

## 2. Kennisbasis Biologie

### Inleiding

Voor u ligt de kennisbasis biologie voor de tweedegraads lerarenopleidingen (CROHO 35301). In deze preambule wordt de door de redactie gevolgde werkwijze beschreven.

Ook worden de gemaakte keuzen toegelicht en verantwoord.

Voor het formuleren van de kennisbasis is aangesloten bij de indeling en concepten die de CVBO (Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs) hanteert in de leerlijn biologie van 4-18 jaar<sup>1</sup>. Daarnaast is het door alle opleidingen gebruikte handboek "Biology" van Campbell & Reece<sup>2</sup> een belangrijk handvat voor de niveauaanduiding van concepten in deze kennisbasis.

### Naar een "leerlijn biologie van 4 tot 22 jaar"<sup>3</sup>

Allereerst introduceren we de leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar, waarbij opgemerkt moet worden dat deze paragraaf vaak letterlijk geënt is op de eerdergenoemde CVBO publicatie. Daarna beargumenteren we waarom deze leerlijn uitgebreid moet worden naar een leerlijn van 4-22 jaar. Daarmee wordt uitdrukkelijk niet bedoeld op een leerlijn voor studenten die na het vwo biologie gaan studeren, maar op een leerlijn van 18-22 jaar voor studenten aan een lerarenopleiding die een beroepsopleiding volgen en "schoolvakbekwaam" moeten zijn op het moment van diplomering. Op dat moment dienen zij namelijk te voldoen aan de eisen voor startbekwaamheid die gesteld worden in de Wet BIO (Wet Beroepen In het Onderwijs), vooral in termen van vakinhoudelijke en vakdidactische bekwaamheid.

### De leerlijn biologie van 4-18

In september 2003 verscheen het rapport *Biologieonderwijs: een vitaal belang*<sup>4</sup>. De Biologische Raad (KNAW), het Nederlands Instituut voor Biologie (NIBI) en de Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON) doen daarin aanbevelingen over vernieuwing van het biologieonderwijs. Op basis van deze aanbevelingen heeft de Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap op 7 december 2004 de CVBO geïnstalleerd. Deze commissie kreeg de opdracht om examenprogramma's voor het vak biologie uit te werken voor havo en vwo en aanbevelingen te doen voor de onderbouw van havo en vwo. In 2006 publiceerde de CVBO het basisdocument *Vernieuwd biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar*<sup>5</sup>, waarin knelpunten in het huidige biologieonderwijs, zoals gebrek aan samenhang, overladenheid en geringe door leerlingen ervaren relevantie, worden beschreven en oplossingen worden voorgesteld met behulp van een concept-contextbenadering voor het biologieonderwijs.

---

1. Boersma, K. Th., M. van Graft, A. Harteveld, E. de Hullu, A. de Knecht-van Eekelen, M. Mazereeuw, L. van den Oever & P.A.M. van der Zande. (2007). Leerlijn biologie van 4-18 jaar: Uitwerking van de concept context-benadering voor het biologieonderwijs. Utrecht: CVBO. Te downloaden via: <http://www.nibi.nl/files/documents/CVBO%20Biologie%20leerlijn%204-18.pdf>

2. Campbell, N.A., & Reece, J.B. (2008). Biology (8th Ed.). San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.

3. Voor de leeftijd van 22 is gekozen vanuit het idee dat er al een leerlijn van 4-18 is en dat de 2<sup>e</sup> graadsopleiding nominaal vier jaar duurt. De leeftijd van 22 jaar is uiteraard geen weerspiegeling van een werkelijkheid waarin ook studenten ouder dan 22 jaar, bijvoorbeeld zij-instromers en herintreders, via diverse opleidingsvarianten (deeltijd, afstandsleren, etc.) studeren voor een bevoegdheid.

4. Biologische Raad (2003). *Biologieonderwijs: een vitaal belang*. Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Te downloaden via: <http://www.knaw.nl/publicaties/pdf/20031062.pdf>

5. Boersma, K. Th., M. van Graft, A. Harteveld, E. de Hullu, L. van den Oever & P.A.M. van der Zande. (2006). *Biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar: Basisdocument van de Commissie Vernieuwing Biologieonderwijs over ontwikkeling en invoering van samenhangend biologieonderwijs*. Te downloaden via: <http://www.nibi.nl/files/documents/Boekje CVBO 2006.pdf>

De leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar werkt de doelstellingen van het biologieonderwijs uit in concepten voor de hele leerlijn, vanaf basisonderwijs naar onderbouw vmbo en havo /vwo, bovenbouw vmbo (uitgewerkt naar leerwegen en sectoren), bovenbouw havo en bovenbouw vwo. De leerlijn 4-18 spitst zich toe op een beperkt aantal biologische concepten, die voldoen aan de volgende vier criteria:

1. De concepten representeren gezamenlijk de breedte van de levenswetenschappen.
2. De concepten kunnen verbonden worden met recente ontwikkelingen in de biologie.
3. De concepten maken het mogelijk biologische kennis voor leerlingen en studenten te structureren.
4. De concepten zijn leerbaar voor de desbetreffende groepen leerlingen en studenten.

Concepten die aan deze criteria voldoen hebben naar verwachting een lange levensduur. Om geschikte concepten te kunnen selecteren en presenteren is door de CVBO een systeemmatrix ontworpen. De systeemmatrix geeft verticaal de verschillende organisatieniveaus weer die in de biologie worden gehanteerd, en horizontaal de volgende systeemconcepten:

- Biologische eenheid;
- Zelfregulatie en zelforganisatie;
- Interactie;
- Reproductie;
- Evolutie.

Deze vijf systeemconcepten zelf zijn zo abstract en veelomvattend dat ze voor de meeste studenten niet meteen bruikbaar zijn. De onder de systeemconcepten liggende concepten moeten juist niet te veelomvattend zijn, omdat zij anders te weinig structuur aanbrengen. Om die reden is de matrix door de CVBO ingevuld met concepten die enerzijds voldoende omvatten en anderzijds voldoende afbakenen.

## De leerlijn biologie van 18-22

Geïnspireerd door de adviezen die tijdens een veldraadpleging op 1 juli 2009 werden gegeven gebruikt de vakredactie biologie een compilatie van de matrices voor vmbo, havo en vwo als startpunt om concepten voor de tweedegraads lerarenopleiding biologie te rangschikken. De door de CVBO ingezette leerlijn wordt dus voortgezet. Immers, de eerder genoemde vier criteria: (i) breedte, (ii) actualiteit, (iii) mogelijkheid om concepten te structureren in voor studenten relevante contexten en (iv) leerbaarheid, zijn evenzeer van belang voor leerlingen in het voortgezet onderwijs als voor studenten in het hbo die zich voorbereiden om deze leerlingen les te gaan geven. Door vanuit die gedachte de leerlijn 4-18 uit te bouwen is het aannemelijk dat de toekomstige beroepsbeoefenaars goed op hun toekomstige beroep worden voorbereid. De kennisbasis biologie is daarom in aansluiting op de leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar uitgewerkt en de ontwikkeling van de landelijke kennistoetsen zal volgens dezelfde lijn worden gecontinueerd.

De uitwerking van de concepten in een lerarenopleiding op Bachelor niveau dient wel diepgaander te zijn dan in het voortgezet onderwijs. De toekomstige docent kan dan vanuit een breder en dieper inzicht de vakinhoud vertalen naar goed onderwijs. Daarvoor wordt onder andere het internationaal in hoog aanzien staande handboek Biology van Campbell & Reece

door alle onder CROHO nummer 35301 geregistreerde opleidingen gebruikt. Daarnaast leert de student zowel de concepten als de bijbehorende vakdidactiek beheersen, zodat hij of zij ook leerlingen deze concepten op een goede manier kan laten leren. De keuze voor de CVBO benadering betekent ook dat studenten leren concepten wendbaar te gebruiken in diverse contexten.

### **Tot slot**

Door in een matrix te werken, die door zijn aard uit vakjes bestaat, kan het idee ontstaan dat concepten op zichzelf staan. Uiteraard is niets minder waar. Een belangrijk aspect van schoolvakbekwaam worden is dat een student dwarsverbanden leert zien door de rijen en kolommen van de matrix. Toepassing van concepten in diverse relevante contexten helpt om die verbindingen te leggen. Door aan te haken bij de leerlijn van 4-18 wordt voortgebouwd op het in het voortgezet onderwijs bereikte niveau. Dit niveau wordt op twee manieren verdiept. Enerzijds door dieper op de concepten in te gaan en er in de beroepspraktijk mee te werken tijdens leerwerktrajecten, anderzijds door concepten met elkaar te verbinden. De kennisbasis die u op de volgende bladzijden leest is een momentopname. Tijdens het gebruik zal er geëvalueerd worden. Op basis van die evaluaties vinden er van tijd tot tijd bijstellingen plaats.

