunnen patiënten minder goed zuurstof opnemen in het bloed en worden de rode bloedcellen te snel afgebroken. Patiënten met sikkelcelanemie hebben last van vermoeidheidsklachten, een hoge rusthartslag, geelzucht en pijn aanvallen.

Emanuelle is gewend om regelmatig naar de huisarts en het ziekenhuis te gaan voor controles van haar bloedwaarden in verband met haar ziekte. Nu ze zwanger is, wil ze graag weten of alles in orde is met haar kindje en hoe groot de kans is dat haar kindje ook sikkelcelanemie heeft. Om dit te achterhalen laten zij en haar man hun DNA onderzoeken.

Dankzij patiëntenvereniging OSCAR weet Emanuelle dat ongeveer een op de zeven mensen met een donkere huidskleur drager is van het allel voor sikkelcelziekte (Hb^s). Bij mensen met een lichte huidskleur komt het allel minder vaak voor.

De reden dat het Hb^s -allel vaker voorkomt bij mensen met een donkere huidskleur heeft te maken met malaria. In gebieden met veel malaria vindt natuurlijke selectie plaats die voorkomt dat het allel voor sikkelcelziekte verdwijnt. Want als je heterozygoot bent voor het allel voor afwijkend hemoglobine, dan blij je beter te zijn beschermd tegen malaria, zonder dat je veel last hebt van de symptomen van sikkelcelziekte. Draggers hebben soms wel een lichte vorm van bloedarmoede.

Malaria komt veel voor in Afrika ten zuiden van de Sahara. In malariagebieden leidt de ziekte vaak tot kindersterfte. Malaria wordt veroorzaakt door een eencellige parasiet. Deze parasiet, *Plasmodium falciparum*, verspreidt zich vooral via muggen. De parasieten komen via het speeksel van de mug bij mensen in de bloedbaan terecht. Bij mensen infecteert plasmodium levercellen en rode bloedcellen. Als de parasiet groeit en zich voortplant, dan barsten de geïnfecteerde rode bloedcellen, waardoor de patiënt last krijgt van koorts, spierpijn en bloedarmoede.

De resultaten van het DNA-onderzoek van Emanuelle en haar man wijzen uit dat haar kindje geen sikkelcelanemie heeft, maar wel drager is van het Hb^s -allel.

■ Afb. 1 Emanuelle bij de dokter.



Opdrachten

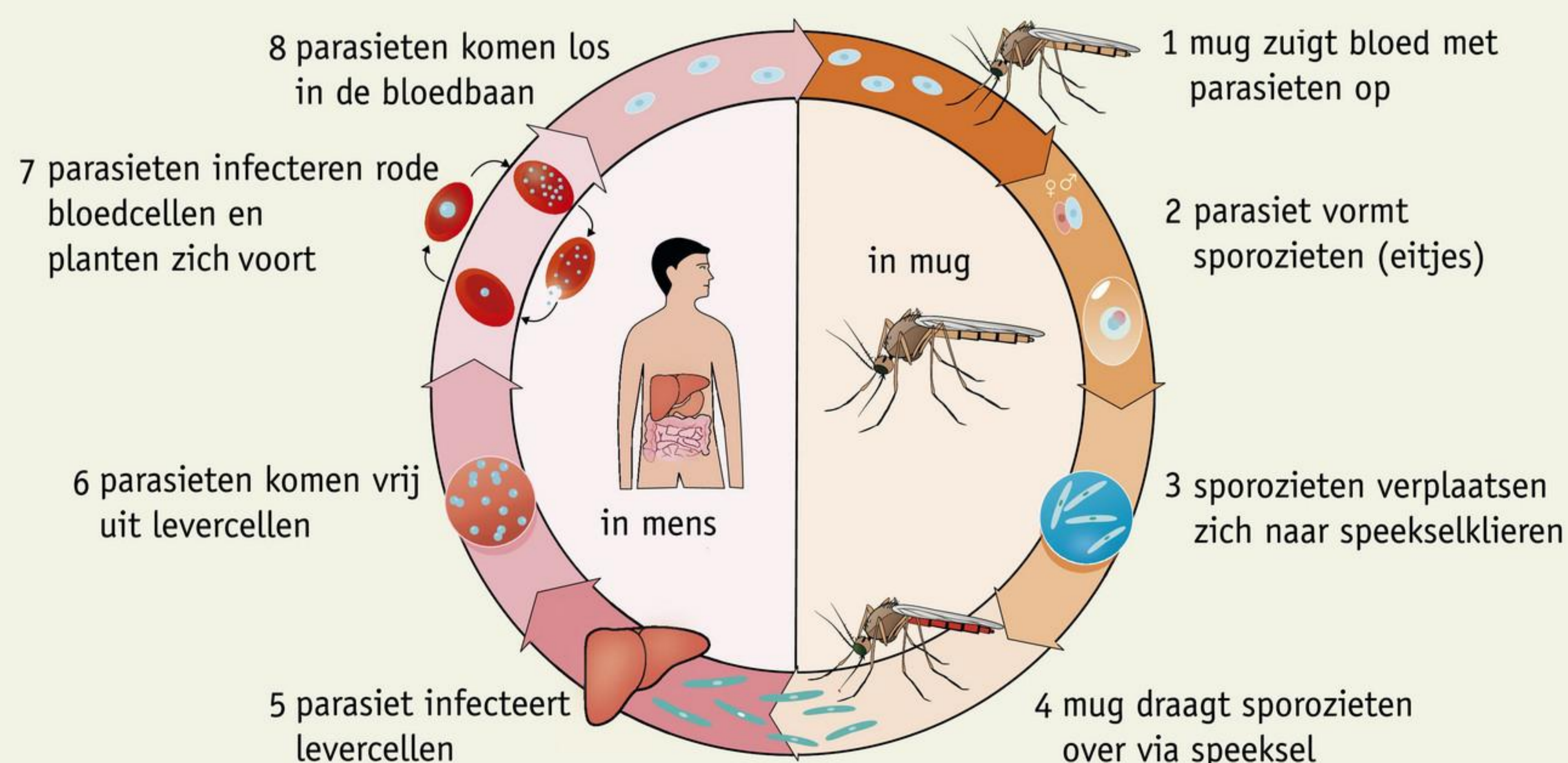


- 1 Vul in de tabel de volgende begrippen in bij het juiste organisatieniveau. Kies uit: bloedbaan – Hb^s-allel – hemoglobine – koorts – lever – malariagebieden – muggen – parasiet – rode bloedcel – Sahara – sikkelcelziekte – zuurstof.

Organisatieniveau	Begrip
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaanstelsel	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

- 2 Hoe kan een mutatie in het gen voor de aanmaak van hemoglobine voor vermoeidheid zorgen? Leg dit in drie stappen uit.
- 3 De aanwezigheid van malariaparasieten beïnvloedt de selectiedruk op het Hb^s-allel. Hierdoor zal het Hb^s-allel niet snel verdwijnen uit de menselijke populaties die leven in malariagebieden.
- Leg dit uit.
 - Wanneer heeft iemand die heterozygoot is voor sikkelcelziekte een hogere fitness dan iemand die homozygoot is voor normaal hemoglobine? En wanneer een lagere fitness? Leg je antwoord uit.
- 4 In afbeelding 2 zie je de levenscyclus van een malariaparasiet schematisch weergegeven. Een mug steekt Ezra in haar arm, waardoor zij besmet raakt met malariaparasieten. Door welke bloedvaten en hartdelen komen de parasieten in haar lever terecht? Geef de namen van de bloedvaten en hartdelen in de juiste volgorde. Ga ervan uit dat de parasieten via de kortste route in de lever komen.

■ **Afb. 2** Levenscyclus van de malariaparasiet.



PRACTICA

Practicumopdracht 1

ONDERZOEKSDOEL

11.O.1 Je kunt de verschillende delen van het bloed herkennen en benoemen.

► Basisstof 1

Bloedcellen

🕒 30 à 40 minuten

INLEIDING

Bloed bestaat uit plasma, cellen en delen van cellen. Cellen en celdelen zijn herkenbaar aan hun vorm en de dichtheid ervan. In deze practicumopdracht onderzoek je bloedcellen.

MATERIAAL

- klaargemaakt preparaat van bloed (gekleurd)
- microscoop

METHODE

- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100×. De rode bloedcellen zijn zichtbaar als lichtroze cellen. De witte bloedcellen hebben opvallend paarse kernen, die verschillende vormen kunnen hebben.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400×. Soms kun je ook bloedplaatjes zien als stippen.
- Maak tekeningen van enkele rode bloedcellen, witte bloedcellen en van bloedplaatjes (als je die hebt gezien).

RESULTAAT

Tekeningen van rode bloedcellen, witte bloedcellen en eventueel bloedplaatjes.

ONDERZOEKSDOEL

11.O.2 Je kunt de verschillende delen van het hart herkennen en benoemen.

► Basisstof 3

Bouw van een zoogdierhart

🕒 50 minuten

INLEIDING

De bouw van een varkenshart of schapehart heeft veel overeenkomsten met de bouw van een mensenhart. In deze practicumopdracht onderzoek je de uitwendige en inwendige bouw van een zoogdierhart.

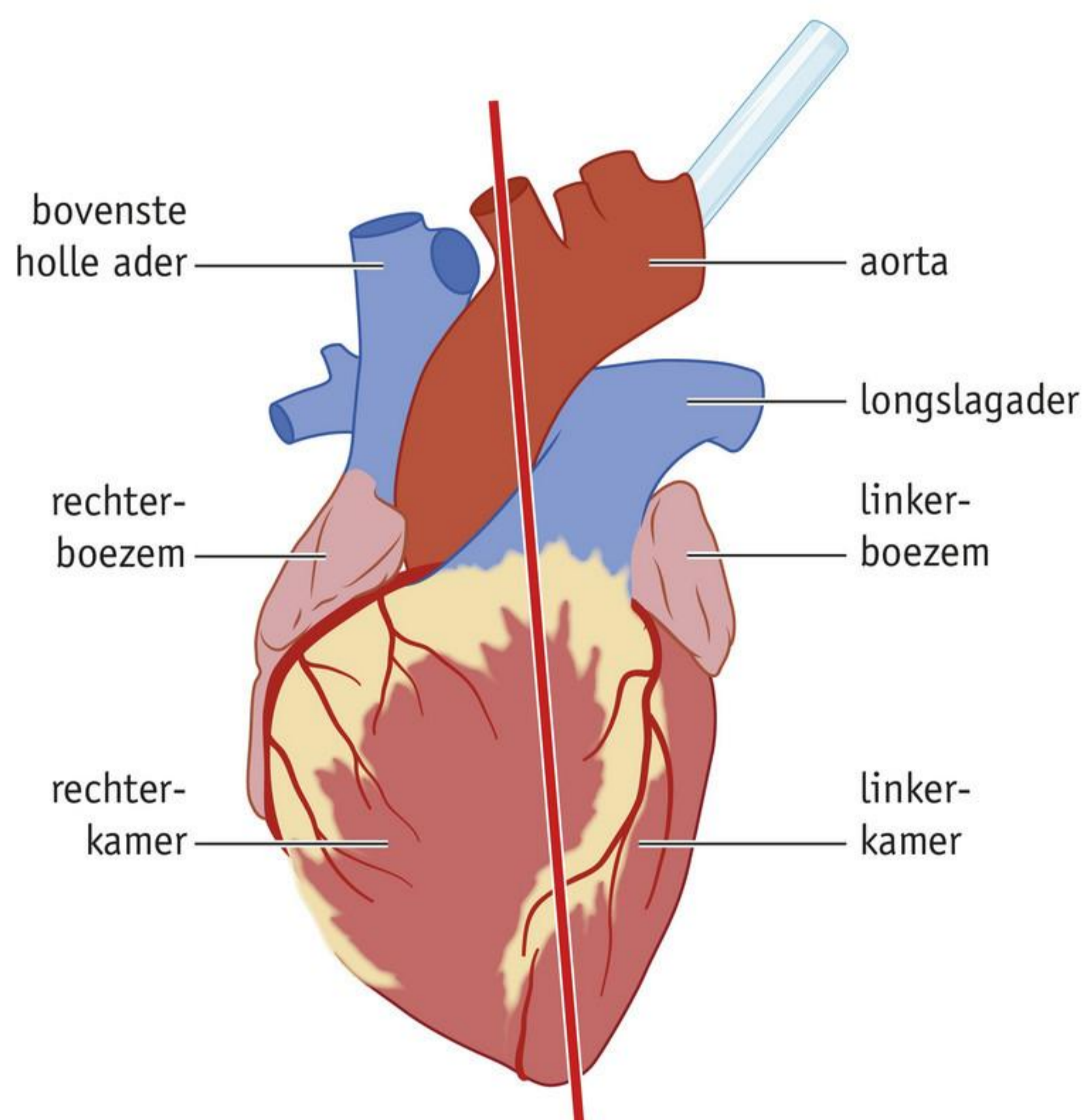
MATERIAAL

- vers hart van een schaap of varken met daaraan delen van aansluitende bloedvaten; het kan zijn dat de aansluitende bloedvaten al van het hart af zijn gesneden
- prepareermateriaal, waaronder een snijbord, glasstaaf en scalpel
- tekenbenodigdheden

METHODE

- Verwijder zo nodig het vet rondom het hart.
- Leg het hart voor je met de hartpunt naar rechts. Maak een tekening van het buitenaanzicht van de voorzijde van het hart. Noteer de namen van de hartdelen en de bloedvaten.
- Plaats de glasstaaf door de aorta tot in het onderste puntje van de linkerkamer. Snijd langs deze lijn voorzichtig de aorta, de linkerboezem en de linkerkamer open (zie afbeelding 1).
- Maak een tekening van de binnenzijde van het linkergedeelte van het hart. Noteer de namen van de hartdelen en de bloedvaten.
- Keer het hart om, zodat je de achterkant van het hart kunt zien. Plaats de glasstaaf door de bovenste holle ader tot in het onderste deel van de rechterkamer. Snijd langs de staaf voorzichtig de bovenste holle ader, de rechterboezem en de rechterkamer open.
- Maak een tekening van de binnenzijde van het rechtergedeelte van het hart. Noteer de namen van de hartdelen en de bloedvaten.

■ Afb. 1 Vooraanzicht van het hart met snijlijn.



RESULTAAT

Tekeningen met namen van het buitenaanzicht en van de binnenzijde van het linker- en het rechtergedeelte van het hart.

Practicumopdracht 3

ONDERZOEKSDOEL

11.O.3 Je kunt de verschillen in de bouw van de bloedvatwand van een slagader en ader benoemen. ▶ Basisstof 4

Bouw van slagaders en aders

 30 à 40 minuten

INLEIDING

Slagaders en aders hebben verschillende functies. In deze practicumopdracht onderzoek je de bouw van de wand van deze bloedvaten.

MATERIAAL

- klaargemaakt preparaat met dwarsdoorsneden van slagader en ader
- microscoop

METHODE

- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 50×. Zoek in het preparaat naar een slagader en een ader.
- Maak een tekening van de wand van een slagader. Geef de laag glad spierweefsel aan.
- Maak ook een tekening van de wand van een ader. Geef de laag glad spierweefsel aan.

RESULTAAT

Tekeningen van de wanden van een slagader en van een ader.

Practicumopdracht 4

ONDERZOEKSDOEL

11.O.4 Je kunt de bloeddruk meten. ▶ Basisstof 4

Bloeddruk meten

 5 à 10 minuten

INLEIDING

De hartslag veroorzaakt een drukgolf die op verschillende plaatsen in het lichaam voelbaar is, bijvoorbeeld in de hals en bij de pols. Verpleegkundigen bepalen de bloeddruk bij cliënten meestal aan de hand van de druk in de armslagader. In deze practicumopdracht voer je deze meting uit bij jezelf of bij een medeleerling.

MATERIAAL

- bloeddrukmeter

METHODE

- Plaats de bloeddrukmeter om je linkerbovenarm (zie afbeelding 2).
- Leg je linkeronderarm ontspannen op tafel.
- Zorg ervoor dat de band niet verschuift.
- Zet de bloeddrukmeter aan en volg indien nodig de instructies op het scherm of uit de handleiding.
- Lees de bloeddruk af (*sys* = bovendruk en *dia* = onderdruk).

■ Afb. 2 Bloeddrukmeter plaatsen.



RESULTAAT

Een meting van de bloeddruk.

SAMENVATTING

11.1.1 BASISSTOF 1

Je kunt de bestanddelen van bloed met hun kenmerken en functies benoemen.

- Bloedplasma: water met opgeloste stoffen en plasma-eiwitten (o.a. fibrinogeen):
 - Het bloedplasma vervoert zuurstof, voedingsstoffen (o.a. glucose), afvalstoffen (o.a. koolstofdioxide), signaalstoffen (o.a. hormonen) en beschermende stoffen (o.a. antistoffen).
 - Het bloedplasma houdt het inwendige milieu constant.
 - Veel plasma-eiwitten spelen een rol bij het transport van stoffen, de handhaving van de osmotische waarde van het bloed en de bloeddruk.
 - Fibrinogeen speelt een rol bij de bloedstolling.
 - Bloedserum is bloedplasma zonder fibrinogeen.
- Rode bloedcellen:
 - Cellen zonder kern (daardoor betrekkelijk korte levensduur).
 - Worden gevormd in het rode beenmerg uit stamcellen, onder invloed van het hormoon epo uit de nieren.
 - Worden afgebroken in het rode beenmerg, in de milt en in de lever.
 - Bevatten hemoglobine dat zuurstof kan binden.
 - Functie: transport van zuurstof.
- Witte bloedcellen:
 - Cellen met kern.
 - Worden vooral gevormd in het rode beenmerg uit stamcellen.
 - Functie: ziekteverwekkers vernietigen en resten van dode cellen opruimen.
- Bloedplaatjes:
 - Delen (zonder kern) van uiteengevallen cellen.
 - Worden gevormd in het rode beenmerg.
 - Functie: bloedstolling.

11.1.2

Je kunt het proces van bloedstolling beschrijven en verklaren.

- Zie ook **BiNaS** tabel 840.
- Bloedplaatjes kleven aan de beschadigde bloedvatwand en vormen een propje.

- Uit het beschadigde weefsel en uit de bloedplaatjes komen stoffen vrij.
- Deze stoffen brengen met behulp van stollingsfactoren in het bloedplasma (o.a. calciumionen) een keten van reacties op gang.
- Uiteindelijk leidt dit ertoe dat fibrinogeen wordt omgezet in fibrine.
- Fibrine vormt een netwerk van draden dat de wond afsluit (bloedstolsel).

11.2.1 BASISSTOF 2

Je kunt de verschillende transportsystemen bij dieren herkennen.

- Bouw van transportsystemen:
 - Eencelligen en dieren die uit enkele cellagen bestaan, kennen alleen transport door diffusie, fagocytose en exocytose.
 - Grotere dieren: open of gesloten circulatiesysteem.
Open: geen onderscheid tussen lichaamsvloeistof en bloed.
Gesloten: wel onderscheid tussen lichaamsvloeistof en bloed.
 - Bloedsomloop: enkel of dubbel.
Enkel: bloed komt 1× per omloop door het hart.
Dubbel: bloed komt 2× per omloop door het hart.

11.2.2

Je kunt de functies van een bloedsomloop benoemen.

- Een bloedsomloop zorgt voor een homogeen inwendig milieu door:
 - het transport van stoffen tussen inwendig en uitwendig milieu (o.a. bouw-, brand- en afvalstoffen);
 - verdeling van warmte over het lichaam.
- Kleine bloedsomloop: rechterkamer – longslagaders – longhaarvaten – longaders – linkerboezem.
 - Doel: zuurstof opnemen in het bloed en koolstofdioxide afgeven.

- Grote bloedsomloop: linkerkamer – aorta – slagaders – haarvaten in de organen – aders – onderste of bovenste holle ader – rechterboezem.
 - Doel: zuurstof en voedingsstoffen afgeven aan lichaamcellen en koolstofdioxide en afvalstoffen opnemen in het bloed.

11.3.1 BASISSTOF 3

Je kunt de delen van een hart met hun kenmerken en functies benoemen.

- Zie ook **BiNaS** tabel 84C.
- Rechterboezem:
 - ontvangt zuurstofarm bloed uit de onderste en bovenste holle ader en voert dit door naar de rechterkamer;
 - weinig gespierde wand.
- Rechterkamer:
 - pompt zuurstofarm bloed in de longslagader(s);
 - gespierde wand.
- Linkerboezem:
 - ontvangt zuurstofrijk bloed uit de longaders en voert dit door naar de linkerkamer;
 - weinig gespierde wand.
- Linkerkamer:
 - pompt zuurstofrijk bloed in de aorta;
 - zeer gespierde wand.
- Harttussenwand: scheidt de linker- en rechterharthelft.
- Hartkleppen: verhinderen terugstromen van bloed van kamers naar boezems.
- Halvemaanvormige kleppen: verhinderen het terugstromen van bloed van longslagader(s) en aorta naar de kamers.
- Kransslagaders: hierdoor stroomt zuurstofrijk bloed naar de hartspier.
- Kransaders: hierdoor stroomt zuurstofarm bloed weg uit de hartspier.

11.3.2

Je kunt de werking van het hart beschrijven.

- Zie ook **BiNaS** tabel 84D.
- Samentrekking (systole) van de boezems:
 - De sinusknop in de wand van de rechterboezem geeft impulsen af.
 - Spieren in de wand van de boezems trekken zich samen. De kamers ontspannen (diastole).
 - De hartkleppen zijn open, de halvemaanvormige kleppen dicht.
 - Bloed stroomt van de boezems naar de kamers.

- Samentrekking (systole) van de kamers:
 - Spieren in de wand van de kamers trekken zich samen. De boezems ontspannen zich (diastole).
 - Bloed stroomt van de kamers naar de longslagader(s) en de aorta.
 - De hartkleppen slaan dicht, de halvemaanvormige kleppen gaan open.
 - Spieren in de wand van de kamers trekken zich samen en verhinderen dat de hartkleppen doorslaan naar de boezems.
- Hartpauze:
 - De boezems en de kamers ontspannen zich (diastole).
 - De hartkleppen zijn geopend, de halvemaanvormige kleppen zijn gesloten.
 - Bloed stroomt uit de holle aders en de longaders naar de boezems en kamers.
- Hartslagfrequentie (hartritme), de frequentie waarmee de sinusknop impulsen afgeeft:
 - De hartslagfrequentie wordt beïnvloed door de bloeddruk en door hormonen (o.a. adrenaline).
 - De hartslagfrequentie is o.a. afhankelijk van de lichaamsgrootte en de activiteit van het organisme.
- Slagvolume, de hoeveelheid bloed die per hartslag door de linkerkamer in de aorta wordt gepompt:
 - Het slagvolume hangt af van de hoeveelheid bloed die vanuit de aders het hart instroomt.
 - De linkerkamer pompt per hartslag ongeveer evenveel bloed weg als de rechterkamer.

11.4.1 BASISSTOF 4

Je kunt de kenmerken en functies van slagaders, haarvaten en aders beschrijven.

- Slagaders:
 - hierdoor stroomt bloed weg van het hart;
 - ‘slag’ merkbaar, o.a. in de polsen;
 - hoge bloeddruk;
 - dikke, stevige en elastische wand;
 - meestal diep in het lichaam gelegen;
 - alleen halvemaanvormige kleppen (aan het begin van longslagader en aorta).
- Haarvaten:
 - wand van één cellaag dik;
 - vocht met opgeloste stoffen en witte bloedcellen kunnen door de wand heen de haarvaten verlaten;
 - lage stroomsnelheid, zodat uitwisseling van stoffen goed kan plaatsvinden.
- Aders:
 - hierdoor stroomt bloed naar het hart toe;
 - lage bloeddruk;

- geen 'slag' merkbaar, het bloed stroomt gelijkmatig;
- dunne wand;
- meestal ondiep in het lichaam gelegen;
- kleppen verhinderen dat het bloed terugstroomt (vooral in de armen en benen).

11.4.2

Je kunt de delen van het bloedvatstelsel noemen en daarin zuurstofgehalte, glucosegehalte en stroomrichting van het bloed aangeven.

- Zie ook **BiNaS** tabel 84A.
- Naamgeving van de bloedvaten:
 - Bloedvaten hebben in het algemeen de naam van het orgaan waar ze bloed naartoe, doorheen of vanaf voeren. Behalve de holle aders, aorta, poortader, kransslagaders en kransaders.
 - Bloedvaten die bloed naar organen toevoeren: naam orgaan + slagader. Bijvoorbeeld: de nierslagader.
 - Bloedvaten die bloed door organen heen vervoeren: naam orgaan + haarvaten. Bijvoorbeeld: de nierhaarvaten.
 - Bloedvaten die bloed van organen wegvoeren: naam orgaan + ader. Bijvoorbeeld: de nierader.
- Zuurstofgehalte van het bloed.
 - Door de slagaders van de kleine bloedsomloop stroomt zuurstofarm bloed.
 - Door de aders van de kleine bloedsomloop stroomt zuurstofrijk bloed.
 - Door de slagaders van de grote bloedsomloop stroomt zuurstofrijk bloed.
 - Door de aders van de grote bloedsomloop (o.a. de poortader) stroomt zuurstofarm bloed.
- Glucosegehalte van het bloed.
 - In de poortader schommelt het glucosegehalte het meest.
 - Van de overige bloedvaten is het glucosegehalte van het bloed in de leverader na vasten het hoogst.
 - Waar het bloed uit de leverader wordt gemengd met bloed afkomstig van andere organen, daalt het glucosegehalte van het bloed.

11.4.3

Je kunt het verloop van de bloeddruk in de bloedvaten beschrijven.

- Zie ook **BiNaS** tabel 84E1.
- Van slagaders naar aders neemt de bloeddruk voortdurend af.

