

Eerstegraadslerarenopleiding

10  
voor  
de  
leraar



# Kennisbasis Biologie



versie maart 2018 | ingangsdatum studiejaar 2018-2019



## Voorwoord

Vanaf 2016 hebben lerarenopleiders over de volle breedte van de lerarenopleidingen in verschillende fases met veel enthousiasme gewerkt aan de herijking van de 60 kennisbases die sinds 2008 ontwikkeld zijn. Voor u ligt het mooie resultaat van de gezamenlijke inspanningen.

De kennisbases zijn herijkt op zowel de inhoud, het niveau als de breedte van de vakkennis. Daar waar mogelijk is samenhang aangebracht tussen de kennisbases die een inhoudelijke en vakoverstijgende verwantschap hebben. De inhoud van elke kennisbasis is uiteindelijk gevalideerd door het werkveld en externe inhoudelijke deskundigen. Het resultaat is in overeenstemming met landelijke eisen.

De lerarenopleidingen kunnen tevreden terugkijken op een periode waarin zij veel hebben gediscussieerd, geschaafd en bijgesteld. Een periode waarin lerarenopleiders intensief hebben nagedacht over hun vak, de didactiek en het minimale niveau dat een startbekwame leerkracht moet beheersen. Met de inzet van zoveel betrokken mensen wordt dit eindresultaat breed gedragen.

Al deze activiteiten hebben ook nog iets anders opgeleverd. Het bracht collega's van diverse instellingen met elkaar in contact. Ze kregen gelegenheid om met vakgenoten te discussiëren en daarmee hun eigen expertise aan te scherpen. Ook de contacten met het werkveld zijn versterkt. De samenwerking geeft een impuls aan de betrokkenheid van de lerarenopleiders bij de kwaliteitsverbetering en hun professionalisering.

Permanente kwaliteitszorg is essentieel voor de maatschappelijke opdracht. De kennisbases leveren daarvoor de ijkpunten. Het zijn geen statische documenten. De kennisbases blijven met enige regelmaat bijstelling nodig hebben vanwege vakinhoudelijke veranderingen, pedagogisch-didactische eisen, maatschappelijke ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht. Dat houdt het gesprek over de inhoud van de lerarenopleidingen volop in leven en draagt daarmee bij aan de kwaliteitsslag die met het ontwikkelen van de kennisbases wordt beoogd.

De lerarenopleidingen weten elkaar beter te vinden en pakken uitdagingen gezamenlijk op. Hiermee dragen zij bij aan een goede opleiding voor de nieuwe generatie leraren en het onderwijs in Nederland.

Ik dank allen die hieraan hebben bijgedragen.

mr. Thom de Graaf,  
voorzitter Vereniging Hogescholen

# Inhoud

	<b>Voorwoord</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
	Algemene toelichting	4
	Verantwoording	4
	Beschrijving kennisdomeinen	4
	Redactie en validering	4
<b>2</b>	<b>Algemene toelichting</b>	<b>5</b>
	Versterken kenniscomponent	5
	Ontwikkeling kennisbases	5
	Herijking kennisbases	6
	Herijkingsproces	6
<b>3</b>	<b>Verantwoording</b>	<b>8</b>
	Toelichting en verantwoording	8
	Visie en gebruiksdoel	9
	Uitgangspunten	10
<b>4</b>	<b>Beschrijving kennisdomeinen</b>	<b>13</b>
	Opbouw kennisdomeinen	13
	Domein 1: Werken vanuit systeemconcepten en biologische denkvaardigheden	14
	Domein 2: Atomen en moleculen in de biologie	18
	Domein 3: Pro- en eukaryote cellen	23
	Domein 4: Weefsels, organen en orgaansystemen	29
	Domein 5: Organismen	31
	Domein 6: Ecosystemen	35
	Domein 7: Systeem aarde	43
	Domein 8: Vakdidactiek	46
	Domein 9: Kennis van verwante vakken	56
	Domein 10: Natuurwetenschappelijk (literatuur)onderzoek	58
<b>5</b>	<b>Redactie en validering</b>	<b>60</b>
	Redactieteam	60
	Valideringsgroep	60

# 1 Inleiding

Voor u ligt de herijkte kennisbasis van de eerstegraadslerarenopleiding Biologie. Deze kennisbasis beschrijft wat minimaal van een startbekwame leraar mag worden verwacht, zowel qua inhoud als het bijbehorende niveau, ongeacht de instelling waar de student is opgeleid. Het afnemende scholenveld en externe inhoudelijk deskundigen hebben bijgedragen aan de validering van deze kennisbasis.

Deze herijkte kennisbasis is geldig met ingang van het studiejaar 2018-2019 en is in eerste instantie bedoeld voor de lerarenopleiders zelf, maar ook voor hun studenten of externe belanghebbenden.

De kennisbasis is als volgt opgebouwd:

## Algemene toelichting

In het hoofdstuk *Algemene toelichting* is informatie opgenomen over de aanleiding, ontwikkeling, inhoud en herijking van de kennisbases.

## Verantwoording

In het hoofdstuk *Verantwoording* geeft het redactieteam van de kennisbasis een toelichting op de totstandkoming van de herijkte kennisbasis en legt het verantwoording af over de gemaakte keuzes.

## Beschrijving kennisdomeinen

In het hoofdstuk *Beschrijving kennisdomeinen* zijn de vakinhoudelijke en vakdidactische (sub)domeinen opgenomen evenals het minimale niveau waarop de student de (sub)domeinen moet beheersen.

## Redactie en validering

In het hoofdstuk *Redactie en validering* vindt u een overzicht van de redactie- en valideringsleden die betrokken zijn geweest bij de herijking van deze kennisbasis.



## 2 Algemene toelichting

### Versterken kenniscomponent

In de eerste jaren van dit millennium was er brede kritiek op de vakinhoudelijke en vakdidactische kwaliteit van de lerarenopleidingen. Als antwoord hierop presenteerde staatssecretaris Van Bijsterveldt in 2008 de nota *Krachtig meesterschap, kwaliteitsagenda voor het opleiden van leraren 2008-2011*. Een onderdeel van de kwaliteitsagenda betreft de verbetering van de vakinhoudelijke kwaliteit van de lerarenopleidingen. 'Het eindniveau van de opleidingen wordt duidelijk vastgelegd. Hiertoe ontwikkelen de opleidingen in samenwerking met het afnemende veld een gezamenlijke kennisbasis, eindtermen en examens'.

De gezamenlijke lerarenopleidingen hebben met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap afspraken gemaakt om de kenniscomponent binnen de opleidingen te versterken. Het systeem van kennisborging bestaat uit drie landelijke kwaliteitsinstrumenten: kennisbases, kennistoetsen en peer-review. Alle activiteiten zijn ondergebracht in het programma *10voordeleraar*, onder de paraplu van de Vereniging Hogescholen. Ruim duizend lerarenopleiders werken binnen kennisnetwerken gezamenlijk aan de kwaliteitsinstrumenten. Met elkaar bepalen en borgen ze het minimale eindniveau van een afgestudeerde student. Ook andere deskundigen maken onderdeel uit van de processen voor legitimatie en validatie.

### Ontwikkeling kennisbases

In de periode 2008-2011 hebben lerarenopleiders over de volle breedte van de hbo-lerarenopleidingen gezamenlijk de kennisbases ontwikkeld. Het afnemende scholenveld en externe inhoudelijk-deskundigen hebben bijgedragen aan de validering van de inhoud. In totaal zijn 62 kennisbases opgesteld. Na validatie van de kennisbases hebben de opleidingen hun onderwijsprogramma aangepast. Het kader van de kennisbases legt voor 80% de brede en gemeenschappelijke basis vast van wat in de opleiding aan bod komt. Daarbuiten is er ruimte voor een eigen profilering van de individuele instelling.

De kennisbases sluiten aan bij het hbo-niveau: NLQF, Dublin-descriptoren en hbo-kwalificaties. Dit betekent dat een afgestudeerde student een brede kennis moet hebben van het vakgebied waarin hij les gaat geven en dat hij boven de stof staat. Ook moet aandacht besteed worden aan de verwante of aanpalende vakken van het vakgebied, waarin later wordt lesgegeven. Voor de leraar in de bovenbouw havo en vwo betekent dit dat hij zijn leerlingen kan adviseren en wegwijzen maken in de mogelijke vervolgopleidingen die voortbouwen op zijn vak, kan aangeven wat de beroepsgerichte toepassingen (en de ontwikkelingen) van het vak zijn en dat hij zijn leerlingen voorbereidt op het (landelijke) examenprogramma. Daarnaast vormen de kennisbases de uitwerking van de wettelijke bekwaamheidseisen zoals vastgelegd in het beroepsregister leraar. De kennisbases bevatten daarmee de beschrijving van de

vakinhoudelijke, vakdidactische en pedagogische kennis én vaardigheden die een student moet beheersen op het moment van afstuderen.

Hoewel niet specifiek aangegeven in de kennisbases, heeft elke leraar een rol in taalgericht of taalontwikkelend vakonderwijs. Leerlingen zijn in vaklessen (vak)taal aan het verwerven, waarbij taalontwikkeling en begripsontwikkeling hand in hand gaan. Het betreft zowel *Dagelijkse Algemene Taalvaardigheid* (DAT) als *Cognitieve Academische Taalvaardigheid* (CAT). Taalgericht lesgegeven komt naar voren bij de gebruikte vakdidactische werkvormen en de taalgerichtheid van toetsen en beoordelen.

## Herijking kennisbases

Vakinhoudelijke veranderingen, maatschappelijke ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht maken het wenselijk dat iedere kennisbasis met enige regelmaat wordt beoordeeld op de inhoud en waar nodig wordt aangepast. Dit maakt ook deel uit van de afspraken met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. In het studiejaar 2015-2016 is gestart met het herijken van de oorspronkelijke kennisbases.

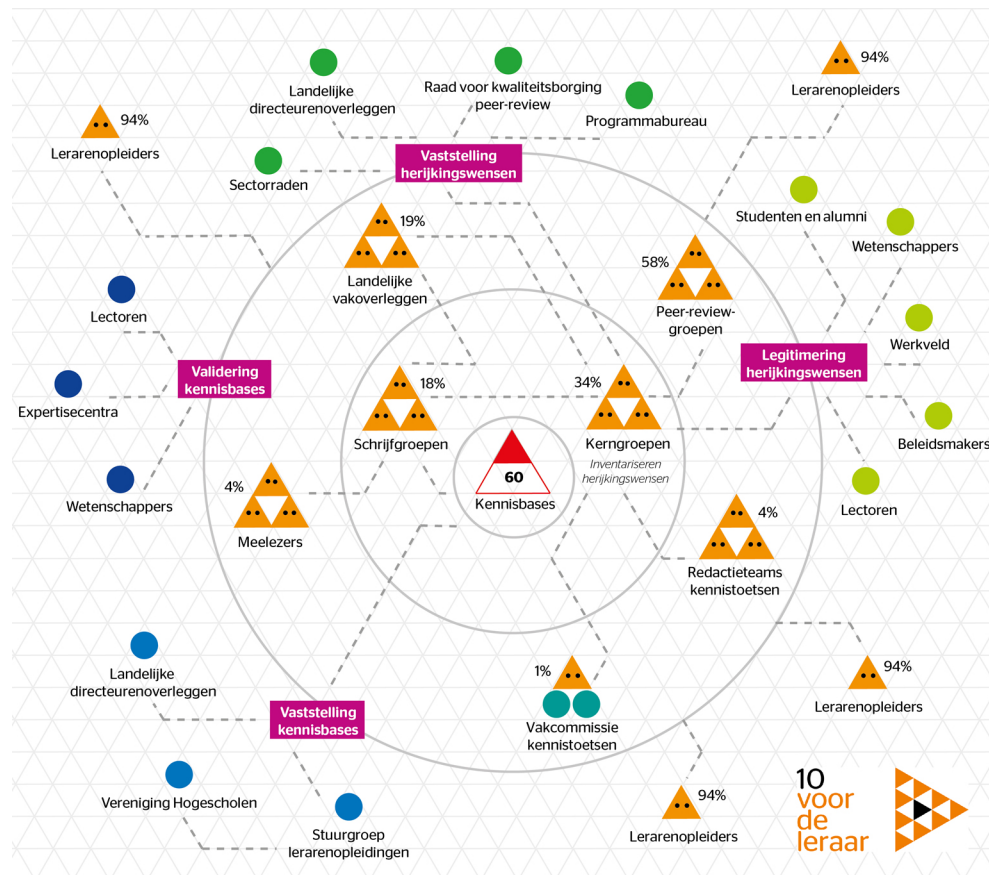
De kennisbases zijn door de lerarenopleidingen herijkt op inhoud en niveau. Ook is gekeken naar de breedte van de vakkennis, zodat de kennisbases het desbetreffende werkterrein (basisonderwijs, tweedegraadsgebied, eerstegraadsgebied) van de toekomstige leraar geheel dekken. Daar waar mogelijk is samenhang aangebracht tussen de kennisbases die inhoudelijk en vakoverstijgende verwantschap kennen. Daarnaast is de nadruk gelegd op de implementatie van een aantal (maatschappelijk) belangrijke vakoverstijgende thema's. De herijkte kennisbases zijn getoetst aan de laatste wetenschappelijke inzichten van het vak, de ontwikkelingen in het werkveld en veranderingen op het gebied van landelijk beleid.