CONCEPTEN VOOR DE 2E GRAADS LERARENOPLEIDING BIOLOGIE (CROHO 35301)					
Systeemconcept → Organisatieniveau ↓	Biologische eenheid	Zelfregulatie en organisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul	<ul style="list-style-type: none"> <li>DNA</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Genexpressie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DNA-replicatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mutatie</li> <li>Recombinatie</li> </ul>
Cel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transport</li> <li>Metabolisme</li> <li>Celdifferentiatie</li> <li>Apoptose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Celcommunicatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Celcyclus</li> </ul>	
Orgaansysteem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weefsel</li> <li>Orgaan</li> <li>Orgaansysteem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instandhouding en groei</li> <li>Gaswisseling</li> <li>Circulatie</li> <li>Spijvertering</li> <li>Uitscheiding</li> <li>Afweer</li> <li>Stevigheid en beweging</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zintuig</li> <li>Zenuwstelsel</li> <li>Hormoonhuishouding</li> </ul>		
Organisme	Drie Domeinen Systeem <ul style="list-style-type: none"> <li>Archaea</li> <li>Bacteria</li> <li>Eukaryota</li> <li>(Virales)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Homeostase</li> <li>Fotosynthese</li> <li>Voeding</li> <li>Levenscyclus</li> <li>Gezondheid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gedrag</li> <li>Interactie met (a-) biotische factoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voortplanting</li> <li>Erfelijkheid</li> <li>Seksualiteit en relaties</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fossiel</li> </ul>
Populatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soort</li> <li>Populatie</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dynamiek</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Genetische variatie</li> <li>Natuurlijke selectie</li> <li>Soortvorming</li> </ul>
Ecosysteem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecosysteem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiestroom</li> <li>Kringloop</li> <li>Dynamiek</li> <li>Evenwicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voedselrelaties</li> </ul>		
Aarde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biosfeer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Duurzame ontwikkeling</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Biodiversiteit</li> <li>Ontstaan van het leven</li> </ul>

<b>2.1 Kennis van het schoolvak</b>	<b>16</b>
Domein 1: biologische eenheid	16
Domein 2: zelfregulatie en zelforganisatie	18
Domein 3: interactie	23
Domein 4: reproductie	25
Domein 5: evolutie	28
<b>2.2 Beroepskennis</b>	<b>31</b>
Domein 1: vakdidactische kennis	31
Domein 2: kennis over biologische kennis	32
Domein 3: biologische kennis in voor leerlingen relevante contexten	33
<b>2.3 Vaardigheden</b>	<b>34</b>
Domein 1: natuurwetenschappelijke vaardigheden	35
Domein 2: biologische vakvaardigheden	35



## 2.1 Kennis van het schoolvak

### Domein 1: biologische eenheid

Een biologische eenheid is een levend systeem met een grens en een te omschrijven structuur. Binnen deze biologische eenheid is er sprake van zelforganisatie, zelfregulatie en reproductie, en is er interactie tussen componenten van de biologische eenheid en met de omgeving. In het kader van de zeven organisatieniveaus is DNA de kleinste biologische eenheid en de Aarde de grootste. Biologische eenheden kunnen met elkaar op een hoger niveau een nieuwe biologische eenheid vormen met een eigen organisatiestructuur. Zo vormen cellen met elkaar een organisme en kunnen verschillende populaties van organismen samen een ecosysteem vormen. Door deze opbouw maken biologische eenheden enerzijds deel uit van biologische eenheden van een hogere orde (organisatieniveau), anderzijds zijn binnen een biologische eenheid veelal eenheden van een lagere orde (organisatieniveau) te onderscheiden.

### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Biologische eenheden van verschillende orde herkennen en de kenmerken ervan beschrijven op het niveau van moleculen, cellen, organen, organismen, populaties, ecosystemen en de aarde;
- De samenhang en onderlinge afhankelijkheid van biologische eenheden in eenzelfde of een ander organisatieniveau herkennen en beargumenteren hoe de samenhang en afhankelijkheid zijn georganiseerd;
- Redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom.

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen <sup>1</sup> en verwijzing naar handboeken
Molecuul	DNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw en eigenschappen van DNA en RNA en de punten waarop deze macromoleculen van elkaar verschillen;</li> <li>• Sequencing als methode voor het bepalen van de nucleïnezuurvolgorde van DNA/RNA of de aminozuurvolgorde van eiwitten;</li> <li>• De functies van DNA, mRNA, tRNA, rRNA en de verschillende sRNA's en het verband tussen hun vorm en functie;</li> <li>• De primaire structuur van een eiwit is af te leiden uit de nucleotiden volgorde van het voor dat eiwit coderende gen (c.q. genen);</li> <li>• Eiwitten bepalen de bouw en werking van biologische eenheden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noem de belangrijkste componenten van een nucleotide en beschrijf hoe deze monomeren aan elkaar verbonden worden tot een nucleïnezuur</li> <li>• Beschrijf de driedimensionale structuur van DNA</li> </ul> <p><i>Biology</i><sup>2</sup> hoofdstuk 5, 16 en 19 <i>Life</i><sup>3</sup> - <i>The Science of Biology</i> hoofdstuk 4</p>

1. Voorbeelden van toetsvragen die een indicatie geven van het niveau waarop studenten met de concepten om kunnen gaan.  
 2. Als tweede manier van niveau aanduiding wordt per concept aangegeven in welk hoofdstuk van de door alle opleidingen voorgeschreven 8<sup>e</sup> editie van *Biology* (Campbell & Reece, 2008) het concept en de daaronder inbegrepen kennis te vinden is.  
 3. Als derde manier van niveauaanduiding wordt aangegeven in welk hoofdstuk of unit van de zojuist verschenen 9<sup>e</sup> editie van *Life - The Science of Biology* (Sadava, Hillis, Heller & Berenbaum, 2009) het concept en de daarbij inbegrepen kennis te vinden is.

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Cel	Cel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De cel is de kleinste mogelijke zelfstandig functionerende eenheid van leven;</li> <li>• Celorganellen van eukaryote cellen (zowel plant als dier) en de functies van die organellen;</li> <li>• Meercellig leven bestaat uit een complex van (onderling afhankelijke) cellen;</li> <li>• Vorm en functie van cellen als onderdeel van een weefsel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welke organellen zijn nauw met elkaar verbonden in het endomembraansysteem?</li> </ul> <p><i>Biology</i> hoofdstuk 6, 35 en 40 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 5</p>
Orgaansysteem	Weefsel Orgaan Orgaanstelsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Groepen cellen oefenen door hun rangschikking in een weefsel, een orgaan of een orgaanstelsel een gezamenlijke functie uit;</li> <li>• Vorm en functie van organen en orgaanstelsels bij eukaryoten, zowel planten als dieren;</li> <li>• Vorm, opbouw en functie van orgaanstelsels voor circulatie, gaswisseling, vertering, uitscheiding, voortplanting, stevigheid, beweging, bescherming, afweer en regeling;</li> <li>• Samenhang tussen orgaanstelsels zowel bij planten als dieren.</li> </ul>	<i>Biology</i> unit 6 & 7 <i>Life - The Science of Biology</i> part 8 & 9
Organisme	Drie domeinen systeem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschiedenis van de systematiek als wetenschapsgebied en de invloed van de evolutietheorie en moleculaire genetica daarop;</li> <li>• Drie domeinen systeem van Woese et al. (1990) en de "Ring of Life" hypothese (Rivera &amp; Lake, 2004);</li> <li>• Classificatie en fylogenie van de drie domeinen.</li> </ul>	<i>Biology</i> unit 5 <i>Life - The Science of Biology</i> part 7
	Archaea & Bacteria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenmerken, metabolische aanpassingen en levenscycli van Archaea en Bacteria;</li> <li>• De toepassing van bacteriën in de biotechnologie.</li> </ul>	
	Eukaryota	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenmerken van eukaryote cellen;</li> <li>• Overwegingen op basis waarvan de Eukaryota worden ingedeeld in een aantal (hypothetische) supergroepen<sup>4</sup>;</li> <li>• Morfologie en levenscycli van een aantal binnen het schoolvak relevante eukaryotische taxa.</li> </ul>	
	Virales <sup>5</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De structuur, de levenscyclus en de taxonomie van virussen;</li> <li>• Het effect van virussen op de gastheercel, zowel bij planten als dieren;</li> <li>• Toepassing van virussen in de biotechnologie.</li> </ul>	

4. Zie onder andere: P. Keeling, G. Burger, D. Durnford, B. Lang, R. Lee, R. Pearlman, A. Roger and M. Gray, The tree of eukaryotes, *Trends Ecol. Evol.* **20** (2006), pp. 670-676 en <http://tolweb.org/Eukaryotes/3>.