- De bloeddruk is het hoogst in de linkerkamer en de aorta tijdens het samentrekken van de kamers.
- In de slagaders gaat de bloeddruk sterk op en neer als gevolg van de hartslag.
- In de aders is de bloeddruk vaak te laag om de bloedstroom op gang te houden.
- In de aders helpen andere krachten mee om de bloedstroom op gang te houden:
 - de stootsgewijze druk van slagaders die naast de aders liggen;
 - de samentrekking van skeletspieren.
- Bloeddrukmeting: de bovendruk en de onderdruk.
 - De bovendruk ontstaat door de samentrekking van de kamers.
 - De onderdruk is de druk tijdens de hartpauze.
- De stroomsnelheid van het bloed is het grootst in de aorta en het laagst in de haarvaten.
- Hartinfarct:
 - Een of meer vertakkingen van een kransslagader raken verstopt (door slagaderverkalking).
 - Daardoor krijgt een deel van de hartspier geen zuurstof en voedingsstoffen meer en sterft af.

11.5.1 BASISSTOF 5

Je kunt de kenmerken en functies van weefselvloeistof en lymfe benoemen.

- Weefselvloeistof ontstaat doordat aan het begin van de haarvaten vocht uittreedt.
 - Grote eiwitten kunnen de haarvaten niet verlaten.
 - Aan het begin van de haarvaten is de bloeddruk hoger dan de druk in het omliggende weefsel, zodat vocht de haarvaten verlaat naar de weefsels toe.
 - Weefselvloeistof bevat o.a. zuurstof, voedingsstoffen, koolstofdioxide en andere afvalstoffen, hormonen en kleine eiwitten. Weefselvloeistof kan witte bloedcellen bevatten.
 - Functie: zuurstof en voedingsstoffen naar de cellen toevoeren en koolstofdioxide en andere afvalstoffen van de cellen wegvoeren.
- Een deel van de weefselvloeistof keert aan het eind van de haarvaten terug in het bloed.
 - Aan het eind van de haarvaten is de bloeddruk sterk gedaald. Doordat de osmotische waarde van de weefselvloeistof hier hoger is dan de osmotische waarde van het bloedplasma, wordt vocht terug in de haarvaten opgenomen.

- Een deel van de weefselvloeistof wordt opgenomen in fijne lymfevaten (zie ook **BiNaS** tabel 84N).
 - Lymfevaten verenigen zich tot grotere lymfevaten. In de lymfevaten komen kleppen voor.
 - Het lymfesysteem voert de lymfe weer terug naar het bloedvatenstelsel.
 - Lymfeklieren (lymfeknopen) zuiveren de lymfe van o.a. ziekteverwekkers.

SAMENHANG

- 11.S.1 Je kunt de ziekten sikkelcelanemie en malaria toelichten op verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- 11.S.2 Je kunt de biologische vakvaardigheid evolutionair denken toepassen op sikkelcelanemie en malaria.

ONDERZOEK – PRACTICA

- 11.O.1 Je kunt de verschillende delen van het bloed herkennen en benoemen.
- 11.O.2 Je kunt de verschillende delen van het hart herkennen en benoemen.
- 11.O.3 Je kunt de verschillen in de bouw van de bloedvatwand van een slagader en ader benoemen.
- 11.O.4 Je kunt de bloeddruk meten.

 [Ga naar de Flitskaarten en de Oefentoets.](#)

EXAMENOPGAVEN

AVOCADO'S

Bron: examen havo 2022-2, vraag 4 en 6.

Naomi is gek op avocado's. Deze vruchten staan bekend als een gezonde keuze in het dieet van de mens.

Avocado's zijn rijk aan onverzadigde vetten, vitamine B en kalium. De onverzadigde vetten en kalium hebben een gunstig effect op de bloeddruk. Onverzadigde vetten beïnvloeden de wanden van de bloedvaten en kalium-ionen bevorderen de uitscheiding van natrium-ionen door de nieren.

Na het eten van voedingsmiddelen met veel natrium-ionen stijgt de bloeddruk. Doordat vervolgens vaatverwijding optreedt, zal de bloeddruk weer dalen.

- 3p 1
- Leg uit hoe een verhoogde inname van natrium-ionen eerst leidt tot een hogere bloeddruk.
 - En verklaar hoe vaatverwijding de bloeddruk daarna laat dalen.

Onverzadigde vetten dragen bij aan een gezonde bloeddruk, doordat ze de wanden van de bloedvaten gunstig beïnvloeden.

- 2p 2
- Hoe beïnvloeden onverzadigde vetten de bloedvatwanden? En in welke bloedvaten is dit het meest van belang?

	De bloedvatwanden worden	Type bloedvaten
A	elastischer	aders
B	elastischer	haarvaten
C	elastischer	slagaders
D	stijver	aders
E	stijver	haarvaten
F	stijver	slagaders

VACCINATIE TEGEN MAZELEN

Bron: examen havo 2022-1, vraag 35.

Het mazelenvirus wordt niet afgebroken door de macrofaag. De macrofaag brengt het virus naar een dichtbijgelegen lymfeknoop, waar lymfocyten worden geïnfecteerd met het virus. De geïnfecteerde lymfocyten reizen vervolgens via lymfevaten en bloedvaten door het lichaam en bereiken onder andere de milt, waar nog meer lymfocyten worden geïnfecteerd met het virus. Hierdoor wordt het afweersysteem ernstig verstoord.

Een geïnfecteerde lymfocyt komt vanuit het lymfevatensysteem bij de sleutelbeenader in de bloedsomloop. Een aantal bloedvaten zijn:

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1 aorta | 5 miltader |
| 2 bovenste holle ader | 6 miltslagader |
| 3 longader | 7 onderste holle ader |
| 4 longslagader | |

- 1p **3** Door welke van deze bloedvaten gaat de geïnfecteerde lymfocyt op de kortste weg vanuit de sleutelbeenader tot aan de milt? Noteer de betreffende nummers in de juiste volgorde.

DUBBELE BYPASS

Bron: examen havo 2021-3, vraag 27, 29 en 30.

Bij een bypassoperatie maakt hartchirurg Layla Faysal een omleiding bij een vernauwde of verstopte kransslagader. Als op twee plaatsen op het hart een kransslagader is vernauwd, maakt ze een dubbele bypass (zie afbeelding 1).

■ **Afb. 1** Dubbele bypass.

- 2p **4** In afbeelding 1 zijn met P, Q, R en S mogelijke plaatsen aangegeven waar vernauwing kan optreden in kransslagaders. Met 1, 2, 3 en 4 zijn stroomrichtingen in de bypasses aangegeven.
- Noteer welke twee letters de juiste plaatsen van de vernauwingen in de kransslagaders aangeven die met deze bypasses worden behandeld.
 - Noteer welke twee cijfers de stroomrichtingen van het bloed in de bypasses juist weergeven.
- 2p **5** Dokter Faysal gebruikt voor het maken van een bypass bij voorkeur een slagader uit de borstkas. Waarom heeft een slagader de voorkeur boven een ader?
- A Slagaders hebben een kleinere diameter.
 B Slagaders kunnen een hogere bloeddruk weerstaan.
 C Slagaders laten geen weefselvocht door.
 D Slagaders vervoeren zuurstofrijk bloed.

- 1p **6** Een hartoperatie is complexer dan een blindedarmoperatie. Dit komt niet alleen doordat het hart een vitaal orgaan is, maar ook omdat een chirurg meer moeite moet doen om het hart te bereiken.
Verklaar dat door de ligging van het hart de chirurg meer moeite moet doen het hart te bereiken.

OP ZOEK NAAR DE GROOTSTE BLOEDZUIGER VAN NEDERLAND

Bron: examen havo 2022-2, vraag 42 en 43.

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* (zie afbeelding 2) komt voor in vennetjes, beekjes en moerassen. Als een zoogdier het water inloopt, veroorzaakt dit trillingen die door de bloedzuigers worden waargenomen. Ze zwemmen vervolgens razendsnel op hun doel af, zuigen zich vast met hun zuignap en maken met hun scherpe tandjes een wondje. In het speeksel van de bloedzuiger zit een stof die de plaats van de bijtwond verdooft, en een stof die de bloedstolling remt (hirudine). De bloedzuiger kan daardoor in dertig minuten zoveel bloed opzuigen, dat zijn gewicht vertienvoudigt. Daarna laat hij los.

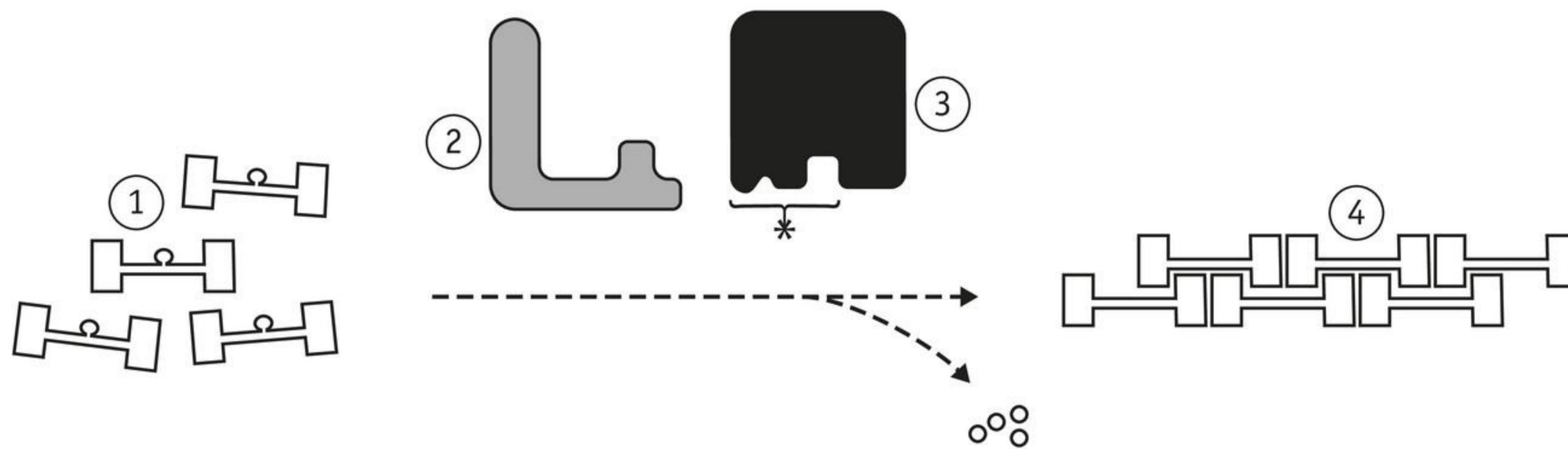
■ **Afb. 2** Bloedzuiger.



- 2p **7** Het produceren van de verdovende stof is gedurende de evolutie ontstaan. Leg uit dat de productie van de verdovende stof selectievoordeel opleverde voor de bloedzuigers die deze eigenschap hadden.

Hirudine blokkeert het enzym trombine, dat nodig is voor de bloedstolling. In normale situaties veroorzaakt trombine de omzetting van een oplosbaar plasma-eiwit naar onoplosbare eiwitdraden, waardoor een netwerk ontstaat waarin bloedcellen blijven hangen: een bloedstolsel. Door de werking van hirudine ontstaat er geen stolsel, waardoor de bijtwond blijft bloeden. Afbeelding 3 is een schematische weergave van dit proces. Hierin zijn vier eiwitten met een nummer aangegeven.

■ **Afb. 3** Werking van hirudine.



Legenda:

* bindingsplaats substraat

2p **8** De vier genummerde eiwitten in afbeelding 3 zijn:

- fibrine
- fibrinogeen
- hirudine
- trombine

Schrijf de nummers 1 tot en met 4 onder elkaar en noteer achter elk nummer de naam van het juiste eiwit.

IJSKOUD DE BESTE?

Bron: examen havo 2022-3, vraag 6 en 8.

Brandon traint voor het lopen van halve marathons. Brandon weet dat zijn prestatie minder wordt als zijn lichaamstemperatuur te ver oploopt. Om het moment waarop oververhitting optreedt uit te stellen, doen sommige sporters aan 'voorcoelen': ze eten voor de start van een wedstrijd een liter geschaafd waterijs. Terwijl het ijs smelt in de mond, wordt warmte aan het lichaam onttrokken. Daardoor daalt de lichaamstemperatuur met ongeveer een halve graad. Er zijn mensen die na het eten van een liter geschaafd ijs korte tijd last krijgen van een hartritmestoornis. De koude vloeistof in de slokdarm veroorzaakt afkoeling van een deel van het hart en daarmee wordt de elektrische geleiding van de boezems beïnvloed. De impulsgeleiding verloopt dan chaotisch en ongecontroleerd, waardoor de boezems niet meer effectief samentrekken (boezemfibrilleren). De kamers trekken bij boezemfibrilleren nog wel gecoördineerd samen.

Een symptoom van boezemfibrilleren is een daling van de bloeddruk.

2p **9** Beredeneer hoe boezemfibrilleren kan leiden tot een daling van de bloeddruk.

Brandon is goed getraind: zijn hart heeft daardoor een groter slagvolume gekregen. Hierdoor is de periode dat de kamers ontspannen zijn (kamerdiastole) langer. Dit leidt tot een betere doorbloeding van de hartspier.

Drie beweringen over het hart zijn:

- 1 Bij een langere kamerdiastole is er een lagere hartslagfrequentie in rust.
- 2 Bij een langere kamerdiastole staan de slagaderkleppen langer open.
- 3 Door de betere doorbloeding van de hartspier krijgt de hartspier meer zuurstof.

2p **10** Schrijf de nummers 1, 2 en 3 onder elkaar en noteer erachter of de betreffende bewering juist of onjuist is.

 [Ga naar de Examentrainer.](#)



Thema 12

GASWISSELING EN UITSCHEIDING

Je neemt voortdurend stoffen op uit je omgeving. Afvalstoffen die ontstaan bij de stofwisselingsprocessen in je cellen kun je soms hergebruiken, maar meestal scheid je ze uit. Je longen, huid, lever en nieren zijn uitscheidingsorganen. De opname en afgifte van gassen heet gaswisseling. Opname en uitscheiding handhaven de homeostase van het inwendige milieu.

Inhoud

■ ORIËNTATIE

Een duik in het diepe	68
Voorkennistoets	
Voorkennisfilmpje	

■ BASISSTOF

1 Gaswisseling	70
2 Longventilatie	79
3 De lever	86
4 De nieren	92
5 De huid	101

■ SAMENHANG

De ultramarathon: sport of waanzin?	106
-------------------------------------	-----

■ EXTRA STOF

Duiken	
Leren en werken	

■ ONDERZOEK

Practica	108
----------	-----

■ AFSLUITING

Samenvatting	114
Examenopgaven	118

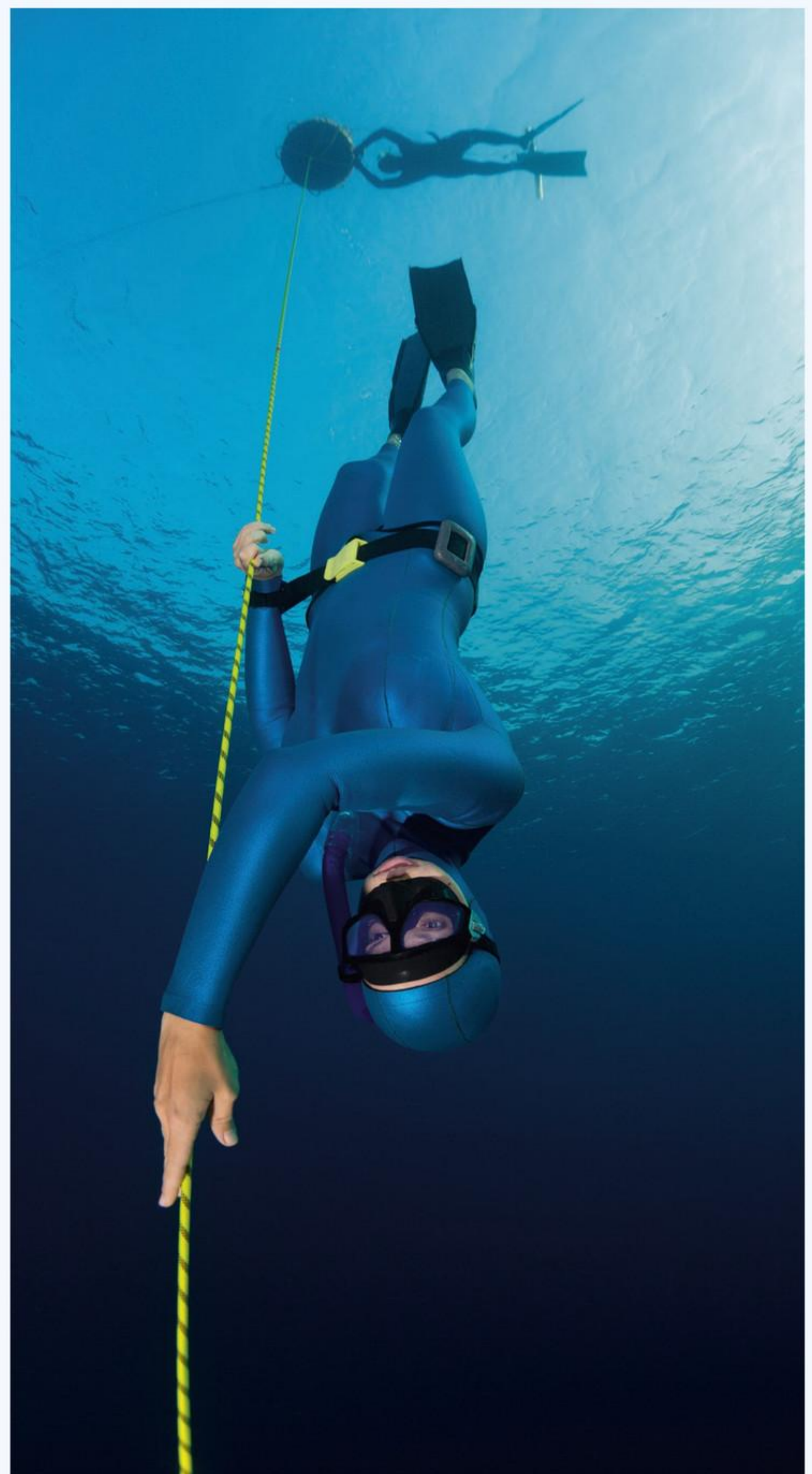
EEN DUIK IN HET DIEPE

Hoelang kun jij onder water je adem inhouden? Waarschijnlijk moet je al na dertig seconden naar het wateroppervlak om adem te halen. Er zijn ook mensen die veel langer hun adem in kunnen houden en daar een sport van hebben gemaakt. Freediving is daar een voorbeeld van (zie afbeelding 1).

Bij freediving probeer je zo lang mogelijk onder water te blijven zonder gebruik te maken van hulpmiddelen zoals persluchtflessen, die bij duiken worden gebruikt. Er zijn verschillende varianten van freediving. Bij het onderdeel static ligt de freediver aan de oppervlakte voorover in het water. Het doel is zo lang mogelijk met het gezicht onder water te blijven. Bij de variant dynamic moet de freediver, met of zonder vinnen, onder water een zo groot mogelijke afstand afleggen. Maar het meest spectaculaire onderdeel is no limits. Hierbij maakt de duiker gebruik van een gewicht en probeert zo diep mogelijk te duiken. Wereldkampioen in deze tak van sport is de Oostenrijker Herbert Nitsch die in 2007 maar liefst vier en een halve minuut zijn adem in kon houden en een diepte bereikte van 214 meter.

Dit lukt natuurlijk niet zonder jarenlange training. Tijdens de training wordt aandacht besteed aan de zwemtechniek. De techniek is erop gericht om zo snel mogelijk te zwemmen, waarbij zo min mogelijk zuurstof wordt gebruikt. Daarnaast moet je je lichaam trainen om te gaan met de drukveranderingen die optreden als je dieper duikt.

■ Afb. 1 Freediver.



Om zo diep mogelijk te duiken leert de freediver tijdens de trainingssessies nog drie technieken. Ten eerste wordt de duikreflex geoptimaliseerd. De duikreflex is een aangeboren eigenschap. Zodra een lichaam onder water komt, daalt de hartslag en trekken bloedvaten die bloed naar de ledematen toevoeren zich samen. Hierdoor verbruiken de ledematen minder zuurstof voor activiteiten en het handhaven van de temperatuur. De aanwezige zuurstof komt nu hoofdzakelijk beschikbaar voor de vitale organen in de romp en de hersenen. Ten tweede wordt geleerd om beter met een koolstofdioxide-overschot om te gaan. Normaal is een stijging van de concentratie koolstofdioxide de prikkel die het ademcentrum activeert om adem te halen. Het lukt de freedivers dus om deze adem prikkel uit te stellen. Ten derde leren de atleten door speciale ademhalingstechnieken hun longvolume sterk te vergroten. Een normale gezonde volwassen man heeft een longinhoud van ongeveer zeven liter. Bij free divers kan deze longinhoud wel oplopen tot veertien liter.

Een speciale ademhalingstechniek die veel wordt gebruikt is het zogenaamde *lungpacking* waarbij extra lucht in kleine hapjes wordt opgenomen. Hierdoor neemt het volume in de longen toe en kan de duiker langer onder water blijven.

Freediven is niet ongevaarlijk. Zelfs de meest geoefende freedivers kunnen bewusteloos raken door zuurstoftekort en verdrinken. Dit heet het hypoxisch bewustzijnsverlies. Door lungpacking vlak voor de duik stijgt het zuurstofgehalte in het bloed en daalt het koolstofdioxidegehalte. Als tijdens de duik de zuurstof op is, kan het voorkomen dat het koolstofdioxidegehalte niet voldoende is gestegen om een adem prikkel op te roepen. Door het uitblijven van de adem prikkel wordt de duiker niet tijdig gewaarschuwd, krijgen de hersenen geen zuurstof meer en raakt de duiker buiten bewustzijn. Daarom worden freedivers altijd begeleid door *safety freedivers* om bij eventuele noodsituaties in te grijpen.

Opdrachten

- 1 Freediving is een sport waarbij je met een ademteug zo lang mogelijk onder water probeert te blijven. Er zijn ook andere onderwatersporten die je kunt beoefenen zonder duikapparatuur. Noteer twee van deze sporten.
- 2 Freediven vindt meestal plaats in gebieden waar de zee een aangename temperatuur heeft. Leg uit waarom.
- 3 Diepzeeduikers die gebruikmaken van duikapparatuur kunnen last krijgen van de caissonziekte. Wat is de caissonziekte? Gebruik hiervoor informatie van het internet.
- 4 De kans dat freedivers last krijgen van de caissonziekte is niet zo groot. Leg dit uit.
- 5 Voor het duiken hyperventileren freedivers eerst gecontroleerd. Hierdoor komt er meer zuurstof in hun bloed. Soms krijgen mensen door spanningen of angst een aanval van ongewenste hyperventilatie. Lang werd gedacht dat hierdoor het CO₂-gehalte van je bloed te veel zou dalen en daarom kreeg je het advies om in een zakje in- en uit te ademen. Je ademt dan de uitgeademde CO₂ weer in, waardoor het CO₂-gehalte van je bloed stijgt. Uit onderzoek is inmiddels gebleken dat dit de symptomen zelfs erger kan maken. Wat kun je wel doen om je ademhaling weer onder controle te krijgen als je hyperventileert? Gebruik voor het beantwoorden van deze vraag informatie van het internet.



[Ga naar de Voorkennistoets en het Voorkennisfilmpje.](#)

1 GASWISSELING

LEERDOELEN

12.1.1 Je kunt van delen van het ademhalingsstelsel de functies en kenmerken noemen.

12.1.2 Je kunt uitleggen hoe het inwendige milieu min of meer constant wordt gehouden door de longen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	12.1.1	12.1.2
Onthouden	1, 3b, 14a, 15a	8a
Begrijpen	2, 3a, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 14b	8b
Toepassen	15b	10ab, 11
Analyseren		10c, 12

Je hebt zuurstof nodig om te leven. Zuurstof uit de lucht komt via je longen in je bloed. Omgekeerd wordt koolstofdioxide vanuit je bloed via de longen afgevoerd. Om voldoende zuurstof op te nemen, hebben je longen een oppervlakte die ongeveer zo groot is als een half tennisveld.

UITSCHIEDING

In je lichaam vinden continu stofwisselingsprocessen plaats in de cellen van je weefsels. Hierbij ontstaan afvalstoffen. Bij de verbranding van glucose ontstaat bijvoorbeeld koolstofdioxide en bij de afbraak van eiwitten ureum. Het is voor je lichaam belangrijk om deze afvalstoffen af te voeren. Dit proces noem je **uitscheiding**. De organen die voor uitscheiding zorgen zijn de longen, de huid, de nieren en de lever.

Het kwijtraken van afvalstoffen via je ontlasting noem je geen uitscheiding. Deze afvalstoffen zijn niet afkomstig uit het bloed of uit de cellen van je lichaam.

