

Samenvatting Biologie Stof Centraal examen



Samenvatting door een scholier

6e klas vwo

11298 woorden

6 jaar geleden

★ 7,8

17 keer beoordeeld

Vak

Biologie

Methode

Nectar

Structuren van ecosystemen:

Een **ecosysteem** (93B) is een gebied, zoals een naaldbos, sloot of woestijn, met een bepaald milieu (**abiotische factoren**) en alle daarin levende organismen (**biotische factoren**). De abiotische factoren zijn invloeden uit de niet-levende natuur, zoals licht, temperatuur, O₂-gehalte en bodemsamenstelling. De biotische factoren zijn invloeden uit de levende natuur, dus planten, dieren, schimmels en bacteriën. Planten kunnen voedsel maken door fotosynthese (zie Celprocessen) of dienen als broedplaatsen, dieren eten planten of elkaar en de schimmels en bacteriën breken organismen af, veroorzaken ziektes of leven samen met planten. Een ecosysteem is te herkennen aan een vrijwel vaste samenstelling van organismen, die samen de **levensgemeenschap** omvatten. Elke soort heeft in een ecosysteem een rol (**niche**) en deze niche wordt bepaald door het geheel van de 2 milieufactoren waaraan de soort is aangepast. De niche voor elke soort in het ecosysteem is uniek en is dus gespecialiseerder bij grotere ecosystemen. Elk organisme leeft in een bepaalde leefomgeving (**habitat**), zoals in een hol onder de grond of op een blad. De habitat heeft ook specifieke milieufactoren. Het klimaat bij het habitat heet **microklimaat**.

Alle organismen van een ecosysteem vormen de **levensgemeenschap**, die uit verschillende **populaties** van organismen bestaat. Een populatie is een groep individuen die zich onderling kunnen voortplanten. Een reeks organismen die elkaar opeten vormen een **voedselketen**. Deze keten begint met een plant (producent, zie Kringlopen), daarna een herbivoor (consument 1^{ste} orde) en daarna 1 of meerdere carnivoren (consument 2^{de}, 3^{de} orde). De voedselketens in de levensgemeenschap vormen samen een **voedselweb** (93E1). De verschillende soorten in een ecosysteem bepalen de soortenrijkdom of **biodiversiteit**. Deze neemt toe wanneer de abiotische factoren minder sterk variëren, oftewel wanneer de **dynamiek** afneemt, en wanneer deze minder extreem zijn. Een grotere biodiversiteit betekent een grotere capaciteit om verstoringen op te vangen en heeft dus een stabielere ecosysteem als gevolg.

Iedere soort heeft voor een abiotische factor een kenmerkende aantal voorwaardes om onder invloed hiervan te kunnen overleven (**tolerantiegebied**). De grenzen van een tolerantiegebied bepalen het verspreidingsgebied van de soort. Elke abiotische factor heeft een **minimum-** en **maximumwaarde** waarbij een soort nog net kan overleven. Bij de **optimumwaarde** kan een soort het best overleven. De minimum- maximum- en optimumwaarde vormen samen de optimumkromme voor de abiotische factor van een soort. De **beperkende factor** is de abiotische factor waarvan de waarde het verst ligt van de optimumwaarde, en deze factor bepaalt de overlevingskansen en groei van de soort.

Biotische factoren kunnen tussen individuen van dezelfde soort (**intraspecifiek**) en tussen individuen van verschillende soorten (**interspecifiek**) zijn. Intraspecifieke relaties zijn **concurrentie** om bijvoorbeeld voedsel en **voortplantingsrelaties**. Interspecifieke relaties zijn concurrentie, voedselrelaties, waarin beide dieren in dezelfde voedselketen voorkomen, voortplantingsrelaties, waarin bijvoorbeeld planten hun zaden laten verspreiden door dieren, en **symbiose**, waarbij 2 soorten samenleven. De symbiose kan voordelig voor beide soorten (**mutualisme**), voordelig voor 1 (**commensalisme**) en nadelig voor 1 (**parasitisme**) zijn.

Erfelijkheid:

Chromosomen (76B) bestaan voor het grootste deel uit DNA (zie Eiwitsynthese) en bevatten de codes voor erfelijke eigenschappen. Bij dieren en planten liggen chromosomen in de celkern, maar bij bacteriën los in het cytoplasma. In de normale cellen komen de chromosomen in paren voor (**diploïd**, $2n$) en in de geslachtscellen los (**haploïd**, n). Bij de mens is n gelijk aan 23. 22 paren zijn bij de man en vrouw hetzelfde en 1 paar verschilt. Dit paar bevat bij vrouwen 2 **X-chromosomen** en bij mannen een X- en **Y-chromosoom** (76C).

Een **gen** is een stuk DNA op een chromosoom dat voor een bepaald eiwit codeert. De plaats waar het gen ligt op het chromosoom, is de locus. Een gen kan per individu verschillen van nucleotidevolgorde verschillen. Een variant van een gen heet een **allel**. Het paar chromosomen kan 2 gelijke (**homozygote**) en 2 verschillende (**heterozygote**) allelen hebben. Een allel is **dominant**, wat betekent dat het altijd voorrang heeft op het andere allel, **intermediair**, wat betekent dat het bij een heterozygoot allelenpaar in combinatie met het andere allel tot uiting komt, of **recessief**, wat betekent dat het nooit voorrang heeft op het andere allel. X-chromosomale genen hebben bij mannen maar 1 allel en deze komt dus altijd tot expressie. De allelen op een chromosoom vormen het **genotype**. De eigenschappen van een individu vormen het **fenotype**, dat beïnvloed wordt door het genotype en milieufactoren. De invloed van het milieu op het fenotype kan vooral met een tweelingonderzoek onderzocht worden.

Bij **geslachtelijke voortplanting** versmelten 2 geslachtscellen met elkaar. De nakomelingen hebben een combinatie van de erfelijke eigenschappen. De ene helft allelen komt van de moeder en de andere van de vader. De geslachtscellen worden gevormd door **meiose 1** en **meiose 2** en zijn haploïd. Bij **ongeslachtelijke voortplanting** ontstaat een nieuw individu uit de cel of cellen van slechts 1 individu. Alle nakomelingen hebben hetzelfde genotype en zijn daarom **klonen**. Klonen ontstaan door **mitose**, waarbij de 2 dochtercellen diploïd zijn.

Met bepaalde technieken kan in erfelijke informatie ingegrepen worden om eigenschappen te veranderen. Ongeslachtelijke voortplanting wordt toegepast als de nakomelingen dezelfde erfelijke eigenschappen moeten hebben. Hierbij wordt een kloon gemaakt (**klonen**). Bij **reproductief kloneren** is het de bedoeling dat een nakomeling ontstaat en is bij mensen verboden, terwijl het bij **therapeutisch kloneren** de bedoeling is om lichaamscellen te produceren voor medische doeleinden. De stamcellen uit een embryo worden dan verwijderd en gekweekt tot een bepaald celtype. Deze cellen worden in het lichaam van een patiënt gebracht. Deze methode is vanwege religie verboden. Bij **klassieke veredelings technieken** wordt geslachtelijke voortplanting toegepast om nieuwe combinaties van allelen te krijgen (**recombinatie**). Verdelen, waarbij individuen met bepaalde eigenschappen worden geselecteerd en gekruist, is hiervan een voorbeeld. Een nadeel van veredelen is dat de genetische variatie wordt verminderd en dat dus de populatie kwetsbaarder is voor ziektes en bepaalde genvarianten verliest. Hierom zijn genenbanken opgericht, waar zaden met bepaalde genetische eigenschappen zijn opgeslagen. Bij **moderne veredelings technieken** wordt DNA gewijzigd (genetische modificatie) door mutaties (zie Eiwitsynthese), **cellfusie** en de **recombinant-DNA-techniek**. Bij cellfusie worden 2 cellen van verschillende soorten tot 1 cel (hybridecel) versmolten en ontstaat een niet-vruchtbare nakomeling. Bij de recombinant-DNA-techniek wordt een stuk DNA van

een donorcel in een gastheer cel van een ander organisme gebracht. Hierdoor worden eigenschappen van verschillende organismen gecombineerd. Voordelen hiervan zijn dat jarenlang veredelen niet hoeft, dat soorten met gunstige eigenschappen gevormd worden en dat organen van andere soorten voor transplantatie gebruikt kunnen worden. Nadelen hiervan zijn dat de genetische variatie afneemt, dat de eigenschap door toevallige kruising in het wild overgedragen wordt en dat de gekweekte individuen resistent voor bestrijdingsmiddelen worden. Deze techniek wordt vaak bij bacteriën toegepast (70M) voor het produceren van medicijnen.

Prenataal diagnostiek is onderzoek naar de cellen van een embryo. Dit kan worden toegepast als er een verhoogd risico is op het syndroom van Down, een erfelijke aandoening vaker voorkomt in de familie, ouders drager zijn van een erfelijke aandoening of er al een kind met een aangeboren afwijking geboren is. Cellen van een embryo kunnen worden verkregen via de **vlokkentest**, waarbij via de vagina cellen opgezogen worden, en via **vruchtwaterpunctie**, waarbij via de buikwand vruchtwater met cellen opgezogen wordt. Cellen van een embryo worden onderzocht op het aantal chromosomen en op afwijkingen in chromosoombouw. Een **karyogram** (76B) kan tijdens de mitose gemaakt worden om bijvoorbeeld trisomie bij chromosoom 21, wat tot het syndroom van Down leidt, te ontdekken. Een voordeel van prenataal onderzoek is dat vroegtijdig afwijkingen bij het embryo ontdekt worden en een nadeel is dat een risico op een miskraam bestaat. **Postnataal diagnostiek** is onderzoek na de geboorte. Na een week wordt via de hielprik bloed afgenomen en dit wordt op een aantal erfelijke ziektes getest. Een voorbeeld hiervan is PKU, waarbij een erfelijke stofwisselingsstoornis hersenbeschadiging veroorzaakt. Volwassenen kunnen op erfelijke aandoeningen of de kans hierop gescreend worden. Ziektes kunnen worden veroorzaakt door **erfelijke factoren** en door **milieufactoren** zoals een ziekte van de moeder, een gebrek aan vitamine B11 of een O₂-gebrek.

Energiestromen en kringlopen:

Organismen zijn **autotroof** wanneer ze van anorganische stoffen van het abiotische milieu (zie Ecosystemen) organische stoffen kunnen maken. Autotrofe planten doen bijvoorbeeld aan fotosynthese en sommige bacteriën doen aan chemosynthese (zie Celprocessen). Deze bacteriën zijn **chemo-autotroof**. Organismen zijn **heterotroof** wanneer ze alleen van kleinere organische stoffen van het biotische milieu anorganische stoffen kunnen. Dieren, schimmels en sommige bacteriën zijn autotroof. **Productenten** in een ecosysteem zijn autotrofe organismen (planten). Ze leggen zonne-energie vast in glucose door fotosynthese en hierbij CO₂ en H₂O opnemen, zetten glucose om in organische stoffen zoals aminozuren en zetten de gevormde organische stoffen om in andere organische stoffen, zoals glucose in andere suikers. **Consumenten** in een ecosysteem zijn heterotrofe organismen (dieren), die direct (1^{ste} orde) of indirect (2^{de}, 3^{de} orde) leven van de door producenten gemaakte organische stoffen. Ze gebruiken de stoffen voor dissimilatie (zie Celprocessen) of voor groei, waarbij ze nieuwe **biomassa** maken. Biomassa is de hoeveelheid geproduceerde organische stoffen. In **voedselpiramides** (93F) kunnen factoren, zoals biomassa, energie, van voedselketens (zie Ecosystemen) worden weergegeven. Elke laag is een **trofisch niveau**. Carnivoren kunnen tot verschillende trofische niveaus behoren. **Reducenten** in ecosystemen zijn zowel autotrofe als heterotrofe organismen (bacteriën en schimmels), die dode organismen en organische resten afbreken tot organische stoffen.