5. Binnen de biologie bestaat de consensus dat een virus niet voldoet aan alle levenskenmerken en daarom eigenlijk niet als organisme beschouwd kan worden. Er zijn echter meer dan voldoende redenen om in het schoolvak en dus ook in de kennisbasis biologie toch aandacht te besteden aan virussen.



Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Populatie	Soort	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologisch soortbegrip en de criteria op basis waarvan soorten van elkaar worden onderscheiden en de problemen die zich daarbij kunnen voordoen;</li> <li>• Toepassingsregels voor hiërarchische classificatie op het niveau van domein, rijk, fylum, klasse, orde, familie, geslacht en soort.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 24 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 23
	Populatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Populatie en de begrenzing van dat concept; de relatie tussen soorten en populaties;</li> <li>• Het modelmatig karakter van populaties;</li> <li>• Het onderscheid tussen een populatie en de individuele organismen daarin.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 23 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 23
Ecosysteem	Ecosysteem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecosysteem en de componenten die daar deel van uitmaken;</li> <li>• De relatie tussen levensgemeenschappen en ecosystemen;</li> <li>• Het modelmatig karakter van ecosystemen en het veelal discutabele karakter van systeemgrenzen;</li> <li>• Verschillen tussen ecosystemen op basis van verschillen in populaties, biotische en abiotische factoren;</li> <li>• Benoemen en kwantificeren van verbanden in ecosystemen.</li> </ul>	<i>Biology</i> Unit 8 <i>Life - The Science of Biology</i> Part 10
Aarde	Biosfeer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De biosfeer en de componenten die daar deel van uitmaken;</li> <li>• Benoemen en kwantificeren van componenten en relaties tussen componenten van de biosfeer.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 52 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 58

## Domein 2: zelfregulatie en zelforganisatie

Biologische eenheden van klein (cellen) tot groot (ecosystemen) handhaven zich door het opnemen van stoffen c.q. energie uit hun omgeving, door het herstellen van opgelopen schade, door zich te verdedigen tegen belagers en schadelijke stoffen, door het vertonen van adequaat gedrag en door het aanpassen aan of het veranderen van de omgeving. Onderdelen van een biologische eenheid kunnen gespecialiseerd zijn voor een bepaalde functie. Deze specialisatie wordt aangetroffen op alle organisatieniveaus. Biologische eenheden vermenigvuldigen en ontwikkelen zich door replicatie, door deling, door toename van onderdelen van de biologische eenheid en door specialisatie. Door zelforganisatie kunnen nieuwe structuren (biologische eenheden) van een hogere orde ontstaan, die beschikken over emergente eigenschappen: het geheel is meer dan de som der delen.

### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Uitleggen dat biologische eenheden van cellulair niveau tot aan het niveau van de biosfeer, zichzelf reguleren en organiseren om zichzelf in stand te houden en te ontwikkelen;
- Beschrijven dat biologische eenheden op een hoger organisatieniveau nieuwe, emergente eigenschappen hebben vergeleken met de biologische eenheden van één of meer niveaus lager;
- Beschrijven hoe de steeds veranderende onderlinge relaties binnen en tussen biologische eenheden gereguleerd worden;
- Uitleggen dat er opname, verwerking en afgifte van energie en materie is en daarbij de relaties binnen en tussen biologische eenheden beschrijven.

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Cel	Transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selectief doorlaatbare membranen maken de cel tot een zelfstandig te reguleren en organiseren eenheid die in staat is tot interactie met de omgeving;</li> <li>• Passief transport, gefaciliteerde diffusie, actief transport en endocytose, gerelateerd aan de eigenschappen van getransporteerde stoffen en aan de bouw en eigenschappen van membranen (fluid mosaic model);</li> <li>• Het verschil in effect van osmose bij plantaardige en dierlijke cellen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 7 & 11 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 6 & 7
	Metabolisme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactieschema's van assimilatie- en dissimilatieprocessen, inclusief deelreacties;</li> <li>• De plaats waar in een cel assimilatie en dissimilatie plaatsvindt en de voorwaarden waaronder dit gebeurt;</li> <li>• De wijze waarop enzymen reacties, zoals assimilatie- en dissimilatieprocessen, katalyseren en hoe pH en temperatuur de werking van enzymen beïnvloeden;</li> <li>• Stofwisselingsprocessen vinden plaats in een netwerk van voortdurend veranderende relaties, waarbij zelfregulatie door terugkoppeling optreedt;</li> <li>• Het metabolisme van micro-organismen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 8, 9 & 10 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 8, 9 & 10 (part 3)
	Celdifferentiatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Door differentiatie ontstaan cellen met een verschillende vorm en functie;</li> <li>• Celdifferentiatie komt tot stand door het aan- en/of uitschakelen van genen;</li> <li>• Specifieke eigenschappen van stamcellen en de doelen waarvoor stamcellen op grond van die eigenschappen gebruikt kunnen worden.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 11, 20 & 47 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 11, 16 & 19
	Apoptose	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een cel is in staat tot apoptose (geprogrammeerde celdood);</li> <li>• Apoptose speelt een cruciale rol tijdens de (embryonale) ontwikkeling van meercellige eukaryoten.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 11 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 11

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Orgaansysteem	Instandhouding en groei	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De relatie tussen de celcyclus en groei, ontwikkeling en instandhouding van organen;</li> <li>• Het belang van DNA-herstel voor de instandhouding van cellen en organismen en de wijze waarop dit DNA-herstel plaatsvindt.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 47 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 44
	Gaswisseling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van gaswisselingsorganen, in het bijzonder bij zoogdieren;</li> <li>• De relatie tussen de bouw, functie en werking van gaswisselingsorganen;</li> <li>• Wijzen en regeling van longventilatie;</li> <li>• Opname, transport en afgifte van CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> en de rol van hemoglobine;</li> <li>• De relatie tussen gaswisseling, fotosynthese en dissimilatie bij planten.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 10, 36 & 42 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 10 & 49
	Circulatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van de bloedsomloop met hart en bloedvaten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De relatie tussen de bouw, functie en werking van hart en bloedvaten;</li> <li>• Overeenkomsten en verschillen van de bloedsomloop voor en na de geboorte;</li> <li>• Samenstelling van bloed en de functie en plaats(en) van vorming van bloedbestanddelen, weefselvloeistof en lymfe;</li> <li>• Het verband tussen bloedvatenstelsel en lymfevatenstelsel;</li> <li>• Functie en samenstelling van hemolymfe bij Arthropoda en Mollusca;</li> <li>• De relatie tussen het transport in planten en fotosynthese, dissimilatie en opslag van stoffen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 36 & 42 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 35 & 50
	Spijsvertering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van de spijsverteringsorganen, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De relatie tussen de bouw, functie en werking van spijsverteringsorganen;</li> <li>• Plaats en wijze van vertering van voedingsstoffen en de randvoorwaarden (zoals pH) die daarop van invloed zijn;</li> <li>• Enzymen die bij de spijsvertering betrokken zijn en de manier waarop zij afgescheiden worden.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 41 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 51
	Uitscheiding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van uitscheidingsorganen, in het bijzonder bij zoogdieren;</li> <li>• De relatie tussen de bouw, functie en werking van uitscheidingsorganen;</li> <li>• De rol van de lever, nieren, longen en huid in uitscheidingprocessen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 44 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 52