ADEMHALINGSSTELSEL

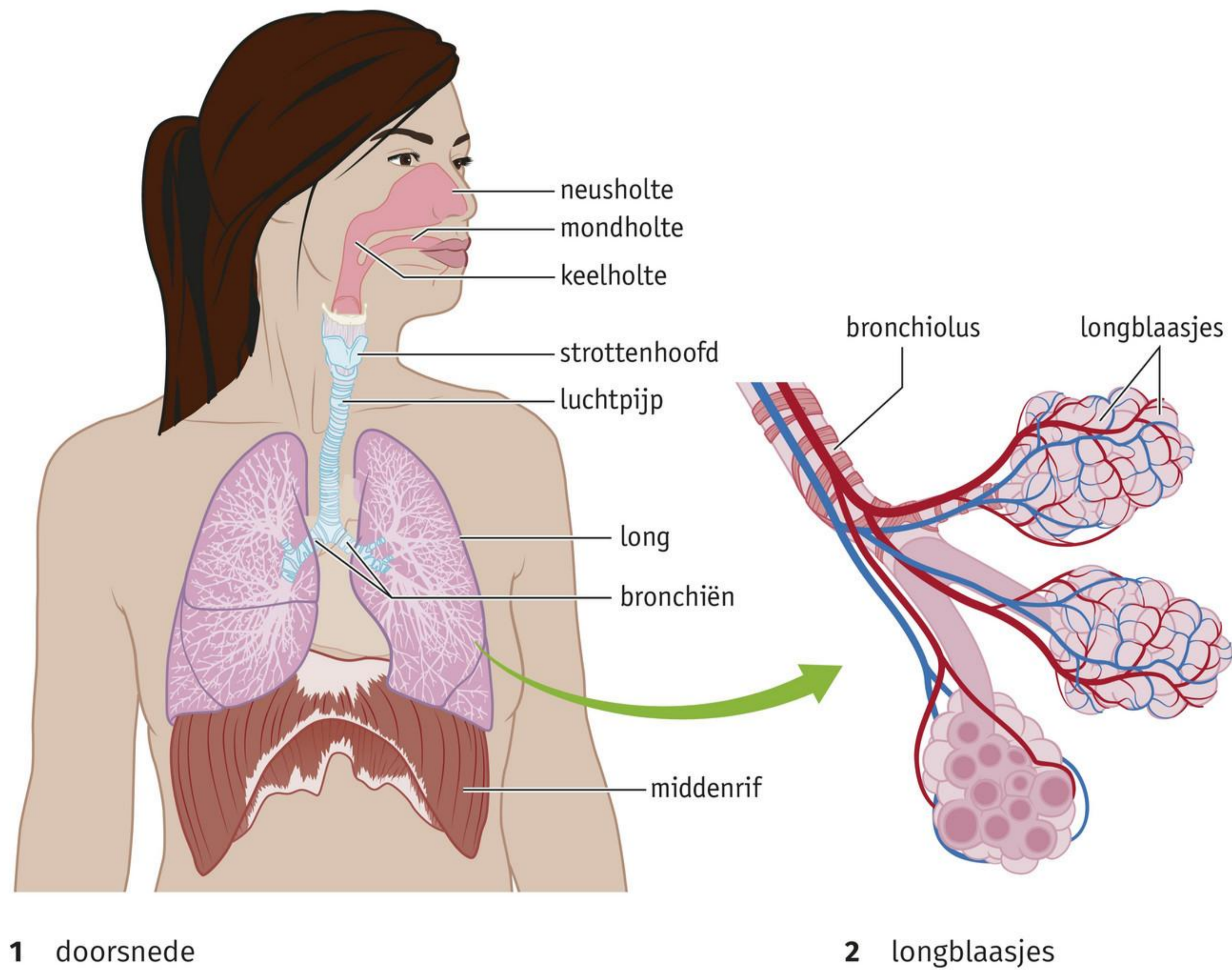
Het ademhalingsstelsel bestaat uit de **longen** en de luchtwegen (zie afbeelding 1 en **BiNaS** tabel 83A). Met het ademhalingsstelsel neem je gassen op uit de lucht en geef je gassen af aan de lucht. Dit noem je **gaswisseling**.

Als je inademt, stroomt lucht door je neus of door je mond naar binnen. Het is gezonder om via je neus in te ademen, omdat:

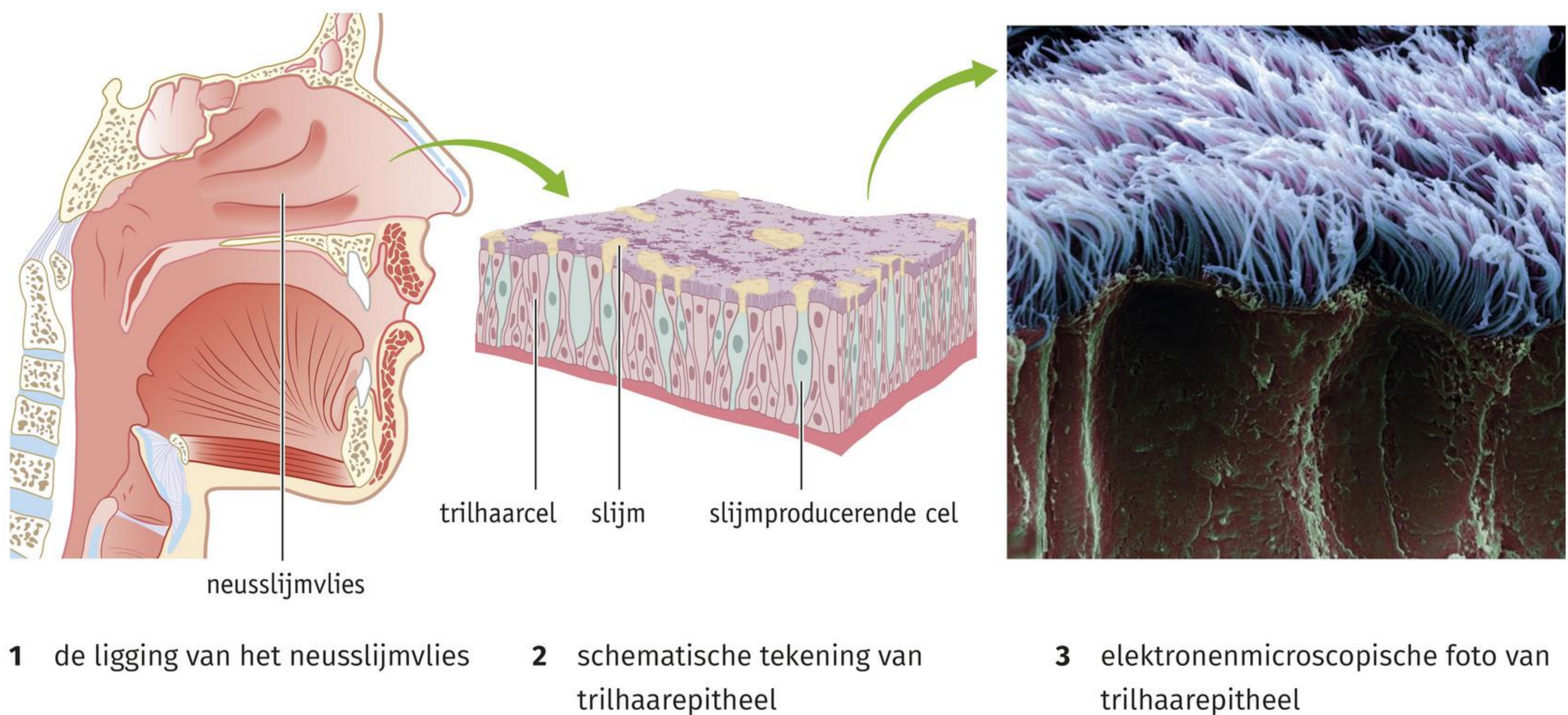
- neusharen grote ingeademde stofdeeltjes tegenhouden.
- slijmvlies in de neus kleine stofdeeltjes en ziekteverwekkers opvangt. De buitenste laag cellen van het neusslijmvlies bestaat uit trilhaarepitheel. Daarin zitten slijmproducerende cellen en trilhaarcellen (zie afbeelding 2). Bewegingen van de trilharen brengen het slijm naar de keelholte. Daar wordt het samen met speeksel doorgeslikt.

- het slijm de binnenstromende lucht vochtig maakt.
- het bloed in de bloedvaten in het neusslijmvlies de lucht verwarmt.
- zintuigcellen in het reukzintuig in de neus de binnenstromende lucht keuren op 'vreemde geurtjes'. Dit is een vorm van bescherming, want die geurstoffen kunnen afkomstig zijn van gevaarlijke stoffen of bedorven voedingsmiddelen.

■ **Afb. 1** Het ademhalingsstelsel van de mens.



■ **Afb. 2** Het neusslijmvlies.



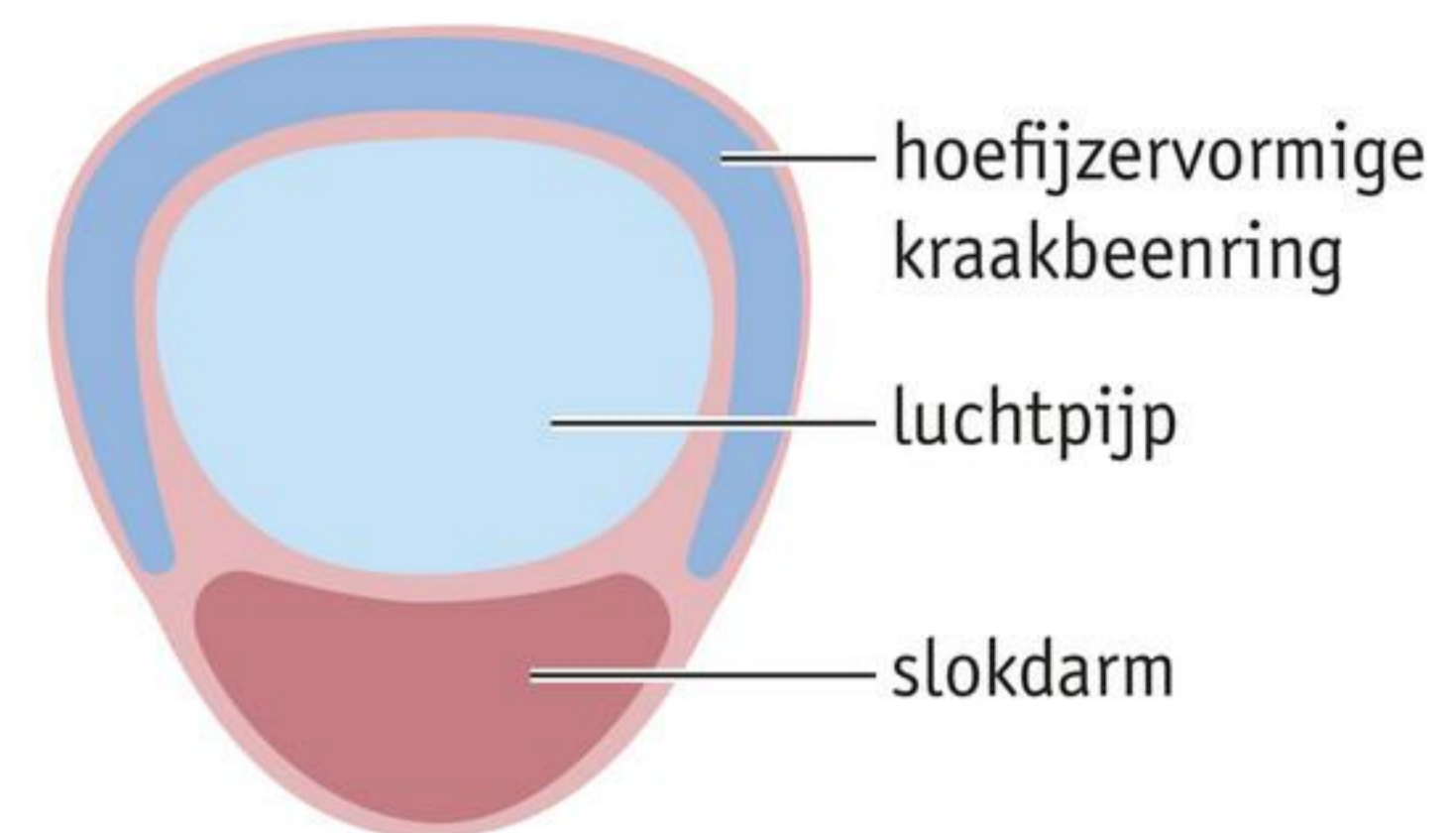
In de keelholte bevinden zich de huig en het strotklepje. Als je iets doorslikt, sluit de huig de neusholte af en het strotklepje de luchtpijp. Tussen de keelholte en de luchtpijp zit het strottenhoofd. Hierin liggen de stembanden. Dat zijn stevige vliezen die gaan trillen als er lucht langskomt. Hierdoor ontstaan geluiden.

De **luchtpijp** verbindt de keelholte met de longen. De luchtpijp vertakt zich in twee **bronchiën**. In de wand van de luchtpijp en de bronchiën zitten hoefijzervormige kraakbeenringen (zie afbeelding 3). Deze kraakbeenringen zorgen ervoor dat de luchtpijp open blijft staan. De bronchiën vertakken zich in steeds kleinere zijtakjes: de bronchiolen. De wanden van de bronchiolen hebben geen kraakbeenringen, maar spierweefsel. Door samentrekking of ontspanning van dit spierweefsel kunnen de bronchiolen zich vernauwen of wijder worden. Dit is van invloed op de hoeveelheid lucht die je per ademhaling in- en uitademt. Het spierweefsel in de wand van de bronchiolen wordt beïnvloed door het autonome zenuwstelsel en door hormonen. Onder invloed van het hormoon adrenaline worden de bronchiolen wijder.

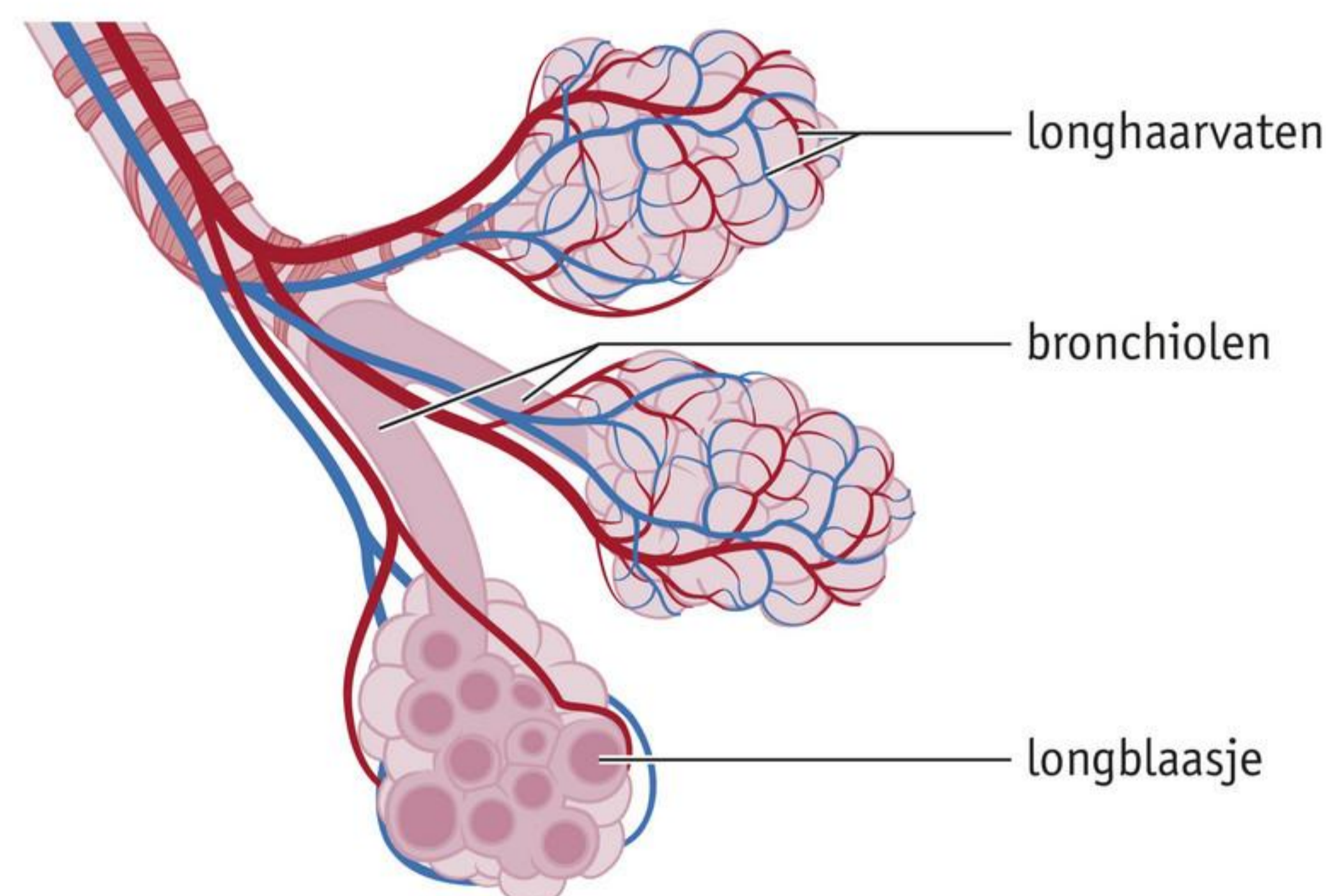
De binnenwand van de luchtpijp, bronchiën en bronchiolen is bekleed met slijmvlies. De buitenste laag cellen van dit slijmvlies bestaat uit trilhaarepitheel. De trilharen brengen het slijm omhoog naar de keelholte. Als het slijmvlies wordt geprikkeld, bijvoorbeeld door stofdeeltjes, ga je hoesten.

Aan de uiteinden van de fijnste bronchiolen zitten de **longblaasjes**. De wand daarvan is maar één cellaag dik en de binnenkant is bedekt met een dun laagje vocht. Om de longblaasjes heen zit een netwerk van fijne bloedvaten: de longhaarvaten (zie afbeelding 4 en **BiNaS** tabel 83A).

■ **Afb. 3** Doorsnede van de luchtpijp.



■ **Afb. 4** Longblaasjes met longhaarvaten.



Opdrachten **KENNIS**

- 1 Noteer de vier uitscheidingsorganen.
- 2 De galblaas geeft via de galbuis gal af aan de voedselbrij in de twaalfvingerige darm. Gal verlaat via de ontlasting je lichaam. Waarom is ontlasting geen uitscheiding, maar de afvoer van gal wel?

- 3 Koude lucht is erg droog. Als je op een koude winterdag door je mond ademhaalt in plaats van door je neus, kun je een pijnlijke keel krijgen.
 - a Leg uit waarom je een pijnlijke keel kunt krijgen.
 - b Noem twee andere voordelen van neusademhaling.

- 4 In de keelholte bevinden zich de huig en het strotklepje. Het strotklepje kan de luchtpijp afsluiten, de huig de neusholte. Kun je tegelijk slikken en ademen? Leg je antwoord uit.

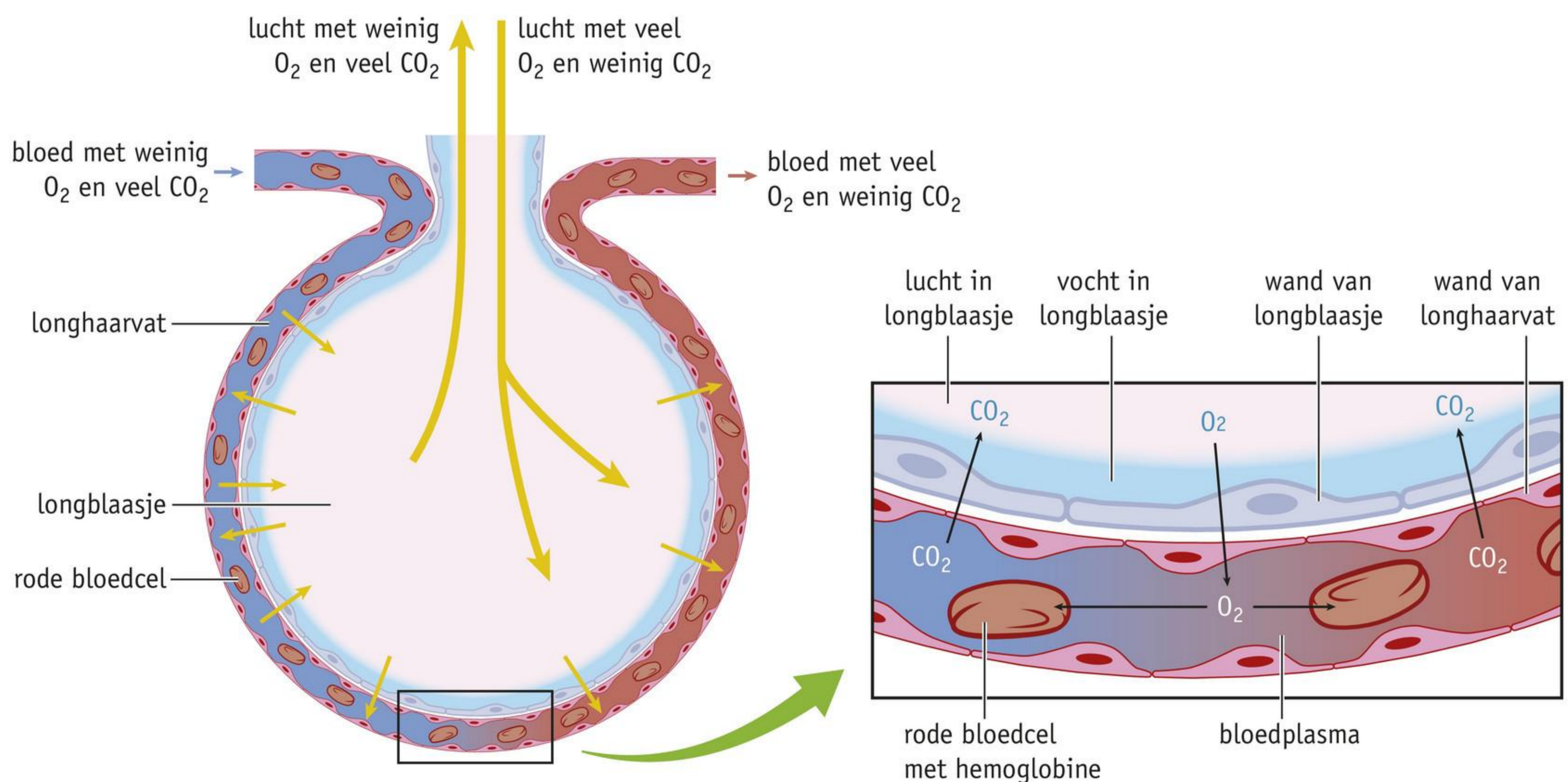
- 5 Als je schrikt komt het hormoon adrenaline vrij. Dit hormoon wordt ook wel het *fight or flight*-hormoon genoemd. Waarom is het van belang dat bij het vrijkomen van dit hormoon de bronchiën wijder worden?

AANVOER VAN ZUURSTOF

Cellen die actief zijn verkrijgen hun energie door het verbranden van glucose (dissimilatie). Bij dit proces wordt zuurstof verbruikt en ontstaat koolstofdioxide. De afname van de O_2 -concentratie en de toename van de CO_2 -concentratie verstoort de homeostase. Door de aanvoer van nieuwe zuurstof en de afvoer van koolstofdioxide wordt de homeostase gehandhaafd.

Zuurstof wordt aangevoerd vanuit de lucht in de longblaasjes. De concentratie zuurstof is daar hoger dan in het vocht van de longblaasjes en in het bloed. Door **diffusie** wordt zuurstof vanuit de lucht opgenomen in het vocht van een longblaasje. Van hieruit diffundeert de zuurstof naar het bloed in de longhaarvaten (zie afbeelding 5). Deze diffusie van zuurstof wordt vooral veroorzaakt door het concentratieverschil. De **zuurstofconcentratie** (ook wel **zuurstofdruk** genoemd (pO_2)) geeft aan hoe groot het aandeel zuurstofmoleculen in een vloeistof is. Het verschil in zuurstofconcentratie wordt gehandhaafd, doordat de lucht in de longblaasjes voortdurend wordt ververscht en door de aanvoer van zuurstofarm bloed langs de longblaasjes.

■ **Afb. 5** Gaswisseling tussen longblaasjes en longhaarvaten.



Bloed bevat koolstofdioxide. Dat is onder andere opgelost in het bloedplasma. Door het verschil in **koolstofdioxideconcentratie** (**koolstofdioxidedruk** ($p\text{CO}_2$)) vindt diffusie plaats van het bloedplasma naar het vocht in de longblaasjes. Van daaruit wordt koolstofdioxide afgegeven aan de lucht in de longblaasjes.

Lucht bestaat voor ongeveer 79% uit stikstof. Er is geen verschil in stikstofconcentratie tussen de lucht in de longblaasjes en het bloedplasma. Er gaan stikstofmoleculen vanuit de lucht in de longblaasjes naar het bloedplasma en er gaan evenveel stikstofmoleculen in omgekeerde richting.

TRANSPORT VAN ZUURSTOF

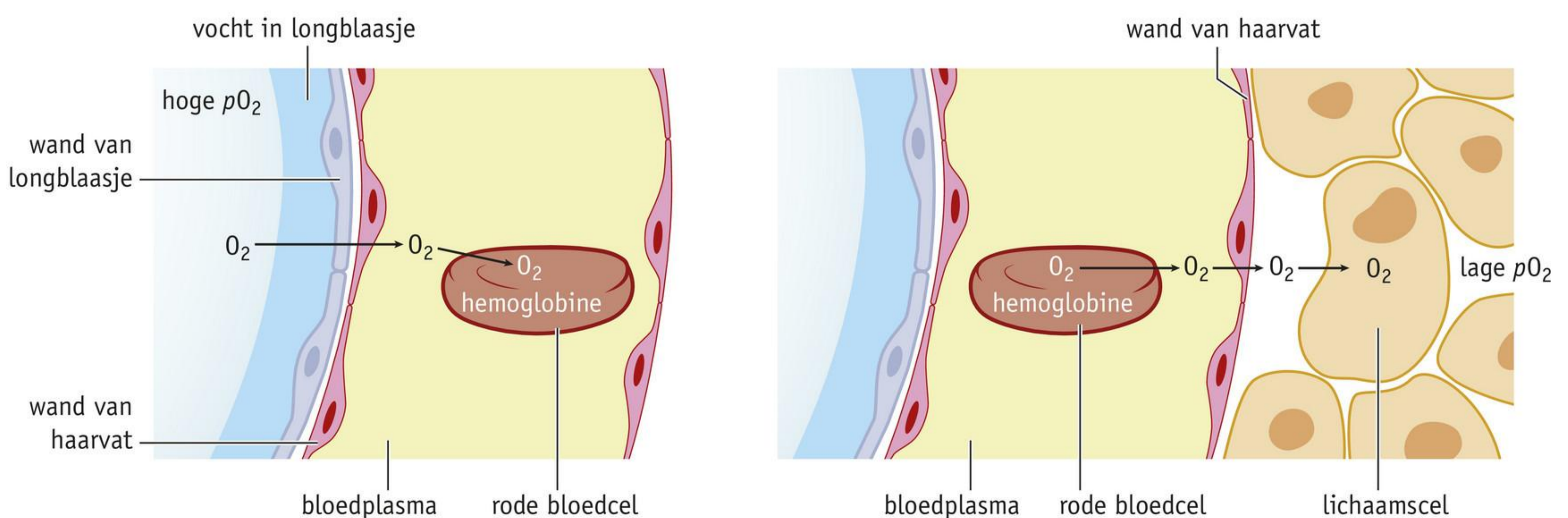
In bloedplasma kan maar een kleine hoeveelheid zuurstof oplossen. Voor **zuurstoftransport** wordt de zuurstof in het bloed vooral gebonden aan **hemoglobine** (Hb) in de rode bloedcellen. Deze reactie is een evenwichtsreactie (zie afbeelding 6).