De **bruto primaire productie** is de totale biomassa die door planten in een bepaald tijd gevormd is. Deze wordt deels gebruikt voor de dissimilatie. De **netto primaire productie** is de bruto primaire productie min de biomassa die de plant voor de dissimilatie gebruikt. Van de netto primaire productie wordt biomassa gevormd en deze toename in biomassa heet **productiviteit**. De productiviteit wordt uitgedrukt in de massa van het drooggewicht. De netto primaire productie is gelijk aan de bruto primaire productie die voor het volgende trofische niveau (93A2) gebruikt kan worden. Doordat organismen niet volledig gegeten worden, doordat een deel niet verteerbaar is en via

uitwerpselen weer verdwijnt en doordat een deel voor de dissimilatie gebruikt wordt, kan slechts een deel van de netto primaire productie in biomassa van het volgende trofische niveau vastgelegd worden. Hierdoor heeft ieder hoger trofisch niveau minder biomassa dan het vorige.

De **koolstofkringloop** (93G) is een kringloop van CO_2 naar glucose en terug. Zowel producenten als consumenten zetten deze glucose om in andere organische stoffen. Bij de verbranding worden deze stoffen afgebroken tot anorganische stoffen, waarbij CO_2 weer vrijkomt door producenten, consumenten en reducers. De **stikstofkringloop** (93H) is een kringloop van anorganische N-verbindingen in organische N-verbindingen.

Producenten nemen NO_3^- op uit de grond en maken hiermee aminozuren. De stikstofbindende bacteriën zoals **knolletjesbacteriën** nemen N_2 uit de lucht op (stikstoffixatie) en maken hiervan aminozuren of NO_3^- . Consumenten eten de planten, breken dan de eiwitten af tot aminozuren en maken hiervan eigen eiwitten. Reduceren zoals **rottingsbacteriën** breken dode organismen en organische resten af, waarbij NH_3 ontstaat dat als base met H_2O reageert en NH_4^+ -ionen vormt. **Ureumbacteriën** zetten de stof ureum (zie Uitscheiding) om in NH_3 . **Nitrificerende bacteriën** zijn chemo-autotroof en aerob. Hieronder vallen de **nitriet-** en **nitraatbacteriën**, die respectievelijk NH_4^+ in NO_2^- en NO_2^- in NO_3^- omzetten. **Denitrificerende bacteriën** zijn anaerob en zetten NO_3^- om in N_2 .

Kringlopen kunnen verstoord worden, onder andere door toevoeging van elementen. Hiervan zijn aanvoer van veevoer uit andere gebieden en organisch afval in het riool voorbeelden. Dit eerste leidt tot **overbemesting**, wat betekent dat de grond te rijk is aan voedingsstoffen, en **uitspoeling**, wat betekent dat de meststoffen oplossen in bodemwater en naar lagere gebieden stromen. Het organische afval van meststoffen wordt in riolen door reducers afgebroken tot ionen. Een teveel aan dit afval leidt tot het voedselrijker worden van bodem- en oppervlakte water (**eutrofiëring**). Eutrofiëring kan dan weer leiden tot **waterbloei**, waarbij de algen door de meststoffen sterk toenemen en minder licht in het water doorlaten. De waterplanten op de bodem krijgen hierdoor te weinig licht en kunnen niet aan fotosynthese doen. Dit leidt tot een O_2 -tekort en veel waterdieren sterven dan. Ook het gebruik van fossiele brandstoffen leidt tot een verstoring van de kringlopen. Door het verbranden hiervan komt veel CO_2 in de lucht (**broeikaseffect**) en reageren SO_2 , NO en NO_2 in de lucht of op de grond tot H_2SO_4 en HNO_3 . In de lucht leidt dit tot **zure regen** en op de grond leidt de lage pH tot het vrijkomen van giftige metalen. Oplossingen hiervoor zijn groene energie en biobrandstoffen. Het gescheiden plaatsen van productie en gebruik, waarbij veel transport nodig is, en het gebruik van niet-afbreekbare bestrijdingsmiddelen zijn ook nadelig voor de kringlopen. Als laatste is de onttrekking van elementen, zoals leefruimte, wat leidt tot de verdwijning van soorten, bomen, wat leidt tot **kaalkap** en erosie, en water, wat leidt tot **verdroging**, nadelig voor de kringlopen.

De **ecologische voedselproductie** is erop gericht om de natuurlijke kringloop zoveel mogelijk in stand te houden (**duurzame voedselproductie**). Extensieve veeteelt wordt gebruikt, waarbij weinig dieren per oppervlakte wonen en veevoer van dichtbij komt. Ook zijn natuurlijke bemesting, wisselteelt bij landbouw en geen bestrijdingsmiddelen van de partij. De **moderne voedselproductie** is erop gericht om zoveel mogelijk winst te maken. **Monocultuur**, wat inhoudt dat slechts 1 gewas op een groot gebied geteeld wordt, wordt vaak gebruikt en dit leidt tot een grote kans op plagen en ziektes via bacteriën en schimmels. Voor de monocultuur worden bestrijdingsmiddelen gebruikt. Een voorbeeld is **chemische bestrijdingsmiddelen**, die insecten, onkruid en schimmels bestrijden en zowel **biologisch** als **niet-biologisch afbreekbare bestrijdingsmiddelen**, die respectievelijk wel en niet door reducers kunnen worden afgebroken, als soortspecifieke bestrijdingsmiddelen kunnen zijn. Verder bestaan **biologische**

bestrijdingsmiddelen, waarbij een natuurlijke vijand ingezet wordt. De geïntegreerde bestrijding maakt gebruik van biologische bestrijdingsmethodes en zet de chemische middelen alleen bij noodgevallen in. Als laatste kan **biotechnologie** als bestrijdingsmiddel gebruikt worden. Door **genetische modificatie** worden eigenschappen van dieren of planten dan kunstmatig veranderd. Deze organismen zijn dan **transgeen** en kunnen bijvoorbeeld een antistof (zie Bescherming) aanmaken.

Metabolisme van de mens:

Voeding en spijsvertering:

Voedingsstoffen zijn alle bruikbare bestanddelen uit het voedsel. Hieronder vallen de organische stoffen eiwitten, **vetten**, koolhydraten of **sachariden**, **vitamines**, ballaststoffen of **vezels** en de anorganische stoffen H₂O en **mineralen**. Onder sachariden vallen zetmeel en andere suikers (67A) en deze dienen in de verbranding als brandstof. Eiwitten zijn lange ketens van **aminozuren** (67C1). Er zijn **essentiële aminozuren**, die het lichaam niet kan aanmaken, en **niet-essentiële aminozuren**, die het lichaam wel kan aanmaken. Vetten (67B) zijn apolaire stoffen en dienen als bouwstof voor cellen en als reservebrandstof in de verbranding. Een groep van vetten, **triglyceriden**, bestaat uit **glycerol** en 3 **vetzuren**. Dierlijke vetzuren zijn **verzadigd** en plantaardige vetzuren **onverzadigd**. Verzadigde vetzuren dragen bij aan de vorming van **cholesterol**, terwijl onverzadigde vetzuren juist cholesterolvorming verminderen. **Essentiële vetzuren** kan het lichaam niet aanmaken, terwijl **niet-essentiële vetzuren** wel gevormd kunnen worden uit andere stoffen. Vitamines (82B) zijn verschillende stoffen die, als ze betrokken zijn bij de enzymwerking, als co-enzym (zie Eiwitsynthese) werken. Vezels zijn niet-verteerbare stoffen uit celwanden met de stof **cellulose** van planten. Herbivoren hebben micro-organismen die de cellulose verteren. Vezels bevorderen de darmperistaltiek. De anorganische stoffen hoeven niet worden verteerd. Mineralen zijn ionen die als bouwstof dienen of een membraanpotentiaal rond een membraan kunnen veroorzaken.

Het **verteringsstelsel** (82D) heeft als doel om voedsel mechanisch te bewerken, oplosbaar te maken (verteren, 82H) en zo voedingsstoffen geschikt te maken om opgenomen te worden en om onverteerbare stoffen en afvalstoffen te verwijderen. Enzymen (82F) breken vaak bepaalde grote moleculen af tot kleinere moleculen. In de **mondholte** wordt **speeksel** (82G) uit speekselklieren toegevoegd. Hierin zit het enzym **amylase** dat de polymeer zetmeel (amylose, 67A3) tot de disacharide **maltose** verteert. Het speeksel maakt het voedsel ook gladder. Het kauwen is deel van de mechanische vertering. Na de slokdarm komt het voedsel in de **maag**, waar maagsap uit de wandkliertjes wordt toegevoegd. Hierin zit **peptase** of pepsine, dat eiwitten tot polypeptiden verteert, en opgelost HCl, dat de pH verlaagt en peptase, waarvan de optimumkromme (zie Eiwitsynthese) van pH ongeveer 2,5 is, activeert. Dankzij deze lage pH worden veel bacteriën gedood. Na de maag komt het voedsel in de **twalfvingerige darm**, waar **alvleessap** en **gal** worden toegevoegd. Alvleessap komt uit de alvleesklier en bevat de enzymen amylase, **lipase**, dat triglyceriden uiteen doet vallen in vetzuren en glycerol, en eiwitverterende enzymen, die polypeptiden tot tri- en dipeptiden verteren. Ook opgelost NaHCO₃ zit in alvleessap als buffer. Gal, dat door de lever gemaakt wordt en in de galblaas opgeslagen ligt, bevat geen enzymen maar emulgeert vetten, waarbij grote bellen vetten in kleinere druppels uiteenvallen, waardoor lipase vetten gemakkelijker kan verteren.

In de **dunne darm** wordt darmsap toegevoegd, dat **maltase**, sacharase en peptidasen bevat om alleen nog monosachariden en aminozuren over te hebben. Deze stoffen worden nu in het bloed opgenomen (**resorptie**), wat gemakkelijk kan door het grote oppervlak van de darmen dat ontstaat door de plooien, darmvlokken en microvilli. De voedingsstoffen komen in de haarvaten terecht en gaan naar de **poortader**. Ook genotmiddelen, gifstoffen en geneesmiddelen kunnen in het bloedplasma terechtkomen. De apolaire resten van vetten kunnen niet in

bloedplasma, dus worden ze door **micellen** opgenomen en getransporteerd. Micellen zijn kleine **partikels** met een oppervlakte van eiwitten en een laag **fosfolipiden** (67B3). De hydrofiele fosforgroep zit aan de buitenkant en de hydrofobe vetgroep zit aan de binnenkant van de micellen. Grote partikels gaan van de dunne darm naar andere organen, terwijl kleine partikels naar de lever gaan. Het transport vindt plaats via het bloed en via de lymfevaten (zie Bloed). De laatste resten van het voedsel gaan naar de **dikke darm**. Hier zitten bacteriën (**darmflora**), die van onverteerbare voedselresten leven en hiervan stoffen zoals vitamine K maken. Ook wordt hier H_2O opgenomen om de onverteerbare resten in te dikken. In de **endeldarm** wordt de ontlasting opgeslagen voordat het via de anus eruit gaat.