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
	Afweer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van bij de afweer betrokken organen, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De relatie tussen de bouw, functie en werking van bij afweer betrokken cellen en organen;</li> <li>• De werking van en verschillen tussen aspecifieke en specifieke afweer als reacties op lichaamsvreemde en lichaamseigen stoffen en cellen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 43 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 42
	Stevigheid en beweging	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van bij de beweging betrokken organen, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De relatie tussen de bouw, functie en werking van bij de beweging betrokken organen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 50 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 48
Organisme	Homeostase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De principes van een regelkring: registratie, vergelijking met interne norm, reactie, handhaven van een dynamisch evenwicht;</li> <li>• Organismen handhaven zich door de gecoördineerde activiteiten van cellen, weefsels, organen en orgaanstelsels;</li> <li>• Het belang van de lever, longen, huid en nieren voor de homeostase bij zoogdieren;</li> <li>• De complexiteit van de regeling van lichaamsprocessen en de relatie met emoties en gezondheidstoestand (stress), in het bijzonder bij de mens.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 40 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 40
	Fotosynthese	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtenergie wordt tijdens de licht- en donkerreacties vastgelegd in organische stoffen;</li> <li>• Het belang van fotosynthese voor de (voortgezette) assimilatie en dissimilatie van de plant;</li> <li>• De verschillen tussen fotosynthese en chemosynthese.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 10 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 10
	Voeding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het belang van verschillende groepen voedingsstoffen voor de gezondheid en het welbevinden van de mens;</li> <li>• De voorwaarden waaraan een gezonde en evenwichtige voeding voldoet.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 41 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 51
	Levenscyclus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De ontwikkeling van een zoogdier van de zygote tot aan de geboorte;</li> <li>• De invloed van voeding, genotmiddelen en stress op de prenatale ontwikkeling;</li> <li>• De lichamelijke ontwikkeling van zoogdieren gedurende hun levensloop en de invloed van inwendige en uitwendige factoren daarop;</li> <li>• De fasen in de levenscyclus van eukaryoten, zowel planten als dieren.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 46 & 47 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 43 & 44

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
	Gezondheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschillende interpretaties van het begrip gezondheid;</li> <li>• Oorzaken en gevolgen van verstoring van gezondheid;</li> <li>• Herstel van zelfregulerend vermogen;</li> <li>• Enkele erfelijke, besmettelijke en aangeboren ziekten, de wijze waarop ze ontstaan en hun wijze van behandeling;</li> <li>• Vanuit biologisch perspectief een aantal mogelijkheden tot voorkomen van verstoring van gezondheid en tot herstel van gezondheid.</li> </ul>	<i>Biology</i> en <i>Life - The Science of Biology</i> besteden niet specifiek aandacht aan "gezondheid", maar op het organisatieniveau "orgaan en orgaanstelsel" komen in de hoofdstukken over "dieren: vorm en functie" altijd wel verwijzingen naar gezondheidsaspecten voor.
Ecosysteem	Energiestroom	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiestromen in een ecosysteem, factoren die daarop van invloed zijn en de oorzaken en gevolgen van verstoring;</li> <li>• De piramiden van biomassa en energie als model voor de energiestromen in een ecosysteem en de processen en organismen die daarin een rol spelen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 55 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 58
	Kringloop	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kringlopen van chemische elementen in een ecosysteem, de factoren die daarop van invloed zijn en de oorzaken van verstoring van de kringloop;</li> <li>• De rol van producenten, consumenten en reducers in de koolstofkringloop en de stikstofkringloop.</li> </ul>	
	Dynamiek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abiotische en biotische factoren in een ecosysteem zijn veranderlijk;</li> <li>• Een ecosysteem is een dynamisch systeem;</li> <li>• Abiotische en biotische factoren spelen een rol bij de instandhouding en ontwikkeling van een ecosysteem;</li> <li>• De grootte van populaties varieert.</li> </ul>	
	Evenwicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een ecosysteem kan in meer evenwichtssituaties verkeren en van de ene evenwichtssituatie overgaan in de andere, via een periode waarin het ecosysteem niet in evenwicht is (chaos of chaotisch regime).</li> </ul>	
Aarde	Duurzame ontwikkeling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triple P: People - Planet - Prosperity;</li> <li>• De relatie tussen draagkracht van ecosystemen en duurzame ontwikkeling;</li> <li>• Milieuproblemen door menselijke activiteit en mogelijke oplossingen daarvoor;</li> <li>• Natuurbeheer en natuurbehoud.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 56 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 58 & 59

### Domein 3: interactie

Biologische eenheden worden beïnvloed door hun omgeving, die zowel biotisch als abiotisch van aard kan zijn. Op deze beïnvloeding kunnen de biologische eenheden reageren door zich aan te passen, zich te verplaatsen of andere reacties te vertonen. Omgekeerd hebben biologische eenheden ook invloed op hun biotische en abiotische omgeving.

#### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Beargumenteren dat een biologische eenheid, van welk organisatieniveau dan ook, voortdurend in interactie is met de omgeving, waaronder andere biologische eenheden van hetzelfde organisatieniveau;
- Redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat de gevolgen van interne of externe veranderingen in een biologische eenheid zijn voor die biologische eenheid en voor de hogere en lagere organisatieniveaus;
- Voor veranderingen van biologische eenheden een multicausale verklaring noemen;
- De complexiteit van relaties in en tussen biologische eenheden en van biologische eenheden met hun abiotisch milieu beschrijven.

Organisatieniveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Molecuul	Genexpressie	<ul style="list-style-type: none"><li>• De relatie tussen DNA en mRNA;</li><li>• Het proces van genexpressie tot en met eiwitsynthese;</li><li>• Genen komen afhankelijk van de omstandigheden tot expressie;</li><li>• Genexpressie is een dynamisch proces, dat geregeld wordt door verschillende factoren, waaronder epigenetische;</li><li>• Genexpressie resulteert in relaties binnen en tussen organisatieniveaus;</li><li>• De samenhang tussen genexpressie en het functioneren van een organisme.</li></ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 17, 18 & 20 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 14 & 16
Cel	Celcommunicatie	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cellen communiceren met elkaar over korte en lange afstand via zenuwcellen en hormonen;</li><li>• Cellen ontvangen en verwerken signalen, reageren op signalen en relateren processen aan elkaar;</li><li>• Signalen leiden tot activiteit in het cytoplasma of tot genexpressie;</li><li>• In de verschillende fasen van de celcyclus staan verschillende stofwisselingsactiviteiten centraal;</li><li>• Celcommunicatie brengt effecten op andere organisatieniveaus teweeg.</li></ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 11 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 7

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Orgaansysteem	Zintuig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van zintuigen van eukaryoten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het zintuigstelsel;</li> <li>• De relatie tussen het gebruik van zintuigen en het functioneren van een organisme;</li> <li>• De relaties tussen het zintuigstelsel en de spier-, zenuw- en hormoonstelsels.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 50 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 46
	Zenuwstelsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van het zenuwstelsel van eukaryoten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het zenuwstelsel;</li> <li>• De relaties tussen het zenuwstelsel en de spier-, zintuig- en hormoonstelsels;</li> <li>• De verbanden tussen het functioneren van organen/ orgaansystemen van een organisme en de werking van het zenuwstelsel.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 48 & 49 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 45 & 47
	Hormoonhuishouding	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De manieren waarop hormonen reacties tot stand kunnen brengen bij doelorganen;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het hormoonstelsel;</li> <li>• De werking van specifieke hormoonklieren, de hormonen die zij afscheiden en de reacties van de doelorganen op die hormonen;</li> <li>• De relatie van het hormoonstelsel met de zintuig-, spier- en zenuwstelsels;</li> <li>• Het verband tussen de productie van specifieke hormonen en het functioneren van een organisme (dier, plant).</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 39 & 45 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 37 & 41
Organisme	Gedrag	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proximale en ultieme verklaringen van gedrag met daaraan gekoppeld de vier vragen van Tinbergen;</li> <li>• Gedrag komt door interne en externe factoren tot stand;</li> <li>• Gedrag komt deels onder invloed van erfelijke factoren tot stand;</li> <li>• Gedrag is het resultaat van een dynamische relatie tussen het organisme en zijn omgeving;</li> <li>• Ethogram en protocol als instrumenten om in gedragsonderzoek geobserveerd gedrag vast te leggen;</li> <li>• Gedragsonderzoek kent toepassingen in diverse contexten.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 51 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 53
	Interactie met (a-) biotische factoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voedselrelaties tussen organismen;</li> <li>• Biotische en abiotische factoren die van invloed zijn op het gedrag en het functioneren van organismen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 51 & 52 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 53 & 54

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Populatie	Dynamiek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biotische en abiotische interacties die van invloed zijn op de grootte van populaties;</li> <li>• Immigratie, emigratie en metapopulatie;</li> <li>• Sterftecijfer en geboortecijfer;</li> <li>• Exponentiële groei, logistische groei &amp; draagkracht.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 53 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 55
Ecosysteem	Voedselrelaties	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een voedselketen toont de relaties tussen trofische niveaus;</li> <li>• In een voedselweb zijn meerdere voedselketens te onderscheiden;</li> <li>• Accumulatie van toxische stoffen in een voedselketen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 54 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 57

#### Domein 4: reproductie

Biologische eenheden repliceren zich. Daarbij ontstaat een eenheid die op dezelfde wijze georganiseerd is als de oorspronkelijke eenheid. DNA kan repliceren. Een cel kan zich repliceren. Meercellige organismen kunnen via voortplanting (geslachtelijk of ongeslachtelijk) nieuwe biologische eenheden voortbrengen.

#### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Verbanden leggen tussen replicatie op de verschillende organisatieniveaus;
- Beargumenteren dat fouten of ingrepen die plaatsvinden bij replicatie op moleculair of celniveau, gevolgen kunnen hebben voor het functioneren van het organisme;
- Op basis van zijn of haar identiteitsontwikkeling bewust een eigen (ethische) positie innemen en verantwoorden in kwesties als relationele en seksuele ontwikkeling, gebruik van voorbehoedsmiddelen, prenatale diagnostiek en abortus;
- Een eigen, duidelijke set normen en waarden hanteren op het gebied van relaties en seksualiteit;
- Op basis van kennis, zelfvertrouwen en moreel gezag met leerlingen discussiëren over de betekenis van seksualiteit, erfelijkheid en voortplanting voor de mens.



Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Orgaansysteem	DNA-replicatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van zintuigen van eukaryoten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het zintuigstelsel;</li> <li>• De relatie tussen het gebruik van zintuigen en het functioneren van een organisme;</li> <li>• De relaties tussen het zintuigstelsel en de spier-, zenuw- en hormoonstelsels.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 50 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 46
Cel	Celcyclus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bouw, werking en functie van het zenuwstelsel van eukaryoten, in het bijzonder van zoogdieren;</li> <li>• De principes van regelkringen zijn van toepassing op de werking van het zenuwstelsel;</li> <li>• De relaties tussen het zenuwstelsel en de spier-, zintuig- en hormoonstelsels;</li> <li>• De verbanden tussen het functioneren van organen/ orgaansystemen van een organisme en de werking van het zenuwstelsel.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 48 & 49 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 45 & 47
Organisme	Voortplanting	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschillen tussen geslachtelijke en ongeslachtelijke voortplanting en het effect van beide op de genetische variatie;</li> <li>• Bouw, vorming, ontwikkeling en functie van gameten en de zygote;</li> <li>• Mitose en meiose tijdens de levenscyclus van zoogdieren;</li> <li>• Bouw en werking van de voortplantingsorganen van zoogdieren en de functie van hormonen daarbij;</li> <li>• Mitose en meiose tijdens de levenscyclus van zaadplanten;</li> <li>• Technieken waarmee wordt ingegrepen in de reproductie en levenscyclus van mens, dier en plant en de normatieve keuzen die gemaakt moeten worden bij toepassing van deze technieken.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 30, 38 & 46 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 29, 38 & 43

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
	Erfelijkheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De relatie tussen DNA en genotype inclusief de begrippen gen en allel;</li> <li>• De relatie tussen genexpressie, eiwitten en fenotype;</li> <li>• Een fenotype komt tot stand door genotype, milieu-factoren en epigenetische factoren;</li> <li>• Autosomen en geslachtschromosomen verschillen in die zin dat geslachtschromosomen betrokken zijn bij de totstandkoming van het geslacht van de nakomelingen;</li> <li>• Kansberekening van genotypen en fenotypen bij monohybride en dihybride kruisingen, zowel voor onafhankelijke als gekoppelde overerving, voor autosomale en X-chromosomale genen, zo nodig met gebruikmaking van stambomen;</li> <li>• Incomplete dominantie, codominantie, multi-pele allelen, pleiotropie, epistase en polygenie als mechanismen voor overerving van eigenschappen die niet (geheel en al) volgens de wetten van Mendel verlopen;</li> <li>• (Biologische) argumenten voor het ingrijpen van de mens in de erfelijkheid van mens, dier en plant om de kwaliteit van nakomelingen te bevorderen en de ethische aspecten daarvan.</li> </ul>	<p><i>Biology</i> hoofdstuk 13 t/m 17  <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 11 t/m 15</p>
	Seksualiteit en relaties	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De seksuele en relationele ontwikkeling van jongeren;</li> <li>• Aandachtspunten ten aanzien van seksuele en reproductieve gezondheid;</li> <li>• Middelen voor geboortebeperving en bescherming tegen SOA's;</li> <li>• Verklaringen voor risicogedrag op seksueel en relationeel gebied;</li> <li>• De rol van de media en andere sociale beïnvloedingsprocessen bij jongeren ten aanzien van seksualiteit;</li> <li>• Hulpverleningsmogelijkheden bij problemen op seksueel en relationeel gebied.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noem drie optimaal beschermende maatregelen die een meisje kan nemen ter preventie van een SOA;</li> <li>• Wat zijn de mogelijke effecten van een chlamydia infectie bij een man op de kansen van een vrouw om zwanger te worden;</li> </ul> <p><i>Biology</i> hoofdstuk 46 richt zich op de biologische aspecten van voortplanting en biedt zeer beperkte informatie die gebruikt kan worden als niveau-aanduiding bij dit concept.</p> <p>Een betere niveauaanduiding is dat de schoolvakbekwame docent gebruik kan maken van materialen die, bijvoorbeeld, de Rutgers Nisso Groep ter beschikking stelt <sup>6</sup>.</p>

6. Zie: [www.seksuelevorming.nl](http://www.seksuelevorming.nl)

## Domein 5: evolutie

Biologische eenheden zijn op alle organisatieniveaus met elkaar in interactie, beïnvloed door biotische en abiotische factoren. Daarbij is er competitie om onder andere ruimte, licht en/of voedsel. De kans om te overleven en nakomelingen te krijgen is het grootste voor biologische eenheden die het beste passen bij de omstandigheden, die de omstandigheden kunnen aanpassen of die de beste omstandigheden kunnen opzoeken. Evolutie laat zien hoe competitie, adaptatie en selectiedruk, mutatie en recombinatie hebben geleid tot de nu aanwezige biodiversiteit.

### De schoolvakbekwame leraar kan op Bachelorniveau en op het niveau van de onderwijssoort waarvoor hij of zij bevoegd verklaard wordt:

- Toelichten hoe diversiteit van leven (volgens de evolutietheorie) ontstaan is;
- Toelichten dat het overeenkomstige systeem van erfelijke informatie van organismen opgevat wordt als een natuurwetenschappelijk argument voor een gemeenschappelijke oorsprong en verwantschap van al het leven;
- Redeneringen hanteren over de rol van adaptaties in biologische eenheden;
- Met voorbeelden uitleggen dat zowel een bepaalde identieke vorm als een bepaalde identieke functionaliteit bij verschillende taxa langs verschillende wegen tot stand kan komen;
- Toelichten hoe in de 19<sup>e</sup> eeuw de evolutietheorie tot stand is gekomen en wie daarbij de hoofdrolspelers waren;
- Persoonlijke standpunten over de evolutietheorie scheiden van het gebruik van de evolutietheorie als centraal paradigma in de moderne biologie.

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Molecuul	Mutatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oorzaken en gevolgen van mutaties in het DNA;</li> <li>• Puntmutaties beïnvloeden de bouw van een eiwit en daarmee de bouw en het functioneren van het organisme;</li> <li>• Via DNA- en/of RNA-analyse kan op basis van het voorkomen van mutaties de mate van fylogenetische verwantschap tussen organismen worden bepaald.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 50 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 46
	Recombinatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De fasen van meiose;</li> <li>• De unieke combinatie van genen van een individu komt tot stand door recombinatie, zowel door hergroepering van chromosomen als ten gevolge van crossing-over tijdens meiose;</li> <li>• Epigenetische mechanismen spelen een rol bij de recombinatie van genen;</li> <li>• Wenselijke genencombinaties kunnen met behulp van biotechnologische technieken samengesteld worden.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 13, 15 & 21 <i>Life - The Science of Biology</i> part 5