■ **Afb. 6** Evenwichtsreactie.



De reactie verloopt naar rechts in een omgeving met een hoge O_2 -concentratie, zoals in de longen. De zuurstof diffundeert eerst vanuit de longblaasjes naar het bloedplasma in de longhaarvaten. Het grootste deel van de zuurstof wordt in het bloedplasma meteen weggevangen, doordat de zuurstof bindt met hemoglobine in de rode bloedcellen (zie afbeelding 7.1). Daardoor blijft de zuurstofconcentratie in het bloedplasma laag. Het concentratieverschil tussen de zuurstof in het vocht in de longblaasjes enerzijds en de zuurstof in het bloedplasma anderzijds blijft daardoor groot. De diffusie blijft daardoor doorgaan. Een hemoglobinemolecuul dat de maximale hoeveelheid zuurstof heeft gebonden, noem je verzadigd. Bloed waarvan alle hemoglobinemoleculen zijn verzadigd bevat per 100 mL bloed 20 mL zuurstof. Pas als de hemoglobine vrijwel geheel met zuurstof is verzadigd, kan de zuurstofconcentratie van het bloedplasma gelijk worden aan die van het vocht in de longblaasjes.

■ **Afb. 7** Het transport van zuurstof.



1 binding van zuurstof aan hemoglobine

2 afgifte van zuurstof aan lichaamscellen

Organen verbruiken zuurstof. Daardoor gaat de zuurstofconcentratie in de cellen van het orgaan omlaag. De zuurstof in de cellen wordt aangevuld door diffusie vanuit de omringende weefselvloeistof. In een omgeving met een lage zuurstofconcentratie kan hemoglobine in het bloed van de haarvaten de zuurstof niet meer vasthouden. De

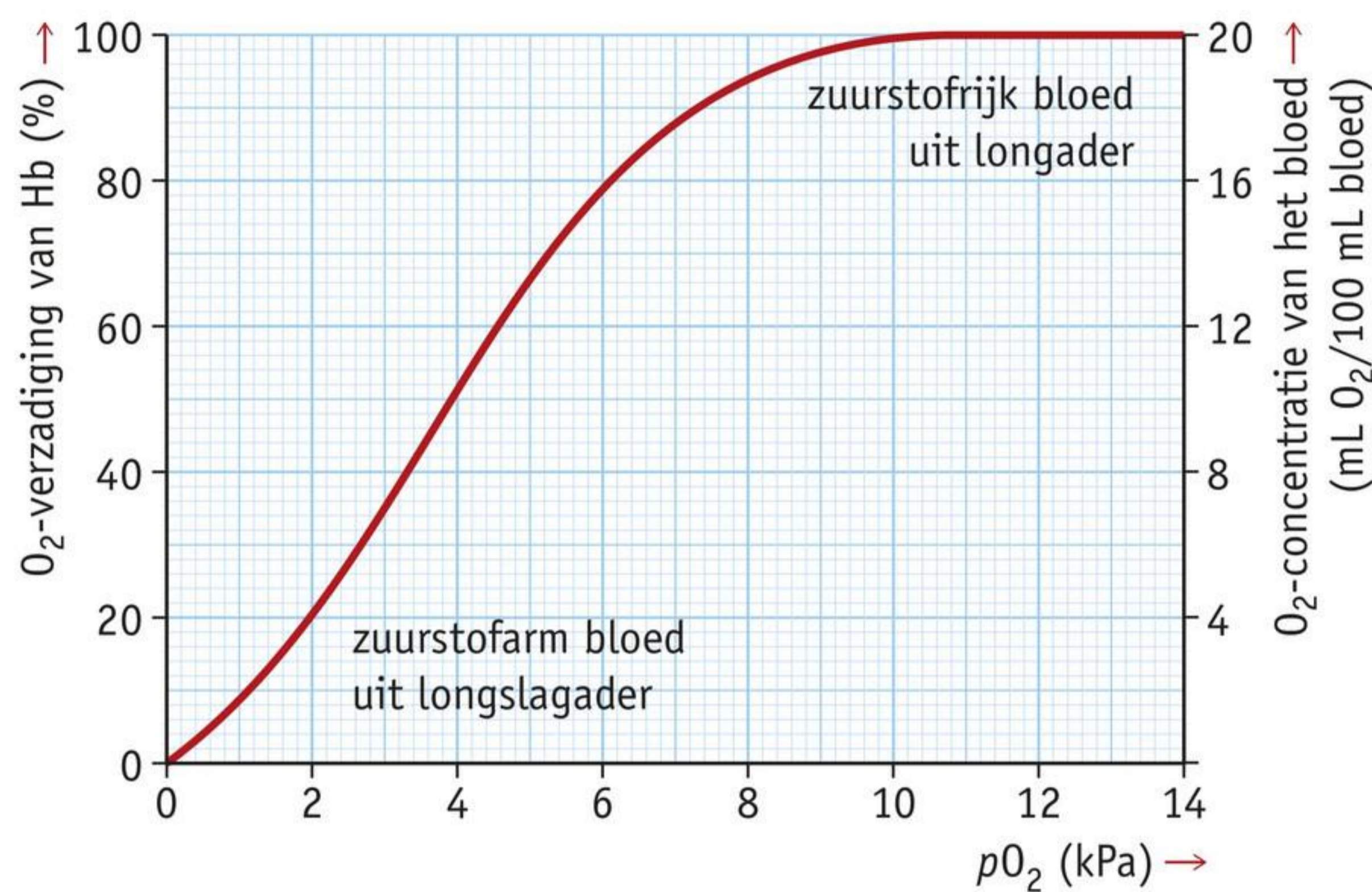
evenwichtsreactie verschuift naar links. De zuurstofmoleculen raken gemakkelijk los van de hemoglobine. Deze zuurstof diffundeert eerst naar de weefselvloeistof en wordt daarna door de cellen opgenomen (zie afbeelding 7.2).

Bloed met verzadigde hemoglobine is lichtrood. Bloed met hemoglobine die weinig zuurstof heeft gebonden, is donkerrood.

VERZADIGINGSCURVE

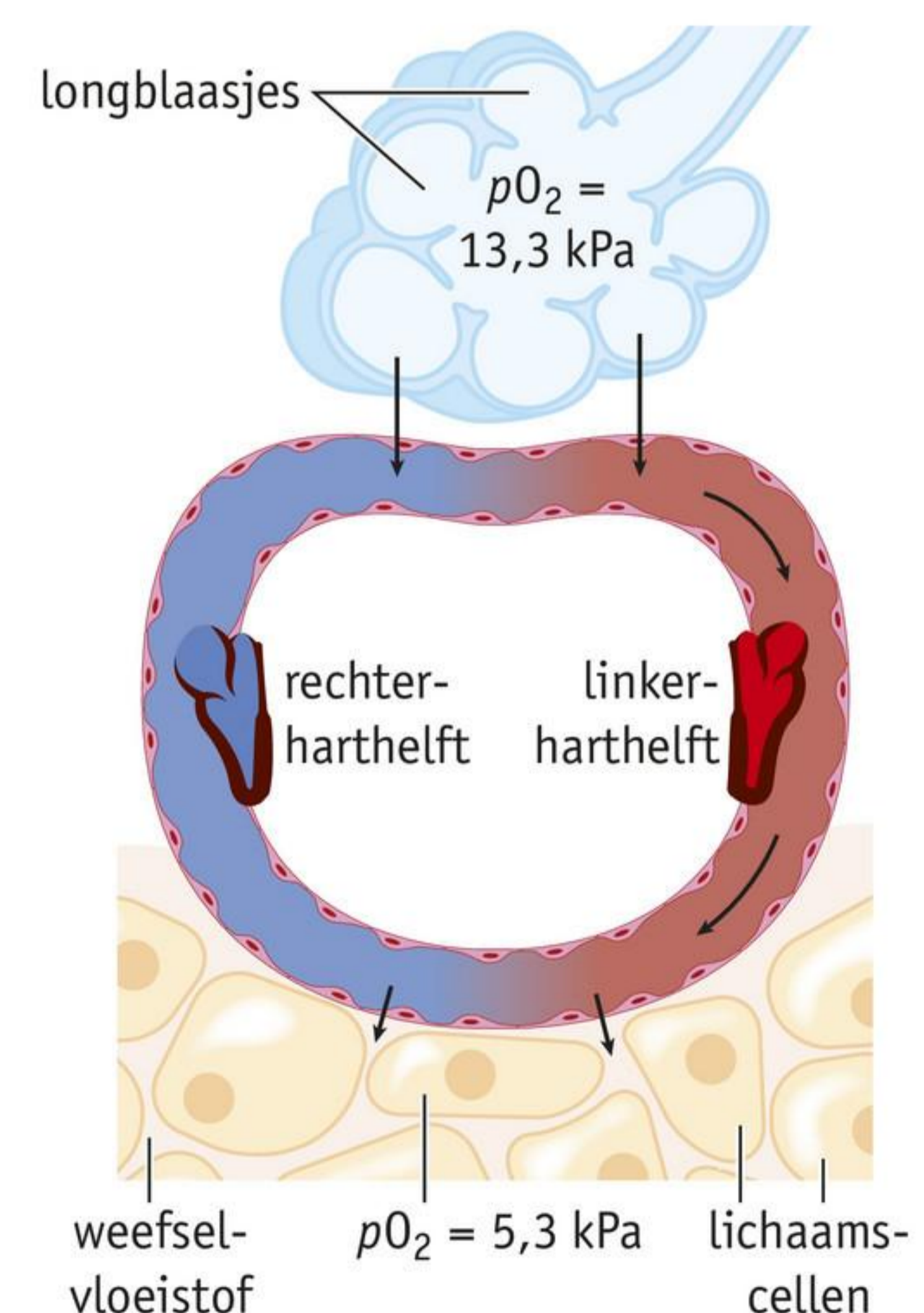
Het verband tussen de pO_2 van het inwendige milieu en het percentage verzadigde hemoglobine wordt weergegeven in een verzadigingscurve (zie afbeelding 8).

■ **Afb. 8** De pO_2 -verzadigingscurve van hemoglobine.



In de longen is de zuurstofdruk (pO_2) ongeveer 13,3 kPa (zie afbeelding 9). In de longblaasjes diffundeert zuurstof naar het bloed in de longhaarvaten en is het verzadigingspercentage van hemoglobine 100%. In de cellen van je weefsels wordt zuurstof verbruikt, waardoor de zuurstofconcentratie daar daalt. In een weefsel in rust is de zuurstofdruk ongeveer 5,3 kPa. In actievere weefsels is de zuurstofdruk lager. Vanuit het bloed dat langs de weefsels stroomt diffundeert zuurstof naar de weefsels. Het verzadigingspercentage van hemoglobine daalt hierdoor. Hoeveel zuurstofmoleculen er vrijkomen, is afhankelijk van de pO_2 in een weefsel. Hoe lager de pO_2 , hoe meer zuurstofmoleculen er vrijkomen.

■ **Afb. 9** De zuurstofdruk (pO_2) van het bloed in de grote en kleine bloedsomloop bij een persoon in rust.



TRANSPORT VAN KOOLSTOFDIOXIDE

Bij dissimilatie in cellen ontstaat koolstofdioxide. Door het verschil in koolstofdioxideconcentratie treedt in de organen diffusie op van koolstofdioxide naar het bloed in de haarvaten. **Koolstofdioxidetransport** kan dan op drie manieren plaatsvinden.

- Een klein deel (7%) wordt door het bloedplasma vervoerd.
- Een deel (23%) wordt in rode bloedcellen vervoerd, gebonden aan hemoglobine.
- Het grootste deel (70%) wordt vervoerd als waterstofcarbonaationen (HCO_3^-). Deze ionen ontstaan vooral in de rode bloedcellen, maar worden opgelost in het bloedplasma vervoerd.

In de longhaarvaten diffundeert het opgeloste CO_2 vanuit het bloedplasma naar het vocht van de longblaasjes. Het aan hemoglobine gebonden CO_2 komt vrij en diffundeert ook naar het vocht van de longblaasjes. De longen kunnen de uitscheiding van CO_2 reguleren door aanpassing van de diepte en de snelheid van de ademhaling. Daarmee worden schommelingen van de CO_2 -concentratie binnen de perken gehouden.

INVLOED VAN DE pH

De pH van het bloed is ook van invloed op de ligging van het evenwicht bij de evenwichtsreactie van afbeelding 6. De pH van het bloed wordt beïnvloed door de CO_2 -concentratie. Bij een weefsel met cellen in rust is de $p\text{CO}_2$ ongeveer 2,7 kPa en heeft het bloed in de haarvaten een pH van ongeveer 7,4. In een actief weefsel ontstaat er door dissimilatie veel CO_2 en wordt de $p\text{CO}_2$ een stuk hoger (tot 11 kPa). Deze CO_2 wordt opgenomen in het bloed van de haarvaten. Hier vormen CO_2 en H_2O samen H_2CO_3 , dat op zijn beurt uiteenvalt in HCO_3^- en H^+ . Door de toename van de H^+ -ionen daalt de pH van het bloed in de haarvaten. Hierdoor verschuift het evenwicht bij de reactie van afbeelding 6 naar links: er komen meer zuurstofmoleculen vrij.

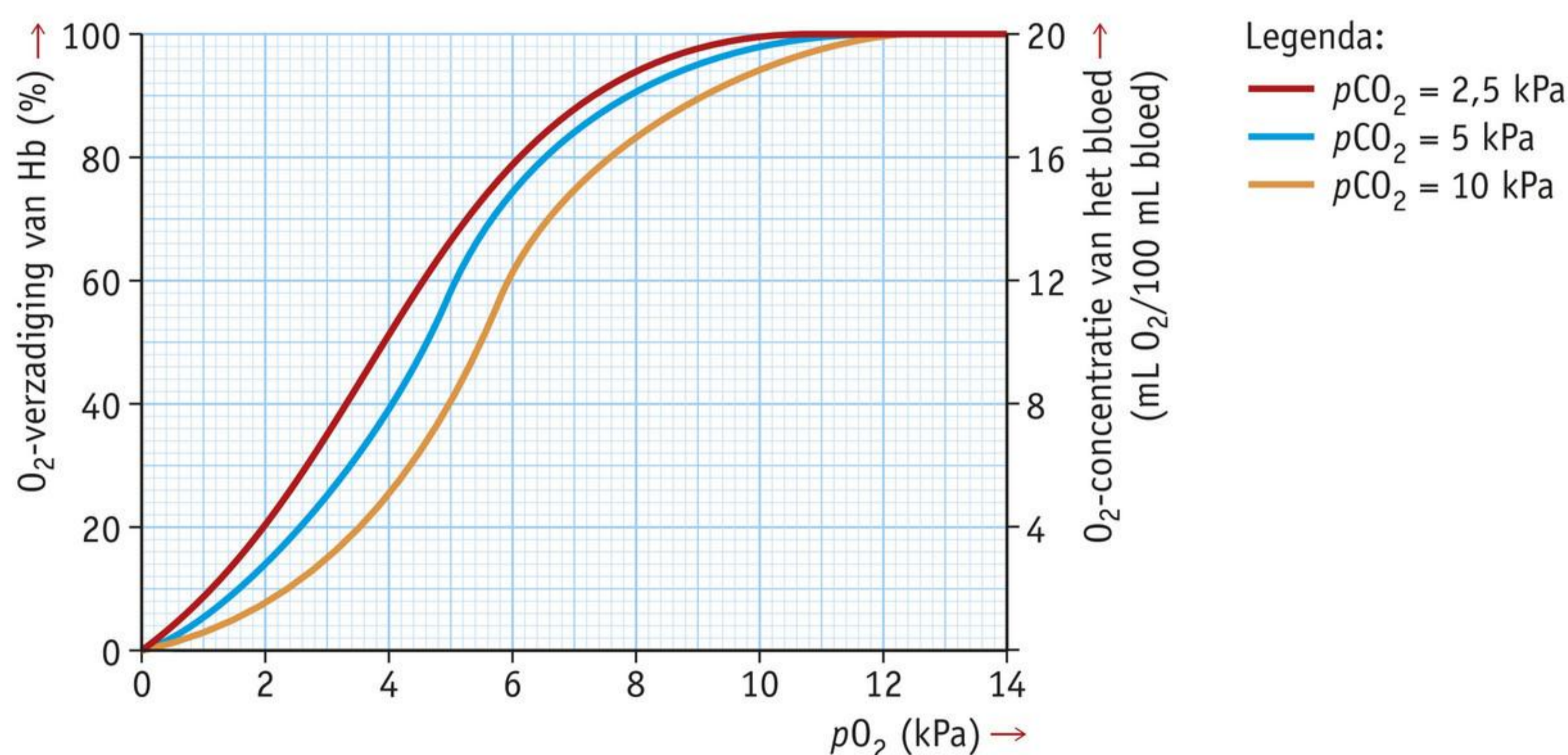
Ten slotte is ook de temperatuur van invloed op de ligging van het evenwicht. Hoe hoger de temperatuur, hoe meer zuurstofmoleculen er uit hemoglobine vrijkomen.

Opdrachten **KENNIS**

- 6 Noem drie redenen waardoor de diffusie in het ademhalingsstelsel snel kan verlopen.
- 7 Hoeveel membranen passeert een zuurstofmolecuul die vanuit een longblaasje naar een rode bloedcel diffundeert?
- 8
 - a Welke drie factoren zorgen ervoor dat er meer zuurstofmoleculen vrijkomen uit hemoglobine?
 - b In afbeelding 6 staat de evenwichtsreactie van de binding van O_2 aan hemoglobine. Waarom verschuift het reactie-evenwicht naar links als cellen in weefsels heel actief zijn?
- 9 Bij mensen die veel roken raken de trilhaarcellen van het longslimvlies beschadigd. Hierdoor hebben rokers vaak last van de zogenaamde rokershoest. Leg met behulp van bovenstaande informatie uit hoe deze rokershoest ontstaat.

- 10** In afbeelding 8 staat de verzadigingscurve van hemoglobine bij verschillende zuurstofconcentraties.
De pO_2 van lucht in de longblaasjes is 13,3 kPa. 100 mL bloed bevat dan 20 mL O_2 .
- Hoeveel mL O_2 bevat het bloed in de haarvaten van een weefsel in rust?
 - Hoeveel milliliter O_2 wordt afgegeven door 100 mL bloed in de haarvaten van een actief weefsel? De pO_2 van actief weefsel is 3,0 kPa. Noteer je berekening.
 - Het is gunstig dat de verzadigingscurve van hemoglobine het steilst loopt bij pO_2 -waarden die in de weefsels voorkomen. Leg dit uit.
- 11** In afbeelding 10 zijn verzadigingscurven van hemoglobine bij verschillende koolstofdioxideconcentraties weergegeven.
- In weefsel P is de pO_2 5 kPa en de pCO_2 is ook 5 kPa.
Hoeveel milliliter O_2 bevat 100 mL bloed onder deze omstandigheden?
 - In weefsel Q is de pO_2 ook 5 kPa, maar de pCO_2 is gedaald tot 2,5 kPa.
Hoeveel milliliter O_2 bevat 100 mL bloed onder deze omstandigheden?

■ **Afb. 10** Verzadigingscurven van hemoglobine bij verschillende koolstofdioxideconcentraties.



- 12** Erik is met zijn familie op vakantie in de Franse Alpen. Ze maken een bergwandeling naar een hoogte van 2000 meter. Met toenemende hoogte neemt de luchtdruk af. Erik merkt dat hij sneller buiten adem is en voelt zich vermoeid.
Leg met behulp van afbeelding 8 uit waarom Erik zich vermoeid voelt.

 [Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)

POST-COVID

‘De coronapandemie lijkt voorbij, maar dat geldt niet voor iedereen’, vertelt Nelleke Brongers. Nelleke is ergotherapeut en gespecialiseerd in de behandeling van post-covidpatiënten. Zo’n 80 000 Nederlanders hebben de diagnose post-covid en worstelen een jaar na hun coronabesmetting nog steeds met de gevolgen. De symptomen zijn extreme vermoeidheid, spierpijn, concentratieproblemen en overprikkeldheid.

‘De meeste van de patiënten waren gezonde mensen en hadden tijdens de coronabesmetting slechts milde klachten. Over het ontstaan van post-covid bestaat nog veel onduidelijkheid. Feit is wel dat door de post-covidklachten patiënten niet in staat zijn hun normale leven weer op te pakken. Daar probeer ik ze mee te helpen’, aldus Nelleke.

‘De meeste patiënten hadden een baan en een actief sportief en sociaal leven. Maar als patiënt lukt het niet meer om hetzelfde te blijven doen, dat is frustrerend voor ze. Ik help hen met leren keuzes te maken, hun dagindeling en hun energiemangement te plannen. Ik werk ook veel samen met gespecialiseerde fysiotherapeuten om lichamelijke klachten te verminderen en bepaalde ademhalingstechnieken aan te leren. Patiënten kunnen zich onbewust te veel inspannen om adem te halen. Dat kost extra energie. Ik leer de patiënten om vooral via de neus te ademen. Hierdoor voorkom je

dat je te veel lucht inademt, wat een oorzaak kan zijn van vermoeidheid. Een goede ademhalingstechniek kan dus bijdragen aan het herstel. Als ergotherapeut hoop ik dat ik kan helpen om patiënten hun oude leven weer terug te laten krijgen. Of dat lukt is nog maar de vraag.’

■ **Afb. 11** Een ergotherapeut aan het werk.



Opdrachten

- 13 In eerste instantie werd de ziekte vaak long-covid genoemd. Tegenwoordig spreken de artsen liever over post-covid of langdurige covid. Waarom spreken artsen liever van post-covid of langdurige covid dan van long-covid?
- 14 Over het ontstaan van post-covid is nog veel onduidelijk. Een mogelijke oorzaak van het ontstaan van post-covid kan een tekort aan het hormoon cortisol zijn.
 - a Waar wordt dit hormoon in je lichaam gemaakt? Gebruik hiervoor je **BiNaS**.
 - b Welke rol kan het hormoon cortisol spelen bij het ontstaan van post-covid? Gebruik voor het beantwoorden van deze vraag eventueel informatie van internet.
- 15 Nelleke Brongers heeft ergotherapie gestudeerd aan de hogeschool Zuyd in Heerlen.
 - a Aan welke hogescholen kun je nog meer ergotherapie studeren? Zoek het antwoord op internet.
 - b Wat leer je tijdens de opleiding tot ergotherapeut?