Bloed en bloedsomloop:

Bloed (84H) bestaat 55% uit **bloedplasma** en 45% uit bloedcellen. Het bloedplasma is een oplossing van zouten, **plasma-eiwitten**, hormonen, voedingsstoffen en afvalstoffen zoals ureum (zie Uitscheiding) in H_2O . De plasma-eiwitten zijn belangrijk voor de uitwisseling van H_2O in de haarvaten. Onder plasma-eiwitten vallen de **bloedstollingsfactoren protrombine** en **fibrinogeen** en antistoffen. De bloedcellen worden uit stamcellen (zie Eiwitsynthese) in het rode beenmerg gemaakt. De vorming van de bloedcellen wordt door hormonen geregeld. Onder bloedcellen vallen **rode bloedcellen**, **witte bloedcellen** en **bloedplaatjes**. Rode bloedcellen bevatten het eiwit **hemoglobine** (Hb), waarbinnen een Fe-molecuul als co-factor ligt. Aan Fe kan O_2 binden en hiermee kan O_2 getransporteerd worden. De rode bloedcellen hebben geen kern en hierdoor maar een beperkte levensduur. Ze worden afgebroken in de milt (zie Bescherming). De witte bloedcellen zijn belangrijke cellen voor de afweer en kunnen zich vanuit het plasma naar weefsels verplaatsen. Na de vorming uit stamcellen ontwikkelen de witte bloedcellen zich verder in de thymus, **lymfeknopen** en in de milt. Bloedplaatjes zijn celfragmenten, die van grotere cellen worden afgesnoerd en zijn belangrijk voor de **bloedstolling**.

De 5 hoofdfuncties van bloed zijn transport, bufferwerking, bloedstolling, afweer en warmteverspreiding. Bloed vervoert O_2 , CO_2 , voedingsstoffen, afvalstoffen, hormonen en geneesmiddelen. Door evenwichtsreacties met HCO_3^- (zie Binas 49), HPO_4^- en HbH^+ wordt de pH tussen de 7,0 en 7,8 gehouden. Zelfs aminozuren en eiwitten kunnen protonen opnemen en afstaan in respectievelijk een zuur en basisch milieu. Bij de bloedstolling (84O) is een wond ontstaan en moet deze worden afgesloten. Een lange kettingreactie komt door het vrijkomen van een enzym, dat uit de beschadigde weefselcellen en bloedplaatjes komt, op gang. De bloedstollingsfactor fibrinogeen wordt in het onoplosbare eiwit **fibrine** omgezet. Draden van fibrine vormen een netwerk en vangen rode bloedcellen op. Zo is de wond afgesloten en is een **bloedprop** gevormd. In het bloed worden ook de glucoseconcentratie en de osmotische waarde (zie Bescherming) gemeten. Via hormonen regelt de lever de hoeveelheid glucose in het bloed en de nieren beïnvloeden de terugresorptie (zie Uitscheiding) van H_2O en zouten vanuit het bloed.

CO_2 is vooral als HCO_3^- in het bloedplasma aanwezig, maar kan ook aan hemoglobine gekoppeld zijn of zelfs opgelost zijn in het bloedplasma. In bloed in de longhaarvaten heerst een lagere partiële O_2 -druk (**pO_2**) dan in de longblaasjes. Het O_2 diffundeert de rode bloedcellen in (83E) en verdrijft een proton in hemoglobine. Deze H^+ -ion bindt aan HCO_3^- , waardoor CO_2 en H_2O vrijkomen. Hierdoor neemt de **pCO_2** sterk toe en diffundeert CO_2 de haarvaten uit naar de longblaasjes. In de weefsels is door de verbranding de pCO_2 groter dan in het bloedplasma en diffundeert de weefsels in. De CO_2 reageert met H_2O en vormt een H^+ - en HCO_3^- -ion. Deze proton verdrijft de O^-

molecuul in het hemoglobine en hierdoor stijgt de pO_2 in het bloedplasma. Het O_2 diffundeert de weefselcellen in.

Slagaders zijn bloedvaten (82C2) met een dikke, gespierde wand. Bloed stroomt naar de organen en is O_2 -rijk, behalve in de **longslagader** en de navelstrengslagader van een foetus. Het bloed stroomt naar de organen door het verwijden of vernauwen van de kleinere slagaders. **Aders** zijn bloedvaten met een dunne wand. Bloed stroomt stroom van de organen af en is O_2 -arm, behalve in de **longader** en de navelstrengader van een foetus. In de aders zijn kleppen aanwezig, die voorkomen dat bloed kan terugstromen. **Haarvaten** zijn zeer dunne bloedvaten, waarvan de wand 1 cellaag dik is. Aan het begin van de haarvaten wordt bloedplasma onder invloed van de bloeddruk, die hoger is dan de osmotische druk, via kleine gaten uit de haarvaten geperst. Hierdoor neemt de bloeddruk af en de osmotische druk toe. Plasma-eiwitten en bloedcellen blijven, met uitzondering van witte bloedcellen, in de haarvaten en veroorzaken deze toename van osmotische druk. De uitgeperste vloeistof heet **weefselvloeistof** en via actief transport nemen de cellen voedingsstoffen op en geven afvalstoffen af. Aan het einde van de haarvaten gaat een deel van de weefselvloeistof terug de haarvaten in, aangezien de osmotische druk nu hoger is dan de bloeddruk. De rest van de weefselvloeistof komt in **lymfvaten** terecht en heet nu **lymfe**. Uiteindelijk komt de lymfe terug in de bloedbaan.

Het **hart** (84C) is een spier die uit een **linkerkamer**, **linkerboezem**, **rechterkamer** en **rechterboezem** bestaat. Het hart pompt door het samentrekken van de kamers bloed door het lichaam. Tussen de boezems en kamers liggen **hartkleppen**, die het terugstromen van bloed vanuit de kamers naar de boezems voorkomen en dicht zijn tijdens het samentrekken van de kamers. De **slagaderkleppen** liggen tussen longslagader en rechterboezem en tussen **aorta** en linkerboezem. Ze voorkomen de terugstroming van bloed van de slagaders naar de kamers en zijn dicht tijdens de **hartpauze**. Met de hartpauze begint de **hartcyclus** (84D1). De slagaderkleppen zijn dus gesloten en de hartkleppen open. Eerst komt het samentrekken van de boezems (**boezemsystole**), waarbij de kamers vollopen met bloed. Daarna trekken de kamers samen (**kamersystole**) en ontspannen de boezems (**boezemdiastole**), waarbij de slagaderkleppen openen en de hartkleppen sluiten. Bloed stroomt vanuit de kamers de slagaders in en de boezems lopen vanuit de aders ook weer vol. Tenslotte is er weer sprake van hartpauze, waarbij de kamers (**kamerdiastole**) en boezems ontspannen zijn en gevuld worden met bloed.

De **hartslag** (84D2) begint met impulsen vanuit de **sinusknoop**, die in de wand van de rechtboezem ligt. De impulsen worden eerst over de boezems geleid en verspreiden zich via de **bundel van His** over de kamers, waardoor eerst de boezems en daarna de kamers samentrekken. De hartslag heeft een bepaalde **hartslagfrequentie**, die door het autonome zenuwstelsel en door het hormoon adrenaline (zie Hormoonstelsel) kan worden veranderd. Het **slagvolume** is de hoeveelheid bloed die per hartslag door een kamer wordt geperst, en neemt bij activiteit toe. Het **hartminuutvolume** is de hoeveelheid bloed die per minuut door een kamer geperst wordt, en wordt door de hartslagfrequentie en het slagvolume beïnvloed. De bloeddruk (84E) is de druk die bloed op de wand van de bloedvaten uitoefent. Tijdens de kamersystole heerst een bovendruk (systolische druk) en tijdens de hartpauze heerst een onderdruk (diastolische druk). In de slagaders is de bloeddruk het hoogst en in de aders het laagst.

Het **bloedvatenstelsel** (84A) is een gesloten systeem en kan bij zoogdieren in 2 delen worden ingedeeld. In de **kleine bloedsomloop** gaat bloed van de rechterkamer van het hart naar de longslagaders en daarna van de longader naar de linkerboezem en de linkerkamer van het hart in. In de **grote bloedsomloop** gaat bloed vanuit de linkerkamer via de slagaders naar de organen en via de aders naar de **bovenste** en **onderste holle ader**. Deze monden uit in de rechterboezem en zo komt het bloed terug in de rechterboezem. Het **lymfvatenstelsel** (84N) is een open systeem en begint in de weefsels. Kleinere lymfkanalen komen in lymfvaten samen. De lymfvaten hebben kleppen die

terugstroming voorkomen. De **borstbuis** voert lymfe uit de darmen, benen en de linkerkant van het lichaam af naar de bovenste holle ader.

Gaswisseling:

Het **ademhalingsstelsel** regelt de gaswisseling in het lichaam. Lucht stroomt via **neusholte** en **keelholte** naar de **luchtpijp**, die door **kraakbeenringen** open wordt gehouden, en via vertakkingen van de luchtpijp (**bronchiën**) komt de lucht bij de **longen** (83A) terecht. De longen bestaan uit nog kleinere vertakkingen van de luchtpijp (**bronchiolen**) en uit **longblaasjes**, die aan het uiteinde van de bronchiolen zitten en omringd zijn door haarvaten. Het **longvlies** ligt om de longen heen en het **borstvlies** is met de binnenwand van de borstkas en van het **middenrif** vergroeid. Tussen deze 2 vliezen zit een vloeistoflaag, die het longvlies tegen het borstvlies houdt. De luchtwegen zijn met **slijmvlies** en in de neusholte en luchtpijp met **trilhaarepitheel** bekleed. Het slijm wordt door de cellen geproduceerd en maakt de ingeademde lucht vochtig, warm en vrij van stofdeeltjes en ziekteverwekkers, die aan het slijm blijven plakken. Het trilhaarepitheel is slijmvlies met **trilharen**, die het slijm door beweging naar de keelholte vervoeren.