Organisatie-niveau	Concept	Toelichting op het concept:	Voorbeeldvragen en verwijzing naar handboeken
Organisme	Fossiel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fossielen zijn de versteende resten van organismen en worden gevonden in afzettingsgesteenten;</li> <li>De fylogenetische relatie tussen fossielen en thans levende organismen wordt in stambomen weergegeven;</li> <li>De geologische tijdschaal is gebaseerd op het voorkomen van gidsfossielen, in de praktijk zijn dit vaak microfossielen.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 25 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 25
Populatie	Genetische variatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>In een populatie zit altijd een zekere genetische variatie;</li> <li>De genenpool binnen een populatie kan door veranderende omstandigheden van samenstelling veranderen;</li> <li>De frequenties van de genotypen in een populatie, die zich in een Hardy-Weinberg evenwicht bevindt, kunnen berekend worden;</li> <li>De betekenis van een afwijking van het verwachte Hardy-Weinberg evenwicht kan geduïd worden (dan is er sprake van evolutie).</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 13 & 23 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 23
	Natuurlijke selectie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Natuurlijke selectie, en seksuele selectie, is de belangrijkste drijvende kracht achter evolutionaire processen;</li> <li>Overeenkomsten en verschillen tussen natuurlijke en kunstmatige selectie;</li> <li>'Life-history theory' en variatie in 'life-history traits'.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 23 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 21
	Soortvorming	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nieuwe soorten ontstaan met name door natuurlijke selectie;</li> <li>Reproductieve isolatie kan leiden tot soortvorming;</li> <li>Adaptatie van populaties is een ander proces dan adaptatie van individuen;</li> <li>Co-evolutie.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 24 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 23
Aarde	Biodiversiteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Versillen in biodiversiteit tussen levensgemeenschappen kunnen verklaard worden met behulp van natuurlijke selectie;</li> <li>Het klimaat heeft invloed op de biodiversiteit;</li> <li>De mens heeft invloed op de biodiversiteit.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 56 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 58 & 59
	Ontstaan van het leven	<ul style="list-style-type: none"> <li>De chemische evolutie stond aan de basis van het ontstaan van leven;</li> <li>Het belang van het ontstaan van de atmosfeer voor het ontstaan van het leven;</li> <li>De eukaryote cel is ontstaan door endosymbiose.</li> </ul>	<i>Biology</i> hoofdstuk 22 & 28 <i>Life - The Science of Biology</i> hoofdstuk 21 & 27

## Kennis van aanpalende vakken

	De schoolvakbekwame leraar beheerst de volgende kennis uit aanpalende vakken:
Scheikunde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basisbegrippen die in de scheikunde gebruikt worden (molecuul, atoom, verbinding, chemische reactie, chemische binding; ion; zout, zuur);</li> <li>• De begrippen oplossen, concentratie en dichtheid;</li> <li>• Verschillende eenheden voor gehalte zoals: massapercentage, volumepercentage, ppm, g·L<sup>-1</sup>, mol·L<sup>-1</sup>;</li> <li>• Factoren die van invloed zijn op evenwichtsreacties;</li> <li>• Bijzondere eigenschappen van water;</li> <li>• Polariteit (polair/apolair) en eigenschappen (hydrofoob/hydrofiel) van stoffen;</li> <li>• Het onderscheid tussen covalente binding en ionbinding en tussen polaire en apolaire bindingen, het begrip waterstofbrug;</li> <li>• Peptidegroep, peptidebinding;</li> <li>• Namen en formules van stoffen die in veel biologische processen een belangrijke rol spelen, zoals water, koolstofdioxide, methaan, stikstof, ammoniak, nitraat, nitriet, fosfaat;</li> <li>• De begrippen koolwaterstoffen, alcoholen en carbonzuren;</li> <li>• De begrippen: eiwitten, aminozuren, vetten, glycerol, verzadigde en onverzadigde vetzuren, ethanol, koolhydraten: mono-, di- en polysachariden;</li> <li>• Zetmeel, glycogeen, cellulose, eiwitten en nucleïnezuuren zijn condensatiepolymeren.</li> </ul>
Natuurkunde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massa en gewicht;</li> <li>• Kracht;</li> <li>• Molecuul;</li> <li>• Energie, energieomzetting;</li> <li>• Reflectie, breking, lenzen, zien;</li> <li>• Elektriciteit;</li> <li>• Geluidsgolven;</li> <li>• Radioactieve isotopen en ioniserende straling, halveringstijd, elektromagnetisch spectrum;</li> <li>• Soortelijke warmte, warmtecapaciteit, verbrandingswarmte.</li> </ul>
Wiskunde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kansverdeling, bijvoorbeeld als onderdeel van de Mendelse genetica;</li> <li>• Functiebegrip, bijvoorbeeld de Michaelis-Menten vergelijking voor enzymkinetiek;</li> <li>• Differentiaalvergelijkingen, bijvoorbeeld exponentiële en logistische groei bij populaties.</li> </ul>
Gezondheidszorg en welzijn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschillende interpretaties van het begrip gezondheid;</li> <li>• Het ontstaan van erfelijke, besmettelijke en aangeboren ziekten;</li> <li>• Oorzaken en gevolgen van verstoring van gezondheid;</li> <li>• Mogelijkheden tot voorkomen van verstoring van gezondheid en tot herstel van gezondheid.</li> </ul>
Aardrijkskunde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geogenese en geomorfologie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• geologische en geomorfologische verschijnselen en processen in heden en verleden als verklaring voor en onderdeel van natuurlijke systemen;</li> <li>• het ontstaan van de aarde in de huidige vorm vanuit de gedachte dat het heden de sleutel is tot het verleden.</li> </ul> </li> </ul>
Geschiedenis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tijdvak 1: Tijd van jagers en boeren: <ul style="list-style-type: none"> <li>• De levenswijze van jagerverzamelaars.</li> </ul> </li> </ul>

## 2.2 Beroepskennis

### Domein 1: vakdidactische kennis

De indeling van domein 1 is geïnspireerd op de indeling van het *International Handbook of Science Education*<sup>7</sup> en wordt nader uitgewerkt in samenhang met de kennisbases voor de vakken scheikunde, natuurkunde, wiskunde en techniek.

#### 1.1 Biologie leren

- Begripsontwikkeling
- Leerstijlen
- Biologie methodes
- Didactische functie van contexten
- Biologisch onderzoek doen
- Leren van (complexe) vaardigheden
- Modeldenken
- Culturele aspecten
- Kritisch denken

#### 1.2 Het biologie curriculum

- Trends en veranderingen in het biologie curriculum
- Leergebied mens en natuur
- Vakoverstijgende projecten met biologie
- Centrale concepten
- Concept-context benadering
- Het PTA (programma van toetsing en afsluiting)
- Vragen maken voor het biologieonderwijs
- Toetsen maken voor het biologieonderwijs
- Praktische toetsen, vaardigheidstoetsen en toetsen in het veld

#### 1.3 De leeromgeving

- Het theorielokaal
- Het practicumlokaal (inclusief ARBO)
- ICT
- Veldwerk
- Gebruik van publieke faciliteiten zoals:
  - Waterzuivering
  - Kinderboerderij
  - Dierentuin
- Werkplekkenstructuur

7. Fraser, B. J. and Tobin, K. G. (1998). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

## Domein 2: kennis over biologische kennis

Afgestudeerde, schoolvakbekwame leraren combineren vakmanschap met meesterschap.

Bij het vakmanschap hoort de conceptuele kennis van het schoolvak, die in paragraaf 2.1 van deze kennisbasis is uitgewerkt. Bij het verwerven van deze conceptuele kennis dient de student ook een beeld te krijgen van de manieren waarop biologische kennis tot stand komt en van de historische en huidige ontwikkeling van de biologie als wetenschap. Het is niet de bedoeling dat de student zich tot in detail verdiept in de geschiedenis van de natuurwetenschappen, wetenschapsfilosofie en epistemologie. Als gewenste niveau-aanduiding fungeert hoofdstuk 1 van zowel *Biology als Life - The Science of Biology*, met inbegrip van daar gehanteerde termen en hun definities. "Kennis over biologische kennis" wordt in onderstaande tabel uitgewerkt volgens drie methoden van biologisch onderzoek.