2 LONGVENTILATIE

LEERDOELEN

12.2.1 Je kunt beschrijven op welke wijze longventilatie tot stand komt.

► Vaardigheden 6 en 7 (thema 1)

12.2.2 Je kunt beschrijven hoe het longvolume verandert tijdens ventilatiebewegingen.

► Practica 1, 2 en 3

TAXONOMIE

LEERDOELEN EN OPDRACHTEN

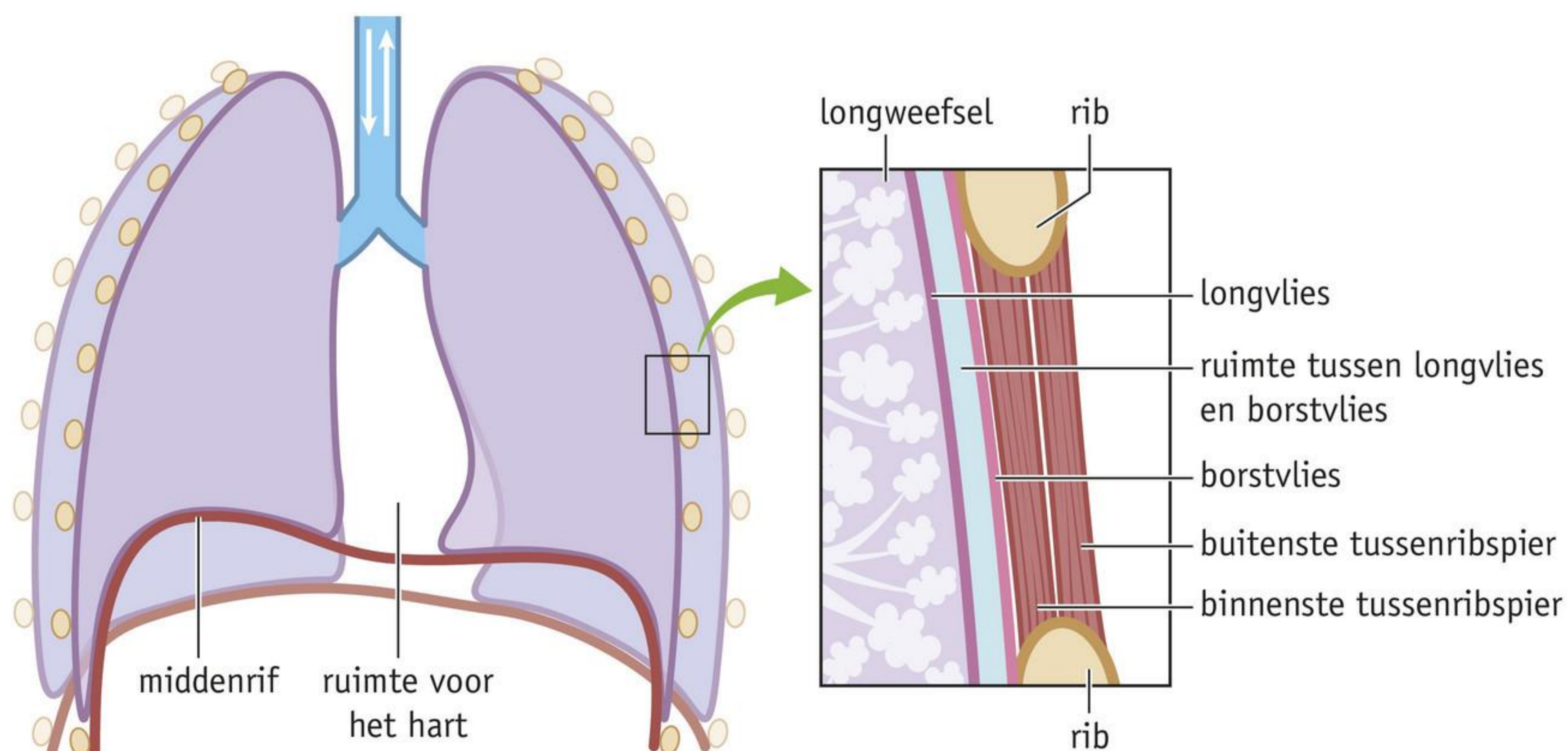
	12.2.1	12.2.2
Onthouden	16a	18a
Begrijpen	16b, 17	18bcde
Toepassen	19b, 23	20, 24ac
Analyseren	22	19a, 21, 24b

Jim wil later musicalacteur worden, maar hij heeft astma. Omdat hij zo graag zingt, gaat hij op zangles. Na een tijdje merkt hij dat de astma-aanvallen minder heftig worden. Zijn arts vertelt hem dat hij door het zingen zijn ademhalingsspieren beter gebruikt en meer vanuit zijn buik ademt.

DE BORSTHOLTE

De longen liggen in de borstholte. De borstholte is aan de onderkant begrensd door het middenrif. Het middenrif is een koepelvormige, gespierde plaat. De zijwanden van de borstholte worden gevormd door de ribben en de binnenste en buitenste tussenribspieren (zie afbeelding 12). Elke long is omgeven door twee vliezen. Het longvlies ligt tegen de longen aan en is ermee vergroeid. Het borstvlies is vergroeid met de ribben, de binnenste tussenribspieren en het middenrif. Het middenrif, de binnenste en buitenste tussenribspieren en de buikspieren zijn de **ademhalingsspieren**.

■ **Afb. 12** Doorsnede van de borstholte met longen.



De ruimte tussen longvlies en borstvlies is uiterst dun. Er zit geen lucht in, maar vloeistof. Door het dunne laagje vloeistof in deze ruimte kunnen longvlies en borstvlies niet van elkaar af gaan, maar wel ten opzichte van elkaar schuiven. Hierdoor wordt voorkomen dat ruwe, plotselinge bewegingen van het bovenlichaam leiden tot scheurtjes in het tere longweefsel.

Het longweefsel is elastisch. Het verkeert in een 'uitgerekte' toestand, doordat er door de borstkas aan wordt getrokken. Hierdoor heerst er in de ruimte tussen longvlies en borstvlies een druk die lager is dan de druk van de buitenlucht.

RUSTIG IN- EN UITADEMEN

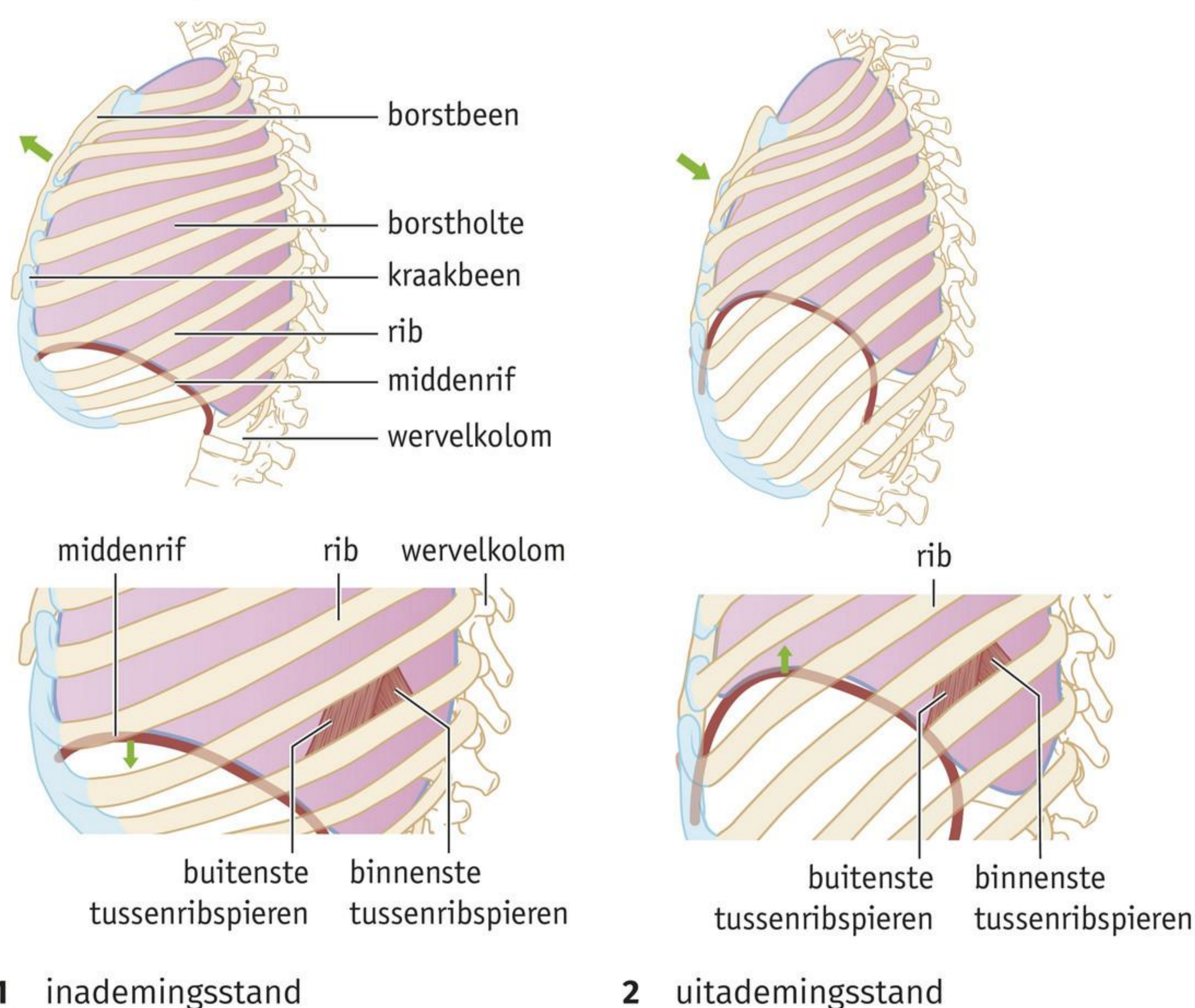
Door **ventilatiebewegingen** wordt de lucht in de longen voortdurend ververs. Daardoor worden de O_2 -en CO_2 -concentraties in het bloed constant gehouden.

Inademingen en uitademingen komen tot stand door bewegingen van ribben, borstbeen en middenrif. Bij ribademhaling (of borstademhaling) bewegen de ribben en het borstbeen. Bij middenrifademhaling (of buikademhaling) beweegt het middenrif. Als je normaal ademhaalt, vinden de ventilatiebewegingen van ribademhaling en middenrifademhaling tegelijkertijd plaats. Een ademhalingscyclus bestaat uit een inademings- en een uitademingsfase.

Een rustige inademing komt als volgt tot stand:

- 1 De buitenste tussenribspieren trekken zich samen, waardoor de ribben en het borstbeen omhoog en naar voren worden getrokken. Ook de middenrifspieren trekken zich samen. Hierdoor plat het middenrif af (zie afbeelding 13.1), worden de organen in de buikholte weggedrukt en komt de buikwand iets naar voren.
- 2 De bewegingen van ribben, borstbeen en middenrif zorgen ervoor dat het volume van de borstholte groter wordt.
- 3 Door het meebewegen van het longvlies met het borstvlies wordt het volume van de longen ook groter. De luchtdruk in de longen is daardoor lager (onderdruk) dan de druk van de buitenlucht.
- 4 Lucht stroomt naar binnen: inademing.

■ **Afb. 13** Zijaanzicht van de borstholte.



1 inademiingsstand

2 uitademingsstand

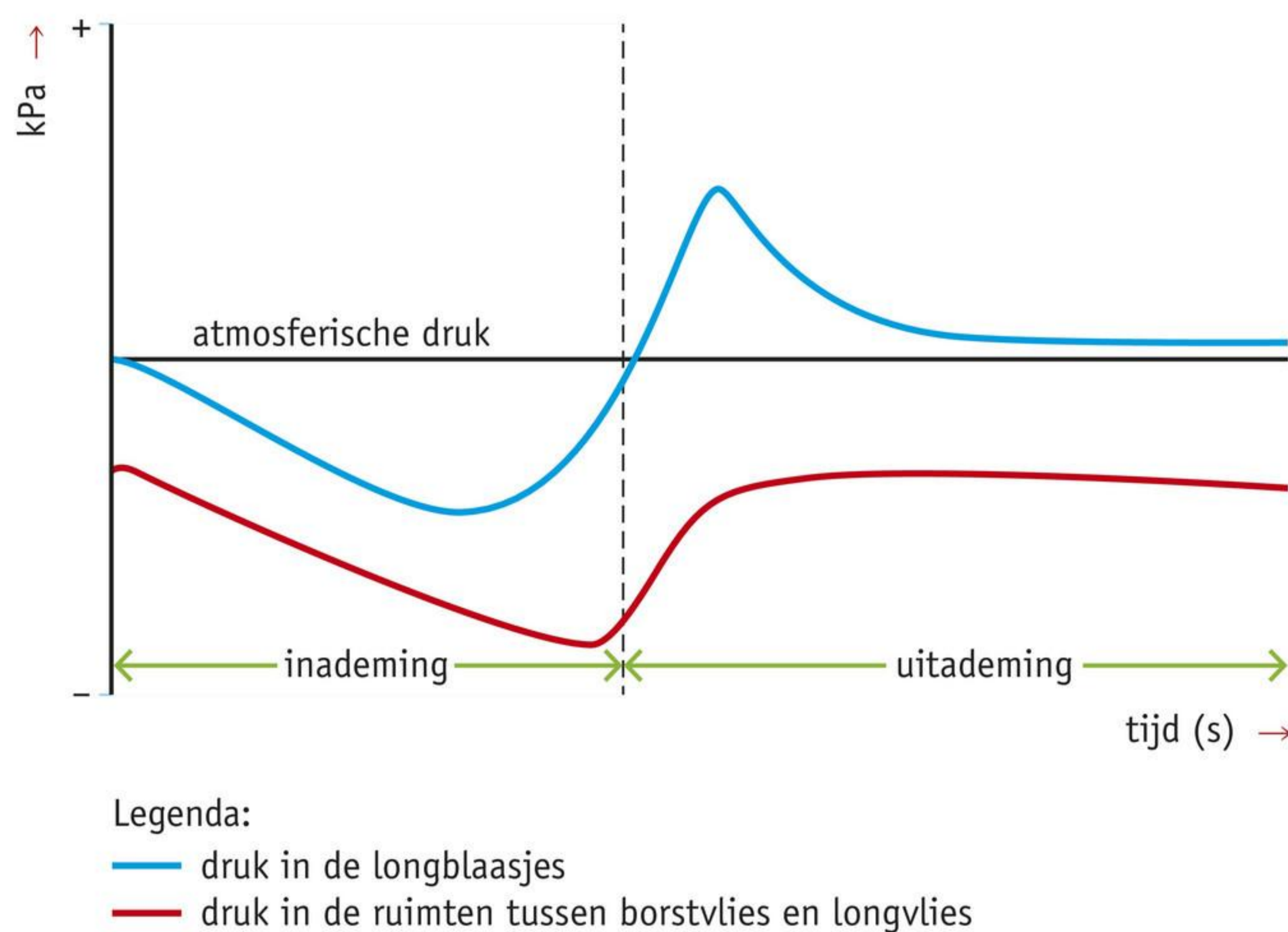
Een rustige uitademing komt passief tot stand:

- 1 De spieren die een inademing hebben veroorzaakt, ontspannen zich. De veerkracht van de zijwanden van de borstholte en de elasticiteit van het longweefsel zorgen ervoor dat de ribben en het borstbeen terugkeren in hun oorspronkelijke stand. Door de elasticiteit van de buikwand en de druk in de buikholte wordt het middenrif teruggeduwd in zijn koepelvormige stand (zie afbeelding 13.2).
- 2 Daardoor wordt het volume van de borstholte en de longen kleiner.
- 3 Tijdens deze volumeverkleining is de luchtdruk in de longen hoger dan de druk van de buitenlucht.
- 4 Hierdoor stroomt lucht naar buiten: uitademing.

DIEP IN- EN UITADEMEN

Bij een diepe inademing trekken spieren in de hals zich samen. Hierdoor gaan de ribben en het borstbeen nog verder omhoog en naar voren. De borstholte wordt daardoor extra vergroot. Bij een diepe uitademing (bijvoorbeeld bij hoesten) trekken de binnenste tussenribspieren zich samen. Daardoor wordt de borstkas extra klein gemaakt. Bovendien kunnen spieren in de buikwand zich samentrekken. Door de verhoogde druk in de buikholte wordt het middenrif omhooggeduwd. In afbeelding 14 is het verloop van de luchtdruk in de longblaasjes en de ruimte tussen borstvlies en longvlies schematisch weergegeven.

■ **Afb. 14** Verloop van de luchtdruk in de longblaasjes en de ruimte tussen borstvlies en longvlies.

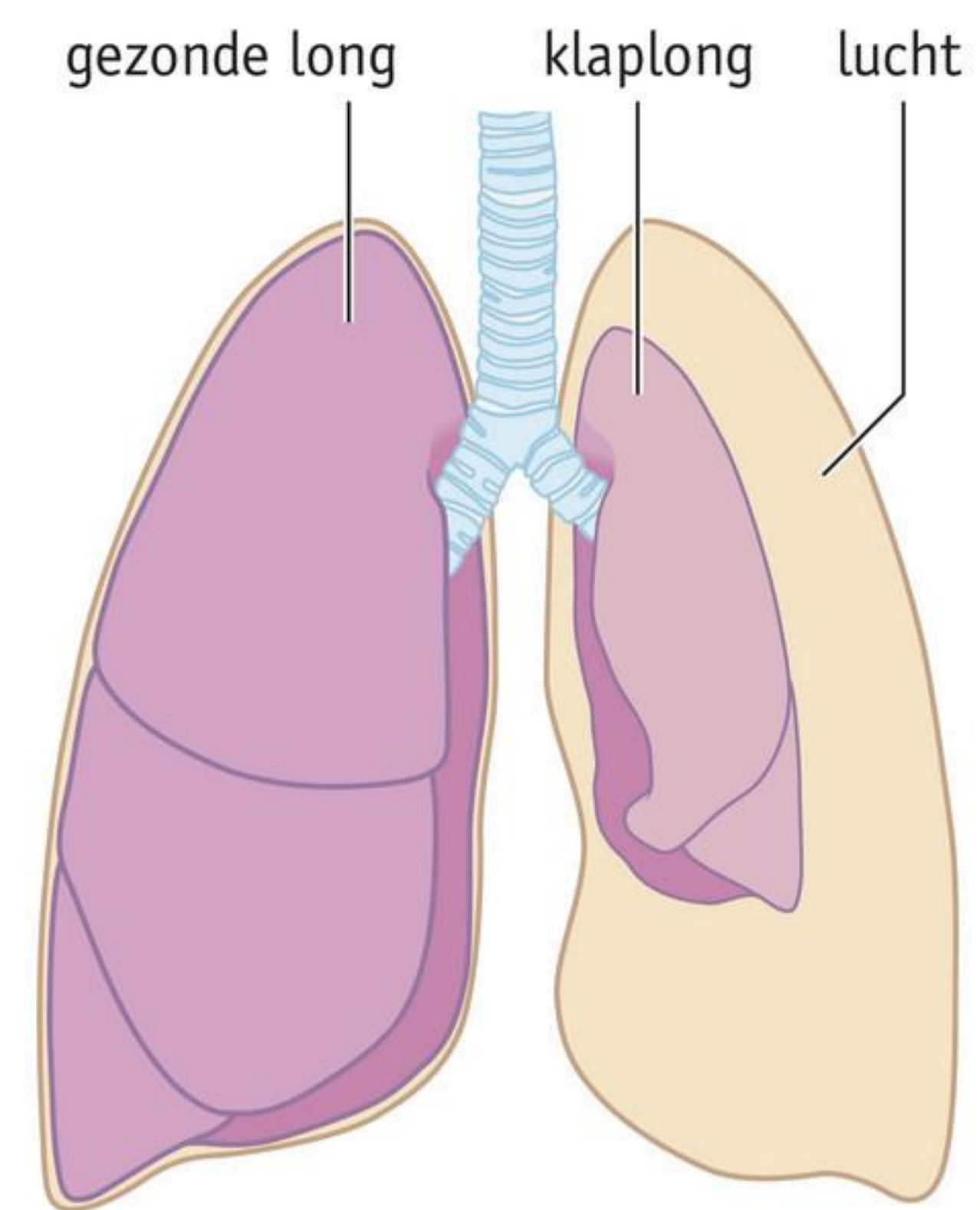


Opdrachten **KENNIS**

- 16 Bij een diepe inademing zijn meerdere spieren betrokken.
- a Welke spieren trekken zich samen bij een diepe inademing?
 - b Vrouwen die hoogzwanger zijn, kunnen niet diep inademen. Leg dat uit.

- 17 Als bij een long een scheurtje in het borstvlies ontstaat, komt er lucht tussen het borstvlies en longvlies. Je noemt dit een klaplong (zie afbeelding 15).
- Wat zal het gevolg van een klaplong voor een inademing zijn?
 - Als iemand een klaplong heeft, kijkt een arts met een röntgenfoto of er geen ribben zijn gebroken. Wat is de relatie tussen een ribbreuk en een klaplong?
 - Waardoor klapt een long in als er lucht tussen borstvlies en longvlies komt?

■ Afb. 15 Een klaplong.



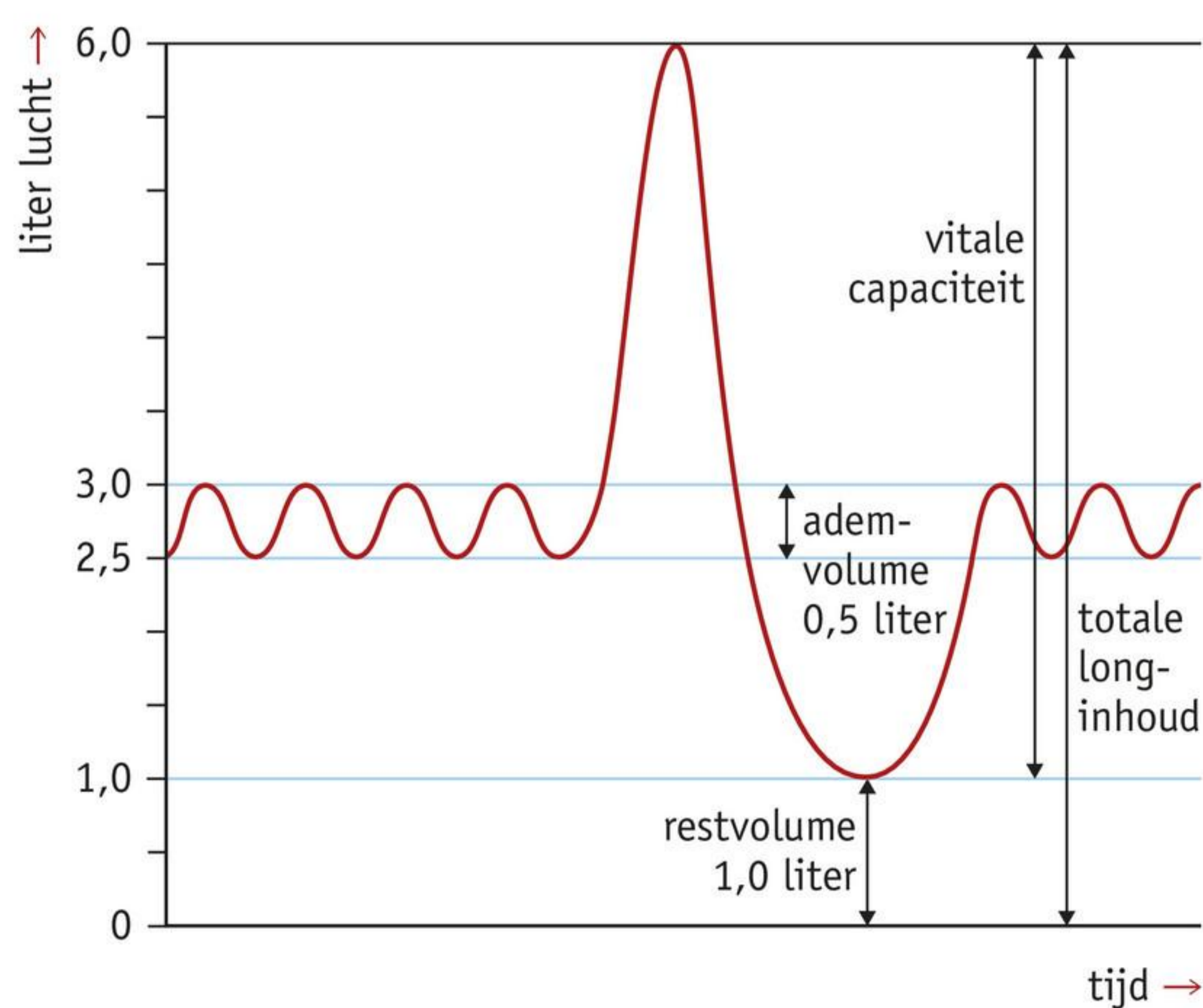
ADEMVOLUME

Een volwassen persoon die rustig ademhaalt, ademt per ademhaling ongeveer 0,5 L lucht in en uit (afbeelding 16 en **BiNaS** tabel 83B). Je noemt deze hoeveelheid het ademvolume. Niet al deze lucht bereikt de longblaasjes. Ongeveer 150 mL lucht komt niet verder dan de bronchiën, luchtpijp en keel- of neusholte. Dit noem je de **dode ruimte**. De lucht in de dode ruimte doet dus niet mee aan de gaswisseling bij de longblaasjes. Deze lucht wordt bij de volgende uitademing 'ongebruikt' weer uitgeademd. Deze lucht mengt zich met de uitgeademde lucht uit de longblaasjes. De lucht die je uitademt, heeft daardoor een andere samenstelling dan de lucht in je longblaasjes.

Bij een maximale inademing kan gemiddeld 3 L lucht extra worden ingeademd. Bij een maximale uitademing kan gemiddeld 1,5 L lucht extra worden uitgeademd. Er blijft dan gemiddeld nog 1 L lucht in de longen achter. Deze lucht heet het **restvolume**. Dat restvolume kan wel iets kleiner worden, maar er blijft in alle gevallen lucht achter in de longen.

De hoeveelheid lucht die je in één ademhaling maximaal kunt verplaatsen, heet de **vitale capaciteit**. De **longcapaciteit** (het totale longvolume) is de vitale capaciteit plus het restvolume.

■ Afb. 16 Longvolume.