Bij een **inademing**, die energie kost, wordt de borstholte groter. Het middenrif gaat door spiersamentrekking van de **middenrifspieren** naar beneden (**buikademhaling**) en de borstkas gaat door samentrekking van de **tussenribspieren** omhoog (**borstademhaling**). De long volgt de beweging van de borstholte, doordat het borstvlies en longvlies aan elkaar vast zitten. De longinhoud neemt toe, waardoor de druk afneemt. Lucht stroomt door deze onderdruk naar binnen. Bij een **uitademing**, die geen energie kost, wordt de borstholte kleiner. De middenrifspieren ontspannen en het middenrif wordt door de elasticiteit van de buikwand en door de buikorganen omhoog gedrukt. Ook de tussenribspieren ontspannen, waardoor de zwaartekracht de ribben naar beneden drukt. De longinhoud neemt weer af en de druk neemt toe. Lucht stroomt door de ontstane bovendruk naar buiten. Bij een diepe uitademing wordt wel energie gebruikt. De **buikspieren** trekken dan samen en trekken de ribben naar beneden. Dit gebeurt ook als het lichaam onderste boven hangt, aangezien de zwaartekracht dan de ribben niet naar beneden drukt.

Bij de gaswisseling worden O_2 en CO_2 uitgewisseld tussen de longblaasjes en de haarvaten. Deze diffusie wordt versneld door het grote oppervlak van de longblaasjes, door de relatief dunne wand van de longblaasjes, wat de **diffusieafstand** klein maakt, en door de stroming van het bloed, waardoor steeds nieuw, O_2 -arm bloed en CO_2 -rijk bloed wordt aangevoerd. Dit laatste leidt tot een constant groot verschil in pO_2 en pCO_2 (74).

Opslag en uitscheiding:

Naar de **lever** (82E) stroomt zowel de leverslagader als de poortader (zie Voeding). Door de leverslagader pompt het hart O_2 -rijk bloed en door de poortader, die van de dunne darmen komt, O_2 -arm en voedselrijk bloed. Van de lever af stroomt de leverader, die O_2 -arm bloed met een vrijwel constante glucoseconcentratie afvoert. De lever heeft de volgende functies: Handhaving van de glucoseconcentratie in het bloed; dit gebeurt onder invloed van insuline, glucagon en adrenaline (zie Hormoonstelsel). Glucose uit de poortader wordt onder invloed van insuline in **glycogeen**, dat in tegenstelling tot glucose opgeslagen kan worden, omgezet en opgeslagen. Glucagon en adrenaline stimuleren de omzetting van glycogeen in glucose en de afgifte hiervan. Vorming van glucose (**gluconeogenese**), dit omvat de omzetting van monosachariden, aminozuren, melkzuur en glycerol in glucose. Afbraak van rode bloedcellen; hieruit ontstaat **bilirubine**, dat weer in gal (zie Voeding) komt. Verwerking, vorming en afbraak van cholesterol; uit cholesterol ontstaan galzure zouten, die samen met overtollig cholesterol ook in gal terecht komen. Afbraak van aminozuren (**desanimering**); hierbij wordt de stof **ureum** gevormd en dit wordt aan het

bloed afgegeven. Afbraak van giftige stoffen (**detoxificatie**); alcohol, drugs en geneesmiddelen worden allemaal in de lever afgebroken. Vorming van niet-essentiële aminozuren (**transanimering**) en vorming van stollingseiwitten (zie Bloed).

De **nieren** (85A) zijn de uitscheidingsorganen en verwijderen dus overtollige stoffen en afvalstoffen uit bloed. De nieren bestaan uit de **nierschors** aan de buitenkant, **niermerg** aan de binnenkant en **nierbekken** als een trechtervormige ruimte. De functies van de nieren zijn de verwijdering van afvalstoffen zoals ureum en de handhaving van de homeostase (zie Hormoonstelsel) met betrekking tot de osmotische waarde, bloeddruk en pH. De nieren handhaven de homeostase door de hoeveelheid uitscheiden H_2O en ionen te veranderen.

Niereenheden (85C) bestaan onder andere uit een capsule (**kapsel van Bowman**) in de nierschors met een haarvatensysteem. Hier wordt door de hoge bloeddruk het bloedplasma deels uitgeperst (**ultrafiltratie**), wat geen energie kost. Deze vloeistof heet **voorurine** en deze wordt in de holte van het kapsel van Bowman opgevangen. De voorurine (85B) bevat bij gezonde mensen geen bloedcellen en grote eiwitten. Hierdoor is de osmotische waarde van voorurine lager dan het bloedplasma. De concentratie van stoffen zoals glucose, mineralen en aminozuren, die de membranen kunnen passeren, is hetzelfde. De voorurine stroomt nu door het **nierkanaal**, waar **terugresorptie** plaatsvindt. Glucose wordt volledig teruggeresorbeerd of wordt deels door de cellen van de nierkanalen gebruikt. Hierdoor is de glucoseconcentratie in de nierader niet hoog. Mineralen en H_2O stromen deels uit de nierkanaatjes naar de omliggende haarvaten. Het hormoon **ADH** stimuleert de terugresorptie van H_2O , waardoor de osmotische waarde van bloed daalt. De concentratie van afvalstoffen in de nierkanalen wordt hierdoor weer veel groter. Rond het nierkanaal dat diep het niermerg ingaat (**Lis van Henle**), liggen haarvaten met bloed dat in tegengestelde richting stroomt van de voorurine. Hierdoor blijft een constant concentratieverschil (**tegenstroomprincipe**) en daardoor stroomt H_2O over een grotere lengte terug naar het bloed. De terugresorptie van H_2O gaat via osmose en kost geen energie, terwijl de terugresorptie van glucose, aminozuren en mineralen via actief transport verloopt en veel energie kost. De cellen van de nierkanalen bevatten veel mitochondriën voor de verbranding. Na de terugresorptie heet de overgebleven vloeistof **urine** en deze wordt in de nierbekken, waar de nierkanalen eindigen, opgevangen. Via de **urineleiders** wordt de urine afgevoerd naar de urineblaas.

Celprocessen:

Assimilatie is het proces van het omzetten van kleine moleculen in grotere organische moleculen. **Dissimilatie** is het proces van het afbreken van grotere moleculen in kleinere moleculen. De assimilatie is endotherm en de dissimilatie is exotherm. De energie die vrijkomt bij de dissimilatie, wordt opgeslagen in **ATP** via de reactie tussen ADP en H_3PO_4 of komt vrij als warmte. De ATP-moleculen worden door andere celonderdelen gebruikt om energie te leveren bij bijvoorbeeld assimilatie, beweging of actief transport.

De **koolstofassimilatie** is de vorming van glucose ($C_6H_{12}O_6$) uit CO_2 en een H-donor, waarbij de opgevangen energie in glucose wordt vastgelegd. Een voorbeeld van deze assimilatie is de **chemosynthese** van bepaalde autotrofe bacteriën zoals nitrificerende bacteriën (zie Kringlopen). De energie die bij een exotherme oxidatie van een anorganische reductor vrijkomt, wordt gebruikt om ADP en H_3PO_4 te laten reageren. Hiermee wordt dan glucose gevormd. Een ander voorbeeld van de koolstofassimilatie is de **fotosynthese** (69). Hierbij leveren fotonen van het zonlicht energie, dat door chloroplasten in plantencellen wordt opgevangen. De bruto reactievergelijking van de fotosynthese is als volgt:



De fotosynthese begint met de **lichtreactie**. Hierbij reageert $2\text{H}_2\text{O}$ als reductor en valt in 4H^+ -ionen, 4e^- en O_2 uiteen. Het O_2 verlaat de plant via de huidmondjes en de 4e^- vervangen de door de fotonen weggeschoten e^- en de 4 protonen gaan door een protonenpomp in de membraan. Hierdoor wordt de benodigde energie geleverd om ADP en H_3PO_4 te laten reageren (**fotofosforylering**). 2 van de 4 protonen en elektronen reageren met het co-enzym (zie Eiwitsynthese) NADP^+ en vormen NADPH, H^+ . Dankzij een extra systeem kan per H_2O -molecuul 1 proton 2 keer het proces van de fotofosforylering doorlopen, waardoor per $12\text{H}_2\text{O}$ -moleculen 18ATP -moleculen uit de lichtreactie komen. Deze ATP -moleculen, $12\text{NADPH}, \text{H}^+$ en 6CO_2 -moleculen gaan naar de **donkerreactie** (69C), die lichtonafhankelijk plaatsvindt. De producten van de lichtreactie gaan de **Calvincyclus** in. ATP wordt omgezet en $12\text{NADPH}, \text{H}^+$ levert 24 protonen. De CO_2 wordt uiteindelijk omgezet tot $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ en het teveel aan protonen en O -moleculen reageert tot $6\text{H}_2\text{O}$.

Glucose wordt bij **voortgezette assimilatie** in autotrofe organismen omgezet in organische stikstofverbindingen (**stikstofassimilatie**), zoals aminozuren of nucleotiden. Hiervoor zijn NO_3^- en soms ook SO_4^- nodig. Zowel autotrofe als heterotrofe organismen zetten bij de voortgezette assimilatie kleinere stoffen zoals glucose en aminozuren om in grotere stoffen zoals respectievelijk vetten of grote sachariden en eiwitten.

De dissimilatie van glucose (68) kan via **verbranding** gebeuren. Bij de **aerobe** dissimilatie worden O_2 en meestal glucose gebruikt. Het begint bij de **glycolyse** (68B), waarbij in het cytoplasma glucose in 2 pyrodruivenzuur wordt omgezet. Hierbij worden 2ATP -moleculen gebruikt, maar ook 4ATP -moleculen gevormd. 2 keer wordt een co-enzym NAD^+ omgezet in NADH, H^+ . Pyrodruivenzuur gaat nu de **citroenzuurcyclus** (68C), die plaatsvindt in de mitochondriën (86E), in en wordt via veel stappen volledig afgebroken tot CO_2 en H_2O . Per 2 moleculen pyrodruivenzuur ontstaan hier 6CO_2 -moleculen, 8 co-enzymen NADH, H^+ uit NAD^+ , 2 co-enzymen FADH_2 uit FAD , 2ATP -moleculen, $2\text{H}_2\text{O}$ -moleculen, terwijl $8\text{H}_2\text{O}$ -moleculen gebruikt worden. De co-enzymen gaan nu richting de binnenmembraan in de mitochondriën voor de **oxidatieve fosforylering** (68D). De H^+ -ionen worden van NADH, H^+ en FADH_2 afgesplitst en de e^- die hierbij vrijkomen, worden via een elektronentransportketen van de ene op de andere stof gebracht. De energie van de e^- wordt dan gebruikt om via protonenpompen H^+ -ionen naar de buienkant van de binnenmembraan te vervoeren. Deze protonen gaan terug via het eiwit ATP -synthetase en dankzij deze kinetische energie kunnen ADP en H_3PO_4 reageren tot ATP . De H^+ -ionen en e^- worden met O_2 gereduceerd tot H_2O . In de oxidatieve fosforylering worden met behulp van de co-enzymen in totaal 34ATP -moleculen gevormd. De totaalreactie van de aerobe dissimilatie is dus als volgt:

Bij de **anaerobe** dissimilatie wordt geen O_2 gebruikt. Pyrodruivenzuur blijft in het cytoplasma en wordt in energierijke stoffen zoals melkzuur omgezet. Dit levert slechts 2ATP -moleculen op, in plaats van de 38 die de aerobe dissimilatie opleverde. Bij **alcoholgisting** wordt pyrodruivenzuur eerst in ethanal en daarna in ethanol omgezet, waarbij ook CO_2 overblijft. Dit gebeurt bij gistcellen en bepaalde bacteriën of planten. Bij **melkzuurgisting** wordt pyrodruivenzuur omgezet in melkzuur. Dit gebeurt bij gewervelde dieren in de spieren en bij bacteriën.