## Herijkingsproces

Het herijkingsproces is zodanig vormgegeven dat iedereen die betrokken is bij een vak of opleiding gevraagd of ongevraagd mee kon denken, zodat er een breed draagvlak voor de kennisbasis bestaat. Lerarenopleiders vormden de spil bij het herijkingsproces.

Voor elke kennisbasis heeft de kerngroep bestaande uit lerarenopleiders van de verschillende instellingen de herijkingswensen geïnventariseerd en ter legitimatie voorgelegd aan relevante betrokkenen, waaronder alumni, lectoren, wetenschappers en/of beleidsmakers. Het definitieve herijkingsvoorstel is vastgesteld door een vaststellingscommissie, waar onder andere het landelijk overleg vakmasters (LOVM) deel van uitmaakte. Hun specifieke taak was erop toe te zien dat de vastgestelde procedure juist is gevolgd. Zo hebben ze bijvoorbeeld bekeken of alle belanghebbenden afdoende zijn gehoord en of de gemaakte keuzes voldoende zijn toegelicht.

Na vaststelling van het herijkingsvoorstel is de schrijfgroep aan de slag gegaan met het herschrijven van de kennisbasis. Onder leiding van het LOVM is het opgeleverde concept gevalideerd door vertegenwoordigers van het werkveld, van de wetenschap en van eventuele vakverenigingen. Na verwerking van de opmerkingen zijn de herijkte kennisbases met een positief advies van het LOVM door de Stuurgroep Lerarenopleidingen van de Vereniging Hogescholen bestuurlijk vastgesteld.



Betrokkenen bij het herijkingsproces kennisbases lerarenopleidingen.

## 3 Verantwoording

### Toelichting en verantwoording

Voor u ligt herijkte kennisbasis voor de hbo-masteropleiding tot eerstegraadsleraar biologie. Uitgangspunt en leidend bij deze herijking is de nadrukkelijke wens van het LOVM/ADEF om de inhoudelijke veranderingen die de herijkte kennisbasis heeft voor het curriculum te beperken tot gemiddeld 10%. Een tweede uitgangspunt is het door *10voordeleraar* geformuleerde '80/20-principe'. Dit betekent dat 80% van de inhoud die op de bekostigde lerarenopleidingen biologie aangeboden en getoetst worden identiek zijn. Wat overigens niet betekent dat ook het curriculum en de toetsing van al die opleidingen identiek zal zijn, maar wel dat afgestudeerden voor zeker 80% vergelijkbare kennis krijgen aangeboden tijdens hun opleiding. Over deze 80% gaat de kennisbasis, waarbij nog opgemerkt moet worden dat er voortgebouwd is op de herijkte kennisbasis van de bacheloropleiding.

De kennisbas van de bachelor is deels regulier weergegeven en deels cursief. De cursieve tekst geeft een verdiepend/verbredend gedeelte aan dat niet in de landelijke kennisbasistoets wordt getoetst, maar binnen de opleidingen. Aangezien er voor de masteropleidingen geen landelijke kennisbasistoets wordt aangeboden, is alle tekst voor de kennisbasis van de master regulier weergegeven. De teksten die **dik gedrukt** zijn geven de masteronderdelen van de kennisbasis aan.

### Ontwikkeling kennisbasis

In 2012 is voor vrijwel elke Nederlandse eerstegraadslerarenopleiding en dus ook voor de eerstegraadslerarenopleiding biologie een kennisbasis geformuleerd en vervolgens in de curricula van alle bekostigde opleidingen geïmplementeerd. Sinds 2012 is ook het landelijk overleg vakmasters gestart, waarbij opleidingen elkaars lesmateriaal (en de toetsing) bespreken om te borgen dat de kennisbasis daadwerkelijk is geïmplementeerd. Bij dit overleg is voor de eerstegraadslerarenopleidingen biologie ook elke keer een externe expert aanwezig.

De kennisbasis master biologie uit 2012 is formeel voor een periode van vijf jaar vastgesteld. Na vijf jaar wordt de kennisbasis vervolgens herijkt. Bij deze herijking wordt bekeken welke aanpassingen wenselijk zijn bijvoorbeeld als gevolg van maatschappelijke ontwikkelingen, ontwikkelingen binnen de opleidingen en binnen vakgebieden. Met de herijking is in de tweede helft van 2017 een start gemaakt. Er is in 2017 een herijkingsplan geschreven door vertegenwoordigers van de eerstegraadshbo-lerarenopleidingen biologie uit Tilburg en Utrecht (Jorik Arts en Werner Pauchli). Het herijkingsvoorstel is door het daartoe samengestelde panel uitvoerig bestudeerd, besproken van commentaar en advies voorzien en op basis daarvan bijgesteld. Vervolgens is het vastgesteld door een vaststellingscommissie in mei 2017.

Omdat de herijkte kennisbasis van de masteropleidingen een aanvulling vormt op de herijkte kennisbasis van de bacheloropleidingen, kon de schrijfgroep pas van start op het moment dat dit document werd opgeleverd (oktober 2017). Vanaf dat moment is een schrijfgroep van drie personen (Jorik Arts, Kirsten Jalvingh, Werner Pauchli) aan de slag gegaan om op basis van het herijkingsplan een nieuwe versie van de kennisbasis biologie te schrijven. De kennisbasis voor de eerstegraadslerarenopleidingen biologie is 15 december 2017 voorgelegd ter validatie aan een panel met daarin vertegenwoordigers uit de opleiding, wetenschap, werkveld, het LOVM en *10voordeleraar*.

## Visie en gebruiksdoel

De eerste versie van de bachelorkennisbasis ontving de afgelopen jaren de nodige kritiek vanuit de opleidingen. Voornaamste kritiekpunt was dat het een verzameling begrippen was die te sterk gekoppeld waren aan één specifiek handboek en dat de begrippen niet geoperationaliseerd waren in indicatoren met handelingswerkwoorden gerelateerd aan de cognitieve niveaus die we kennen uit de door Krathwohl (2002)<sup>1</sup> gereviseerde taxonomie van Bloom. In de bachelorkennisbasis is gehoor gegeven aan deze kritiek. Per subdomein zijn indicatoren geformuleerd die gelezen kunnen worden als geoperationaliseerde leerdoelen. Ook is een derde kolom in bachelorkennisbasis toegevoegd waarin voorbeelden worden gegeven van activiteiten die ontplooid kunnen worden om de indicatoren te bereiken. De voorbeelden zijn uiteraard niet uitputtend en ook niet voorschrijvend. Voor de masteropleidingen biologie geldt dat een bachelordiploma van de lerarenopleiding biologie als ingangseis geldt. Daarbij gaan de masteropleidingen er van uit dat studenten de bachelorkennisbasis beheersen. Om duidelijk te maken dat er binnen de masteropleidingen wordt voortgebouwd op de herijkte kennisbasis van de bachelor, is de bachelorkennisbasis integraal overgenomen en de concepten waarbij verdieping en/of verbreding wordt gezocht zijn in dikgedrukte teksten weergegeven.

## Vakinhoudelijke kennis

Wanneer het over de kennis gaat die binnen een opleiding wordt aangeboden is er vaak sprake van een 'wat', een 'hoe' en een 'waarom' vraag. Dit herijkingsvoorstel gaat nadrukkelijk over de 'wat' vraag. Over het 'hoe' en 'waarom' doen wij geen uitspraken. Met andere woorden, ieder van de instellingen mag, en zal, binnen de ruimte die op de opleiding voor het vakonderwijs beschikbaar is, een eigen indeling en verdeling ervan kiezen in de curricula. De in de kennisbasis genoemde leerstof kan daarbij worden aangeboden op een wijze die die instelling zelf prefereert en daarbij een eigen

---

1 Krathwohl, D.R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41-4, pp. 212-225.



profilering kiezen door bijvoorbeeld eigen onderwerpen toe te voegen, of onderwerpen uit de kennisbasis uitgebreider of juist breder te behandelen.

De gezamenlijke 80% betreft de disciplinekennis van de Biologie waarover een startbekwame eerstegraadsdocent Biologie dient te beschikken om te functioneren in de schooltypes waarvoor hij of zij bevoegd is (bovenbouw havo en vwo). Binnen die disciplinekennis kan enerzijds een kern van leerinhouden aangewezen worden die door elke eerstegrader beheerst moeten worden om een goed overzicht over het gehele vakgebied te verkrijgen en die op het niveau van beschrijven, toelichten en verklaren beheerst moeten worden. Verbreding en verdieping hebben dan betrekking op enerzijds beheersing op de hogere cognitieve niveaus en om leerinhouden die relevant zijn voor inzicht in het vak, maar die niet noodzakelijk zijn voor de dagelijkse onderwijspraktijk en de daarin gebruikte contexten.

### Vakdidactische kennis

De vakdidactische kennis die een afgestudeerde dient te bezitten kan grotendeels worden gekenschetst als handelingskennis. Deze wordt nauwelijks tot niet getoetst via tentamens maar juist via opdrachten waarbij een product of handeling in de praktijk inzichtelijk maakt in hoeverre de student deze kennis beheerst. Dit domein van de kennisbasis wordt dan ook vooral een opsomming van aspecten van de vakdidactiek van de biologie die aan de orde moeten komen gedurende de opleiding.

### Relatie met andere kennisbases

Er is geen overlap met de generieke kennisbasis vakmaster omdat onderzoek indirect bijdraagt aan onderwijsontwikkeling. Het draagt bij aan de groei van kennis over het vak en indirect aan de groei van kennis over vakdidactiek

De kennisbasis van de bachelor dient als uitgangspunt en is daarom volledig opgenomen in de kennisbasis van de master. Hierin wordt aangegeven welke onderdelen verdiepend aangeboden worden en welke onderdelen nieuw zijn binnen de master (borging van de doorgaande leerlijn).

### Uitgangspunten

In de herijkte kennisbasis zijn een aantal uitgangspunten leidend geweest.

1. De kennisbasis 'an sich' is een opsomming van (10) domeinen (met subdomeinen) met daaraan steeds gekoppeld een inhoudelijke beschrijving, niveaubeschrijving in termen van de (gereviseerde) taxonomie van Bloom (Krathwohl, 2002<sup>1</sup>) of Romiszowski (1999<sup>2</sup>) en een voorbeeld van de aard van de opdrachten die studenten voor dat domein kunnen krijgen.
2. De vakinhoudelijke kennisbasis is breed gedragen en gebaseerd op consensus tussen de instellingen die dit vak aanbieden.
3. Bij bijvoorbeeld de vakdidactiek wordt impliciet al verondersteld dat studenten natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen leren. Door leerlingen bij te brengen hoe een onderwerp leerprocessen bij leerlingen tot stand brengen, zullen ze ook zelf leren hoe de natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen werken. Dit zogenaamde dubbele bodem effect geldt ook voor typisch biologische denkwijzen zoals evolutionair en ecologisch denken, en op een abstracter niveau voor systeemdenken. Om die reden is 'systeemconcepten en denkvaardigheden' als eerste domein ook expliciet opgenomen in de kennisbasis.
4. Voor de domeinen van biologische kennis (domein 2 tot en met 7) kiezen we in navolging op de kennisbasis bachelor voor een indeling op zes biologische organisatieniveaus. Dit zijn de hoofdniveaus. De term die voor een hoofdniveau binnen het gehele herijkingsplan van *10voordeleraar* is afgesproken is 'domein'. Bijvoorbeeld, het organisatieniveau 'cel' is een domein. Binnen één domein worden subdomeinen onderscheiden. Bijvoorbeeld, 'celfysiologie' is een subdomein van het domein 'cel'.
5. Het indelen op organisatieniveau is niet nieuw en is herkenbaar voor iedere bioloog. Ook in de eerste versie van de kennisbasis (2009) was het biologisch organisatieniveau leidend bij de indeling maar werden de bij dat niveau behorende kernconcepten verdeeld over vijf systeemconcepten. Resultaat daarvan was een systeemmatrix met dertig cellen die soms goed en soms helemaal niet gevuld waren en waarbij sommige concepten op meerdere plaatsen terug te vinden waren. Voor de herijkte kennisbasis voor de tweedegraadslerarenopleiding Biologie is de systeemmatrix 'in elkaar geschoven'. Aangezien de kennisbasis voor de eerstegraadslerarenopleiding Biologie een voortzetting is op die van de bachelor wordt een zelfde werkwijze gebruikt voor de eerstegraads kennisbasis. Door bundeling van kernconcepten wordt zoveel mogelijk voorkomen dat vergelijkbare en aansluitende inhoud op heel verschillende of soms meerdere plaatsen in de kennisbasis terechtkomen.

---

1 Krathwohl, D.R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41-4, pp. 212-225.

2 Romiszowski, A.J. (1999). *Designing instructional systems: Decision making in course planning and curriculum design*. London: Routledge Falmer.



6. Na het eerste domein 'systeemconcepten en biologische denkvaardigheden' en de zes vakinhoudelijke domeinen die op organisatieniveau zijn gerangschikt, onderscheiden we kennis van de 'vakdidactiek' als achtste domein, de noodzakelijke 'kennis van verwante vakken' als negende domein en tot slot als tiende domein 'natuurwetenschappelijk (literatuur)onderzoek' waarin aandacht is voor wetenschapsfilosofie en waarbij stilgestaan kan worden bij zaken als nature of science en maatschappelijke besluitvorming.
7. We schrijven de kennisbasis op zo'n manier dat deze toegankelijk is voor zowel studenten als docenten binnen de opleidingen, betrokkenen uit het werkveld, maar ook voor meer officiële doeleinden zoals leerplanontwikkeling en accreditaties.