Opdrachten **KENNIS**



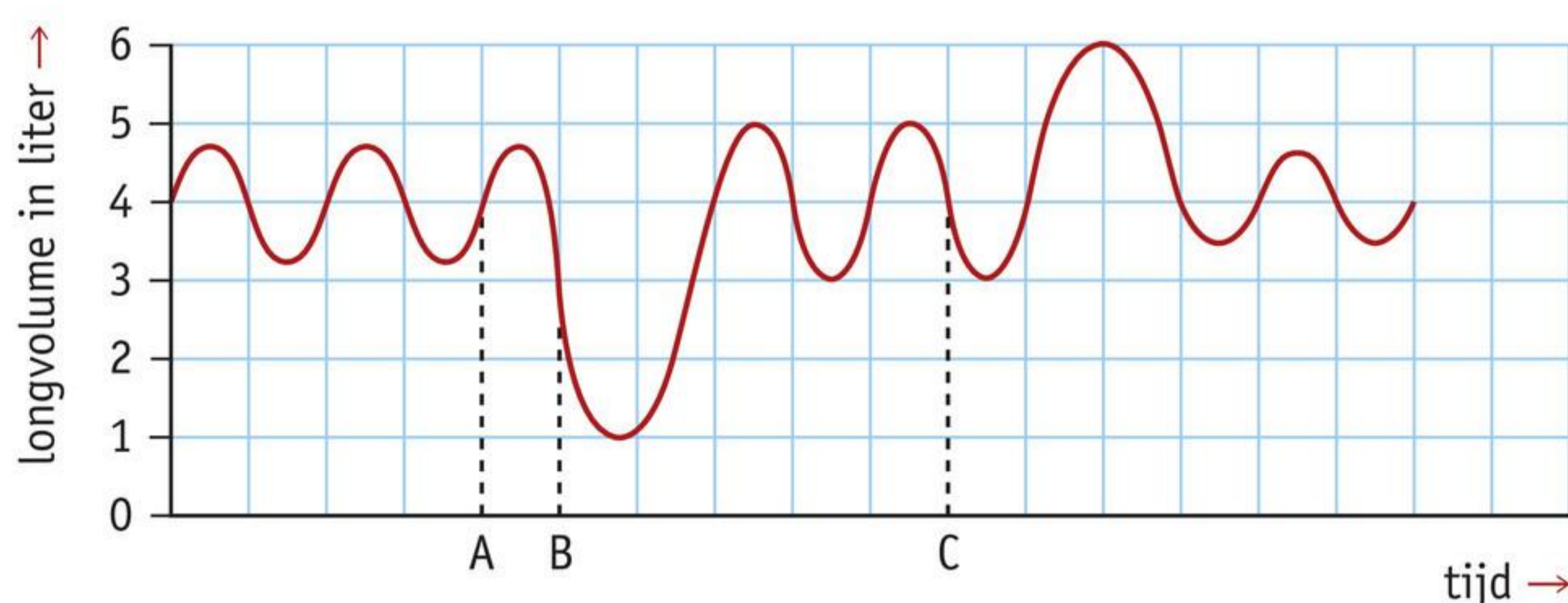
18 Krachten bij ademhaling

Naar: Voorronde Biologie Olympiade 1997, vraag 33 t/m 36.

In de grafiek van afbeelding 17 is de variatie in het longvolume van een rechtopstaande proefpersoon gedurende een bepaalde tijd weergegeven. Uit het diagram kun je de maximale en de minimale luchtverplaatsing van deze persoon afleiden. Met A, B en C zijn drie tijdstippen aangeduid.

- Wat is de maximale hoeveelheid lucht die de proefpersoon op grond van de gegevens maximaal kan inademen?
- Bij de ademhaling speelt een aantal processen een rol. Enkele van deze processen zijn:
 - samentrekken van de spieren die de ribben omlaagtrekken
 - samentrekken van de spieren die de ribben omhoogtrekken
 - het samentrekken van de middenrifspieren
 - zwaartekracht
 - samentrekken van de buikspierenNoteer de nummers van de processen die werkzaam zijn op tijdstip B en leg uit wat het effect van dat proces is.
- Is op tijdstip C de luchtdruk in de longblaasjes hoger dan, gelijk aan of lager dan de luchtdruk buiten de longen? Leg je antwoord uit.
- Wanneer is de luchtdruk in de longblaasjes hoger? Op tijdstip A of op tijdstip C? Of is de luchtdruk op beide tijdstippen gelijk?
 - op tijdstip A
 - op beide tijdstippen gelijk
 - op tijdstip C
- Hoe groot is de vitale capaciteit van de proefpersoon?

■ **Afb. 17** Longvolume van een proefpersoon.



Opdrachten **INZICHT**

- Het energieverbruik door bepaalde ademhalingspijnen van een man wordt vergeleken in twee situaties. In situatie 1 zwemt hij rustig gedurende tien minuten met een snorkel en in situatie 2 zwemt hij met dezelfde snelheid gedurende tien minuten zonder snorkel. In situatie 1 verbruiken bepaalde ademhalingspijnen meer ATP (= energie) per minuut dan in situatie 2. In beide situaties wordt het ademminuutvolume van de zwemmer bepaald. Het ademminuutvolume is de hoeveelheid lucht die per minuut wordt in- of uitgedemd. Bovendien wordt in beide situaties de kracht bepaald die deze spieren leveren voor het in- en uitademen.
 - Is in situatie 1 het ademvolume groter of kleiner dan in situatie 2? Leg je antwoord uit.
 - Leg uit waarom de ademhalingspijnen meer energie (ATP) verbruiken.

- 20 De samenstelling van ingeademde en uitgedemde lucht is gemeten en weergegeven in tabel 1.

Bij een rustige ademhaling adem je ongeveer 500 mL lucht in en uit. Als je vijftien ademhalingen per minuut doet, hoeveel liter zuurstof heb je dan in een uur opgenomen? Laat de berekening zien.

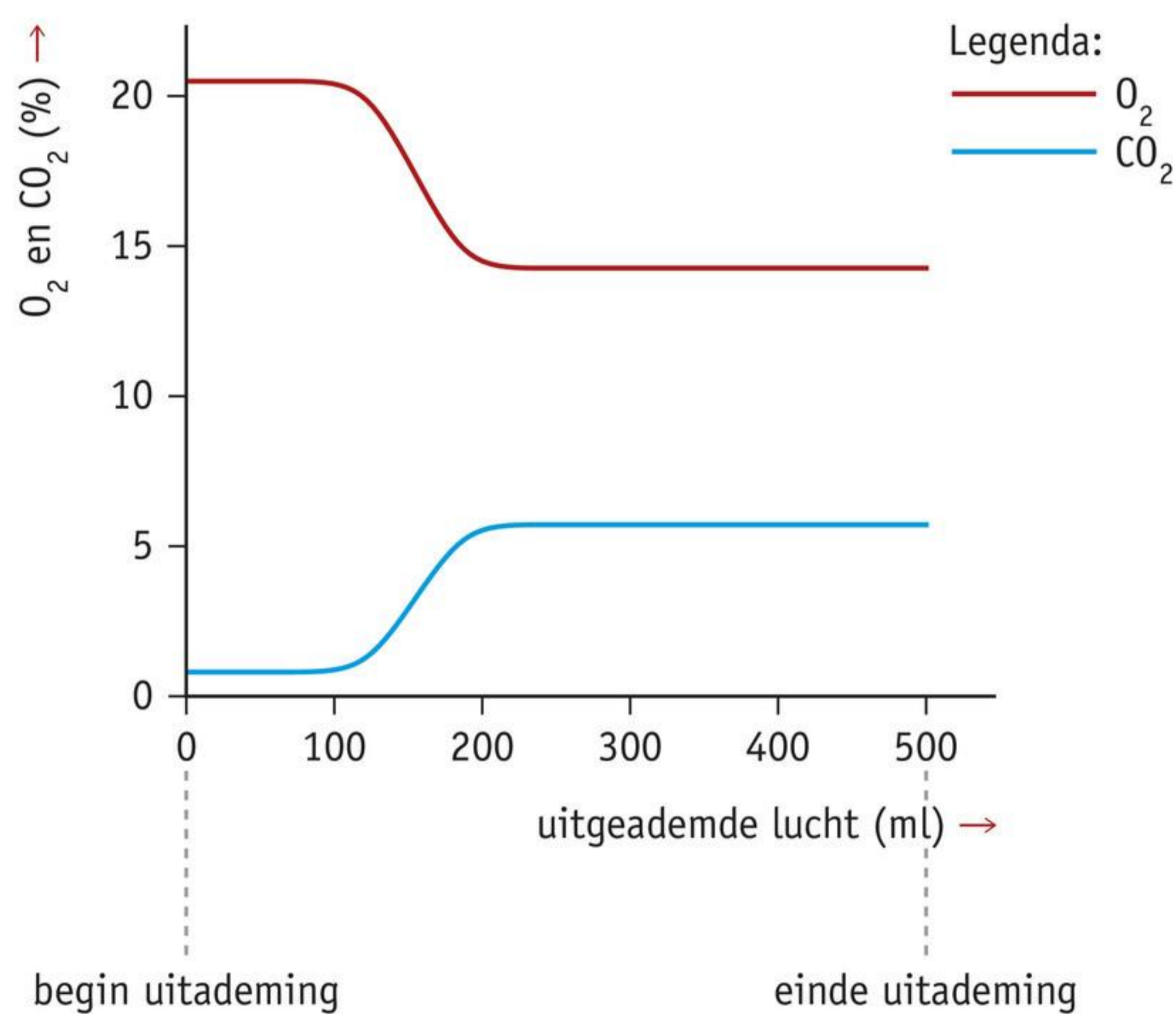
Tabel 1 Samenstelling in- en uitgedemde lucht.

Samenstelling lucht in %		
Gas	Ingeademde lucht	Uitgedemde lucht
Zuurstof	20,70	14,6
Koolstofdioxide	0,04	4,0
Water	1,25	5,9
Stikstofgas	78,00	75,5

- 21 Bij een proefpersoon wordt de samenstelling van de uitgedemde lucht gemeten gedurende één uitademing. In totaal ademt hij 500 mL lucht uit. Tijdens de uitademing verandert de samenstelling van de uitgedemde lucht. De resultaten van de metingen zijn weergegeven in afbeelding 18.

Waardoor bevat de eerste 100 mL uitgedemde lucht meer O_2 en minder CO_2 dan de laatste 100 mL uitgedemde lucht?

■ **Afb. 18** Samenstelling uitgedemde lucht.



- 22 Iemand die met het hoofd naar beneden hangt, zoals in afbeelding 19, heeft meer moeite met uitademen dan iemand die rechtop staat.

Leg uit waarom iemand die met het hoofd naar beneden hangt meer moeite heeft met uitademen.

■ **Afb. 19** Acrobaat hangt in ring.



📄 [Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)

ADEM IN, ADEM UIT

Ademhalen doe je automatisch. Gemiddeld haal je zo'n 20 000 keer adem op een dag. Maar bij een Amerikaans onderzoek uit 2018 bleek dat 50% van de mensen ademt op een niet zo efficiënte manier. De ademhaling is dan te kort, te hoog in de borst en te snel. Het aantal ademhalingen kan daarbij oplopen tot 40 000 per dag.

Stress is een belangrijke oorzaak van verkeerd ademen. Door stress trek je je schouders op en verkramp je lichaam. Hierdoor wordt een goede ademhaling moeilijker. Ook overgewicht of ziekte kan de ademhaling negatief beïnvloeden.

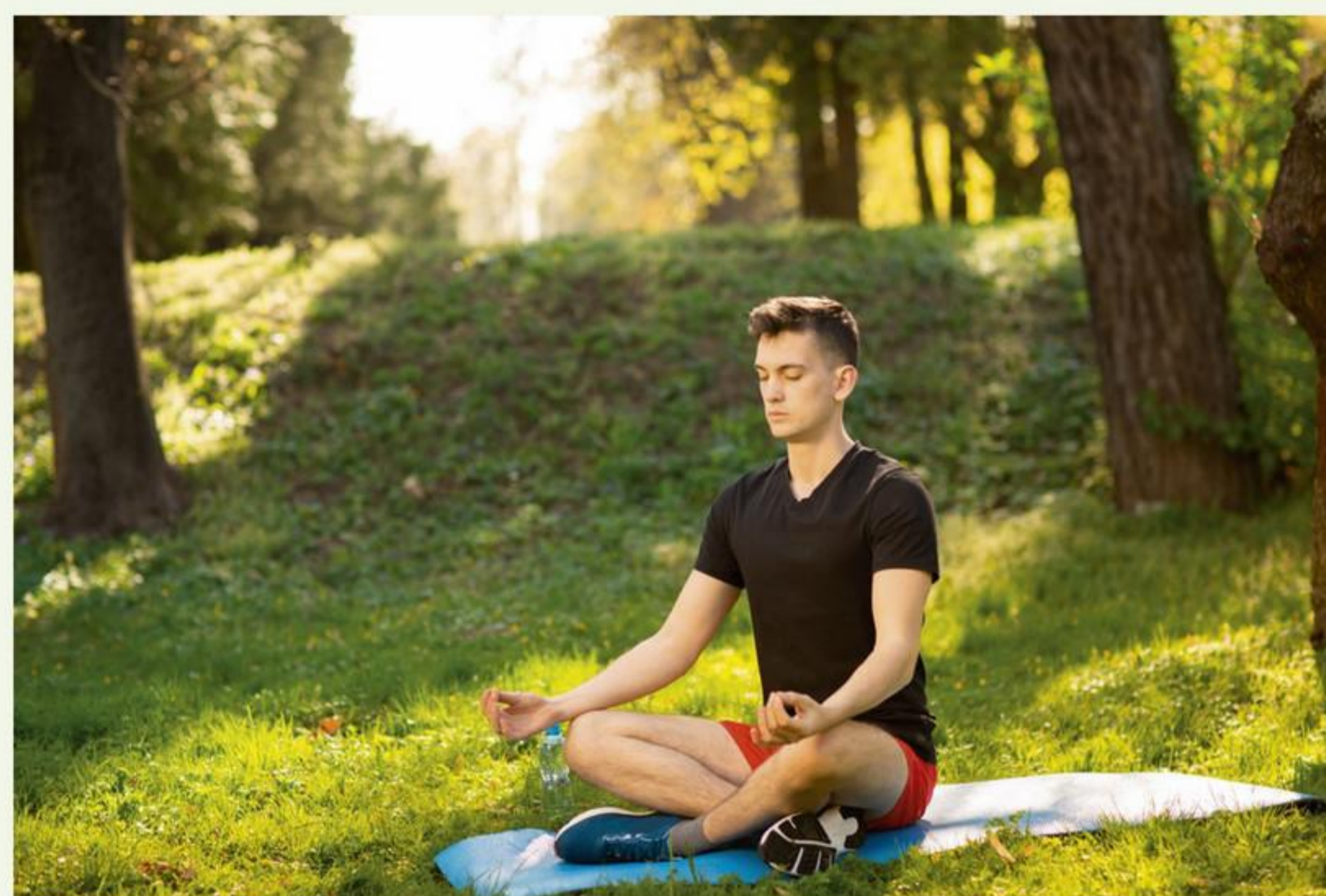
Verkeerd ademen heeft grote invloed op je fysieke en mentale gezondheid. Enkele klachten zijn vermoeidheid, slecht slapen, slechte concentratie, hoofdpijn, stress en in sommige gevallen zelfs depressie. Daarnaast kan verkeerde ademhaling leiden tot een verhoogde productie van stresshormonen, zoals cortisol. Langdurige blootstelling aan cortisol kan de werking van het immuunsysteem verminderen en daardoor wordt het lichaam vatbaarder voor infecties.

Gelukkig kun je je ademhaling trainen. Bij yoga, mindfulness en meditatie leer je de buikademhalingstechniek (zie afbeelding 20).

Hierbij adem je diep en rustig in door je neus en vanuit je buik. Tal van wetenschappelijke studies tonen aan dat deze techniek effectief is tegen stress, slaapproblemen, hoofdpijn en zelfs verslavingen. Ook krijg je minder last van infectieziekten.

Mocht je zelf veel stress ervaren, vraag dan eens op je school of bij instanties in de buurt of het mogelijk is om aan yoga of mindfulness te doen. Hopelijk zorgt een andere manier van ademhalen voor minder stress in je leven.

■ Afb. 20 Ademhalingsoefening.



Opdrachten

- 23** Gemiddeld haal je ongeveer 20 000 keer adem op een dag. Volgens onderzoekers is het beter om 15 000 keer per dag adem te halen. Ga rustig op je stoel zitten en tel het aantal ademhalingen per minuut.
- a** Hoeveel ademhalingen heb je dan per dag?
 - b** Is jouw aantal ademhalingen meer of minder dan het aantal dat de onderzoekers aanbevelen?
- 24** Wanneer je te vaak ademt, adem je meer koolstofdioxide uit dan zou moeten. De concentratie koolstofdioxide in je bloed wordt dan lager.

- a** Wat is de invloed van een lage koolstofdioxideconcentratie op het afgeven van zuurstof aan je cellen? Leg je antwoord uit.
- b** Een lage concentratie van koolstofdioxide in je bloed heeft invloed op de pH-waarde van je bloed. Hoe verandert de pH-waarde bij een lage concentratie koolstofdioxide?
- c** Wat is de invloed van een lage pH-waarde op de afgifte van zuurstof aan je cellen? Gebruik hierbij **BiNaS** tabel 83D. Leg je antwoord uit.

3 DE LEVER

LEERDOELEN

- 12.3.1** Je kunt de bouw, werking en functies van de lever beschrijven. ▶ Vaardigheden 1, 2, 3, 4, 6 en 7 (thema 1)
- 12.3.2** Je kunt uitleggen hoe het inwendige milieu min of meer constant wordt gehouden door de lever. ▶ Practica 4 en 5

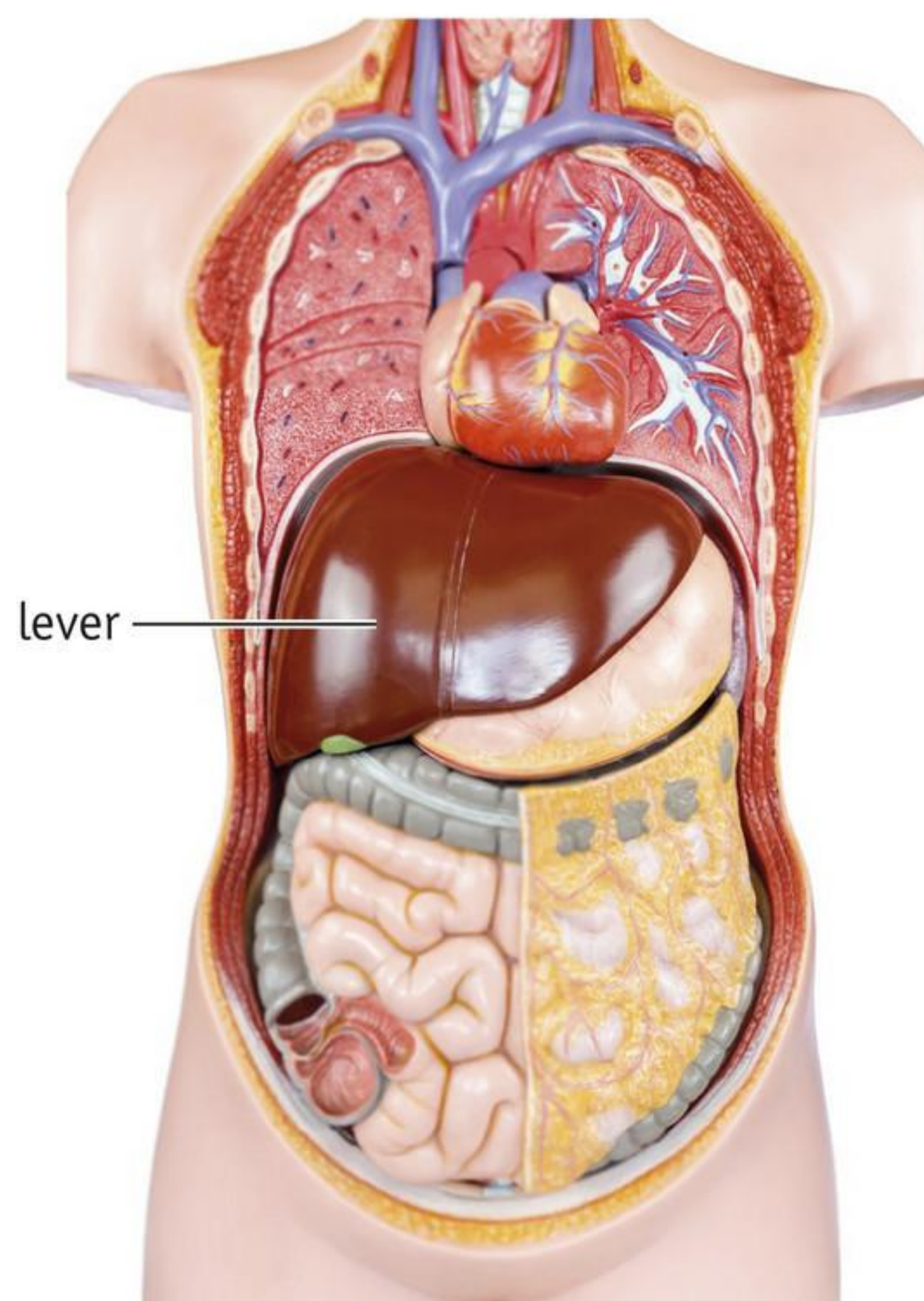
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	12.3.1	12.3.2
Onthouden	25	
Begrijpen	26, 27, 28, 32	
Toepassen	30, 34	
Analyseren	29, 33	31

Orgaanvlees, zoals kalfslever, kun je kopen bij de slager. Lever bevat veel vitamine A en ijzer. Je kunt gerust af en toe kalfslever eten, maar niet te vaak. De lever is namelijk onder andere een opslagplaats voor gifstoffen.

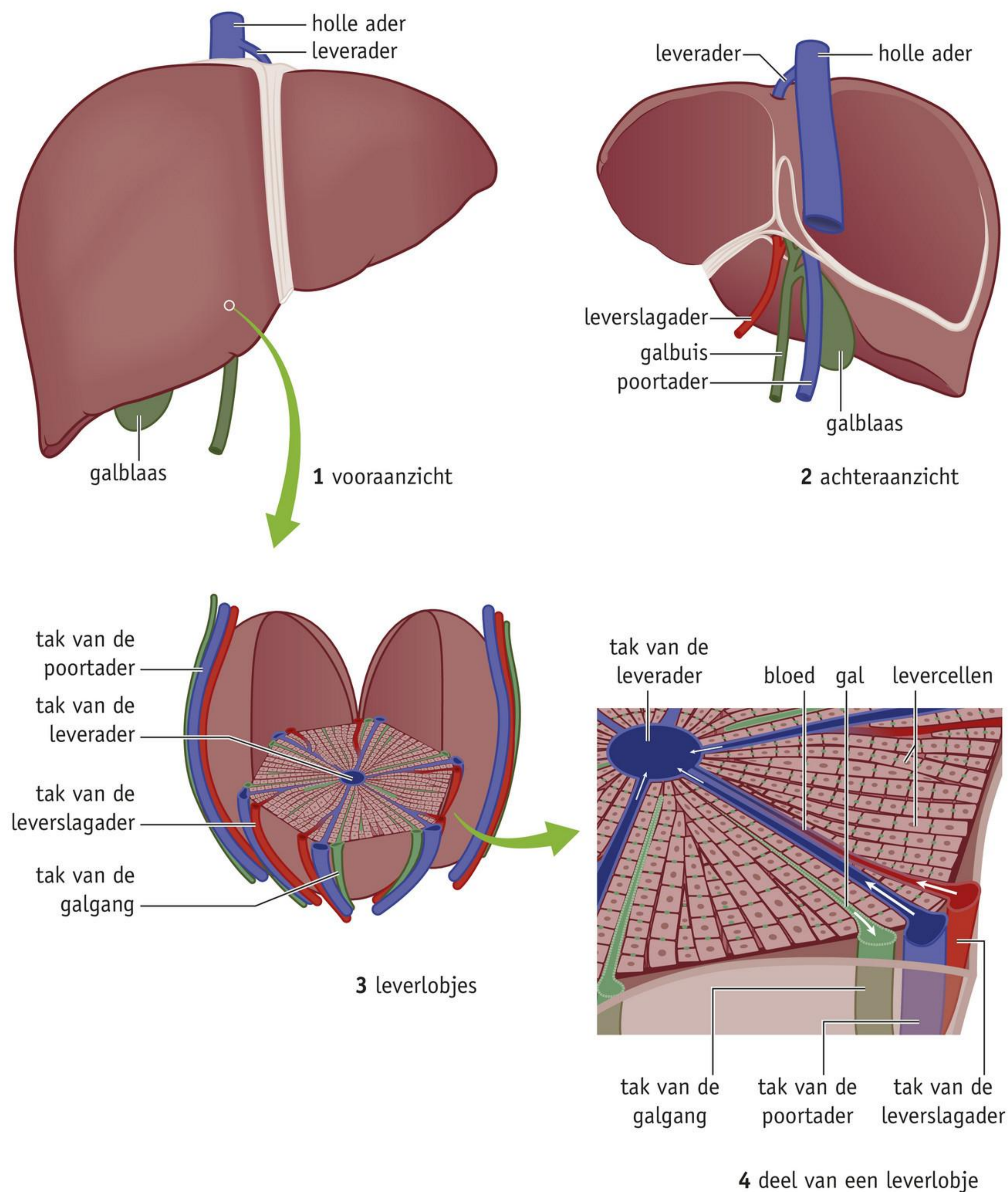
DE BOUW VAN DE LEVER

De **lever** ligt rechtsboven in de buikholte tegen het middenrif aan (zie afbeelding 21). De lever ontvangt zuurstofrijk bloed van de leverslagader en zuurstofarm bloed van de poortader. Het bloed dat afkomstig is uit de poortader bevat veel voedingsstoffen. De leverader voert het bloed weg van de lever. De lever bestaat uit heel veel zeshoekige **leverlobjes** van ongeveer één millimeter in doorsnede. Op de hoekpunten van een leverlobje zitten aftakkingen van de poortader en de leverslagader. Op deze plaatsen zitten ook aftakkingen van de galgang (zie afbeelding 22). In het midden van een leverlobje zit een aftakking van de leverader.

■ **Afb. 21** De ligging van de lever.



■ Afb. 22 De bouw van de lever.



HOMEOSTASE

Het bloed van de poortader en leverslagader komt vanuit de aftakkingen op de hoekpunten terecht in ruimten tussen de cellen van een leverlobje. De levercellen nemen stoffen uit het bloed op en geven stoffen aan het bloed af. Het bloed stroomt naar het midden van een leverlobje en wordt via de aftakking van de leverader afgevoerd.

Doordat het bloed uit een groot deel van het darmkanaal via de poortader naar de lever stroomt, kan de lever controle uitoefenen op de samenstelling van het bloedplasma. De lever speelt een belangrijke rol bij de homeostase. Door het omzetten van stoffen en door opslag en uitscheiding van stoffen zorgt de lever voor een min of meer constant **inwendig milieu**.