Eiwitsynthese en biotechnologie:

DNA (desoxyribonucleïnezuur, 70C2) is een dubbele streng van **nucleotiden** in een spiraalvorm (**dubbele helix**). Nucleotide bestaat uit een fosfaatgroep, een monosacharide (**desoxyribose**) en 1 van de organische stikstofbasen (**adenine, guanine, thymine** en **cytosine**, 70A). De 2 strengen van DNA zijn met H-bruggen tussen de basen met elkaar verbonden (70B). Adenine en thymine zijn altijd met elkaar gekoppeld, terwijl guanine en cytosine ook een paar vormen. Op C1' van het desoxyribose zit de stikstofbase en op C3' en C5' zitten de fosfaatgroepen. 3 opeenvolgende basen vormen een **triplet** of **codon** (70E) en elk triplet codeert voor een bepaald aminozuur. De keten die van het C3'-atoom tot het C5'-atoom loopt, heet de **matrijsstreng** of leidende streng of template streng, terwijl de keten die van 5' tot 3' loopt, **coderende** of volgende **streng** heet.

Elke cel gaat een aantal keer de **celcyclus** (75A) door. Deze bestaat uit een aantal fases. Tijdens de G1-fase neemt de hoeveelheid cytoplasma toe en worden veel organellen gemaakt. Tijdens de S-fase wordt het DNA volledig overgeschreven (**replicatie**). Elk chromosoom (zie Erfelijkheid) wordt verdubbeld en 2 strengen DNA (**chromatiden**) blijven met elkaar verbonden in het **centromeer**. Tijdens de G2-fase neemt de hoeveelheid cytoplasma verder toe. Veranderingen in het DNA (**mutaties**) komen spontaan voor, bijvoorbeeld door een fout in de replicatie. Radioactieve straling en **mutagene** stoffen zoals teer en asbest veroorzaken mutaties. Een kleine mutatie of **puntmutatie** is een vervanging (**substitutie**), een verwijdering (**deletie**) of een toevoeging (**suppletie**) van 1 nucleotide. Puntmutaties in het niet-coderende DNA hebben weinig gevolgen en in het coderende DNA veel. Een grote mutatie of **chromosoommutatie** is een verandering van een groot deel van een chromosoom. Er is dan sprake van vastplakken van 2 chromosomen (**translocatie**), een deletie of een suppletie van een stuk van een chromosoom. Chromosoommutaties zijn meestal schadelijk. Alle cellen bevatten hetzelfde DNA. Niet-gespecialiseerde cellen heten **stamcellen** en hieruit kunnen gespecialiseerde cellen ontstaan. **Celspecialisatie**, die begint tijdens de groei van het embryo ontstaat doordat in een cel bepaalde genen in- en uitgeschakeld zijn onder invloed van hormonen of door signaalstoffen van cellen uit de omgeving (**inductie**). **Regelgenen** sturen de celspecialisatie en deze genen hebben ook invloed op elkaar.

Tijdens de G1- en G2-fase kan **transcriptie** (70G/H) plaatsvinden. Hierbij worden eerst de H-bruggen tussen de nucleotiden van het DNA van het actieve gen dat voor het eiwit codeert, verbroken. Vervolgens hecht het eiwit **RNA-polymerase** aan de matrijsstreng en plaatst complementaire nucleotiden uit het kernplasma hiertegenover. Het resultaat is een relatief korte streng, complementair aan de matrijsstreng en dus gelijk aan de coderende streng. De enige verschillen zijn dat de nieuwe streng van **RNA** (ribonucleïnezuur, 70C2) gemaakt is, en dat in plaats van thymine **uracil** (70A) gebruikt is. RNA bestaat uit een fosfaatgroep, een monosacharide (**ribose**) en een stikstofbase. De nieuwe streng heet **pre-mRNA** en bevat zowel delen die wel (**exons**) als niet (**introns**) voor aminozuren coderen. De introns worden verwijderd en afgebroken, terwijl de exons in een bepaalde volgende verbonden worden (**splicing**, 70J). Na de splicing heet de streng **mRNA**. Doordat exons op meerdere manieren gecombineerd kunnen worden, kan 1 gen voor meerdere eiwitten coderen. Via de kernporiën verlaat het mRNA de kern en gaat naar een ribosoom in het cytoplasma.

Nu begint de **translatie** (70I) van het mRNA. Het ribosoom leest de streng af, beginnend bij het **startcodon** (AUG, dat voor methionine codeert) en eindigend bij het **stopcodon** (UAA, UAG of UGA, die niet voor een aminozuur coderen). Het **tRNA** (70F) vervoert nucleotiden naar het ribosoom. Op het tRNA ligt een triplet (**anticodon**) en een koppelingsplaats voor het aminozuur, waarvoor het aan het anticodon complementaire triplet codeert. Het anticodon van tRNA hecht aan het codon van het mRNA en ribosoom haalt het aminozuur van het tRNA af.

Vervolgens bouwt het ribosoom peptidebindingen tussen de aminozuren. Bij deze **condensatiereactie** ontstaan H_2O en een polymeer van aminozuren. Dit is een **eiwit** en deze keten wordt nu naar het ruw endoplasmatisch reticulum vervoerd. Hier wordt het eiwit verder bewerkt. Via membraanblaasjes kunnen eiwitten naar het Golgi-systeem vervoerd worden.

Eiwitten (67C2) hebben een **primaire structuur**, wat de volgorde en het aantal van de aminozuren omvat, een **secundaire structuur**, wat een ruimtelijke spiraal (**α-helix**) of meer gevouwen (**β-plaat**) kan zijn, een **tertiaire structuur**, wat het driedimensionale vouwpatroon is dat ontstaat door H-bruggen, zwavelbruggen of pH-afhankelijke ionbindingen, en soms een **quarternaire structuur**, wat de opbouw van meerdere eiwitten kan bevatten. Hemoglobine (zie Bloed) is een voorbeeld van een eiwit met een quarternaire structuur. Bepaalde eiwitten zorgen voor stevigheid (**collageen**, **elastine** en **keratine**), andere zitten als **transporteiwit** of **receptor** in de celmembranen en weer andere zijn plasma-eiwitten (zie Bloed).

Bepaalde eiwitten dienen als katalysatoren van reacties in het lichaam. Dit zijn **enzymen**, die bestaan uit zowel een eiwitdeel en een **co-factor**, wat meestal een ion of vitamine (**co-enzym**) is. In het eiwitgedeelte ligt een vouwing, die als bindingplaats dient voor het om te zetten molecuul (**substraatmolecuul**). De biokatalysatoren verlagen de energie benodigd voor bepaalde chemische reacties. Hierdoor gebeuren reacties die met de kerntemperatuur of met de pH-waarde van het lichaam niet spontaan kunnen verlopen, toch. Wanneer het substraat aan het enzym bindt, vormen ze het **enzymsubstraatcomplex**. Na de reactie laat het enzym weer los en blijven enzym en product over. Het enzym is niet veranderd en kan meerdere substraatmoleculen omzetten.

Enzymen zijn **substraatspecifiek**, want door de tertiaire structuur past maar 1 soort substraat op de bindingsplaats. Ook zijn ze **reactiespecifiek**, want ze kunnen maar 1 reactie katalyseren. De activiteit van enzym is afhankelijk van temperatuur, pH-waarde en enzymconcentratie. Voor deze eerste 2 zaken bestaat een **optimumkromme**, die aangeeft wanneer omstandigheden voor het enzym ideaal zijn. Bij een te lage temperatuur werkt het enzym niet en bij een te hoge treedt **denaturatie** op, aangezien dan de zwavelbruggen worden verbroken. De pH-waarde heeft invloed op de ionbindingen en kan dus de bindingsmogelijkheden verkleinen. Bij een hoge enzymconcentratie verloopt de reactie sneller. Enzymen kunnen door geneesmiddelen en gifstoffen geremd (**inhibitor**) of geactiveerd (**activator**) worden. Inhibitors binden aan de enzymen, waardoor het substraat niet langer kan binden, en activators versnellen door hun binding aan het enzym juist de enzymwerking. In de cellen werken specifieke enzymen voor de vorming en reparatie van DNA en mRNA, voor de citroenzuurcyclus (zie Celprocessen), voor de eiwitsynthese, voor het bewerken van eiwitten en het afbreken van stoffen. Enzymen zijn soms in inactieve vorm aanwezig en worden door een extra component geactiveerd. Voorbeelden hiervan zijn stollingsenzymen (zie Bloed) en verteringsenzymen (zie Voeding).

Ontstaan en handhaving van verscheidenheid:

Een **soort** is groep organismen die zich onderling kan voortplanten en hierbij vruchtbare nakomelingen kan krijgen. Een populatie (zie Ecosystemen) omvat alle individuen van een soort in een ecosysteem. Binnen de populatie zijn genetische verschillen nodig. Deze verschillen in erfelijke eigenschappen zorgen voor de **verscheidenheid** van een populatie en kunnen door mutaties (zie Eiwitsynthese) en voordurende recombinatie (zie Erfelijkheid) van erfelijke eigenschappen bij geslachtelijke voortplanting ontstaan. Bij een veranderend milieu zijn genoeg organismen aanwezig, die door toeval de geschikte eigenschappen hebben om te kunnen overleven. De populatie blijft ondanks

de veranderingen toch in stand. De individuen met de gunstigste eigenschappen hebben de grootste overlevingskans en dus het grootste voortplantingssucces (**selectie**). De gunstige eigenschappen verspreiden zich dan meer onder de populatie. De minder gunstige eigenschappen worden zeldzamer en de genetische variatie vermindert door de grote selectiedruk.

Natuurlijke selectie vindt plaats door milieuomstandigheden. Binnen een populatie is er sprake van verscheidenheid en door de gelimiteerde draagkracht van het ecosysteem is er sprake van **overcapaciteit**. De individuen die het best aangepast zijn aan het milieu, hebben een grotere overlevingskans, maar als het milieu verandert, hebben andere individuen weer een grotere overlevingskans. Bij **isolatie** raakt een deel van de populatie gescheiden, waardoor geen onderlinge voortplanting plaatsvindt. Welke genotypen gescheiden worden, is toeval en de milieuomstandigheden kunnen bij gescheiden populaties verschillen. Hierdoor treden bij de 2 populaties verschillende selecties op. Als de isolatie lange genoeg duurt, kunnen verschillen in het uiterlijk en het gedrag ontstaan. Dan is er geen voortplanting meer mogelijk tussen de geïsoleerd geraakte populaties. 2 nieuwe soorten zijn dan ontstaan.