## 4 Beschrijving kennisdomeinen

### Opbouw kennisdomeinen

<b>Domein 1: Werken vanuit systeemconcepten en biologische denkvaardigheden</b>
Subdomein 1.1: Systeemdenken
Subdomein 1.2: Evolutionair denken
Subdomein 1.3: Ecologisch denken
Subdomein 1.4: Vorm-functie-denken
Subdomein 1.5: Kennisontwikkeling en toepassing
Subdomein 1.6: Beleven
<b>Domein 2: Atomen en moleculen in de biologie</b>
Subdomein 2.1: Atomen en 'eenvoudige' moleculen
Subdomein 2.2: Biologische macromoleculen
Subdomein 2.3: DNA en RNA
Subdomein 2.4: Eiwitten
<b>Domein 3: Pro- en eukaryote cellen</b>
Subdomein 3.1: Anatomie van de cel
Subdomein 3.2: Fysiologie van de cel
Subdomein 3.3: Celcommunicatie
Subdomein 3.4: Celcyclus
Subdomein 3.5: Celdood
<b>Domein 4: Weefsels, organen en orgaansystemen</b>
Subdomein 4.1: Anatomie en fysiologie van planten
Subdomein 4.2: Anatomie en fysiologie van dieren
<b>Domein 5: Organismen</b>
Subdomein 5.1: Systematiek en soortbegrip
Subdomein 5.2: Soortenkennis
Subdomein 5.3: Levenscycli en erfelijkheid
Subdomein 5.4: Evolutie
<b>Domein 6: Ecosystemen</b>
Subdomein 6.1: Organismale ecologie
Subdomein 6.2: Gedragsbiologie
Subdomein 6.3: Populaties
Subdomein 6.4: Levensgemeenschap
Subdomein 6.5: Ecosysteem

<b>Domein 7: Systeem aarde</b>
Subdomein 7.1: Theorieën over het ontstaan van de aarde, het leven en de macro-evolutie
Subdomein 7.2: Biosfeer
Subdomein 7.3: Biodiversiteit
Subdomein 7.4: Duurzame ontwikkeling
<b>Domein 8: Vakdidactiek</b>
Subdomein 8.1: Aard van de biologie als wetenschap, beroep en schoolvak
Subdomein 8.2: Leerstof-, lesopbouw en toetsing
Subdomein 8.3: Doorlopende leerlijn en samenhang met andere schoolvakken
Subdomein 8.4: Begripsontwikkeling
Subdomein 8.5: Karakteristieke denk- en werkwijzen in de natuurwetenschappen en techniek
Subdomein 8.6: Leefstijl
Subdomein 8.7: Leeromgeving
Subdomein 8.8: Ict in het biologieonderwijs
Subdomein 8.9: Professionele ontwikkeling en collegiale samenwerking
<b>Domein 9: Kennis van verwante vakken</b>
Subdomein 9.1: Rekenen, wiskunde en statistiek
Subdomein 9.2: Scheikunde
Subdomein 9.3: Natuurkunde
Subdomein 9.4: Aardrijkskunde (fysische geografie)
<b>Domein 10: Natuurwetenschappelijk (literatuur)onderzoek</b>
Subdomein 10.1: Natuurwetenschappelijk (literatuur)onderzoek

## Domein 1: Werken vanuit systeemconcepten en biologische denkvaardigheden

Tijdens zijn studie verwerft een student een breed scala aan kennis en vaardigheden zoals die onder andere in deze kennisbasis en de generieke kennisbasis verwoord zijn. Daarnaast heeft hij de nodige ervaring in de praktijk van het werkplekleren binnen de bacheloropleiding en mogelijk vanuit een baan in het onderwijs. Om eerste graadsleraar biologie te worden, is naast al deze kennis en vaardigheden het werken vanuit systeemconcepten en het verwerven en toepassen van bepaalde denkvaardigheden essentieel. Deze stellen een student in staat om vanuit de in dit domein benoemde denkvaardigheden diverse contexten te beschouwen. De genoemde systeemconcepten en denkvaardigheden liggen op een metacognitief niveau en zijn vaak niet direct



toetsbaar, maar worden wel verwacht door te klinken in werk en (didactisch) handelen van de student.

### Subdomein 1.1: Systemdenken

Ieder biologisch organisatieniveau is onderdeel van een groter geheel. Door te concentreren op delen wordt echter vaak het geheel uit het oog verloren. Het is zaak dat een student gedurende de opleiding leert de delen met het geheel te verbinden en tevens leert bewegen tussen de delen. Dit laatste wordt ook wel de Yo-Yo benadering genoemd (Knippels, 2002).

1. De student kan een onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uiteenzetten hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zichzelf in stand houden en ontwikkelen.
2. De student kan **verklaren hoe** verschillende organen en orgaanstelsels samenwerken en hoe de gezondheid daardoor wordt beïnvloed.

#### Didactische aanwijzingen

- Verklaren hoe de symptomen van cysteuze fibrose op organismaal niveau verklaard kunnen worden door afwijkende cellen, afwijkende eiwitten en afwijkende DNA-volgorden.
- Aangeven hoe ademhaling, bloedsomloop en spijsvertering samenwerken en gereguleerd worden om lichaamscellen te voorzien van voldoende zuurstof en voedingsstoffen.
- Uitleggen hoe omgevingsinvloeden via epigenetische factoren de erfelijkheid kunnen beïnvloeden.
- Relaties leggen tussen thema's uit de anatomie en fysiologie van mensen en dieren en waarden gedreven discussies rondom orgaandonaties in de maatschappij.
- Uitleggen welke invloed genetische variatie heeft op de overlevingskans van een populatie.

### Subdomein 1.2: Evolutionair denken

Al in 1973 werd opgemerkt, "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution" (Dobzhansky, 1973).

1. De student kan redeneringen hanteren waarmee biologische verschijnselen op verschillende organisatieniveaus verklaard worden met behulp van theorie over evolutiemechanismen.

#### Didactische aanwijzingen

- Causale (proximate) en functionele (ultimate) verklaringen voor een biologisch verschijnsel zoals nierwerking onderscheiden, hypothesen opstellen en aangeven hoe deze getoetst zouden kunnen worden.

### Subdomein 1.3: Ecologisch denken

1. De student kan redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat de gevolgen van interne of externe veranderingen in een levensgemeenschap of ecosysteem zijn op het gebied van duurzaamheid, natuurbescherming of biodiversiteit.

#### Didactische aanwijzingen

- Beargumenteren wat de effecten van de introductie van toppredatoren in een natuurgebied kunnen zijn op bijvoorbeeld de biodiversiteit in dat gebied, maar ook op de perceptie en waardering van het publiek voor dat gebied en daarmee de maatschappelijke waarde.
- Uitleggen in welke mate een ingreep in een natuurgebied gebaseerd is op betrouwbare natuurwetenschappelijke kennis en welke criteria voor betrouwbaarheid gehanteerd worden.

### Subdomein 1.4: Vorm-functie-denken

1. De student kan redeneringen hanteren waarbij van biologische objecten op verschillende organisatieniveaus vanuit een gegeven vorm naar een bijbehorende functie wordt gezocht en andersom.

#### Didactische aanwijzingen

- Onderzoeken wat de overeenkomsten in vorm zijn van zeezoogdieren, vissen en vogels die onder water jagen.
- Inzicht tonen in hoe biologische kennis over vorm en functie wordt toegepast bij het ontwerpen van biomimicry.

### Subdomein 1.5: Kennisontwikkeling en toepassing

1. De student kan uitleggen op welke wijze en volgens welke criteria natuurwetenschappen betrouwbare kennis ontwikkelen, en wat de aard van deze kennis is.

**Bij de uitleg verwijst de student naar belangrijke stromingen zoals rationalisme, empirisme, inductivisme, positivisme, logisch positivisme, falsificationisme (kritisch rationalisme), relativisme, mechanicisme, reductionisme en vitalisme en naar belangrijke denkers in dit veld: Popper, Lakatos en Kuhn.**

2. De student kan uitleg geven over status en betrouwbaarheid van theorieën door in te gaan op bijvoorbeeld (i) de status van theoretische entiteiten (het wetenschappelijk realisme en het antirealisme), (ii) het demarcatieprobleem in formulering van een criterium om wetenschap te onderscheiden van niet-wetenschap of pseudowetenschap, (iii) het inductieprobleem (David Hume).

3. De student kan uitkomsten van onderzoek kritisch beoordelen door bijvoorbeeld in te gaan op onderscheid tussen oorzaak en correlatie, modellen voor verklaring, processen op een lager integratieniveau (reductionisme), inductieve en deductieve redeneringen, drogredenen en analytische en synthetische uitspraken.
4. De student kan van actuele ontwikkelingen in biologische kennis en toepassingen aangeven wat de kern is van deze vernieuwing, in hoeverre dat huidige biologische verklaringen aanvult en wat mogelijke vooruitzichten zijn.
5. De student kan uitleggen op welke manier wetenschap wordt beoefend en dat sprake is van een sociaal en creatief proces (dus niet vastgelegd in vast protocol) dat wordt beïnvloed door de sociale en culturele context.
6. De student kan de rollen beschrijven die mentale en mathematische modellen spelen in de wetenschap: verklaren, exploreren, uitleggen en voorspellen.
7. De student kan de beperkingen en voordelen benoemen van het gebruik van modellen.
8. De student kan maatschappelijke discussies en ethische vraagstukken met een biologische achtergrond **herkennen en bespreekbaar maken door in te gaan op keuzes die aan de orde zijn (benaderd vanuit bijvoorbeeld doelethiek en waarde ethiek en/of filosofische stromingen)**, kennis die hierbij een rol speelt, waardoor mensen hierover van mening verschillen, **wat voor soort** argumenten worden gehanteerd en welke belangen er spelen.

#### Didactische aanwijzingen

In lessen wordt aandacht besteed aan kwesties rond:

- Uitbreiding van genetische testen
- Gedragsbeïnvloeding via medicatie
- Regulatie van GMO's (GMO: genetically modified organism)
- **Nature of science**
- **Primaire literatuur**
- **Modelleren**
- **Kenmerken van pseudowetenschap**

#### Subdomein 1.6: Beleven

De student kan gevoelens en betekenissen expliciteren die worden opgeroepen door het omgaan met de natuur of in de natuur voorkomende objecten en daarbij aandacht schenken aan de gevoelens en betekenissen van anderen.

#### Didactische aanwijzingen

- Er bij de voorbereiding en uitvoering van een veldwerkactiviteit of excursie naar een dierentuin rekening mee houden dat leerlingen ook tijd en aandacht hebben voor de beleving van de activiteit en niet alleen voor de opdrachten of het instrumentarium.

- Bij een dissectiepracticum rekening houden met de emoties die leerlingen kunnen hebben wanneer zij met organismen of organen van dierlijke herkomst werken.
- Rekening houden met de levensbeschouwelijke achtergrond van leerlingen wanneer bepaald biologisch materiaal wordt gebruikt of getoond.

## Domein 2: Atomen en moleculen in de biologie

Het leven heeft een moleculaire basis. Zo zijn moleculen de bouwstenen waaruit de cellen van organismen zijn opgebouwd en het vermogen tot vorming van (hoogenergetische) moleculen is de basis van al het levende. Ten tweede spelen moleculen zoals nucleïnezuren een centrale rol bij het vastleggen en tot expressie brengen van de informatie die ieder organisme in zich draagt en die nodig is om alle levensfuncties uit te voeren en zich voort te planten. Ten derde is, voor een volledig begrip van een ecosysteem, kennis nodig van de moleculen die zich in kringlopen tussen organismen verplaatsen en de reacties die daarbij een rol spelen.

### Subdomein 2.1: Atomen en 'eenvoudige' moleculen

Moleculen zijn opgebouwd uit atomen die beschreven kunnen worden door atoommodellen. De basis van al het levende wordt gevormd door het vastleggen van energie in complexe moleculen die voornamelijk bestaan uit verbindingen van koolstof, waterstof, zuurstof, stikstof, fosfor en zwavel. Levensprocessen kunnen worden verricht door gecontroleerde ontbinding van deze hoogenergetische (complexe) moleculen. Atomen en moleculen bewegen voortdurend (bewegingen van Brown) en dit leidt tot de netto verplaatsing van moleculen van een hoge concentratie naar een lage concentratie (diffusie). Bovendien trekken moleculen elkaar aan. De diffusie van een oplosmiddel zoals water, van een lage naar een hoge concentratie opgeloste deeltjes noemen we osmose.

1. De student kan atomen beschrijven op basis van het atoommodel van Bohr.
2. De student kan het verband leggen tussen atoombouw van o.a. C, H, O, N, P en S-atomen en het aantal bindingen dat deze aangaan.
3. De student kan veel voorkomende chemische bindingen onderscheiden (covalent, polair covalent, ion, van der Waals) en moleculaire interacties (H-bruggen, dipool, geladen deeltjes, hydrofobe interacties).
4. De student kan de opbouw in molecuulformules weergeven en de functie benoemen van in de biologie veel voorkomende eenvoudige moleculen en ionen zoals  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  en  $PO_4^{3-}$ .
5. De student kan de betekenis van zuren, basen en buffers in biologische systemen benoemen.
6. De student kan de rol van diffusie gebruiken om te verklaren hoe transport van stoffen in het organisme plaatsvindt.