FUNCTIES VAN DE LEVER

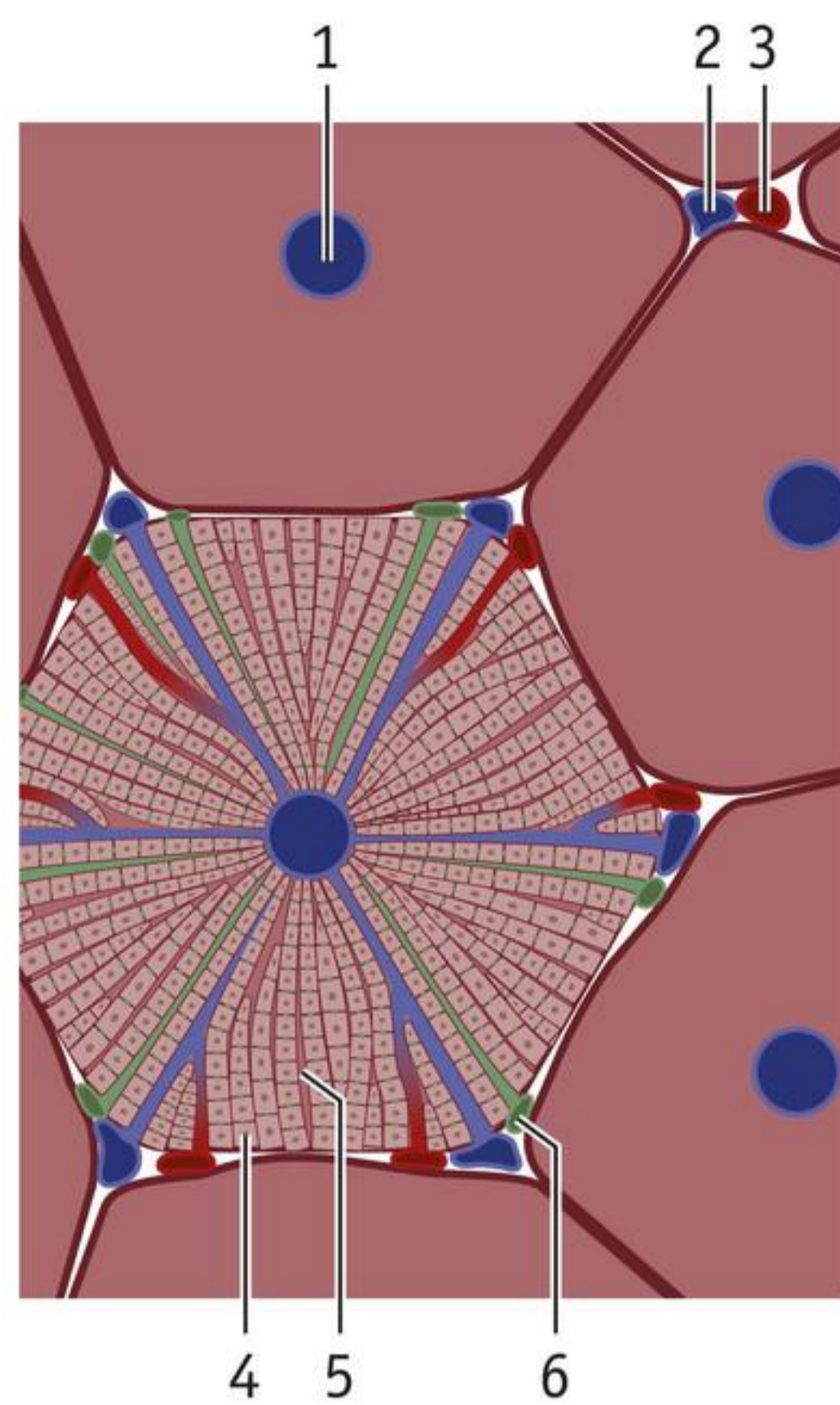
In de lever vinden veel stofwisselingsprocessen plaats:

- De cellen van de lever produceren **gal**. Gal bevat onder andere water en galzuren. Galzuren emulgeren vetten en oliën. De gal stroomt in de leverlobjes in de richting van de hoekpunten en wordt via de fijne vertakkingen van de galgang afgevoerd. De gal wordt verzameld en tijdelijk opgeslagen in de galblaas (zie afbeelding 22). Via de galbuis komt de gal terecht in de twaalfvingerige darm.
- De lever is ook betrokken bij de afbraak van verouderde en beschadigde rode bloedcellen. Bij de afbraak van hemoglobine uit dode rode bloedcellen ontstaat bilirubine. Bilirubine wordt door de lever met de gal uitgescheiden en geeft de bruine kleur aan de ontlasting.
- Bij de afbraak van hemoglobine komt ook ijzer vrij. Dit ijzer wordt vooral in de lever opgeslagen.
- De lever speelt een rol bij de koolhydraatstofwisseling. Bij een overschot aan glucose slaat de lever dit op in de vorm van glycogeen onder invloed van insuline. Bij een tekort aan glucose wordt glycogeen onder invloed van glucagon weer omgezet in glucose. Door dit regelmechanisme wordt de **glucoseconcentratie** van het bloed min of meer constant gehouden.
- De lever heeft ook functies bij de eiwitstofwisseling. Daarbij worden in de lever eiwitten gevormd uit aminozuren. Aminozuren die in het darmkanaal in het bloed zijn opgenomen, worden via de poortader naar de lever vervoerd. Een deel van deze aminozuren wordt onveranderd weer afgevoerd via de leverader. Een ander deel wordt gebruikt om eiwitten van te maken.
- Bij de eiwitstofwisseling kan de lever niet-essentiële aminozuren uit andere aminozuren maken.
- Overtollige aminozuren kunnen in de lever worden afgebroken. Van de aminozuren wordt daarbij de stikstofgroep afgesplitst en omgezet in ammoniak. Ammoniak is in geringe concentratie al giftig. In de lever wordt ammoniak omgezet in **ureum**. Ureum wordt aan het bloed afgegeven en door de nieren uitgescheiden.
- Bij de vetstofwisseling in de lever worden onder andere niet-essentiële vetzuren gevormd uit andere vetzuren, aminozuren of monosachariden zoals glucose.
- Een beperkte hoeveelheid vet kan in de lever worden opgeslagen.
- Cholesterol is een bestanddeel van celmembranen en is nodig voor de productie van gal, sommige hormonen en vitamine D. De meeste cholesterol wordt door je lever geproduceerd. Een klein deel van je cholesterol krijg je binnen via je voeding.
- Bij het ontgiften van het bloed haalt de lever gifstoffen en andere lichaamsvreemde stoffen (bijvoorbeeld alcohol, drugs en medicijnen) uit het bloed en maakt ze onwerkzaam. Een deel van deze stoffen wordt door de lever afgebroken en door de nieren uitgescheiden. Sommige gifstoffen kunnen niet onwerkzaam worden gemaakt. Een deel van deze gifstoffen wordt opgeslagen in de lever, de huid en de haren (bijvoorbeeld kwik en arsenicum).

Opdrachten **KENNIS**

- 25 Via welke twee bloedvaten krijgt de lever bloed aangevoerd?
- 26 Een onderzoeker bekijkt een preparaat van een stukje lever (zie afbeelding 23). In welke van de genummerde delen kan glycogeen worden opgeslagen?

■ **Afb. 23** Tekening van preparaat van een stukje lever.



- Legenda:
- 1 = leverader
 - 2 = vertakking van de poortader
 - 3 = leverslagader
 - 4 = levercellen
 - 5 = galcapillairen
 - 6 = galgang (afvoerbuis van gal)

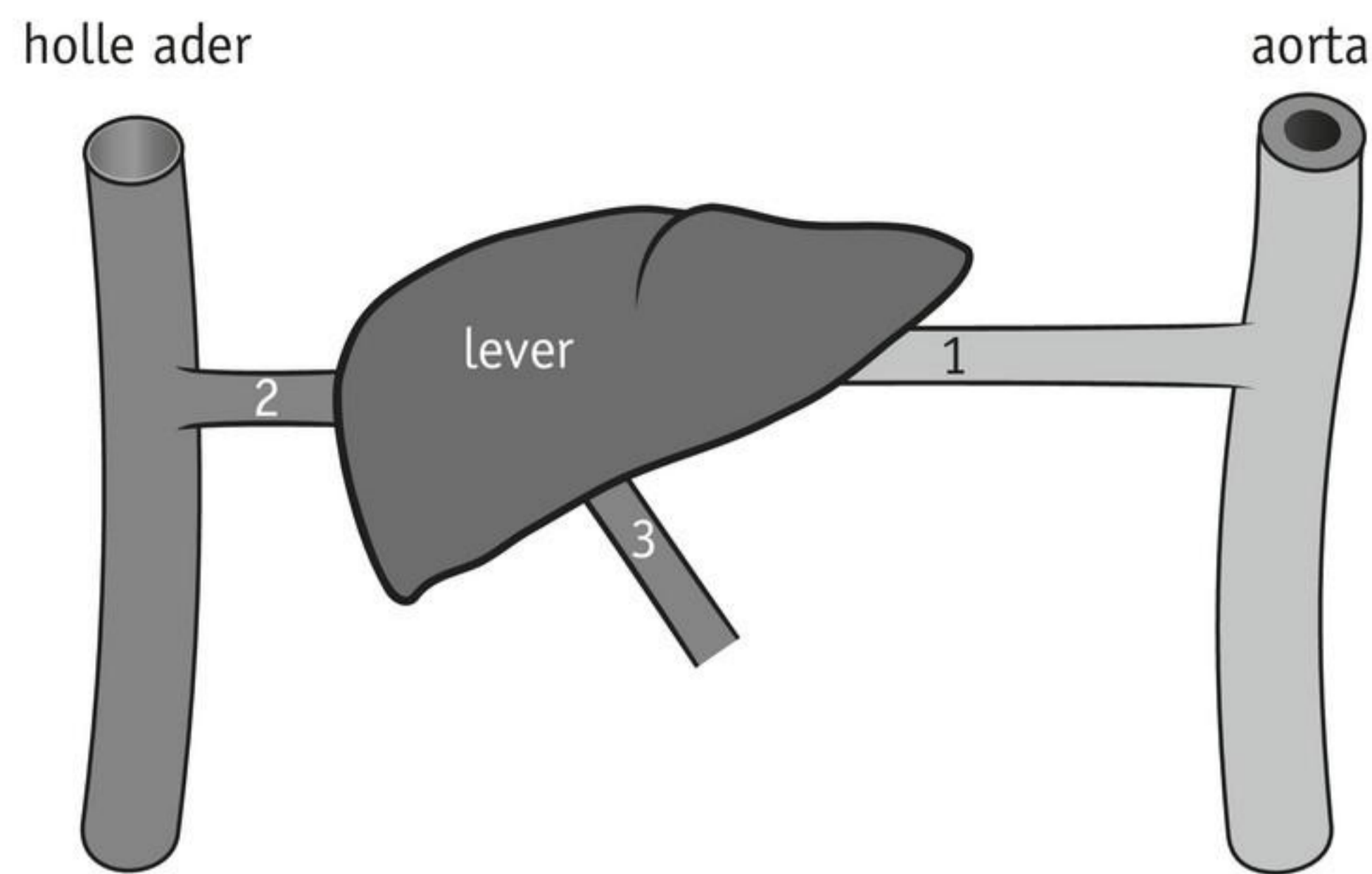
- 27** In het lichaam wordt hemoglobine van ‘versleten’ oude rode bloedcellen afgebroken. Uit het niet-eiwitdeel van hemoglobine worden ijzeratomen losgemaakt; wat overblijft is bilirubine. Bilirubine is een geelbruine stof die in de lever verder wordt verwerkt. Het eiwitdeel van hemoglobine kan door de lever worden afgebroken tot ureum.
- a** Op welke manier wordt bilirubine uitgescheiden?
 - b** In sommige gevallen kan de galbuis verstopt raken. Een van de gevolgen van een verstopte galbuis is dat de ontlasting vettig is. Leg uit waardoor dit komt.
- 28** Je maaltijden moeten dagelijks voldoende essentiële aminozuren en essentiële vetzuren bevatten. Waarom is het belangrijk dat je voldoende essentiële aminozuren en essentiële vetzuren binnenkrijgt?

Opdrachten INZICHT

- 29** De lever krijgt bloed van de poortader en de leverslagader. Waarom kan de lever niet functioneren als er alleen bloed via de poortader wordt aangevoerd?
- 30** Afbeelding 24 is een schematische weergave van de lever met aan- en afvoerende bloedvaten. Het bloed in de bloedvaten 1 tot en met 3 verschilt sterk van samenstelling. Iemand eet een warme maaltijd. Een uur na deze maaltijd worden het O₂-gehalte, ureumgehalte en glucosegehalte van het bloed uit de verschillende bloedvaten gemeten. Geef in de tabel de namen van de drie genummerde bloedvaten. En geef met een plusteken (+) aan in welk bloedvat het O₂-, ureum- en glucosegehalte het hoogst is.

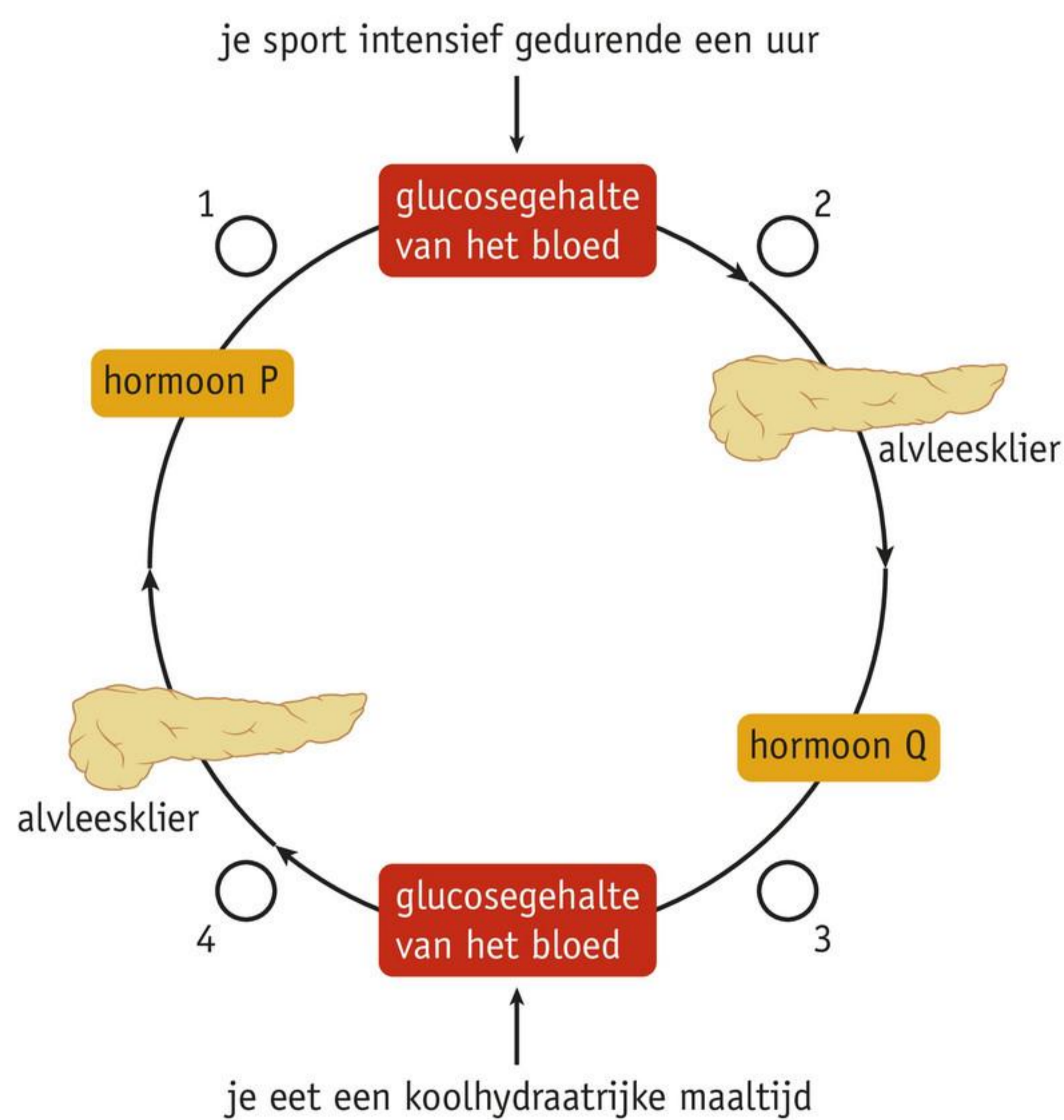
Bloedvat	O ₂ -gehalte	Ureumgehalte	Glucosegehalte
1			
2			
3			

- **Afb. 24** Schematische weergave van de lever met aan- en afvoerende bloedvaten.



- 31 De lever speelt een belangrijke rol in het handhaven van de glucoseconcentratie van het bloed. In het schema van afbeelding 25 wordt de regeling hiervan schematisch weergegeven. Na intensief sporten of na het eten van een koolhydraatrijke maaltijd worden er hormonen geproduceerd die invloed hebben op de glucoseconcentratie van het bloed.
- Maak dit schema compleet door in de vier genummerde cirkeltjes met een + of een - aan te geven of het glucosegehalte stijgt (+) of daalt (-).
 - Geef de namen van de hormonen P en Q.

- **Afb. 25** Schematische weergave van glucoseregulatie.



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

DE AZIATISCHE GLOED

Dat alcohol schadelijk is voor je lichaam, is algemeen bekend. Op jonge leeftijd heeft zelfs een kleine hoeveelheid alcohol al een negatieve invloed op je hersenontwikkeling. Daarnaast kun je door alcohol te drinken slaapproblemen krijgen of verwondingen oplopen, doordat je bijvoorbeeld sneller valt. Je kunt ook verslaafd raken aan het drinken van alcohol.

Het blijkt dat veel mensen uit Azië minder snel dronken worden dan mensen uit Europa. Bij Aziaten wordt alcohol vaak een stuk efficiënter door de lever afgebroken dan bij Europeanen. Dit gebeurt door de stof alcoholdehydrogenase. Het product dat bij deze omzetting ontstaat is ethanal. Deze stof is giftiger dan alcohol en kan leiden tot hoofdpijn, misselijkheid en braken, het 'katergevoel' (zie afbeelding 26).

Europeanen worden dan wel sneller dronken dan Aziaten, maar ze hebben na het drinken van alcohol veel minder last van een kater. Bij Europeanen wordt de giftige stof ethanal door de stof aldehyde-dehydrogenase omgezet in het onschuldige acetyl-CoA (acetylco-enzym A). Bij veel Chinezen, Japanners en

Koreanen gebeurt dat niet. Zij hebben een mutatie in hun DNA waardoor zij het enzym aldehyde-dehydrogenase niet produceren en het ethanal veel langer in het lichaam blijft, met alle nare gevolgen van dien. Eén glas alcohol is dan al voldoende om je compleet onwel te laten voelen en je een rood hoofd te bezorgen. Vandaar: de Aziatische gloed.

■ Afb. 26 Een kater.



Opdrachten

- 32 a Wat voor een soort stoffen zijn alcoholdehydrogenase en aldehyde-dehydrogenase?
b Waaruit kun je dat afleiden?
- 33 Je kunt de mutatie die voorkomt onder Aziaten zien als een evolutionair voordeel. Leg dit uit.
- 34 Overmatig alcoholgebruik kan leiden tot levercirrose.
a Wat is levercirrose? Gebruik voor het beantwoorden van deze vraag informatie van internet.
- b Het is mogelijk om levertransplantaties uit te voeren. De meeste levertransplantaties vinden plaats bij mensen met levercirrose. Vind jij dat iemand die levercirrose heeft, doordat hij te veel heeft gedronken in aanmerking komt voor een donorlever? Beargumenteer je antwoord.

4 DE NIEREN

LEERDOELEN

12.4.1 Je kunt de bouw, werking en functies van de nieren en de urinewegen beschrijven.

12.4.2 Je kunt uitleggen hoe het inwendige milieu min of meer constant wordt gehouden door de nieren.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN	
	12.4.1	12.4.2
Onthouden	35a	36a
Begrijpen	35bcde, 43ab	36bc, 37, 38
Toepassen	39a, 43cde	41
Analyseren	42	39b, 40

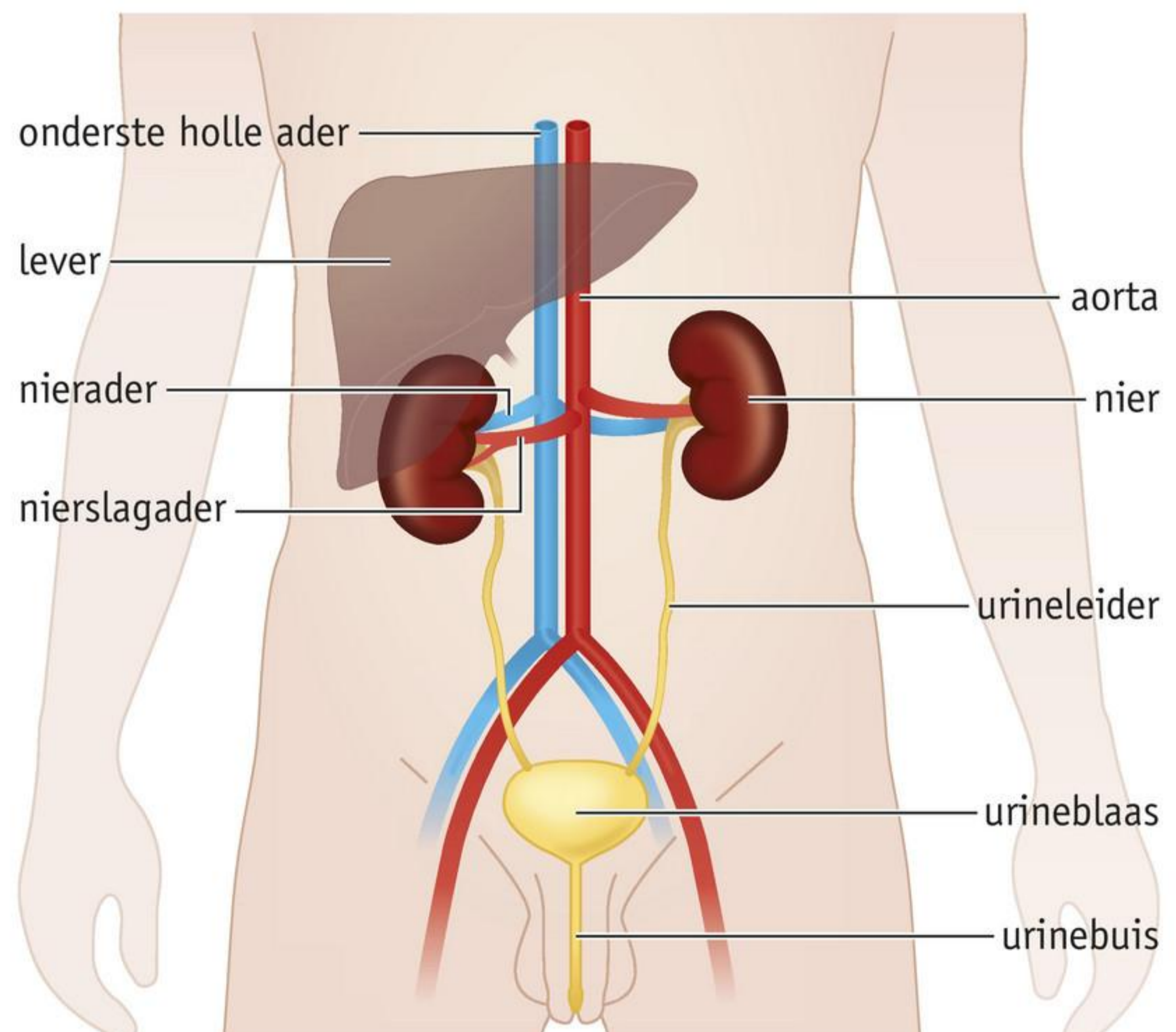
Water is een belangrijke voedingsstof. Maar als je in korte tijd heel veel water binnenkrijgt, kun je een watervergiftiging oplopen. Je nieren kunnen het overtollige water dan niet op tijd uitscheiden, waardoor de osmotische waarde van je bloed te veel daalt.