De schoolvakbekwame leraar kent drie methoden voor natuurwetenschappelijk onderzoek		
Methoden	Hij of zij onderscheidt daarbij dat:	Hij of zij kan of weet:
Ontdekkend empirisch onderzoek (Discovery Science)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het doel van beschrijvend onderzoek is het doen van zo objectief mogelijke waarnemingen over de levende natuur.</li> <li>• Resultaten van beschrijvend onderzoek worden zo objectief mogelijk vastgelegd door middel van o.a. beschrijvingen, tekeningen, foto's en filmbeelden.</li> <li>• Voor de 19<sup>e</sup> eeuw was bijna al het (biologisch) onderzoek beschrijvend van karakter;</li> <li>• De vooruitgang in de natuurwetenschappen is in hoge mate bepaald door het wereldbeeld van de grondleggers en beoefenaars.</li> <li>• Rond 1800 wordt biologie als een zelfstandige wetenschap beschouwd.</li> <li>• Binnen de biologie ontstaan in de 20<sup>e</sup> eeuw afzonderlijke disciplines, zoals celbiologie en ecologie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aangeven welke onderzoekstechniek past bij de verschillende specialisaties binnen de biologie;</li> <li>• Enkele veelgebruikte onderzoekstechnieken noemen en kunnen toepassen;</li> <li>• Een beeld geven van de ontwikkelingen in de natuurwetenschappen van de klassieke oudheid tot de Verlichting;</li> <li>• De historische ontwikkeling beschrijven van systeemconcepten zoals interactie, reproductie en evolutie.</li> </ul>
Toetsend empirisch onderzoek (Hypothesis-based science)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologische kennis wordt op een systematische wijze volgens de empirische cyclus verworven;</li> <li>• Er wordt uitgegaan van een onderzoeksvraag en een hypothese;</li> <li>• Er wordt getracht slechts één variabele tegelijkertijd te laten variëren;</li> <li>• Doel van empirisch onderzoek is het falsificeren of verifiëren van de hypothese die getoetst wordt;</li> <li>• Er bestaat een enorme verscheidenheid aan technieken die bij natuurwetenschappelijk onderzoek gebruikt kunnen worden.</li> <li>• Bij het uitvoeren van onderzoek volgens de natuurwetenschappelijke methode is kennis van algemene biologische technieken nodig en vaardigheid in het toepassen daarvan.</li> <li>• Resultaten worden gepubliceerd volgens een algemeen gebruikt model van verslaglegging.</li> <li>• Bij een projectmatig onderzoek kan ook een procesverslag worden geschreven.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De juiste volgorde aangeven van de fasen in de empirische cyclus;</li> <li>• De redenen uitleggen voor het gebruik van modelorganismen, zoals <i>C. elegans</i> en <i>D. melanogaster</i>;</li> <li>• Motiveren waarom het soms onvermijdelijk is proefdieren te gebruiken;</li> <li>• Onderscheid maken tussen een labjournaal, een onderzoeksverslag en een procesverslag.</li> </ul>
Systeembiologie (Systems biology)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De essentie van systeembio is kwantitatief achterhalen hoe moleculen, cellen, organellen, organen en organismen, populaties en ecosystemen in tijd en ruimte samenwerken om biologische processen te laten verlopen.</li> <li>• Deze aanpak betekent een methodologische doorbraak omdat er van een holistische benadering wordt uitgegaan. Dit in tegenstelling tot de reductionistische benadering, die gebruikelijk is in de natuurwetenschappen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leerlingen uitleggen wat de essentie van het verschil is tussen systeembio en empirisch onderzoek;</li> <li>• Termen als genomics en metabonomics duiden en het belang daarvan benoemen voor bijvoorbeeld farmaceutisch onderzoek;</li> <li>• Uitleggen waarom een systeem meer is dan de som van de afzonderlijk te bestuderen delen.</li> </ul>

### **Domein 3: biologische kennis in voor leerlingen relevante contexten**

De kennisbasis voor dit domein kan als volgt verwoord worden:

#### **1: De schoolvakbekwame leraar heeft kennis van voor leerlingen relevante contexten waarin de onder paragraaf 2.1 genoemde concepten uitgewerkt kunnen worden.**

Het is belangrijk dat de schoolvakbekwame leraar weet welke contexten voor leerlingen relevant zijn en welke concepten binnen een context uitgewerkt kunnen worden. Door de CVBO worden drie categorieën contexten onderscheiden: leefwereld-, beroeps- en wetenschappelijke contexten. Een lerarenopleiding op hbo-Bachelor niveau leidt op voor een tweedegraads bevoegdheid, waarmee in de gehele onderbouw van het voortgezet onderwijs, de bovenbouw van het vmbo en het bve-velde lesgegeven mag worden. Voor deze leerlingenpopulatie zijn vooral de leefwereld- en beroepscontext van belang, zoals is aangegeven in de tabel op pagina 32, overgenomen van pagina 25 van de leerlijn biologie van 4-18 jaar.

De CVBO geeft de volgende richtlijnen voor de keuze van contexten:

- De leefwereldcontexten moeten contexten zijn waar leerlingen aan deelnemen, of waarop zij zich binnen afzienbare tijd oriënteren of op deelname voorbereiden;
- De beroepscontexten (en wetenschappelijke contexten) moeten gezamenlijk representatief zijn voor de contexten waarin zij in het aansluitende vervolgonderwijs voor kunnen worden opgeleid;
- In de contexten moeten één of meer van de voor de betreffende groep leerlingen geselecteerde biologische concepten kunnen worden uitgewerkt;
- Voorbeelden van contexten bevinden zich bij voorkeur dicht bij de school, zodat een regionale verankering mogelijk wordt;
- De contexten zijn zodanig te didactiseren dat de beoogde doelstellingen realiseerbaar zijn.

#### **2: Het (her)kennen van criteria voor de keuze van contexten behoort tot de kennisbasis van de schoolvakbekwame biologieleraar.**

De uitwerking van domein 3 is vooral een opdracht voor materiaalontwikkelaars van de afzonderlijke lerarenopleidingen biologie. Zowel in de uitwerking van de vakinhoudelijke kennisbasis (kolom 3 van het 9-velden model) als in de vakdidactiek (kolom 2; Kennis van leren en onderwijzen) kunnen studenten zich het werken vanuit contexten eigen maken. Daarvoor zal een aanbod ontwikkeld moeten worden. Een eerste aanbod van door BOS-scholen ontwikkeld materiaal wordt momenteel door de CVBO aangeboden voor de verschillende vormen van voortgezet onderwijs (zie: <http://www.nibi.nl/articles/view/94>). Het ligt voor de hand dat studenten hiermee leren werken en hieraan wellicht ook bijdragen gaan leveren.



**Tabel 4.1**

**Typen contexten die van belang zijn voor leerlingen in de verschillende segmenten van de onderwijskolom.**

	Basis- onderwijs	Onderbouw vmbo	Onderbouw havo/vwo	Bovenbouw vmbo	Bovenbouw havo	Bovenbouw vwo
Leefwereldcontexten	X	X	X	X	X	X
Beroepscontexten						
• toepassingscontexten	0	0	0	X	X	x
• technologische contexten		0	0	x	X	X
Wetenschappelijke Contexten						
• toegepast wetenschappelijke contexten			0		x	X
• fundamenteel wetenschappelijke contexten			0			X

0 = een eerste oriëntatie, minder prioriteit

X = nadruk op deze contexten, noodzakelijk in leefwereld of bij vervolgopleiding

x = minder nadruk op deze contexten, minder noodzakelijk bij vervolgopleiding

## 2.3 Vaardigheden

Het vaardigheidendomein van de kennisbasis noemt de vaardigheden die essentieel zijn om te werken met de concepten die in paragraaf 2.1 zijn genoemd. Dit zijn generieke vakvaardigheden. Of, wanneer we aanhaken bij de Angelsaksische literatuur<sup>8</sup>, “procedural knowledge”. Het begrip “procedural knowledge” wordt daar naast het begrip “conceptual knowledge” geplaatst vanuit de idee dat alleen de combinatie van beide tot afgeronde kennis leidt. Een schoolvakbekwame leraar zal, zo redenerend, over conceptuele en procedurele kennis moeten beschikken om als vakbekwaam gekarakteriseerd te kunnen worden. In de onderstaande opsomming worden algemeen natuurwetenschappelijke vaardigheden onderscheiden die ook van belang zijn voor aanpalende vakken zoals natuurkunde en scheikunde, en biologische vakvaardigheden die alleen van belang zijn voor een leraar biologie.

8. Zie onder andere: Millar, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (1994). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9 (2), 207-249.

Roberts, R. & Gott, R. (2000). Procedural understanding in biology: how is it characterised in texts? *School Science Review* 82 (298), 83-91.

## Domein 1: natuurwetenschappelijke vaardigheden

### De schoolvakbekwame leraar kan een:

1. Vraagstelling in een specifieke context analyseren, gebruikmakend van relevante begrippen en theorie, deze vertalen in een te operationaliseren onderzoeksvraag, dat onderzoek uitvoeren en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken;
2. Consistente redenering opzetten van zowel inductief als deductief karakter met gegevens van natuurwetenschappelijke aard;
3. Beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten en persoonlijke uitgangspunten;
4. Aantal voor het vak relevante rekenkundige en wiskundige bewerkingen correct en geroutineerd toepassen.