7. De student kan de rol van osmose gebruiken om te verklaren hoe de verplaatsing van water in een organisme plaatsvindt.
8. De student kan in een reactieketen de overdracht van elektronen weergeven met behulp van een redoxvergelijking en gebruikt daarbij begrippen als gereduceerd en geoxideerd, oxidatie en reductie, reducerend vermogen en oxidatiemiddel.
9. De student toont inzicht in de factoren waarvan de diffusiesnelheid afhankelijk is (wet van Fick) en toelichten dat dit heeft geleid tot een groot scala aan oppervlakte-vergrotende aanpassingen en aanpassingen met betrekking tot het handhaven van concentratieverschillen.

#### Didactische aanwijzingen

- Bouwen van diverse molecuulmodellen met behulp van bouwdozen.
- Uitvoeren en binnen een les 'arrangeren' van demonstraties en eenvoudige practica die diffusie zichtbaar maken voor leerlingen.
- Voorspellen hoe de morfologie van een cel (bijvoorbeeld van een rode ui) verandert nadat deze gelegd is in een zoutoplossing van hoge of lage concentratie.
- Ervaren van osmose door middel van een spel, bijvoorbeeld 'osmo-gooien'.
- Tekenen van een stripverhaal van de elektronentransportketen.

### Subdomein 2.2: Biologische macromoleculen en vetten

De drie macromoleculen waaruit alle organismen zijn opgebouwd zijn polysachariden, eiwitten en nucleïnezuren. Daarnaast zijn vetten van groot belang. Assimilatie en dissimilatie van deze moleculen vindt voortdurend plaats. Nucleïnezuren zijn tevens de drager van de erfelijke informatie.

1. De student kan op basis van hun structuurformule de drie typen macromoleculen (polysachariden, eiwitten en nucleïnezuren) en vetten herkennen en beschrijven.
2. De student kan in reactievergelijkingen en met behulp van structuurformules de opbouw en afbraak van macromoleculen en vetten in condensatie- en hydrolysereacties beschrijven.
3. De student kan diverse polysachariden vergelijken en de verschillen in samenstelling en structuur benoemen.
4. De student kan de bouw en functie van cholesterol, onverzadigde, verzadigde en transvetten in bijvoorbeeld het celmembraan benoemen en de relatie leggen tussen de vetzuursamenstelling van oliën en vetten en gezondheid.
5. De student kan het verschil tussen primaire, secundaire, tertiaire en quaternaire structuur van eiwitten benoemen en daaraan gekoppeld de structuur van een eiwit relateren aan zijn functie.
6. De student kan de verschillen benoemen tussen de fosfolipiden in de membranen van Archaea (etherverbindingen) en Bacteria en Eukarya (esterverbindingen) en inzicht tonen in hoe dit gegeven gebruikt kan worden om de samenstelling van een microbiom te bepalen.



### Didactische aanwijzingen

- Vergelijken en de verschillen in samenstelling en structuur benoemen van polysachariden zoals glycogeen, cellulose, amylose, pectine en chitine.
- Nabouwen van macromoleculen met bouw materiaal zoals lego of aminozuur, nucleotide en suikerbouwstenen.
- Online games: de game “fold-it” spelen en op basis hiervan het vouwen van eiwitten kunnen uitleggen.
- Bestuderen van de bouw en reacties van de verschillende macromoleculen.

### Subdomein 2.3: DNA en RNA

Watson en Crick beschreven in 1953 de structuur van DNA. In de decennia daarna zijn DNA en RNA centraal komen te staan in de biologie. Met name het onderzoek aan DNA en de daaraan gekoppelde toepassingen en de discussies over die toepassingen spelen een prominente rol in leefwereld, beroepswereld en onderzoekcontexten. Drie aspecten zijn van belang: DNA en RNA coderen via transcriptie en translatie voor de polypeptiden waaruit eiwitten worden gevormd; DNA wordt gerepliceerd in de cel(kern); en DNA wordt tijdens celdeling en reproductie van cel naar cel overgebracht. Op deze manier wordt informatie binnen biologische systemen doorgegeven.

1. De student kan DNA en RNA vergelijken en de verschillen in bouw en functie van deze macromoleculen benoemen.
2. De student kan benoemen dat het DNA met nucleosomen en verschillende andere eiwitten chromatine vormt.

**De student kan structuur van eukaryote chromosomen beschrijven en de rol van histonen benoemen. Ook kan de student de regulatie van eukaryote chromosoomstructuur uitleggen.**

3. De student kan benoemen dat diploïde organismen voor elk gen twee allelen bezitten die hetzelfde kunnen zijn maar ook van elkaar kunnen verschillen en dat deze eigenschap effect kan hebben op het fenotype.

**De student kan verklaren hoe een fenotype tot stand komt door de interactie tussen het genotype, milieufactoren en epigenetische factoren.**

4. De student kan verschillende typen RNA (mRNA, tRNA en rRNA) met verschillende functies benoemen.
5. De student kan het centrale dogma van de moleculaire biologie (Crick, 1970<sup>1</sup>) dat stelt dat informatie overgedragen kan worden van nucleïnezuren (DNA en RNA) naar eiwitten, maar niet andersom, benoemen voor prokaryoten en eukaryoten en daarbij de begrippen transcriptie, initiatie, elongatie, terminatie, splicing, intron, exon, mRNA, translatie, ribosoom en polypeptide gebruiken.

1 Crick, F. (1970). Central Dogma of Molecular Biology. Nature 227, 561-563.

6. De student kan verklaren wat het effect op het DNA en de uiteindelijk gevormde polypeptiden is van mutaties zoals substituties, inversies, inserties en deleties en hoe deze mutaties relateren tot genetische variatie en evolutie.
7. De student kan benoemen dat naast de drie bekende typen RNA (zoals genoemd in 1.3.4.) een groeiende verscheidenheid aan typen RNA wordt beschreven met vooral een regulerende functie **zoals bij RNAi en bij CRISPR Cas.**
8. De student kan uiteenzetten hoe de moleculaire processen waarbij een DNA-molecuul wordt gekopieerd of gerepareerd in hun werk gaan en welke eiwitten en enzymen daarbij betrokken zijn.
9. De student kan uitleggen op welke vlakken transcriptie en translatie verschillen tussen pro- en eukaryoten.  
**De student kan aan de hand van moleculaire kaarten en genetische koppelingskaarten de structuur van prokaryote chromosomen en plasmiden beschrijven en hoe dat afwijkt van eukaryoten.**
10. De student kan verklaren hoe de expressie van genen **op meerdere niveaus** wordt gereguleerd (**DNA structuur/epigenoom, transcriptie, translatie**), door transcriptiefactoren **en andere DNA- en RNA-bindende eiwitten waarbij in wordt gegaan op de manier waarop deze eiwitten binden aan specifieke nucleotidesequenties en vaak ook aan andere eiwitten**, en dat een verstoorde regulatie kan leiden tot diverse gezondheidsproblemen waaronder ook het ontstaan van kanker.
11. De student kan uitleggen dat de 'epigenetica' bestudeert hoe informatie anders dan de genetische code, **zoals DNA-methylatie, heterochromatinevorming, histon-methylatie, -acetylatie, of -fosforylatie een rol spelen bij het wel of niet tot expressie komen van genen, en weet daarvan voorbeelden te benoemen.**
12. De student kan uitleggen wat de relatie is tussen gecontroleerde genexpressie **door onder andere in te gaan op de rol van hox-genen** en differentiatie in meercellige organismen.
13. De student kan inzicht tonen in genomics: **uitleg geven** bij het brede spectrum van onderzoekstechnieken die gebruikt worden om inzicht te krijgen in de opbouw en de werking van het erfelijk materiaal van planten, dieren en micro-organismen **en die toegepast worden in maatschappelijke activiteiten zoals forensisch onderzoek, productontwikkeling en diagnostiek** door in te gaan op bijvoorbeeld **het gebruik van cDNA in genenbanken, microarrays, genetische modificatie en genetisch gemodificeerde organismen en daarbij te reflecteren op de rol hiervan in wetenschap en maatschappij.**
14. De student kan uitleggen hoe natuurlijke selectie en genetic drift de samenstelling van het genoom kunnen beïnvloeden waarbij aandacht is voor synonieme en niet synonieme mutaties, moleculaire klok, neutrale en bijna-neutrale mutaties, hitchhiking en selective sweeps.

### Didactische aanwijzingen

- Opdrachten ontwerpen en uitvoeren waarbij door middel van het aflezen van een code van DNA een antwoord wordt gegeven op een vraag, bijvoorbeeld bij het opsporen van daders van een misdrijf in forensisch onderzoek.
- Kralenkettingen waarbij elke kraal overeenkomt met een aminozuur vertalen naar mRNA en DNA en andersom vanuit DNA een bijpassende ketting rijgen.
- Een bio-informaticapracticum uitvoeren waarin een vergelijking gemaakt wordt tussen verschillende aminozuursequenties.
- De game “eterna” gebruiken die gaat over het vouwen van RNA.
- Het boekje ‘Genetica in beweging’ (Domis-Hoos, Kapteijn en Boerwinkel, 2012) bevat een breed scala aan didactische opdrachten die van betekenis kunnen zijn in dit subdomein, zie ook [www.nvon.nl/genetica](http://www.nvon.nl/genetica).
- Uitleggen van translatie met behulp van een zelfgemaakte film.
- Een practicum PCR en gel-elektroforese uitvoeren.
- Een bezoek brengen aan, of laten brengen door, een reizend DNA-lab.
- Bezoek van/aan een veredelingsfirma, ingebed in een lessenserie over een beroepscontext van een analist in een dergelijk bedrijf.
- Inventarisatie van toepassingen van DNA-technologie in diverse sectoren, bijvoorbeeld gezondheidszorg, landbouw en voedselproductie waarbij bij deze laatste voorbeelden ook ingegaan wordt op de overeenkomsten en verschillen in de klassieke en moderne biotechnologie.
- **Biologische concepten rondom genregulatie herkennen en verklaren in (populair) wetenschappelijke publicaties.**
- **Debatteren over het gebruik van biotechnologische technieken en het genetisch modificeren van organismen en het debat kunnen analyseren op bijvoorbeeld aannames, misconcepten en belangen**

### Subdomein 2.4: Eiwitten

Hoewel DNA de informatiedrager is, zijn het uiteindelijk de eiwitten die de belangrijkste functies in een levende cel en dus ook in een organisme vervullen. Eiwitten regelen gezamenlijk vrijwel alle processen in levende cellen. De meeste eiwitten, bijvoorbeeld enzymen, hebben specifieke bindingspartners. Maar, bijvoorbeeld ubiquitine dat betrokken is bij de afbraak van eiwitten, heeft een universele functie. Sinds 2004 is proteogenomics waarbij proteomics gecombineerd wordt met genomics, een belangrijk onderzoeksthema.

1. De student kan de primaire structuur van een (deel van een) eiwit afleiden uit een gegeven nucleotidenvolgorde.
2. De student kan eiwitten als enzymen, receptoren, pigmenten, transporteiwitten, antilichamen en hormonen onderscheiden op basis van hun functie en het type interactie dat ze aangaan in een organisme.
3. De student toont inzicht in hoe een structurele mutatie in het DNA kan leiden tot gewijzigde eiwitten die de veroorzaker kunnen zijn van bepaalde erfelijke aandoeningen (bijvoorbeeld taaislijmziekte).

4. De student kan de belangrijkste functies van eiwitten benoemen **en toelichten**:
  - a. katalyseren van chemische reacties (enzymen) **volgens enzymkinetiek (Michaelis Menten) waarbij Vmax en Km belangrijke grootheden zijn**;
  - b. overbrengen van signalen van de buiten- naar de binnenkant van de cel of zelfs de celkern (hormoon-receptor complexen);
  - c. zorgen voor structuur en beweging van cellen;
  - d. transporteren van ionen en moleculen;
  - e. zorgen voor osmotische waarde in weefsels;
  - f. zorgen voor gereguleerde afbraak van eiwitten via het ubiquitine-proteasoom systeem;
  - g. zorgen voor correcte vouwing van eiwitten (als chaperone-eiwitten);
  - h. mediëren van zowel aspecifieke als specifieke immuunreacties;
  - i. reguleren van genexpressie (transcriptie factoren);
  - j. reguleren van geprogrammeerde celdood.
5. De student kan **uitleggen hoe** moleculair biologische en biotechnologische technieken waarbij de vorming van eiwitten wordt gestimuleerd of geremd door aanpassingen aan het DNA, **werken en hoe ze worden ingezet voor** bijvoorbeeld 'knock-out' of 'knock-in' technieken en zich **een beargumenteerde mening** vormen over wenselijkheid en toelaatbaarheid van dergelijke toepassingen.
6. De student kan **uitleggen hoe** bepaalde eiwitten en RNA moleculen de genexpressie reguleren door zich aan het DNA te binden en dat dit ook van belang is in de epigenetica.
7. De student kan **uitleggen hoe** polypeptides in chaperonne-eiwitten (HSP's) hun uiteindelijke vorm krijgen en dat proteasomen een rol spelen bij de afbraak van verkeerd gevouwen eiwitten waarbij **gereguleerde ubiquitinering** een belangrijke rol speelt.