DE BOUW VAN DE NIEREN

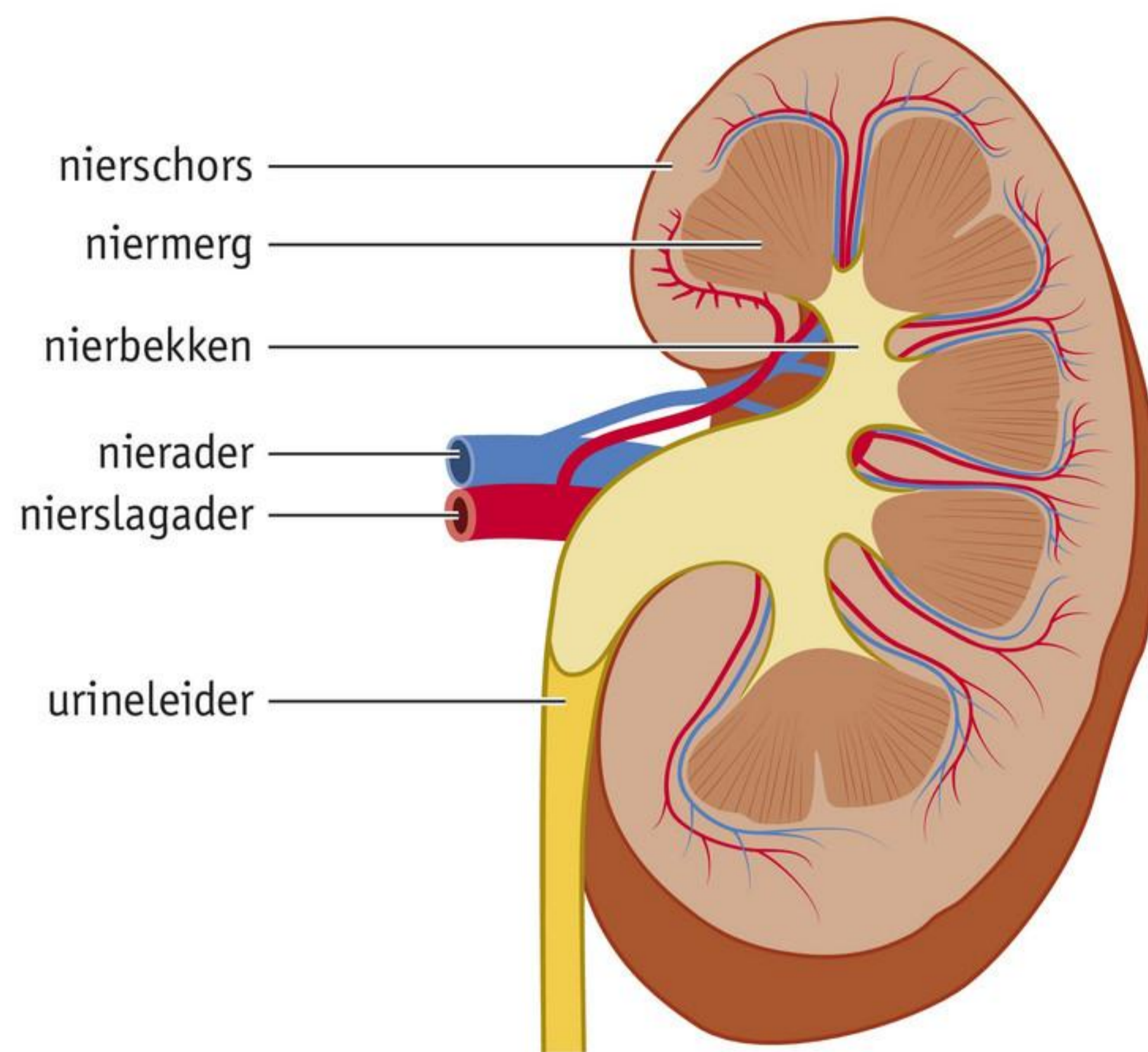
De **nieren** liggen in de buikholte links en rechts van de wervelkolom (zie afbeelding 27 en **BiNaS** tabel 85A). Door de nierslagaders stroomt zuurstofrijk bloed naar de nieren. Dit bloed bevat onder andere overtollige en schadelijke stoffen. De nieren verwijderen deze stoffen uit het bloed. Door de nieraders stroomt het bloed weg uit de nieren.

Een nier bestaat uit drie delen: de **nierschors**, het **niermerg** en het nierbekken (zie afbeelding 28 en **BiNaS** tabel 85A). In de nierschors en het niermerg wordt **urine** gevormd. Urine bestaat uit water, zouten en de schadelijke stoffen die uit het bloed zijn verwijderd, zoals ureum. In het nierbekken wordt de urine verzameld en via de urineleiders afgevoerd naar de **urineblaas**. In de urineblaas wordt de urine tijdelijk opgeslagen. Van tijd tot tijd wordt de urine uit de urineblaas afgevoerd via de urinebuis.

■ **Afb. 27** De nieren en de urinewegen.

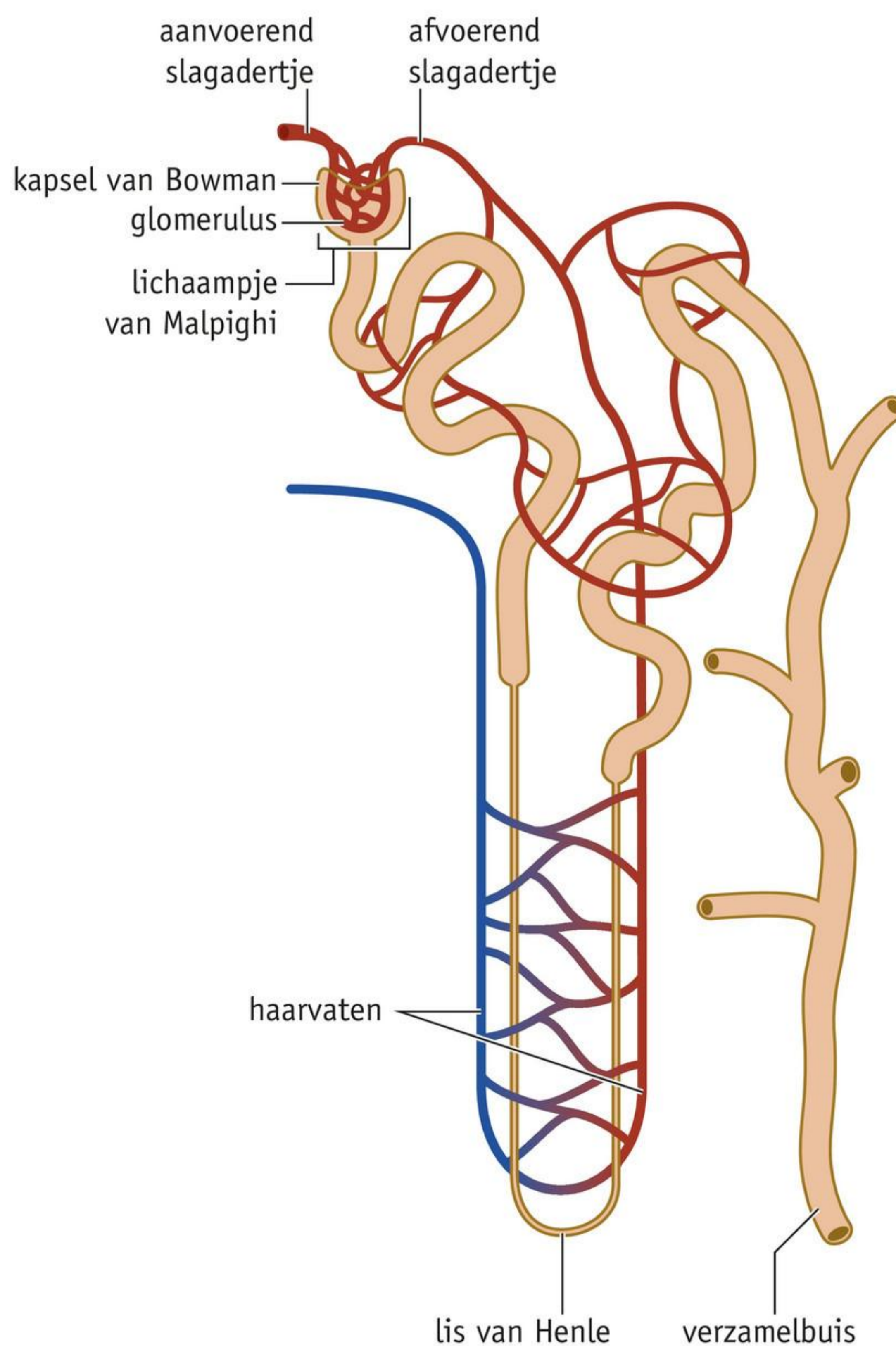


■ **Afb. 28** De bouw van een nier.



In de nierschors en het niermerg liggen per nier ongeveer een miljoen niereenheden. Aan het begin van een **niereenheid** zit een nierkapsel: het **kapsel van Bowman** (zie afbeelding 29 en **BiNaS** tabel 85A). Je kunt een nierkapsel vergelijken met een zeef: er zit een groot aantal gaatjes in. Een aanvoerend slagadertje, een vertakking van de nierslagader, vertakt zich in het nierkapsel verder tot een kluit van haarvaten: de **glomerulus**.

■ **Afb. 29** Een niereenheid.



Het grootste deel van een niereenheid bestaat uit een **nierbuisje** of nierkanaaltje. Een nierbuisje bestaat uit twee gekronkelde delen met daartussen een lus: de lus van Henle. Het afvoerend slagadertje van de glomerulus vertakt zich tot een haarvatennet om het nierbuisje. De haarvaten verenigen zich daarna tot een nieradertje. In de nierbuisjes wordt de urine gevormd. De nierbuisjes monden uit in verzamelbuisjes. Via de verzamelbuisjes komt de urine in de nierbekkens terecht.

DE VORMING VAN URINE

De nieren zijn zeer sterk doorbloed. Per minuut stroomt er ongeveer 1,2 L bloed door de nieren. De diameter van de afvoerende slagadertjes in de glomerulus is kleiner dan die van de aanvoerende slagadertjes. Hierdoor is de bloeddruk in de haarvatenkluwens in de nierkapsels zó hoog, dat vanuit die haarvaten voortdurend een deel van het bloedplasma in de nierkapsels wordt geperst. Bloedcellen en grote moleculen zoals eiwitten kunnen hier niet doorheen. Alleen kleine moleculen kunnen door de gaatjes in de wand van de nierkapsels. Dit proces heet **ultrafiltratie**. Het vocht in de nierkapsels noem je voorurine. Per dag wordt ongeveer 180 L voorurine gemaakt. Voorurine bevat onder andere glucose, aminozuren, ionen (natrium, chloor, calcium en kalium) en ureum (zie tabel 2 en **BiNaS** tabel 85B en 85C).

Tabel 2 Enkele stoffen in bloedplasma, voorurine en urine.

	Bloedplasma (g/100 mL)	Voorurine (g/100 mL)	Urine (g/100 mL)
Eiwitten	7,5	0	0
Glucose	0,1	0,1	0
Na ⁺	0,4	0,4	0,35
Cl ⁻	0,36	0,36	0,6
Ca ²⁺	0,01	0,01	0,03
K ⁺	0,02	0,02	0,15
Ureum	0,03	0,03	2,0

De omzetting van voorurine in urine vindt plaats in de nierbuisjes en de verzamelbuisjes. Water en andere nuttige stoffen, zoals glucose en aminozuren, worden selectief uit de voorurine gehaald (zie tabel 2).

De cellen in de wand van het eerste gekronkelde deel van een nierbuisje nemen de opgeloste nuttige stoffen op uit de voorurine en geven ze af aan de weefselvloeistof tussen de niereenheden. Van daaruit gaan de stoffen naar het bloed in de haarvaten rondom de nierbuisjes. Dit proces heet **terugresorptie** of **reabsorptie**. Het vindt vooral plaats door actief transport en kost dus energie. De wandcellen zelf worden van voedingsstoffen en zuurstof voorzien door het bloed in de haarvatennetten. Door de terugresorptie van stoffen uit het eerste gekronkelde deel stijgt de osmotische waarde van de weefselvloeistof. Hierdoor gaat water door osmose uit de voorurine naar de weefselvloeistof en vervolgens naar het bloed in de haarvaten.

De wandcellen van de lissen van Henle zijn belangrijk voor het concentreren van de urine. Ook hier transporteren de wandcellen actief stoffen naar de weefsels om het nierbuisje. Deze stoffen diffunderen naar het bloed in de haarvaten, waardoor de osmotische waarde van het bloed stijgt. Water gaat dan door osmose naar het bloed in de haarvaten en wordt afgevoerd. Zo wordt nog meer water onttrokken aan de voorurine uit de lus van Henle.

In het tweede gekronkelde deel van een nierbuisje worden door actief transport ionen uitgewisseld tussen de voorurine en de weefselvloeistof. De celmembranen van de wandcellen van dit deel van het nierbuisje en van de verzamelbuisjes laten niet altijd evenveel water door.

Uiteindelijk blijft er van de voorurine per dag ongeveer 1,5 L urine over die via de urineleiders wordt afgevoerd naar de blaas.

Opdrachten **KENNIS**

- 35 Door ultrafiltratie ontstaat voorurine. De energie die nodig is voor ultrafiltratie wordt niet geleverd door de cellen van de nierkapsels.
- Door welke kracht ontstaat voorurine?
 - Waar komt de energie vandaan die nodig is voor de vorming van urine uit voorurine?
 - In welk deel van een niereenheid wordt de meeste zuurstof verbruikt? Kies uit:
 - het nierkapsel
 - het eerste gekronkelde deel van een niereenheid
 - de lis van Henle
 - het tweede gekronkelde deel van een niereenheid
 - de verzamelbuisLeg je keuze uit.
 - Wordt de afwezigheid van eiwitten in de urine veroorzaakt door terugresorptie? Leg je antwoord uit.
 - Wordt de afwezigheid van glucose in de urine veroorzaakt door terugresorptie? Leg je antwoord uit.

HOMEOSTASE

De osmotische waarde van het inwendige milieu wordt vooral constant gehouden door de uitscheiding van overtollig water en overtollige zouten. Daarmee spelen de nieren, net als de lever, een belangrijke rol bij de handhaving van de homeostase.

De terugresorptie van water in het tweede gekronkelde deel van de nierbuisjes en van de verzamelbuisjes wordt gereguleerd door het antidiuretisch hormoon (**ADH**) uit de hypofyse. De celmembranen van de wandcellen zijn hier bijna niet doorlaatbaar voor water. Onder invloed van ADH neemt de doorlaatbaarheid van de celmembranen toe. Daardoor kan er meer water worden onttrokken aan de voorurine en worden opgenomen in het bloed.

Als de osmotische waarde van het bloed stijgt, wordt dat waargenomen door zintuigcellen in de hypothalamus. Die stimuleert dan de hypofyse om meer ADH af te geven aan het bloed. Door toename van ADH wordt er in de nieren meer water geresorbeerd en opgenomen in het bloed. Hierdoor daalt de osmotische waarde van het bloed. Doordat er meer water wordt onttrokken aan de voorurine, wordt er minder urine geproduceerd. Deze urine is sterker geconcentreerd. Op deze manier wordt de **waterhuishouding** van het lichaam geregeld en wordt via negatieve terugkoppeling de osmotische waarde van het inwendige milieu gehandhaafd.

Ook de pH van het inwendige milieu wordt min of meer constant gehouden. In de nieren zijn bufferstoffen aanwezig die een tekort aan H⁺-ionen kunnen aanvullen of die een overmaat opvangen. Daarnaast worden schommelingen in de pH opgevangen door de ademfrequentie (de snelheid waarmee je ademt) aan te passen.

Opdrachten **KENNIS**

- 36** Onder invloed van ADH kan de urine van kleur veranderen.
- Wordt de urine lichter of donkerder als de concentratie ADH toeneemt? Leg je antwoord uit.
 - Wat gebeurt er met de bloeddruk als de concentratie ADH stijgt? Leg je antwoord uit.
 - ADH bindt aan ADH-receptoren.
In welk gedeelte van een niereenheid vind je cellen met ADH-receptoren?
- 37** Alcohol remt de productie van ADH.
Wat zal het effect zijn van het drinken van drie glazen bier op je urineproductie? Leg je antwoord uit.
- 38** Woestijdieren hebben vaak een hoge concentratie ADH in hun bloed.
Leg uit waarom bij woestijdieren de concentratie ADH hoog is.

Opdrachten **INZICHT**



- 39** Kappen zonder nierfalen k an
Naar: Voorronde Biologie Olympiade 2016, vraag 7 en 8.
- In Nicaragua overlijden veel mannen die werken als suikerrietkapper (zie afbeelding 30) aan nierfalen. Suikerrietkappers leveren een fysieke topprestatie in de volle zon, bij een hoge luchtvochtigheid. Tijdens de uren die ze op een dag werken, verliezen ze tot netto 2,4 L water, ondanks het feit dat ze verscheidene liters water drinken. Hierdoor worden ze duizelig en misselijk en kunnen ze op lange termijn nierschade oplopen. Onderzoek toont aan dat suikerrietkappers worden beschermd tegen nierfalen als ze voldoende drinken, in de schaduw mogen pauzeren en frisdranken met veel suiker vermijden zolang ze zijn uitgedroogd.
- Tijdens het werk transpireren de rietkappers veel, waardoor hun bloedvolume afneemt. Hierdoor daalt de bloeddruk en wordt hun bloed stroperiger (de viscositeit stijgt). De huiddoorbloeding en warmteafgifte verminderen.
- Ook de nieren worden minder goed doorbloed en zullen hierdoor na verloop van tijd beschadigd raken.
- Welk onderdeel van de cellen van een niereenheid zal – als gevolg van de verminderde doorbloeding – het eerst zijn functie verliezen? Welk proces zal daardoor het eerst afnemen?

	Celonderdeel	Proces
A	celmembraan	terugresorptie
B	celmembraan	ultrafiltratie
C	mitochondrium	terugresorptie
D	mitochondrium	ultrafiltratie

- b** Een van de adviezen om nierfalen te voorkomen is om bij uitdroging geen suikerhoudende frisdranken zoals cola of sinas te gebruiken, maar gewoon water te drinken.

De reden achter dit advies is dat de suikerhoudende frisdrank in vergelijking met water leidt tot ...

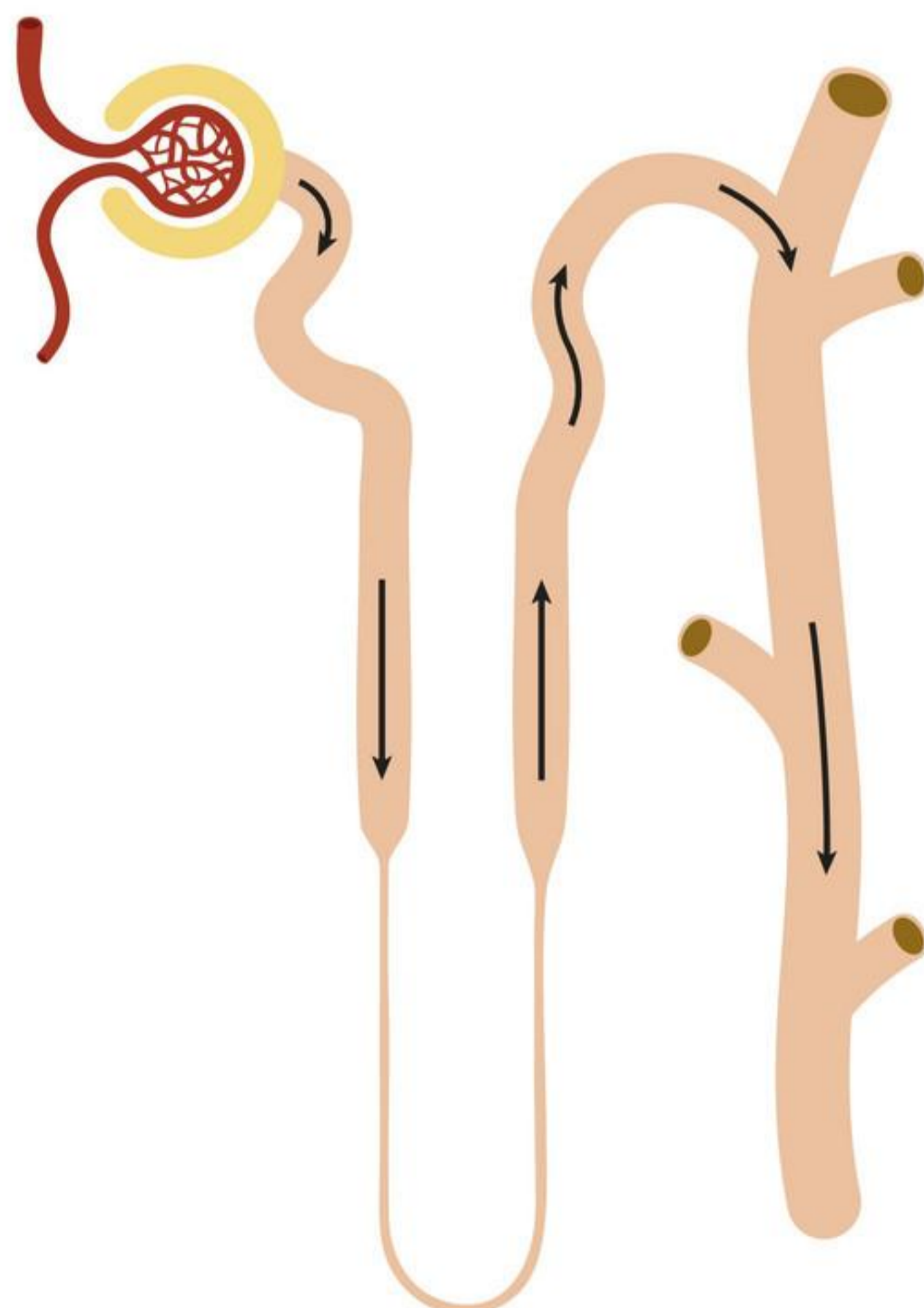
- A een hogere glucoseconcentratie in het bloed.
- B minder terugresorptie in de nieren.
- C minder wateropname in de darm.

■ **Afb. 30** Suikerriet kappen is hard werken.



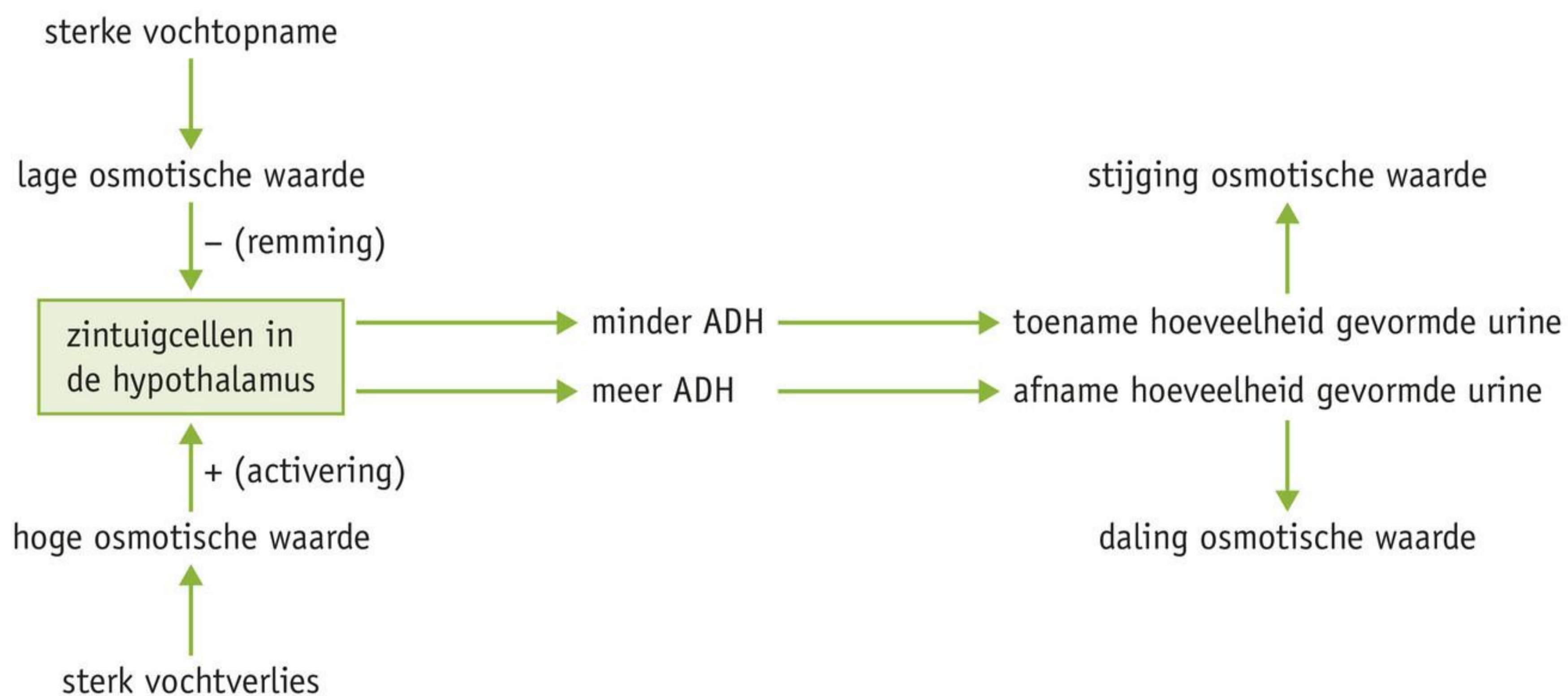
- 40** In afbeelding 31 is een niereenheid en een deel van een verzamelbuis schematisch weergegeven. Het hormoon ADH regelt de doorlaatbaarheid voor water van bepaalde cellen van de niereenheid en van cellen van de verzamelbuis. Dit hormoon ADH regelt op deze wijze het watergehalte van het bloed. Een persoon heeft veel water gedronken, waardoor het watergehalte van zijn bloed sterk afwijkt van de normwaarde. Is de afgifte van het hormoon ADH aan het bloed na het drinken van water kleiner of groter dan ervoor? Leg je antwoord uit.

■ **Afb. 31** Een schematische tekening van een niereenheid.



- 41 De regulatie van de waterhuishouding is een voorbeeld van een homeostatisch regelmechanisme. Daarbij spelen de nieren, de osmotische waarde van het bloed en het hormoon ADH een belangrijke rol. Veranderingen in de osmotische waarde van het bloed worden gesignaleerd door zintuigcellen in de hypothalamus. In afbeelding 32 zijn in een schema de relaties tussen de veranderingen van de osmotische waarde van het bloed en de afgifte van ADH weergegeven. De concentratie van dit hormoon in het bloed bepaalt hoeveel urine er wordt gevormd. Nadia eet een maaltijd met veel zout. Leg uit wat de invloed hiervan is op de hoeveelheid urine die ze na de maaltijd vormt. Gebruik hierbij het schema van afbeelding 32.

■ **Afb. 32** Veranderingen van de osmotische waarde van bloed en de afgifte van ADH.



- 42 Vergelijk de nierbuisjes van zoogdieren die in zee leven en de nierbuisjes van zoogdieren die in zoet water leven met elkaar. Welke nierbuisjes zullen (gerelateerd aan de lichaamsgrootte) langer zijn? Leg je antwoord uit.

📖 [Ga naar de Flitskaarten en Test jezelf.](#)