Evolutie (94) is een theorie die stelt dat complexe organismen zich uit eenvoudige levensvormen hebben ontwikkeld. Eigenschappen zijn geleidelijk veranderd en hierbij heeft natuurlijke selectie een rol gespeeld. Aanwijzingen voor deze theorie zijn overeenkomsten in het DNA en overeenkomsten in de bouw van verschillende organismen. Onder de bouw vallen ook **rudimentaire organen**, die gevormd kunnen worden maar niet tot ontwikkeling komen, zoals pootresten bij slangen. De **endosymbiosetheorie**, die inhoudt dat mitochondriën en bladgroenkorrels ooit aparte levensvormen waren die zich in de oercellen genesteld hebben, en het bestaan van fossielen zijn nog meer aanwijzingen die de evolutietheorie bewijzen. Volgens Darwin, de grondlegger van de evolutietheorie, is er altijd sprake van variatie, overcapaciteit en **constantie**. Individuen vertonen kleine verschillen, er worden meer nakomelingen geboren dan nodig zijn en het aantal individuen blijft vrijwel constant. Darwin concludeerde dat er door concurrentie vooral tussen soortgenoten sprake is van een strijd om het bestaan (**struggle for life**) en dat de toevallig best aangepaste individuen overleven (**survival of the fittest**).

Het beschrijven van het ontstaan van bepaalde levensvormen gebeurt op grond van het bestuderen van **fossielen**. Dit zijn de versteende overblijfselen van organismen, de afdrucken in gesteenten van organismen of de resten van organismen die van de lucht werden afgesloten, bijvoorbeeld door een moeras. Het vergelijken van fossielen en moderne organismen en het vergelijken van overeenkomstige lichaamsdelen van verschillende soorten zijn ook methodes om het ontstaan te onderzoeken. Bij deze laatste methode worden **homologe organen**, die dezelfde embryologische ontstaanswijze en dezelfde evolutionaire oorsprong hebben, en **analoge organen**, die op elkaar lijken maar een verschillende oorsprong hebben, onderzocht. De homologe organen zijn door aanpassing aan verschillende omstandigheden van vorm veranderd (**divergente evolutie**). De analoge organen zijn aangepast aan vergelijkbare omstandigheden (**convergente evolutie**). Via het bepalen van de nucleotidevolgorde in het DNA (**DNA-sequentie**) en het vergelijken van deze volgorde tussen 2 soorten kan de verwantschap tussen soorten verder bestudeerd worden. Door alle genen van een soort (**genoom**) te vergelijken met die van een ander kan berekend worden wanneer bepaalde mutaties plaatsgevonden hebben. Bij meer verschillen in het DNA is er sprake van minder verwantschap en zijn de soorten een langere tijd geleden uit een gemeenschappelijke voorouder ontstaan. Ook uit fossiele resten kan het genoom deels vastgesteld worden. Aan de hand van de DNA-sequentie van een paar genen kan een evolutionaire stamboom worden vastgesteld. Het DNA van het Y-chromosoom en het DNA in mitochondriën (**mtDNA**), dat grotendeels van de moeder afkomstig is, zijn hiervoor geschikt.

Aan de hand van een bekende genetische samenstelling van een populatie kunnen met de **regel van Hardy-**

Weinberg voorspellingen worden gedaan over de toekomstige genetische samenstelling van populaties. Deze regel kan alleen worden toegepast als de populatie groot is en er geen sprake is van emigratie of immigratie van andere populaties, van mutaties, van fenotypeafhankelijke partnerkeuze of van natuurlijke selectie. De som van **allelfrequenties** p en q , waarbij p en q respectievelijk het dominante en recessieve gen zijn, is 1. De som van de **genfrequenties** p^2 , $2pq$ en q^2 is ook 1. De allelfrequenties verschuiven bij een veranderend milieu.

Homeostase bij de mens:

Zenuwstelsel en spieren:

Een **zenuwcel** (88C) bestaat uit een **cellichaam**, waarin de kern zit, uitlopers, die wel of niet een **myelineschede** hebben, contactplaatsen met andere cellen (**synapsen**) en **motorische eindplaatjes**, als het om een motorische zenuwstelsel gaat. De myelineschede zorgt voor een snellere, sprongsgewijze impulsgeleiding en komt vooral bij de lange uitlopers van de zintuigen en naar de spieren voor. **Schakelcellen** komen vrijwel alleen in het centrale zenuwstelsel voor en deze cellen dienen als verbindingen tussen verschillende onderdelen. Stimulerende schakelcellen hebben **exciterende neurotransmitters**, zoals glutamaat, en remmende schakelcellen hebben **inhiberende neurotransmitters**, zoals GABA. Alle **sensorische zenuwcellen** hebben een cellichaam in een verdikking (**spinaal ganglion**) aan de rugkant van het ruggenmerg. Elke sensorische zenuwcel heeft een lange uitloper, waarin impulsen van het zintuig naar het centrale zenuwstelsel lopen. De kortere uitlopers geven impulsen door aan schakelcellen of **motorische zenuwcellen**. Motorische zenuwcellen hebben een cellichaam in het centrale zenuwstelsel. Ze hebben een lange uitloper, waarin impulsen van het centrale zenuwstelsel naar spieren of klieren lopen, en kleine uitlopers, die impulsen van schakelcellen en sensorische zenuwcellen ontvangen. **Zenuwen** bevatten de uitlopers van motorische en sensorische zenuwcellen.

Bij de **rustpotentiaal** (88D) van een zenuwcel is de $[K^+]$ binnen hoger dan buiten, terwijl de $[Na^+]$ buiten hoger is dan binnen. In de cel zitten relatief veel negatief geladen eiwitmoleculen en weinig Cl^- -ionen, terwijl dit buiten de cel andersom is. Hierdoor bestaat tussen de binnenkant en de buitenkant van de cel een potentiaalverschil van $-70mV$. Deze situatie wordt door een **Na/K-pomp** (88E) gehandhaafd. Deze enzymatische pomp werkt actief Na^+ -ionen de cel uit en K^+ -ionen de cel in. Het handhaven van de rustpotentiaal kost energie. Wanneer een prikkel sterk genoeg is, dus wanneer de prikkel boven de **prikkeldrempel** komt, ontstaat een plaatselijke omkering van de membraanpotentiaal. Dit kan behalve door een geprikkelde zintuigcel ook onder invloed van een neurotransmitter of een kunstmatige prikkel gebeuren. Bij deze **actiepotentiaal** (88F) worden een paar **Na-poorten** geopend en depolariseert de membraan. De actiepotentiaal is altijd even sterk en kan alleen wat betreft **impulsfrequentie** verschillen. Bij het bereiken van de prikkeldrempel gaan alle Na-poorten open en depolariseert de membraan verder. Het potentiaalverschil wordt ten opzichte van de rustpotentiaal zelfs omgekeerd (**ompoling**). Een elektrische stroom tussen het omgepoolde deel van de membraan en de stukjes membraan aan weerszijden (**impuls**) ontstaat na de actiepotentiaal. Deze impulsen veroorzaken op deze plekken weer nieuwe actiepotentialen. De meeste impulsen leiden niet tot een bewustwording, aangezien de hersenen alleen de impulsen met betrekking tot belangrijke veranderingen in de omgeving selecteren. Bij een lange aanhouding van een prikkel neemt de impulsfrequentie af (**gewenning**).

Na de actiepotentiaal repolariseert de membraan. De **K-poorten** gaan open en hierdoor kunnen K^+ -ionen de cel uit. De Na-poorten zijn al gesloten. De K-poorten sluiten te langzaam, waardoor te veel K^+ -ionen de cel uit gaan

(hyperpolarisatie). De rustpotentialiaal is nu hersteld en de Na/K-pomp brengt de Na⁺- en K⁺-ionen weer waar ze vandaan kwamen. Na elke actiepotentialiaal heeft de zenuwcel een herstelperiode (**refractaire periode**) nodig en kan dan niet opnieuw geprikkeld worden. Tijdens de **absolute refractaire periode** kan geen enkele impuls ontstaan, maar tijdens de **relatieve refractaire periode** kan een impuls ontstaan door een zeer sterke prikkel. Aan het einde van de uitloper van een zenuwcel ligt de synaps (88G). Hier vindt de impulsoverdracht op andere zenuwcellen plaats en hier kunnen impulsen maar in 1 richting worden doorgegeven. Bij een impuls komt een neurotransmitter in de spleet. De concentratie van de afgegeven neurotransmitter is afhankelijk van de impulsfrequentie. De exciterende neurotransmitters depolariseren de celmembraan en de inhiberende neurotransmitters hyperpolariseren de celmembraan. Wanneer uit de synapsen van de zenuwcellen die met de zenuwcel in verbinding staan, meer exciterende dan inhiberende neurotransmitters aan de receptoren van de membraan hechten, ontstaat een actiepotentialiaal op deze **postsynaptische membraan**. Genot- en geneesmiddelen kunnen impulsoverdrachten in de synapsen beïnvloeden. Zo kan voor de neurotransmitters de hoeveelheid van aanmaak of de snelheid van afbraak veranderen of hechten bepaalde stoffen met een structuur die op die van de neurotransmitter lijkt, aan de receptoren. Alcohol remt de sensorische en motorische impulsgeleiding en vermindert de impulsoverdracht in bepaalde synapsen in de hersenen. Morfine vermindert van impulsen die pijngewaarwording veroorzaken, de impulsoverdracht in synapsen in de hersenen. Nicotine stimuleert juist de impulsoverdracht in bepaalde synapsen.

Het **zenuwstelsel** (88A) kan op meerdere manieren worden ingedeeld. Het **centrale zenuwstelsel**, dat het **ruggenmerg** en de **hersenen** (88B) omvat, en het **perifere zenuwstelsel**, dat de zenuwen omvat, zijn op grond van ligging ingedeeld, terwijl het **animale** en **autonome zenuwstelsel** op grond van werking zijn ingedeeld. De hersenen omvatten de **hersenstam**, de **grote** en de **kleine hersenen**. Het animale zenuwstelsel regelt vooral de bewuste reacties, namelijk bewegingen, en de **reflexen**. Zintuigen en skeletspieren zijn hierbij betrokken en dit staat onder invloed van de wil. De centra van het animale zenuwstelsel liggen vooral in de grote hersenen. Het autonome zenuwstelsel regelt vooral de werking van inwendige organen en staat niet onder de invloed van de wil. De hartslag en de spijsvertering worden hierdoor gecoördineerd en de centra liggen vooral in de hersenstam.

De grote hersenen bevatten schakelcellen, in de schors grijze cellichamen en in het merg witte uitlopers. De cellichamen zijn zowel van motorische als sensorische zenuwcellen. De grote hersenen verwerken waarnemingen van zintuigen, die via sensorische zenuwen in de **sensorische centra** komen en vanuit **motorische centra** worden impulsen via motorische zenuwen naar spieren geleid. De grote hersenen wekken zelf ook impulsen op. De kleine hersenen regelen de coördinatie van spierbewegingen. De hersenstam is een voortzetting van het ruggenmerg (88I) en via deze voortzetting verloopt een aantal reflexen, zoals de pupilreflex. Het ruggenmerg ligt in de wervelkolom en bevat de cellichamen van motorische zenuwcellen en van schakelcellen. Via het ruggenmerg verlopen de reflexen vanaf de hals en de schakelcellen geven impulsen van en naar de hersenen door.