#### Didactische aanwijzingen

- Een kralenketting van aminozuren maken op grond van een gegeven DNA-sequentie.
- Bepalen van de aminozuurvolgorde die gemaakt kan worden uit een gegeven basenvolgorde met behulp van een codontabel waarbij aangeven wordt wat het effect kan zijn van deleties, inserties, inversies en substituties.
- Spelen van de game "fold-it" en zo het vouwen van eiwitten leren begrijpen.
- Journal-club: In PubMed of Google Scholar een recent artikel over eiwitfuncties zoeken, dit lezen en analyseren en vervolgens uitleggen aan studiegenoten.

### Domein 3: Pro- en eukaryote cellen

De cel is de kleinste eenheid van zelfstandig leven en de bouwsteen van meercellig leven. De meeste levensvormen bestaan uit niet meer dan één cel en de overgrote meerderheid van die eencellige levensvormen zijn prokaryoten. Binnen iedere cel vinden tal van processen plaats. De anatomie van pro- en

eukaryote cellen en de fysiologie van die cellen zijn het onderwerp van dit domein. De eencellige als organisme valt binnen het domein 'organismen'.

### Subdomein 3.1: Anatomie van de cel

De cel is de kleinste eenheid van zelfstandig leven. Daarnaast komen in meercellige organismen meer of minder vergaande samenwerkingen tussen cellen voor. Elke cel wordt aangestuurd vanuit het in de cel aanwezige DNA, RNA en eiwitten. In prokaryote cellen ligt het erfelijk materiaal los in het cytoplasma en vinden ook alle celprocessen binnen dit cytoplasma plaats. Eukaryote cellen kennen diverse celorganellen die een inhoud hebben die door membranen van het cytoplasma gescheiden is. Sommige organellen, bijvoorbeeld chloroplasten, zijn specifiek voor diverse groepen organismen. Naast organellen bevatten eukaryote cellen complexe structuren, met name het cytoskelet.

1. De student kan de bouw van **bacteriën** benoemen en **vergelijken met Archaea** en daarin onderscheiden: celwand (grampositief en gramnegatief), plasmamembraan, plasma en actineskelet, nucleoïde, ribosomen, plasmide, pilus/pili, fimbriae, flagel(len), endospore en eventuele insluitsels.
2. De student kan drie algemene vormen van bacteriën herkennen: bolvorm (coccus), staafvorm (bacillus) en spiraalvorm (spirillum) alsmede pleomorfisme.
3. De student kan de gegeneraliseerde opbouw van een eukaryote planten- en dierencel benoemen en daarin het volgende onderscheiden:
  - a. celmembraan, celwand en extracellulaire matrix;
  - b. endomembraansysteem (endoplasmatisch reticulum, golgi systeem en diverse blaasjes);
  - c. ribosomen;
  - d. celorganellen (mitochondriën en plastiden);
  - e. cytoskelet.
4. De student kan gebruik maken van het vloeibaar mozaïekmodel, **en daarbij gebruik maken van de kenmerken van specifieke fosfolipiden en membraaneiwitten** om de bouw en werking van celmembranen **uit te leggen**.
5. De student kan de manieren waarop cellen met elkaar verbonden en gescheiden zijn onderscheiden en benoemen met inbegrip van de rol die celmembraan en extracellulaire matrix daarbij spelen.
6. De student kan gebruik maken van een lichtmicroscop om cellen te bestuderen.
7. De student kan de werking en beelden van onder andere de reguliere lichtmicroscop, **dark-field en fasecontrast microscoop** vergelijken met die van **scanning en transmissie** elektronenmicroscopen en kan de voor- en nadelen van de verschillende typen microscopen benoemen.
8. De student toont inzicht in het waarom naast de gangbare lichtmicroscopen een breed scala aan gespecialiseerde microscopen en beeldvormende technieken noodzakelijk is voor wetenschappers die cellen bestuderen.



9. De student kan uitleggen op welke wijze eiwitten in een eukaryote cel naar de juiste locatie in de cel en celorganel worden gesorteerd, welke route eiwitten daarbij doorlopen en welke rol motoreiwitten daarbij spelen.
10. De student kan uitleggen welke functies het cytoskelet heeft, hoe het is opgebouwd en welke rol cytoskelet-bindende eiwitten hebben.

#### Didactische aanwijzingen

- Bouwen van een eukaryote en/of prokaryote cel met behulp van verschillende materialen.
- Bestuderen van de theorie over bacteriën.
- Ontwerpen van een practicum met bacteriën waarbij de bacteriën gekweekt en (gram)gekleurd worden en bestudeerd onder een lichtmicroscop.
- Uitvoeren van een protocol voor bloed- en urineonderzoek in een ziekenhuislab.
- Gebruik maken van de werkvorm expertgroepen waarbij studenten expert worden van een bepaald organel waarna uitgewisseld wordt in gemengde groepen die aan een toetsopdracht werken om de bouw en werking van een specifieke cel (zenuw, spier, klier, prokaryoot, plant) te verklaren.
- **Tekenen van biologische membranen, inclusief membraangebonden eiwitten en suikergroepen en toelichten hoe vorm en functie met betrekking tot het celmembraan op celniveau samengaan.**

### Subdomein 3.2: Fysiologie van de cel

In iedere cel spelen zich voortdurend talloze levensprocessen af. Vanuit een aantal basale processen die bijna alle cellen met elkaar delen ontspringt de complete fysiologie van de cel, een netwerk van elkaar voortdurend beïnvloedende processen die in een cel niet afzonderlijk van elkaar bestudeerd kunnen worden. In het laboratorium gebeurt dit echter toch om de complexiteit te reduceren en zo de afzonderlijke processen te kunnen bestuderen.

1. De student kan beschrijven hoe de afbraak van koolhydraten, eiwitten en vetten resulteert in Acetyl-CoA wat afgebroken wordt in de citroenzuurcyclus en via oxidatieve fosforylering en substraat afhankelijke fosforylering voortdurend ATP produceert.
2. De student kan beschrijven hoe cellen in afwezigheid van zuurstof substraat door fermentatie omzetten en daarbij energie vrijmaken voor hun levensprocessen.
3. De student kan het proces van de reguliere C3-fotosynthese uitleggen waarbij de lichtafhankelijke en lichtonafhankelijke reacties onderscheiden worden alsmede de manier waarop deze o.a. door ATP en NADPH met elkaar verbonden zijn.
4. De student kan uitleggen hoe zowel in de assimilatie als in de dissimilatie elektrontransportketens en redoxreacties een centrale rol spelen.

5. De student kan punten noemen waarop de C4 en CAM-fotosynthese afwijken van de C3-fotosynthese **en hoe dit in relatie staat tot ecofysiologische aspecten als nitrogen use efficiency en water use efficiency en de respons op de verhoging van atmosferische CO<sub>2</sub>.**
6. De student kan aan de hand van een schema of model uitleggen dat een aantal organismen via chemosynthese energie vastleggen in organische verbindingen.
7. De student kan benoemen dat glycerinaldehyde-3-fosfaat (G3P) een centraal molecuul is in de glycolyse en de gluconeogenese.
8. De student kan de biosynthese van bijvoorbeeld vetten, glycoproteïnen en fosfolipiden beschrijven.
9. **De student kan verschillende vormen van stofwisseling in prokaryoten beschrijven met speciale aandacht voor lithotrofie, methanogenese, annammox.**

#### Didactische aanwijzingen

- Nabootsen van de afbraak/opbouw van stoffen met behulp van lego of ander bouw materiaal.
- Practicum waarin onderzocht wordt welke enzymen gisten bijvoorbeeld hebben om suikers om te zetten, of waar onderzocht wordt of gisten aerob of anaerob dissimileren.
- Practicum waarbij gebruikmakend van waterpest onderzocht wordt hoe de concentratie van CO<sub>2</sub> de fotosynthesesnelheid beïnvloedt.
- Onderzoek naar de kwaliteit van landbouwgewassen aan de hand van fluorescentiemetingen zoals een botanisch analist bij een landbouwkundig onderzoeksinstituut uitvoert.
- Vanuit het idee dat glycerinaldehyde-3-fosfaat (G3P) een centraal molecuul is in de glycolyse en de gluconeogenese kritisch reflecteren op de claims van bijvoorbeeld koolhydraatarme maar eiwitrijke diëten.

### Subdomein 3.3: Celcommunicatie

Iedere cel is een in veel functies autonome eenheid van leven. Tegelijkertijd vindt communicatie en uitwisseling van stoffen en informatie met andere cellen en de omgeving plaats. Eencellige organismen communiceren met de levende en niet-levende omgeving, cellen in meercellige organismen communiceren zowel met andere cellen van dat organisme als met de omgeving.

1. De student kan **bij elk van** de fasen in de signaaltransductieweg **toelichting geven door in te gaan op specifieke eigenschappen van de betrokken moleculen:**
  - a. receptie door intracellulaire en extracellulaire receptoren;
  - b. transductie door transductie eiwitten;
  - c. respons in de vorm van eiwitsynthese, enzymactivatie of beweging.
2. De student kan de manieren uitleggen waarop cellen met elkaar communiceren:

- a. paracrien en (neuro)endocrien onderscheiden;
  - b. via het receptor-ligand systeem waarbij signaalmoleculen (bijvoorbeeld hormonen en neurotransmitters) via transductie-eiwitten en /of via cascaderaties, waarbij second messengers betrokken zijn, een signaal aan de cel of aan het DNA afgeven;
  - c. via verbindingen tussen cellen van meercelligen, met name door plasmodesmata en gap-junctions;
  - d. via chemische en elektrische signalen in het geval van het zenuwstelsel.
3. De student kan uitleggen dat in het geval van een second-messenger vaak een belangrijke rol is weggelegd voor G-eiwit en enzym gekoppelde receptoren. Een voorbeeld is de werking van adrenaline.
  4. De student kan uitleggen wat het verschil in werking is van water- en vetoplosbare hormonen.
  5. De student kan uitleggen hoe celcommunicatie plaatsvindt bij planten en welke plantenhormonen daarbij betrokken zijn.
  6. De student kan uitleggen dat er verschillende klassen plantenhormonen onderscheiden worden.

#### Didactische aanwijzingen

- Elevator pitch geven over de werking van verschillende signaalmoleculen.
- Stopmotionfilmpje maken van belangrijke processen, bijvoorbeeld op basis van tabellen uit de BINAS.
- **Presenteren over signaaltransductie op basis van primaire literatuur.**

### Subdomein 3.4: Celcyclus

Cellen vermeerderen zich door het doorlopen van een goed geordende en gereguleerde reeks processen waarna de verdubbelde cel zich splitst tot twee dochtercellen. Dit wordt de celcyclus genoemd. Bij eukaryote cellen is de mitose het deel van de celcyclus waarin de feitelijke celdeling plaatsvindt en het gedupliceerde DNA over de twee dochtercellen verdeeld wordt. In het geval van een reductiedeling of meiose wordt de hoeveelheid erfelijk materiaal juist gehalveerd, wat vier dochtercellen oplevert.

1. De student kan benoemen dat prokaryoten delen door een proces met de naam 'binary fission' en de stappen in dat proces uiteenzetten.
2. De student kan de fases in de celcyclus van eukaryoten benoemen en daarbij onderscheid maken tussen mitose en meiose.
3. De student kan het verschil in mitose en meiose bij planten en dieren benoemen.
4. De student kan verklaren hoe de meiose zorgt voor toename van de genetische diversiteit door in te gaan op zowel onafhankelijke sortering van homologen als op crossing-over (**gene conversion, Holliday junctions**).
5. De student kan aan de hand van diverse modellen, animaties en films uitleggen volgens welke stappen de celcyclus verloopt.

6. **De student kan uitleggen** hoe en op welke punten de celcyclus wordt gereguleerd **door checkpoints door o.a. in te gaan op de rol van** groeihormonen en cycline-afhankelijke kinases en zo nodig wordt afgebroken met apoptose tot gevolg.
7. De student kan definiëren wat stamcellen zijn, aangeven welke differentiatiegraden van stamcellen onderscheiden worden en benoemen welke maatschappelijke discussies over stamcelgebruik spelen.
8. **De student kan verklaren** hoe bij kanker de celdeling ontregeld is als gevolg van mutaties **en daarbij onderscheid maken tussen proto-oncogenen en tumor suppressor genen.**

#### Didactische aanwijzingen

- Mitose en meiose visualiseren met papieren chromosomen. Studenten zien door middel van knippen en plakken hoe de (homologe) chromosomen zich verdubbelen en verdelen over dochtercellen.
- Mitose en meiose stadia herkennen in histologische preparaten.
- Met medestudenten of leerlingen de mitose- en/of meiosedans uitvoeren.
- Onderzoeken op welke manieren verschillende biologiemethodes de celcyclus uitleggen.
- Analyseren van een karyogram in het kader van prenatale diagnostiek.

### Subdomein 3.5: Celdood

Groei, ontwikkeling en onderhoud van meercelligen hangt niet alleen af van de productie van nieuwe cellen, maar ook van mechanismen om bestaande cellen af te breken. In volgroeide organismen moeten cellen ongeveer in hetzelfde tempo afgebroken worden als dat ze aangemaakt worden. Tijdens de ontwikkeling van organismen is het afbreken van cellen van belang bij de ontwikkeling van de uiteindelijke volwassen structuren. De naam voor deze processen is geprogrammeerde celdood of apoptose. Dit proces speelt ook een rol bij het verwijderen van beschadigde of ontregelde cellen.