## Domein 2: biologische vakvaardigheden

### De schoolvakbekwame leraar kan:

1. Gevoelens en betekenissen duidelijk maken die bij hem of haar worden opgeroepen tijdens het omgaan met biologische eenheden en aandacht schenken aan de gevoelens en betekenissen die leerlingen daarbij uiten;
2. Een keuze maken of een standpunt bepalen ten aanzien van met biologische kennis verworven mogelijkheden op basis van afweging en de daarmee samenhangende maatschappelijke en ethische consequenties;
3. Op een verantwoorde manier omgaan met voor het vak relevante instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen;
4. Vakspecifieke taal en terminologie lezen, interpreteren en produceren, inclusief de daarbij inbegrepen formuletaal, conventies en notaties;
5. Redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven vorm van een biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom;
6. Redeneringen hanteren over de gevolgen van interne of externe veranderingen voor een levensgemeenschap of ecosysteem;
7. Redeneringen hanteren over de adaptieve voordelen van veranderingen die zich in de loop van de tijd hebben voorgedaan;
8. Onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uiteenzetten hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zich in stand houden en ontwikkelen.

## BIJLAGE 1 - INHOUDSOPGAVE VAN DE 8<sup>E</sup> EDITIE VAN *BIOLOGY* (CAMPBELL & REECE, 2008)

### 1. INTRODUCTION: Themes in the Study of Life

#### Unit One: The Chemistry of Life

2. The Chemical Context of Life
3. Water and the Fitness of the Environment
4. Carbon and the Molecular Diversity of Life
5. The Structure and Function of Large Biological Molecules

#### Unit Two: The Cell

6. A Tour of the Cell
7. Membrane Structure and Function
8. An Introduction to Metabolism
9. Cellular Respiration: Harvesting Chemical Energy
10. Photosynthesis
11. Cell Communication
12. The Cell Cycle

#### Unit Three: Genetics

13. Meiosis and Sexual Life Cycles
14. Mendel and the Gene Idea
15. The Chromosomal Basis of Inheritance
16. The Molecular Basis of Inheritance
17. From Gene to Protein
18. Control of Gene Expression
19. Viruses
20. Biotechnology
21. Genomes and Their Evolution

#### Unit Four: Mechanisms of Evolution

22. Descent with Modification:  
A Darwinian View of Life
23. The Evolution of Populations
24. The Origin of Species
25. The History of Life on Earth

#### Unit Five: The Evolutionary History of Biological Diversity

26. Phylogeny and the Tree of Life
27. Bacteria and Archaea
28. Protists
29. Plant Diversity I: How Plants Colonized Land
30. Plant Diversity II: The Evolution of Seed Plants
31. Fungi

### 32. An Introduction to Animal Diversity

33. Invertebrates
34. Vertebrates

#### Unit Six: Plant Form and Function

35. Plant Structure, Growth, and Development
36. Transport in Vascular Plants
37. Soil and Plant Nutrition
38. Angiosperm Reproduction and Biotechnology
39. Plant Responses to Internal and External Signals

#### Unit Seven: Animal Form and Function

40. Basic Principles of Animal Form and Function
41. Animal Nutrition
42. Circulation and Gas Exchange
43. The Immune System
44. Osmoregulation and Excretion
45. Hormones and the Endocrine System
46. Animal Reproduction
47. Animal Development
48. Neurons, Synapses, and Signaling
49. Nervous Systems
50. Sensory and Motor Mechanisms
51. Animal Behavior

#### Unit Eight: Ecology

52. An Introduction to Ecology and the Biosphere
53. Population Ecology
54. Community Ecology
55. Ecosystems
56. Conservation Biology and Restoration Ecology

## **BIJLAGE 2 - INHOUDSOPGAVE: 9<sup>E</sup> EDITIE VAN *LIFE* - *THE SCIENCE OF BIOLOGY* (SADAVA, HILLIS, HELLER & BERENBAUM, 2009)**

### **Part One: The Science of Life and Its Chemical Basis**

1. Studying Life
2. Small Molecules and the Chemistry of Life
3. Proteins, Carbohydrates, and Lipids
4. Nucleic Acids and the Origin of Life

### **Part Two: Cells**

5. Cells: The Working Units of Life
6. Cell Membranes
7. Cell Signaling and Communication

### **Part Three: Cells and Energy**

8. Energy, Enzymes, and Metabolism
9. Pathways that Harvest Chemical Energy
10. Photosynthesis: Energy from Sunlight

### **Part Four: Genes and Heredity**

11. The Cell Cycle and Cell Division
12. Inheritance, Genes, and Chromosomes
13. DNA and Its Role in Heredity
14. From DNA to Protein: Gene Expression
15. Gene Mutation and Molecular Medicine
16. Regulation of Gene Expression

### **Part Five: Genomes**

17. Genomes
18. Biotechnology
19. Differential Gene Expression in Development
20. Development and Evolutionary Change

### **Part Six: The Patterns and Processes of Evolution**

21. Evidence and Mechanisms of Evolution
22. Reconstructing and Using Phylogenies
23. Species and Their Formation
24. Evolution of Genes and Genomes
25. The History of Life on Earth

### **Part Seven: The Evolution of Diversity**

26. Bacteria and Archaea: The Prokaryotic Domains
27. The Origin and Diversification of Eukaryotes
28. Plants without Seeds: From Water to Land
29. The Evolution of Seed Plants
30. Fungi: Recyclers, Pathogens, Parasites, and Plant Partners

31. Animal Origins and the Evolution of Body Plans
32. Protostome Animals
33. Deuterostome Animals

### **Part Eight: Flowering Plants: Form and Function**

34. The Plant Body
35. Transport in Plants
36. Plant Nutrition
37. Regulation of Plant Growth
38. Reproduction in Flowering Plants
39. Plant Responses to Environmental Challenges

### **Part Nine: Animals: Form and Function**

40. Physiology, Homeostasis, and Temperature Regulation
41. Animal Hormones
42. Immunology: Animal Defense Systems
43. Animal Reproduction
44. Animal Development
45. Neurons and Nervous Systems
46. Sensory Systems
47. The Mammalian Nervous System: Structure and Higher Function
48. Musculoskeletal Systems
49. Gas Exchange
50. Circulatory Systems
51. Nutrition, Digestion, and Absorption
52. Salt and Water Balance and Nitrogen Excretion
53. Animal Behavior

### **Part Ten: Ecology**

54. Ecology and the Distribution of Life
55. Population Ecology
56. Interaction Ecology
57. Community Ecology
58. Ecosystems and Global Ecology
59. Conservation Biology

## Samenstelling redactie en legitimeringspanel

Over deze kennisbasis hebben acht lerarenopleidingen meegepraat die in het Centraal Register Opleidingen Hoger Onderwijs (CROHO) onder nummer 35301 geregistreerd zijn. Van ieder van deze acht opleidingen kwam de inbreng van de direct verantwoordelijke voor de opleiding.

### Redactieteam:

René Almekinders (Christelijke Hogeschool Windesheim)

Gertjan Martens (Hogeschool van Amsterdam)

Kitty Walravens (Fontys lerarenopleiding Tilburg)

Wieneke Lutgerhorst (Hogeschool Rotterdam)

Jeroen den Hertog (Hogeschool Utrecht)

Jaap van der Veen (Hogeschool Arnhem/Nijmegen)

### Legitimeringspanel

Marcel Kamp (voorzitter vereniging didactiek van de biologie)

Prof. Dr. Kerst Boersma (vakdidacticus biologie; voorzitter CVBO)

Leen van den Oever (directeur Nederlands Instituut voor Biologie (NIBI))

Jos van Koppen (sectievoorzitter Biologie, NVON)

Agnes van Diermen (docent)

Floor Vercauteren (docent; LWOO coördinator)

André Wubben (docent; sectie coördinator)

Joanne Kistemaker (docent LWOO)

Gijs van Andel (docent)

## Dankwoord

Deze kennisbasis is gelegitimeerd in twee rondes. De eerste ronde kreeg al snel het karakter van een veldraadpleging, waarbij recent afgestudeerde collega's die inmiddels ervaring hebben in het onderwijsveld, academici en vertegenwoordigers van de beroepsverenigingen NVON en NIBI ons voorzagen van waardevolle aanwijzingen. Wij willen hen daarvoor danken.

Deze aanwijzingen zijn verwerkt in de nu voorliggende kennisbasis en deze is op 15 oktober 2009 opnieuw gelegitimeerd. Tijdens die legitimering werden nog enkele aanbevelingen gedaan en spreekwoordelijke punten op de "i" gezet. Ook dit is verwerkt. Hierna heeft prof. dr. Boersma de resulterende kennisbasis nogmaals kritisch doorgelezen en voorzien van commentaar. Een aantal formuleringen is dankzij zijn kritische blik verder aangescherpt. De vakredactie kennisbasis biologie is dhr. Boersma daarvoor dankbaar.