Het autonome zenuwstelsel (88K) bestaat uit zowel een **orthosympatisch** als uit een **parasympatisch** deel. Het orthosympatische zenuwstelsel stimuleert organen die iets met activiteit te maken hebben, zoals hart, longen en verbrandingscellen, en remt de spijsvertering. Het parasympatische zenuwstelsel stimuleert de spijsvertering en remt hartslag en ademhaling. Naar ieder doelwitorgaan gaat zowel een orthosympatische als een parasympatische zenuw. Deze 2 hebben een tegengestelde (**antagonistische**) werking.

Een **reflex** is een snelle, automatische reactie op een bepaalde prikkel. Een reflex treedt onwillekeurig op en verloopt snel. Via schakelcellen wordt de impuls direct van sensorische naar motorische zenuwcellen doorgeschakeld. Een deel van de reflexen gaan onbewust en een deel wordt, tenzij het verwacht wordt, wel opgemerkt. Reflexen zijn voor

de lichaamshouding, bescherming van het lichaam en voor bewegingen belangrijk. De impulsen gaan van zintuig naar sensorische zenuwcel naar centraal zenuwstelsel, namelijk ruggenmerg of hersenen, naar schakelcel naar motorische zenuwcel naar spier of klier.

Er bestaan **gladde spieren** en **dwarsgestreepte spieren**. Gladde spieren zitten bij de maag en de darmen. Deze spieren werken onwillekeurig en zijn verbonden met het autonome zenuwstelsel. Hierdoor hebben gladde spieren een tragere werking. Gladde spieren kunnen niet vermoeid raken. Onder dwarsgestreepte spieren (90D) vallen **skeletspieren** en de hartspier. Ze werken, met uitzondering van de hartspier, onder invloed van de wil, zijn dus willekeurig en staan met het animale zenuwstelsel in verbinding. Deze spieren kunnen alleen actief samentrekken en daarom is een spier met een tegengestelde werking (**antagonist**) nodig. **Spierbundels** zijn omgeven door bindweefsel en bestaan uit **spiervezels**, die weer uit **myofibrillen** bestaan. De myofibrillen bestaat uit verschillende draden (**filamenten**) van de eiwitten **myosine** en **actine**. Via de eindplaatjes van de motorische eenheden bereiken impulsen de spier. De spiervezels, motorische zenuwcel en het eindplaatje samen vormen een **motorische eenheid**. Wanneer genoeg exciterende neurotransmitters vrijgekomen zijn, depolariseert de spiervezelmembraan en ontstaat een actiepotentiaal. Alle spiervezels op de motorische eenheid trekken tegelijk samen, waarbij myosine en actine langs elkaar schuiven. Een spierbundel omvat meerdere motorische eenheden, die afwisselend samentrekken. De mate van de samentrekking van een spierbundel is afhankelijk van de impulsfrequentie en het aantal ingeschakelde motorische eenheden.

Zintuigen:

Zintuigen of receptoren nemen veranderingen in het milieu (**prikkels**) op uit de omgeving en zetten deze om in impulsen. Een **uitwendige prikkel** is een verandering in de omgeving en een **inwendige prikkel** is een verandering in het inwendige milieu. Uitwendige prikkels worden bewust waargenomen wanneer de impulsen in de hersenen verwerkt zijn. De communicatie verloopt volledig via het animale zenuwstelsel. De communicatie bij inwendige prikkels verloopt deels via het autonome zenuwstelsel en deels via hormonen. Een **adequate prikkel** is een prikkel waarvoor bepaalde zintuigen gespecialiseerd zijn, zoals temperatuur, licht, druk, pH van het bloed of mate van spierspanning.

Het **oog** (87C) bestaat uit oogspieren, die het oog draaien, een **pupil**, die de hoeveelheid licht op het oog regelt, een **lens**, die het oog accommodeert, hoornvlies en glasachtig lichaam, die het licht samen met de lens breken, **netvlies**, waar de adequate prikkel van licht in impulsen wordt omgezet, oogzenuw, die impulsen naar de grote hersenen geleidt, vaatvlies, waar de bloedvaten liggen, en traanklieren, die tranen maken om stof weg te spoelen en de oogbol tegen uitdroging beschermen. Bij de **accommodatie** wordt de lens boller gemaakt om de brandpuntsafstand te veranderen. Een bolle lens is voor dichtbij kijken en een holle lens is voor veraf kijken. Het boller en platter maken van de lens gebeurt door het **straalvormig lichaam**, dat uit een **accommodatiespier** met **lensbandjes** bestaat. Om dichtbij scherp te zien trekt de accommodatiespier samen en hangen de lensbandjes slap, waardoor de ooglens door de eigen elasticiteit bol wordt. Om veraf scherp te zien ontspant de accommodatiespier en gaan de lensbandjes strak staan. De ooglens wordt door de trekkende lensbandjes afgeplat. Bij **verziendheid** kan alleen in de verte goed gezien worden doordat de oogas te kort is of de lens niet bol genoeg kan worden. Hiervoor is een bolle lens nodig. Bij **ouderdomsverziendheid** kan een ooglens onvoldoende accommoderen en is ook een bolle lens nodig. Bij **bijziendheid** kan alleen dichtbij goed gezien worden doordat de oogas te lang is of de lens niet plat genoeg kan worden. Hiervoor is een holle lens nodig. **Staar** is het verschijnsel dat de lens ondoorzichtig wordt.

Het netvlies bestaat uit een **pigmentlaag** en een **zintuiglaag**. In de pigmentlaag zitten cellen met **pigmentkorrels**

om licht te absorberen. Deze cellen kunnen zich verplaatsen om de zintuigcellen te beschermen voor een overmaat aan licht. Nachtdieren hebben geen pigmentlaag en het licht wordt in hun ogen teruggekaatst, waardoor het opnieuw de zintuigcellen passeert. In de zintuiglaag zitten lichtsensoren, namelijk **staafjes** en **kegeltjes**. Deze cellen zetten de prikkels van licht om in impulsen, die op zenuwcellen worden overgedragen. De uitlopers hiervan lopen over het netvlies en komen in de oogzenuw samen, die bij de **blinde vlek** het oog verlaat. Staafjes zijn gevoelig voor alle ☺ van zichtbaar licht. Ze kunnen geen kleuren waarnemen, alleen maar lichtcontrasten. Staafjes hebben een lagere drempelwaarde dan kegeltjes en werken dus overdag niet, beschermd door pigmentkorrels. Op een zenuwcel zijn meerdere staafjes aangesloten. In de **gele vlek** liggen geen staafjes. Kegeltjes zijn gevoelig voor licht van bepaalde ☺ en zijn te verdelen in 3 groepen. Deze groepen kunnen de ☺ voor groen, blauw of rood waarnemen. Wanneer alle 3 tegelijk geprikkeld worden, wordt wit waargenomen. Kegeltjes hebben een hogere drempelwaarde en werken alleen overdag. Op een zenuwcel is maar 1 kegeltje aangesloten. De kegeltjes liggen vooral, maar niet uitsluitend, in de gele vlek.

De **pupilreflex** is een reflex, waarbij de kringspier in de **iris** samentrekt of de radiale spieren in de iris samentrekken. Bij een samentrekking van de kringspier wordt de pupil kleiner en bij samentrekking van de radiale spieren wordt de pupil groter. De pupilreflex wordt via de hersenstam geregeld. De **reflexboog** begint als de kegeltjes en staafjes een hoeveelheid licht waarnemen. Via sensorische zenuwcellen gaan de impulsen naar de hersenen, waar schakelcellen de informatie verwerken en de impulsen via motorische zenuwcellen bij veel licht naar de kringspier en bij weinig licht naar de radiale spieren gaan.

Diepte kan alleen gezien worden met 2 ogen tegelijk op een kleinere afstand. Voorwerpen op een kleinere afstand vormen een kleiner beeld en het rechteroog maakt dan een ander beeld dan het linkeroog. In de hersenen wordt van de 2 beelden een dieptebeeld gemaakt. Op grotere afstanden verschillen de beelden van het linker- en rechter oog te weinig.

Hormoonstelsel:

Homeostase is het constant houden van het interne milieu en dit gebeurt door het zenuwstelsel en het **hormoonstelsel** of **endocriene stelsel**. Door impulsen werkt het zenuwstelsel snel, terwijl het endocriene stelsel relatief langzaam werkt. Het endocriene stelsel is in samenwerking met het autonome zenuwstelsel. Homeostase wordt in een regelkring geregeld. In een regelkring meten receptoren, namelijk zintuigcellen en **sensoren**, veranderingen in het interne en externe milieu. Het centrale zenuwstelsel vergelijkt de waarneming met de normaalwaarde voor de factor in kwestie. Bij een verschil met deze **interne norm** worden **effectoren**, namelijk spieren en klieren, gestimuleerd of geremd via motorische zenuwcellen of via hormonen. Deze reactie leidt tot het verminderen van het verschil met de interne norm of tot het in gang zetten van een andere regelkring om een nieuw evenwicht te doen ontstaan. De nieuwe waarde wordt door de receptoren gemeten en teruggekoppeld naar het centrale zenuwstelsel, waar deze opnieuw vergeleken wordt met de interne norm. Het bijsturen van het proces gaat dus door **negatieve feedback**.

Hormonen (89A) zijn signaalstoffen die van belang zijn bij het in stand houden van de homeostase. In hormoonklieren worden hormonen gemaakt en aan het bloed worden de hormonen afgegeven. Door het transport in het bloed duurt de werking van hormonen korter. De hormonen hebben een specifieke molecuulstructuur en passen alleen op receptoren van de doelwitorganen. Hierdoor hebben de hormonen alleen effect op deze organen. Hormonen worden in 2 groepen ingedeeld, namelijk **peptidehormonen** en **steroidhormonen**. Peptidehormonen zijn hydrofiel en de receptoren zitten in de celmembraan van de doelwitcellen. Bij een binding van het peptidehormoon

aan de receptor komt een reactieketen op gang, die van invloed is op de transcriptie (zie Eiwitsynthese) van DNA. De reactieketen kan namelijk een gen blokkeren of activeren. Steroïdhormonen zijn hydrofoob en kunnen daardoor de celmembranen passeren. De receptoren liggen in het cytoplasma en een binding van een steroïdhormoon met een receptor vormt het hormoon-receptor-complex. Dit complex hecht direct aan het DNA en kan zo een gen activeren of blokkeren. De concentratie van een hormoon in bloed bepaalt de mate van reactie van het doelwitorgaan.

De **hypothalamus** (89C) is een onderdeel van het centrale zenuwstelsel. Het staat direct in verbinding met de **hypofyse**. Sommige hormonen (**neurosecreten**) worden door de zenuwcellen van de hypothalamus direct aan het bloed afgegeven en andere hormonen (**releasing hormonen**) stimuleren de afgifte van andere hormonen door de hypofyse. De hypofyse maakt onder andere de geslachtshormonen FSH, LH en TSH (zie 89A voor functies). Deze hormonen worden geremd door de hormonen die ze zelf stimuleren, en daardoor is hier sprake van negatieve terugkoppeling. In de alvleesklier liggen de **eilandjes van Langerhans**. Deze cellen kunnen de hormonen **insuline** en **glucagon** maken. Insuline stimuleert de omzetting van glucose naar glycogeen en de opname hiervan in de lever. Glucagon stimuleert de omzetting van glycogeen naar glucose en de afgifte hiervan aan het bloed. **Adrenaline** is een hormoon uit het **bijniermerg** en komt vrij in het lichaam als plotselinge actie nodig is. Het heeft hetzelfde effect als het orthosympatische zenuwstelsel en dient in noodgevallen als ondersteuning hiervan. Net als glucagon stimuleert adrenaline de omzetting van glycogeen naar glucose. Verder stimuleert het hartactiviteit, bloedvatverwijding in de skeletspieren, spierspanning, verwijding van de bronchiën en verwijding van de pupillen. **Noradrenaline** heeft hetzelfde effect als adrenaline.