1. De student kan uitleggen wat apoptose is en dat caspases (proteasen) een belangrijke rol spelen bij dit gereguleerde proces.
2. De student kan het belang van apoptose voor het organisme illustreren aan de hand van voorbeelden uit bijvoorbeeld de embryologie en oncologie.
3. De student kan het verschil tussen apoptose en necrose **uitleggen door in te gaan op de signaaltransductie en respons die in werking treedt bij apoptose.**

#### Didactische aanwijzingen

- Animeren in een 'stop-motion' video hoe en op welk moment apoptose een rol speelt in de embryonale ontwikkeling, bijvoorbeeld bij de ontwikkeling van vingers en tenen.
- Schrijven van een artikel over apoptose en necrose en de achterliggende processen.

- In histologische preparaten het verschil aantonen tussen necrose en apoptose.

## Domein 4: Weefsels, organen en orgaansystemen

Weefsels, organen en orgaansystemen zijn kenmerkend voor de meercellige 'hogere' organismen, de zaadplanten en gewervelde dieren die centraal staan in de schoolbiologie en ook in het wetenschappelijk en beroepsonderwijs. Vanuit ieder van de drie typen contexten (leefwereld, beroep en onderzoek) is het mogelijk om aan de begrippen te werken die in dit domein aan de orde komen, vaak zal daarbij net als in het voortgezet onderwijs voor gezondheid en voedselproductie als contextgebieden gekozen worden.

### Subdomein 4.1: Anatomie en fysiologie van planten

Zaadplanten zijn de primaire producenten in veel terrestrische ecosystemen en zijn ook van belang als voedselgewassen en grondstof voor de industrie en bouw. De parate kennis over planten die op schoolniveau vereist is, betreft de bouw van de plant en de globale werking van de organen van een plant. In beide gevallen gaat het dan om blad, stengel en wortel. Bij die laatste wordt ook aandacht besteed aan de bodem waarin die wortel groeit omdat de samenstelling van de bodem in sterke mate bepalend is voor het functioneren van de plant.

1. De student kan benoemen wat de algemene structuur van zaadplanten is, waarbij er een driedeling wordt gemaakt tussen wortel, stengel en blad, maar ook voorbeelden van planten, bijvoorbeeld waterplanten, beschrijven die niet aan deze algemene structuur voldoen.
2. De student kan omschrijven hoe planten zich voortplanten en toelichten hoe oude en nieuwe biotechnologie ingezet wordt bij de veredeling en voortplanting van productiegewassen.
3. De student kan beschrijven hoe zaadplanten zich vanuit zaad ontwikkelen en uitgroeien tot een volwassen, vaak vruchtendragende plant.
4. De student kan benoemen hoe planten aan de energie en stoffen komen die zij voor hun stofwisseling nodig hebben en hoe ze onder andere gassen, nutriënten, water en de producten van hun stofwisseling transporteren.
5. De student kan de relatie beschrijven tussen plant en bodem (substraat), in het bijzonder voor wat betreft de aanvoer van nutriënten en water en de buffercapaciteit van de bodem.
6. De student toont inzicht in hoe de embryonale ontwikkeling en morfogenese van zaadplanten in zijn werk gaat.
7. De student kan omschrijven en toelichten hoe planten reageren op interne en externe prikkels, welke rol plantenhormonen daarbij spelen (zie ook subdomein 2.3), en wat het belang daarvan is voor groei en ontwikkeling.
8. De student kan benoemen hoe verdediging tegen vijanden aanleiding geeft tot anatomische aanpassingen en de aanmaak van een breed spectrum aan stoffen uit de secundaire plantenstofwisseling.

9. De student kan benoemen hoe verdediging tegen vijanden aanleiding geeft tot anatomische aanpassingen en de aanmaak van een breed spectrum aan stoffen uit de secundaire plantenstofwisseling.

#### Didactische aanwijzingen

- Microscopiepracticum waarin de opbouw van plantenweefsels in blad, stengel en wortel wordt bestudeerd.
- Vergelijken van de bouw van naaktzadigen en bedektzadigen, monocotylen en dicotylen, of van planten met en zonder vaten.
- Practica die de fototropische werking van plantenhormonen aantonen.
- Het vanuit zaden kweken van diverse voedselgewassen met als uiteindelijk doel een maaltijd te bereiden en waarbij tevens bestudeerd wordt wat de effecten zijn van verschillende bodems en waterregimes op de uiteindelijke opbrengst en smaak.
- Bodemonderzoek waarbij diverse abiotische en biotische factoren in verschillende bodems onderzocht worden.
- Een literatuuronderzoek naar de manieren waarop planten gebruikt worden bij de bereiding van medicijnen, zowel in het verleden als het heden.
- Onderzoeken hoe producten van de secundaire plantenstofwisseling gebruikt worden in de farmaceutische industrie.

### Subdomein 4.2: Anatomie en fysiologie van dieren

De anatomie en fysiologie van zoogdieren, en dan vooral van de mens, hebben een prominente plaats verworven in het huidige biologieonderwijs. Het is daarom van belang dat de schoolvakbekwame leraar juist in dit subdomein over een uitgebreide kennisbasis beschikt. Naast kennis van de anatomie en fysiologie van zoogdieren wordt van een schoolvakbekwame docent ook kennis verwacht over de bouw en functie van andere groepen gewervelden en ongewervelden. Voorbeelden zijn gaswisseling met kieuwen, uitscheiding waarbij urinezuur of ammoniak vrijkomt, voortplanting met eieren en stevigheid door een exoskelet.

1. De student kan met behulp van het begrip homeostase beschrijven hoe ieder organisme streeft naar een fysiologische 'steady state' en wat de consequenties zijn van verstoring daarvan.
2. De student kan beredeneren hoe en met welke organen c.q. orgaanstelsels de volgende taken door dieren worden uitgevoerd:
  - a. tot stand brengen en handhaven van lichaamshouding, bewegen en in conditie blijven en de rol van skelet en spierstelsel daarbij;
  - b. instandhouding door het opnemen van energie en bouwstoffen, transport en uitscheiding en de rol van ademhalingsstelsel, circulatiestelsel, verteringsstelsel en uitscheidingsstelsel daarbij;
  - c. reageren op prikkels en de rol van zintuigstelsel, zenuwstelsel en hormoonstelsel daarbij;
  - d. bescherming tegen verwondingen en ziektes en de rol van het immuunsysteem daarbij;

- e. reproductie (zowel seksuele als asexuele) en de rol van het voortplantingsstelsel en hormoonstelsel daarbij.
3. De student kan de bouw, werking en functie van het immuunsysteem op cellulair en moleculair niveau toelichten waarbij de begrippen als B- Tc- en Th-lymfocyten, T-celreceptor, MHC-eiwitten, somatische recombinitie, somatische hypermutatie, klonale selectie, immunoglobines, cytokines en complement gebruikt worden en op basis van deze kennis de gevolgen van ziektes en infecties uitleggen en nieuwe medische inzichten te duiden.

#### Didactische aanwijzingen

- Dissectie van een zoogdier.
- Practicum waarin gekeken wordt hoe het metabolisme van een koudbloedige (bijvoorbeeld krekels) verandert met de omgevingstemperatuur.
- Bezoek aan een snijzaal, Body Worlds tentoonstelling of medisch museum.
- Integratie opdracht waarbij het samenwerken van de verschillende orgaanstelsels (van mens en dier) worden bestudeerd, bijvoorbeeld, plaats je eigen organen in de omtrek van je lichaam (schaal 1:1) en vermeld bij ieder orgaan wetenswaardigheden.
- Spelvormen waarbij regelkringen worden gevisualiseerd.
- Anamnese-opdracht waarbij vanuit een ziektebeeld en een verstoorde orgaanwerking de samenwerking van organen en de homeostase worden onderzocht.
- Schrijfopdracht voor een informatiefolder door een paraveterinair.
- In een patiëntendossier behandelingsplan en medicatiegegevens invoeren.
- **Een virtuele ELISA-assay uit laten voeren en bespreken van welke eigenschappen van antilichamen deze assay gebruikt maakt, en hoe betrouwbaarheid in (medische) tests hierbij naar voren komt.**

## Domein 5: Organismen

Een organisme kan worden gedefinieerd als een levend wezen met een eigen metabolisme. Mensen, dieren, planten, schimmels en bacteriën zijn volgens deze definitie organismen, terwijl virussen en prionen niet als organismen worden beschouwd. Voor leerlingen is het organismale niveau vaak ook het meest herkenbaar en aansprekend. Wat op de lagere organisatieniveaus geleerd wordt, speelt zich af binnen het organisme en bij de hogere organisatieniveaus gaat het er meestal om hoe organismen daarbinnen functioneren.

### Subdomein 5.1: Systematiek en soortbegrip

Systematiek is het vakgebied dat zich bezighoudt met het indelen of classificeren van de levende wereld. Aristoteles, Linnaeus, Lamarck, Cuvier en Darwin hebben allen bijdragen geleverd aan de manier waarop wordt geclassificeerd. Vroeger werd de wereld slechts ingedeeld in de rijken van planten en dieren, via 3-, 4- en 5-rijken systemen onderscheidt men tegenwoordig meer dan dertig rijken. Waarbij



opgemerkt dient te worden dat elke indeling uiteindelijk mensenwerk en dus arbitrair is.

1. De student kan verschillende soortconcepten omschrijven waaronder het biologisch, ecologisch en evolutionair soortconcept.
2. De student kan classificaties en taxonomische namen op de juiste manier weergeven.
3. De student kan overzichten maken die voorbeelden tonen van mogelijke indelingen van organismen.
4. De student kan de geschiedenis van de systematiek als wetenschapsgebied en de invloed van de evolutietheorie en moleculaire genetica daarop beschrijven en verklaren.
5. De student kan benoemen op grond van welke functionele verschillen soorten taxonomisch worden geassocieerd (bijvoorbeeld op grond van verschillen in embryologische ontwikkeling zoals protostomen en deuterostomen en de ontwikkeling van amnioten).
6. De student toont inzicht in hoe de moderne systematiek grotendeels berust op verschillen en overeenkomsten in DNA-sequenties. Bijvoorbeeld, het drie-domeinen-systeem berust op het DNA dat codeert voor ribosomen.
7. De student kan fylogenetische reconstructies en begrippen (soort, taxon, clade, monofyletisch, parafyletisch en polyfyletisch, homologie, analogie en homoplasie) en interpretatie van verwantschapsschema's omschrijven.
8. De student kan beschrijven wat virussen zijn, hoe ze gebouwd zijn, hoe ze zich repliceren en op basis van welke criteria ze ingedeeld zijn.
9. **De student kan onderscheid maken tussen lytische en lysogene bacteriofagen en welke rol ze spelen in bacteriële genetica en de bestrijding van antibiotium-resistente bacteriën.**

#### Didactische aanwijzingen

- Bestuderen van de indeling en levenswijze van eukaryoten, bacteriën en archaea.
- Literaturopdracht over de geschiedenis van het classificeren van de levende natuur en de systematiek als wetenschappelijke discipline.
- Bezoek aan een natuurhistorisch museum, bijvoorbeeld Naturalis, met opdrachten.
- Opdrachten waarbij (bijvoorbeeld met behulp van informatica) een fylogenetische stamboom wordt gemaakt (een cladogram).
- Ontwerpen van informatiebordjes bij de collectie van een tuincentrum.

#### Subdomein 5.2: Soortkennis

Een leraar biologie dient over (basale) soortenkennis te beschikken. Enerzijds kan hij de naam noemen van algemeen voorkomende soorten planten, dieren en schimmels, anderzijds kan hij boeiende wetenswaardigheden over een aantal soorten vertellen.

1. De student kan een representatieve doorsnede van de algemeen voorkomende Nederlandse flora, fauna, schimmels en korstmossen herkennen en kan deze zonder naslagwerken op naam brengen.
2. De student kan naslagwerken en determinatietabellen gebruiken om soorten die hij niet meteen op naam kan brengen te benoemen.
3. De student kan achtergrondkennis bieden over een aantal in Nederland voorkomende soorten waaronder ook veel gehouden huisdieren, algemene tuinplanten en bomen die vaak in een stedelijke omgeving of park staan.
4. De student kan een aantal representatieve soorten planten en dieren noemen die in de Nederlandse landbouw en veehouderij en **in het wetenschappelijk onderzoek** van belang zijn.
5. De student kan specifieke planten- en dierengroepen inventariseren in het veld met behulp van daarvoor passende veldwerktechnieken.

#### Didactische aanwijzingen

- In het veld planten en dieren (leren) herkennen tijdens veldwerken en excursies.
- Herkenningstoetsen waarbij herkenning van geleerde soorten wordt getoetst aan de hand van (levende) organismen, afbeeldingen of geluiden.
- Toetsen gericht op de achtergrondkennis van algemeen voorkomende Nederlandse soorten.
- Onderzoeksopdrachten waarbij geïnventariseerd wordt welke soorten voorkomen binnen een gegeven oppervlakte in een ecosysteem.
- Insectarium en/of herbarium maken met daarin een selectie van insecten en/of planten die in de bestudeerde omgeving voorkomen.

### Subdomein 5.3: Levenscycli en erfelijkheid

Binnen de levenscyclus vindt voortplanting plaats, hetzij seksueel, hetzij asexueel. Bij seksuele voortplanting is het moment van voortplanten ook het moment waarop erfelijk materiaal wordt uitgewisseld. Dit wordt verticale genentransfer genoemd en staat in tegenstelling tot de horizontale genentransfer die algemeen is bij prokaryoten. De studie van overdracht van erfelijk materiaal heet genetica. Enerzijds wordt er in de opleiding aandacht besteed aan Mendelse genetica, anderzijds aan moleculaire genetica (die onderdeel is van subdomein 1.3) en in beide gevallen aan hoe genetica invloed heeft op het genotype en fenotype van het organisme.

1. De student kan de levenscyclus van prokaryoten beschrijven waarbij aandacht is voor sporevorming en waarbij horizontale genenoverdracht (**transformatie, conjugatie en transductie**) uitgelegd wordt.
2. De student kan de verscheidenheid en levenscycli herkennen en uitleggen bij: protisten, fungi, meercellige wieren, mossen, varens zaadplanten en (on)gewervelde dieren.
3. De student kan met behulp van de Mendelse genetica genetische vraagstukken oplossen waarbij de begrippen dominant, recessief, codominant, X-chromosomaal en crossing-over aan de orde komen.

4. De student kan verschillende patronen van overerving herkennen aan de hand van stambomen of fenotypefrequenties. Te onderscheiden zijn:
  - a. Autosomaal-dominante overerving
  - b. Autosomaal-recessieve overerving
  - c. X-gebonden dominante overerving
  - d. X-gebonden recessieve overerving
  - e. Y-gebonden overerving
  - f. Multifactoriële overerving
  - g. Mitochondriële overerving
  - h. Mozaïcisme
5. De student kan uitleggen wat verstaan wordt onder polygene overerving, genomic imprinting en polyploidie.
6. **De student kan de theorie van kwantitatieve genetica (polygene overerving) toepassen in het bepalen van de erfelijkheidsgraad in 'brede' en in 'enge' zin.**

#### Didactische aanwijzingen

- Opdrachten maken en oplossen over genetische vraagstukken. Zoals bijvoorbeeld het opzetten, uitvoeren en analyseren van een kruising van *Drosophila melanogaster* met echte organismen of via internet met het programma FlyLab en hierover rapporteren.
- Presenteren van een (literatuur)onderzoek naar een erfelijke afwijking in de vorm van een colloquium.
- Opzetten, uitvoeren en analyseren van een kruising van *Drosophila melanogaster* en hierover rapporteren.
- Onderzoek naar de gevolgen van inteelt bij rassen van (landbouw)huisdieren.

#### Subdomein 5.4: Evolutie

Door evolutie veranderen soorten. Binnen de context van dit subdomein vallen begrippen die te maken hebben met micro- en macro-evolutie en die gekoppeld zijn aan begrip van de (Mendelse) genetica.

1. De student kan beredeneren hoe nieuwe soorten ontstaan **met behulp van de begrippen mutatie, natuurlijke selectie, soortvorming (sympatrisch, allopatrisch, hybrid speciation), reinforcement, pre-zygotische en postzygotische barrières en hybride zone.**
2. De student kan aan de hand van kenmerkende verschuivingen in het denken over de (on)veranderlijkheid van soorten beschrijven hoe de evolutietheorie zich heeft ontwikkeld.
3. De student kan de rol van cruciale documenten zoals Darwin's 'On the Origin of Species' toelichten met gebruik van hedendaagse begrippen uit de evolutietheorie zoals seksuele selectie, life-history, kunstmatige selectie en fitness.
4. De student kan verschillende argumenten tegen de evolutietheorie benoemen en beoordelen.

5. De student kan een overzicht van de indeling van het leven in grote groepen (drie-domeinen-systeem, supergroepen) beschrijven en de kenmerken en evolutionaire geschiedenis van deze groepen gebruiken om deze indeling te verklaren.
6. De student kan verschillende processen benoemen die gebruikt worden om macro-evolutie te verklaren en beschrijven (bijvoorbeeld extinctie, radiatie, biogeografie, moleculaire klok).
7. De student kan verschillende processen benoemen die gebruikt worden om micro-evolutie te verklaren en beschrijven (bijvoorbeeld adaptatie, genetisch polymorfisme, reproductieve systemen).
8. De student kan soortvormingsprocessen op microschaal koppelen aan kennis van de genetica.
9. De student kan voor een aantal typen van selectie of genetische mechanismen benoemen wat de evolutionaire consequenties zijn, waaronder: over- en onderdominantie, sexe-specifieke selectiedruk, frequentie-afhankelijke selectie, heterogene milieus en meiotische drive.  
**De student kan via berekeningen inzicht geven in hoe die veranderingen plaatsvinden.**
10. De student kan het ontstaan van resistentie verklaren.
11. **De student kan de evolutionaire oorsprong van mitochondriën en chloroplasten in eukaryote cellen verklaren door endosymbiose van bacteriën in primitieve eukaryoten.**
12. **De student kan het Hardy-Weinberg evenwicht uitleggen en de betekenis van een afwijking daarvan in de relatie tot het optreden van evolutie verduidelijken.**
13. **De student kan wanneer een populatie niet in Hardy-Weinberg evenwicht verkeert (en dus evolueert, bijvoorbeeld bij selectie, mutatie, migratie, inteelt en drift) de frequenties van allelen en genotypen berekenen in volgende generaties.**

#### Didactische aanwijzingen

- Fylogenetische stamboom maken van fantasiedieren (bijvoorbeeld caminalculen).
- Gebruik maken van Dotworld: spel over natuurlijke selectie en dit uitwerken tot een leerlingopdracht.
- Bezoek aan een natuurhistorisch museum, bijvoorbeeld Naturalis, met opdrachten.

## Domein 6: Ecosystemen

Het functioneren van organismen wordt bepaald door de biotische en abiotische relaties met hun omgeving, hun eigen fysiologische en anatomische eigenschappen en gedrag. Deze combinatie bepaalt het succes van individuen en populaties binnen levensgemeenschappen en ecosystemen. Ecosystemen worden gekarakteriseerd door kringlopen van stoffen en stromen van energie.

Onderlinge relaties binnen ecosystemen zijn dynamisch en onderhevig aan verstoringen.

### Subdomein 6.1: Organismale ecologie

Een organisme is afhankelijk van en beïnvloedt biotische en abiotische omstandigheden. Deze zijn specifiek voor elke soort en bepalen diens habitat en niche. Daarbij zijn soorten fysiologisch en/of anatomisch aangepast aan specifieke en/of wisselende omstandigheden in hun habitat.

1. De student kan voor een bepaalde soort de habitat en niche beschrijven in termen van abiotische en biotische factoren en relaties.
2. De student kan beschrijven op welke wijze een soort is aangepast aan de heersende abiotische en biotische omstandigheden.
3. De student kan benoemen welke abiotische en biotische factoren het functioneren en de verspreiding van een soort beïnvloeden.
4. De student kan beschrijven op welke wijze een soort zijn eigen leefmilieu beïnvloedt.
5. De student kan benoemen wat de voordelen zijn van een aantal wijdverspreide fysiologische aanpassingen.
6. De student kan onderzoeken op welke wijze een soort al of niet aangepast is aan zijn leefomstandigheden.
7. De student kan diverse vormen van mimicry beschrijven.
8. De student kan voor een karakteristieke soort in een Nederlands natuurgebied analyseren wat bedreigingen en mogelijke beheermaatregelen zijn.

#### Didactische aanwijzingen

- Opdrachten waarin een 'waarderende denkwijze' wordt gevraagd om uitspraken te doen over de bescherming van een soort.
- Inventarisatie (via observatie en literatuuronderzoek) van het effect dat een invasieve soort heeft op de biotische omstandigheden in een ecosysteem.
- Veldwerk waarbij abiotische factoren in een afgebakend gebied gemeten en onderzocht worden, bijvoorbeeld een sloot of meertje, kwelder, of een stuk heide of bosgrond.
- Onderzoeken wat de effecten zijn van het telen van soorten in een omgeving met verschillende abiotische factoren. Bijvoorbeeld een casus van een niet inheemse soort in een ontwikkelingsland met droogteproblemen.
- Open opdrachten waarin een bepaalde soort onderzocht wordt in zijn ecosysteem.

### Subdomein 6.2: Gedragsbiologie

Gedrag van dieren is te beschrijven in termen van gedragselementen, -ketens en -systemen. Deze kunnen worden beschreven en onderzocht middels ethogrammen en protocollen. Daarbij staan de vier vragen van Tinbergen, verdeeld in proximale en ultieme vragen centraal. Gedrag komt tot stand in wisselwerking met de omgeving en kent een belangrijke genetische basis.

De functie van gedrag is te beschrijven in termen van fitness en evolutionaire ontwikkeling van soorten.

1. De student kan proximale (waardoor/waarlangs) en ultieme (waartoe/waaruit) vragen met betrekking tot gedrag formuleren en onderzoeken, onder andere met behulp van observaties waarbij ethogrammen en protocollen worden gebruikt.
2. De student kan geselecteerde gedragsbiologische onderwerpen (communicatie, seksuele selectie, et cetera) in eigen woorden beschrijven en centrale concepten daarin benoemen.
3. De student kan benoemen op welke verschillende manieren dieren nieuw gedrag verwerven of overdragen en de verschillen tussen deze manieren illustreren met voorbeelden.
4. De student kan het voorkomen van bepaald gedrag verklaren in termen van 'trade offs'.
5. De student kan sociaal-maatschappelijke kwesties (bijvoorbeeld omtrent de intensieve veehouderij) en het debat daarover verbinden met kennis van diergedrag.
6. De student kan altruïstisch gedrag en verwantenselectie verklaren met behulp van **berekeningen** met Hamilton's rule en **coefficients of relatedness**.
7. De student kan met behulp van speltheoretische uitgangspunten **en berekeningen** het optreden van egoïstisch en altruïstisch gedrag verklaren.

#### Didactische aanwijzingen

- Onderzoeksopdrachten waarbij gedrag wordt waargenomen en geanalyseerd in laboratoria, dierentuinen en het vrije veld. Ook kan het menselijk gedrag in de directe onderwijspraktijk op systematische wijze worden geobserveerd bijvoorbeeld volgens Gieles (1996).
- Observeren en analyseren in hoeverre menselijk gedrag overeenkomt met dat van nauw verwante soorten en uitspraken daarover waar nodig ook nuanceren.
- Leerlingopdrachten ontwikkelen die gebruikt kunnen worden tijdens bijvoorbeeld een excursie naar een dierentuin of kinderboerderij.
- Beroepsbeoefenaars in de dierhouderij interviewen over de manier waarop zij gedragsbiologische kennis inzetten.
- Schrijven van opvoedadviezen schrijven voor eigenaars van kittens en puppen.

### Subdomein 6.3: Populaties

Iedere soort binnen een ecosysteem vormt een populatie. Daarvan wordt de omvang bepaald door geboorte, sterfte, immigratie en emigratie. De omvang van populaties is te modelleren met behulp van van exponentiële en logistische groei. Interacties tussen soorten zoals parasitisme, mutualisme en predator-prooi relaties zijn modelmatig te beschrijven.

1. De student kan op basis van bijvoorbeeld de 'vang-merk-terugvang'methode de omvang van een populatie in een gegeven gebied berekenen.
2. De student kan met behulp van geboorte- en sterftetabellen de **netto groeisnelheid van een populatie bepalen**, deze grafisch weergeven en een voorspelling doen over de ontwikkeling van die populatie door de tijd heen.
3. De student kan genetische drift definiëren en de consequenties ervan benoemen en bediscussiëren.
4. De student kan onderliggende processen benoemen die dichtheden van populaties en eenvoudige levensgemeenschappen beïnvloeden (concurrentie, predatie, parasitisme en ziekte), deze weergeven in modellen en onderzoeken met behulp van computersimulaties.
5. De student kan de belangrijkste processen benoemen die populaties op verschillende organisatieniveaus beïnvloeden (top down, bottom up, intra- en interspecifieke interacties, dispersie en migratie, directe en indirecte effecten, positieve en negatieve interacties) en deze vertalen naar de ontwikkeling van een populatie in een specifieke ecologische context.  
**De student kan de uitkomst van interspecifieke competitie verklaren op basis van het Lotka-Volterra model.**
6. De student kan het begrip 'extinction vortex' gebruiken als model dat beschrijft hoe een populatie kan uitsterven.
7. De student kan de Hardy-Weinberg-vergelijking gebruiken om genotypefrequenties binnen een populatie te berekenen en benoemen door welke factoren de genotypefrequenties in een populatie kunnen afwijken van de Hardy-Weinberg-verhouding.
8. De student kan onderscheid maken tussen selectieprocessen die op het niveau van het individu of van de groep optreden (zoals onder andere mutualisme en altruïsme) en die uiteindelijk bepalend zijn voor de populatiestructuur.
9. De student kan met behulp van populatiebiologische begrippen analyseren welke natuurbeheersmaatregelen op het niveau van de soort effectief zijn.
10. **De student kan effecten van kolonisatie en uitsterven op de structuur van metapopulaties verklaren.**
11. **De student kan de invloed van nichedifferentiatie op concurrentie tussen soorten verklaren.**
12. **De student kan verklaren hoe co-existentie kan blijven bestaan bij predatie.**
13. **De student kan met behulp van het Lotka-Volterra predator-prooimodel de oscillaties in populatiedynamica verklaren.**
14. **De student kan op basis van het Lotka-Volterramodel de uitkomst van interspecifieke competitie beschrijven.**

#### Didactische aanwijzingen

- Veldopdracht waarbij een tweetal methoden voor de bepaling van de grootte van een populatie worden toegepast en vergeleken qua resultaat.
- Computersimulatie bijvoorbeeld papegaaien op Bonaire (WUR) of zelf gebouwd met bijvoorbeeld PopTools of Ecosim.