Bescherming van het interne milieu:

De **celmembranen** (79D) omgeeft de celinhoud en vormt dus de grens tussen de cel en de omgeving. Alle transport rond de cel gaat via de celmembranen. De celmembranen bestaan uit een dubbele laag fosfolipiden en daartussen cholesterolmoleculen (zie Voeding) voor de stevigheid van de cel. Ook eiwitmoleculen, die als **transportkanalen** of als **receptoren** dienen, en **glycoproteïnen** zitten in de celmembranen. De receptoren vormen enkele koppelingsplaatsen voor peptidehormonen (zie Hormoonstelsel). Glycoproteïnen zijn eiwitten met suikermoleculen (**antigenen**) en deze maken herkenning van de cel mogelijk, aangezien de antigenen voor ieder organisme en celtype uniek zijn. De celmembranen zijn selectief doorlaatbaar (**selectief permeabel**) en er vindt zowel passief transport (**diffusie**) als actief transport plaats. Diffusie kost geen energie en vindt alleen plaats van een hoge naar lage concentratie. Door de membranen kunnen ongeladen, hydrofobe stoffen zoals O_2 en CO_2 diffunderen. De **diffusiesnelheid** wordt door de grootte van het oppervlak, de afstand, de temperatuur en het concentratieverschil beïnvloed. Ook H_2O kan via speciale waterkanalen de celmembranen passeren. Deze vorm van diffusie heet **osmose**. De osmose van H_2O gaat altijd naar de kant met de hoogste molariteit (hoogste **osmotische waarde**). Actief transport kost wel energie, gebeurt met behulp van de transportkanalen en kan naar de kant met de hoogste molariteit. Ionen zoals K^+ en middelgrote moleculen zoals glucose passeren de celmembranen via actief transport. De cel kan met enzymen beïnvloeden welke stoffen doorgelaten worden. Grotere moleculen zoals eiwitten en zetmeel kunnen niet de cel in.

De **huid** (87A) bestaat uit de **opperhuid**, **lederhuid** en het **onderhuids bindweefsel**. De opperhuid is een laag dekweefsel met dode cellen (**hoornlaag**) en levende cellen (**kiemlaag**). In deze laag wordt **pigment** onder invloed van zonlicht gevormd. Pigment beschermt de huid tegen zonlicht en de dichtheid van pigment is erfelijk bepaald. De lederhuid is een laag bindweefsel en hierin liggen bloedvaten, zweetkliertjes, zenuwen, tast- druk- en temperatuurzintuigen en talgklierenhaarzakjes, van waaruit haren groeien. In het onderhuids bindweefsel ligt vet in

vetcellen opgeslagen, dat als voorraad van brandstof, als bescherming tegen stoten en als isolatielaag dient. Bij een te hoge lichaamstemperatuur worden de bloedvaten in de huid wijder, waardoor de warmteafgifte stijgt. Ook produceren de zweetkliertjes meer zweet (**transpiratie**) en door het verdampen hiervan wordt warmte aan de huid onttrokken. Bij een te lage lichaamstemperatuur worden de bloedvaten nauwer, waardoor de warmteafgifte daalt. Ook neemt de spieractiviteit toe door rillen en komt warmte bij deze verbranding vrij. Dieren kunnen hun haren opzetten, waardoor hun vacht meer isolatie biedt. Verder beschermt de huid tegen infecties, tegen beschadiging van de organen, tegen UV-straling, die DNA kan muteren (zie Eiwitsynthese) en die door pigment gefilterd kan worden, en maakt de huid **vitamine D** onder invloed van zonlicht uit provitamine D, wat nodig is voor de ontwikkeling van het skelet.

Bij de **afweer** (84J) zijn meerdere organen betrokken. Het **rode beenmerg** (84I), dat in wervels en beenderen voorkomt, bevat stamcellen (zie Eiwitsynthese). Deze stamcellen kunnen tot ieder type bloedcel ontwikkelen. Afhankelijk van de plaats in het rode beenmerg kunnen de stamcellen zich tot **T-lymfocyten** en **B-lymfocyten** ontwikkelen. De **thymus** is alleen in jonge dieren goed ontwikkeld en bevat stamcellen, waaruit **T-lymfocyten** of T-cellen ontstaan. Deze cellen hebben 1 type receptor. De huid en de slijmvliezen voorkomen het binnendringen van micro-organismen. De **milt** en de lymfeknopen bevatten lymfocyten en hier ontwikkelen deze witte bloedcellen zich verder.

De **aspecifieke afweer** is tegen alle ziekteverwekkers gericht. De maag, de huid en slijmvliezen omvatten de **externe afweer**. Bepaalde witte bloedcellen, namelijk **macrofagen** en **natural-killercellen**, vallen ziekteverwekkers in het lichaam aan (**interne afweer**). De macrofagen kruipen tussen cellen rond en vernietigen ziekteverwekkers door **fagocytose**. Ze presenteren de antigenen van de vernietigde ziekteverwekker via hun membraan aan andere witte bloedcellen. De natural-killercellen doden tumorcellen en geïnfecteerde cellen. Ze vernietigen alle cellen met een lichaamsvreemde stof in het membraan.

De **specifieke afweer** (84L) is tegen 1 bepaalde ziekteverwekker gericht. Na de specifieke afweer worden altijd **geheugencellen** gemaakt, die bij een volgende infectie met dezelfde ziekteverwekker sneller deze ziekteverwekkers kunnen uitschakelen. De geïnfecteerde cellen worden geëlimineerd en de antigenen van de ziekteverwekker worden met behulp van **antistoffen** bestreden. Antistoffen of immunoglobulinen (84K) zijn eiwitten die specifiek tegen 1 bepaald antigeen zijn. Na een binding van antistof en antigeen is de ziekteverwekker of geïnfecteerde cel onschadelijk gemaakt en kan door macrofagen worden opgeruimd. De aanwezigheid van antistoffen (**seropositiviteit**) wijst op een besmetting van een bepaalde ziekteverwekker. Na een aspecifieke opruiming door een macrofaag en de presentatie van een antigeen bindt een inactieve **T-helpercel** of Th-lymfocyt met passende receptor aan het antigeen. Het **HIV-virus** tast vooral T-helpercellen aan. De nu actieve T-helpercellen activeren op hun beurt weer **Tc-cellen** of cytotoxische T-lymfocyten en B-lymfocyten. De Tc-cellen zorgen voor de **cellulaire afweer** en de B-lymfocyten voor de **humorale afweer**. Bij de cellulaire afweer hechten de receptoren van Tc-cellen aan de antigenen van de geïnfecteerde cel. De Tc-cellen elimineren vervolgens met stoffen de geïnfecteerde cel. Bij de humorale afweer maken B-lymfocyten antistoffen, die ze op hun membraan presenteren. Wanneer een B-lymfocyt aan een T-helpercel koppelt, wordt hij geactiveerd en gestimuleerd om zich te kloneren en te differentiëren. Deze nieuwe **plasmacellen** maken nu veel van de antistof die op de eerste B-lymfocyt zat. De antistoffen plakken nu de antigenen aan elkaar en worden door macrofagen opgeruimd. Door de geheugencellen van de T-helpercellen, Tc-cellen en B-lymfocyten kan een infectie met deze antigenen zeer snel bestreden worden en is de gastheer **immuun**. Behalve de natuurlijke immuniteit tegen bepaalde antigenen kan een gastheer ook **kunstmatige immuniteit** krijgen.

Bij **actieve kunstmatige immuniteit** wordt een vaccin met losse antigenen ingespoten. Het lichaam reageert dan zoals bij de natuurlijke immuniteit. Deze methode levert dan ook langdurige immuniteit op. Bij passieve kunstmatige immuniteit worden antistoffen via gestolde bloedvloeistof (**serum**) ingespoten. Deze antistoffen worden zo weer snel afgebroken en deze methode levert kortdurende immuniteit op.

MHC-moleculen zijn glycoproteïnen in de celmembraan en heten bij de mens **HLA**. Deze moleculen zijn erfelijk en de combinatie van de MHC-moleculen is uniek voor ieder persoon, met uitzondering van eenige tweelingen. Cellen met bekende MHC-moleculen zijn lichaamseigen en andere cellen zijn lichaamsvreemd. **MHC-I-eiwitten** zitten op alle cellen met een kern en hierop presenteren geïnfecteerde cellen de lichaamsvreemde antigenen. **MHC-II-eiwitten** zitten op de membranen van macrofagen en B-lymfocyten. Hierop worden antigenen gepresenteerd. Door de MHC-I-eiwitten is het lastig om een lichaamsvreemd orgaan te ontvangen zonder dat deze door de cellulaire afweer afgestoten wordt.

In de membraan van rode bloedcellen liggen antigenen. Er zijn 2 varianten van deze antigenen, namelijk **A** en **B**. Tegen antigeen A wordt antistof a gemaakt en tegen antigeen B wordt antistof b gemaakt. **Bloedgroepen A** en **B** hebben hun respectievelijke antigenen, terwijl bloedgroep **AB** beide antigenen heeft en bloedgroep **O** geen van beide antigenen heeft. Wanneer bloedcellen met andere bloedcellen van een bloedgroep die antistoffen maakt tegen de eerste groep, klontert het bloed. Donorbloed met antistoffen tegen een ontvanger is door de verdunning minder erg. In de membraan kan ook de **resusfactor** liggen. In dit geval is de gastheer resuspositief en anders is de gastheer resusnegatief. Dan worden antistoffen tegen de resusfactor gevormd na contact met bloed van een resuspositieve gastheer. Pas bij de tweede keer dat resusnegatief bloed in aanraking komt met resuspositief bloed, kan klontering optreden. Bij een resusnegatieve moeder en een resuspositief kind treedt een probleem op bij een tweede en latere zwangerschappen. Om de aanmaak van antistoffen door de moeder te voorkomen wordt ze geïnjecteerd met antistoffen. Deze worden, zoals bij de passieve kunstmatige immuniteit, snel afgebroken.

Laatste tips voor de voorbereiding:

- Maak heel veel examenopgaven, vooral als je een 8 gemiddeld moet halen
- Als je geen natuurkunde of scheikunde hebt, ga dan naar [examenblad.nl](https://www.examenblad.nl) en zoek op welke extra kennis je moet hebben
- Deze samenvatting is niet uitgebreid en dus moet je ook nog andere, algemene kennis hebben. Het merendeel van deze kennis staat al in de Binas
- Als ik een getal tussen haakjes in de tekst geplaatst heb, pak dan die tabel in de Binas erbij
- Je mag GEEN GR gebruiken op het CE, dus neem een gewone rekenmachine mee voor de Hardy-Weinberg opgaven