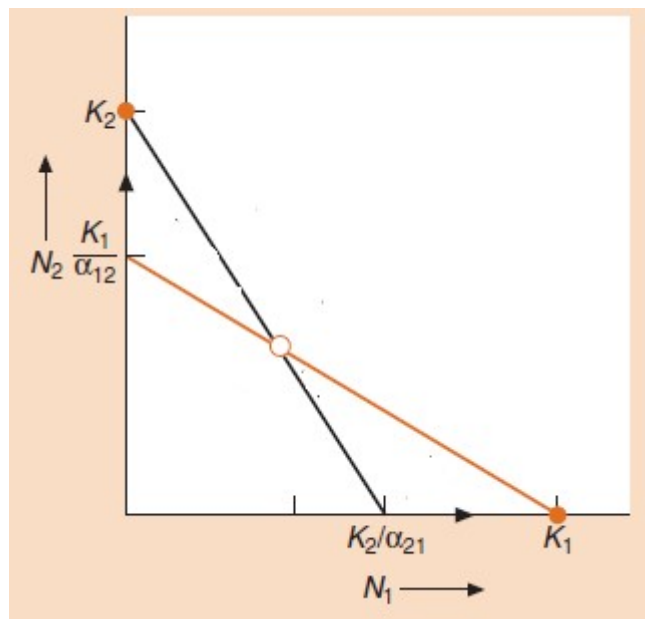
- Het boekje 'Genetica in beweging' (Domis-Hoos, Kapteijn en Boerwinkel, 2012) bevat een deel over populatiegenetica dat van betekenis kan zijn in dit subdomein.
- Hardy-Weinberg evenwicht nabootsen met een school rietvissen. Verstoring van het evenwicht kan vervolgens in de klas zichtbaar worden gemaakt door een leerling als roofvogel te laten optreden die alleen jaagt op één kleur visjes. Daarna kunnen alle frequenties opnieuw worden berekend.
- **De introductie van grote grazers in Nederlandse natuurgebieden wordt vaak onderbouwd met redeneringen over effecten op de diversiteit van ecosystemen.**
  - Leg uit hoe de aanwezigheid van Heckrunderen de soortenrijkdom in een graslandvegetatie kan beïnvloeden.
  - Vogelaars trekken het positieve effect van begrazing op de broedvogelstand in de Oostvaardersplassen in twijfel. Analyseer aan de hand van recente inventarisatiegegevens in dit gebied de diversiteit van de broedvogels en onderbouw met een berekening van de Simpsondiversiteitsindex of deze vogelaars gelijk hebben of niet.
- Geef een voorbeeld van een zich semelpaar voortplantende soort die voorkomt binnen Nederland en leg aan de hand van dit voorbeeld uit op grond waarvan deze soort semelpaar te noemen is.
- Leg uit op welke manier de piek in de populatiecyclus van de Sneeuwschoenhaas in relatie staat met de piek in de populatiecyclus van de Lynx.

#### *Voedselrelaties*

In een aantal soorten binnen de orde van de Hymenoptera komt een eusociaal systeem voor waarbij de werkers hun zusjes verzorgen in plaats van zelf nakomelingen te produceren. Leg uit, met behulp van Hamilton's rule, waarom het voordeliger is voor een werkster om zussen groot te brengen in plaats van zelf nakomelingen te produceren.

#### *Competitie*

In onderstaande figuur is een van de vier mogelijke combinaties van nulisoclines voor twee populaties volgens het Lotka-Volterra modelweergegeven.



Lotka-Volterra

Licht toe of het snijpunt van de twee nulisolines voor een stabiel of voor een labiel evenwicht staat.

#### Eilandecologie

Op het eiland A (Groot Brittannië) komen 124 soorten zoogdieren voor, op eiland B (Ierland) 55 soorten. Verwacht je dat de verhouding A : B van de aantallen soorten vogels op de eilanden A en B groter, vergelijkbaar of kleiner is dan A : B = 124 : 55? Licht je antwoord toe.

### Subdomein 6.4: Levensgemeenschap

Alles wat leeft binnen een bepaald gebied staat op de een of andere manier in relatie met elkaar. Ecologen noemen dat een levensgemeenschap. Begrippen als diversiteit, voedselketen en voedselweb, sleutelsoort en biogeografie zijn van belang.

1. De student kan op basis van eigen observaties of de beschrijving van een observatie de voedselrelaties weergeven en daarbij de trofische niveaus aangeven.
2. De student kan uitleggen wat een ecologische successie is en daarvan voorbeelden geven.
3. De student kan de rol die interacties tussen soorten spelen benoemen en aangeven hoe die doorwerken in de levensgemeenschap.
4. De student kan via een inventarisatie van de aanwezige soorten in een aangewezen gebied en de telling van de aantallen van die soorten in een proefvlak de biodiversiteit bepalen op basis van een diversiteitsindex volgens Shannon, Yule of Simpson.
5. De student kan aangeven wat de invloed van verstoring op een levensgemeenschap kan zijn en welke consequenties dit mogelijk voor de biodiversiteit heeft.

6. De student kan met behulp van de eilandtheorie van MacArthur en Wilson (1967) veranderingen in de soortenrijkdom van levensgemeenschappen verklaren en voorspellen.
7. De student kan op basis van de kennis van de levensgemeenschap analyseren welke risico's deze gemeenschap bedreigen en welk beheersmaatregelen hiertegen getroffen kunnen worden.

#### Didactische aanwijzingen

- Ontwerpopdrachten waarin verkregen kennis omgezet wordt in bijvoorbeeld een advies voor beheer van een natuurgebied waarbij het doel is de biodiversiteit in dat gebied te vergroten.
- Veldwerk waarbij de biodiversiteit (in een proefvlak) bepaald wordt en dit uitwerken met behulp van bijvoorbeeld het programma SynBioSys.

### Subdomein 6.5: Ecosysteem

Het geheel van de levensgemeenschap en de abiotische en biotische factoren die daarbinnen een rol spelen wordt ecosysteem genoemd. Op dit niveau is er met name aandacht voor energiestromen en kringlopen van materie. Ecosystemen kunnen door soms relatief kleine veranderingen omslaan van de ene naar de andere stabiele toestand. Deze omslagpunten kunnen gemodelleerd worden in computermodellen die gebruikt kunnen worden in natuurbeheer.

1. De student kan ecosystemen en de samenstellende delen en processen beschrijven.
2. De student kan het functioneren van onderdelen van ecosystemen relateren aan abiotische en biotische factoren.
3. De student kan relaties leggen tussen de begrippen evenwicht, dynamiek en verstoring en het effect daarvan op een ecosysteem.
4. De student kan de kringlopen van water, koolstof, stikstof, fosfaat en zwavel schematisch weergeven en beschrijven, evenals de invloed van biotische en abiotische factoren op deze cycli.
5. De student kan aangeven hoe Nederland op basis van haar geologische geschiedenis in vier landschappelijke zones verdeeld kan worden (zee en kust, laag Nederland en hoog Nederland), voorbeelden geven van ecosystemen die in die landschappen te vinden zijn en eigenschappen van die ecosystemen benoemen.
6. De student kan de samenstelling, structuur en het functioneren van ecosystemen en hun samenstellende onderdelen in de praktijk van het vrije veld onderzoeken.
7. De student kan voorbeelden van effecten van invasieve exoten op ecosystemen geven.
8. De student kan verklaren dat in een voedselketen bio-accumulatie en bio-magnificatie optreden.

9. De student kan Nederlandse landschappen en daarin voorkomende ecosystemen beschrijven met behulp van kaarten en via (zelf) in het veld verzamelde gegevens over voorkomende soorten, levensgemeenschappen en biotische en abiotische omstandigheden.
10. De student kan actuele vraagstukken over gebruik, beheer en bedreigingen van landschappen, landschapselementen, ecosystemen en daarin voorkomende soorten analyseren.
11. **De student kan effecten van samenvoegen van kleine populaties op de genetische diversiteit verklaren op basis van het Wahlund-effect.**
12. **De student kan verschillen in groeisnelheid van planten verklaren op basis van fysiologische verschillen (morfologie/allocatie) in bladeren.**

### Didactische aanwijzingen

- Schrijf- en informatieopdrachten waarin informatie verzameld en geanalyseerd en voor specifieke soorten, populaties of ecosystemen toegepast wordt.
- Beschouwingen over gebruik en beheer van soorten, populaties en ecosystemen waarin kennis over ecosystemen geanalyseerd en vervolgens gekoppeld wordt aan ethische overwegingen en maatschappelijke waarden.
- Veldwerk waarbij gekeken wordt naar diverse abiotische invloeden op de biotische factoren in een ecosysteem.
- **Een betoog schrijven onder de titel ‘Exoten, bedreiging of verrijking voor de Nederlandse zoetwateren?’ over het effect van exotische vissoorten op de biodiversiteit in Nederlandse beken en rivieren. Maak daarbij gebruik van recent wetenschappelijk onderzoek aan invasies van minimaal twee verschillende zoetwaterorganismen.**
- Huisman en Beninca schetsen in een reeks artikelen dat in een levensgemeenschap in een model zoutwaterecosysteem de populatiegrootte van de aanwezige soorten chaotisch varieert (Beninca et al. 2009, Coupled predator-prey oscillations in a chaotic food web. Ecology Letters 12: 1367-1378. Beninca et al. 2008. Chaos in an long-term experiment with a plankton community. Nature 451; 822-826).
  - Vergelijk de uitkomsten van dit onderzoek met de successie van ecosystemen die leidt tot een climax-ecosysteem en geef aan in hoeverre in dit zoutwaterecosysteem sprake is van een climax.
  - John Kricher betoogt in het artikel “Het natuurlijk evenwicht bestaat niet” in Bionieuws 18, 31 oktober 2009, dat het denken in evenwichten ecosystemen vooral een filosofisch uitgangspunt en geen wetenschappelijk onderbouwd gegeven is. In het Europese en Nederlandse natuurbeschermingsbeleid staan de bescherming van individuele soorten en ecosystemen centraal. Zet de argumenten in dit betoog bondig op een rij en vergelijk dit met de uitgangspunten voor het Europese en Nederlandse natuurbeschermingsbeleid.
- Maak een opzet voor een debat in een klas rond de discussie over ‘het bijvoederen van grote grazers in de Oostvaardersplassen’. Betrek in dit debat de ideeën zoals die in de jaren ’90 zijn geïntroduceerd in ‘het plan Ooievaar’ van Frans Vera e.a. en de regelgeving rond Nederlandse

## natuurbescherming zoals vastgelegd in onder andere Natura 2000 en de Ecologische Hoofdstructuur.

### Domein 7: Systeem aarde

Het meest omvangrijke organisatieniveau dat in de biologie bestudeerd wordt, is het systeem Aarde. Op dit niveau heeft de kennisbasis biologie ook een wisselwerking met een aanpalend schoolvak als aardrijkskunde en dan met name de fysische geografie die daar een onderdeel van is en in het verlengde daarvan een discipline als geologie. Wat op dit organisatieniveau ook een belangrijk aspect wordt is 'tijd', bijvoorbeeld wanneer we het over de macro-evolutie hebben of over de grote vraagstukken van onze tijd zoals klimaatverandering en de teloorgang van biodiversiteit. Aandacht voor duurzaamheid ligt in het verlengde van die grote vraagstukken. Ook de 'grote levensvragen' worden in dit domein niet geschuwd. Welke theorieën zijn er voor het ontstaan van het leven? Welke acties en leefstijl zijn nodig voor een duurzame ontwikkeling van de aarde?

#### Subdomein 7.1: Theorieën over het ontstaan van de aarde, het leven en de macro-evolutie

Er bestaat een redelijke consensus over de theorie die het ontstaan van het heelal, ons zonnestelsel en de aarde waarop wij leven, verklaart. Echter, ondanks dat het leven in alle mogelijke detail is en wordt bestudeerd, is niet echt bekend hoe het leven is ontstaan. Wel zijn er veel theorieën over, ondersteund door meer of minder empirisch bewijs. In dit subdomein wordt aandacht aan deze theorieën besteed.

1. De student kan huidige inzichten noemen over het ontstaan van het heelal, ons zonnestelsel en de aarde waarop wij leven.
2. De student toont inzicht in hoe de ontwikkeling van de biosfeer samenhangt met de historische ontwikkeling van het systeem aarde door de geologische tijd heen en daarin de effecten van plaattektoniek, inslagen van buitenaardse objecten, wijzigingen in zeespiegelniveau en klimaatwijzigingen betrekken.
3. De student kan een aantal theorieën noemen die trachten het ontstaan van het leven op aarde te verklaren en de inzichten benoemen die daarin geformuleerd worden over de vraag wanneer en op welke manier de verschillende vormen van leven op aarde zijn ontstaan.
4. De student kan een relatie leggen tussen de evolutie van micro-organismen (uit de domeinen Archaea en Bacteria) en het ontstaan van het leven op aarde zoals wij dat nu kennen waarbij gebruik wordt gemaakt van de endosymbiose-theorie en de verschillen die er zijn tussen prokaryoten en eukaryoten.

#### Didactische aanwijzingen

- Open opdracht met als vraagstelling: wanneer is leven op een exoplaneet mogelijk?

- Creatieve verwerking over de endosymbiose theorie in strip, film, poster, etc.
- Verzamelen van wetenschappelijke theorieën en scheppingsverhalen uit verschillende culturen over het ontstaan van het leven op aarde.

### Subdomein 7.2: Biosfeer

De biosfeer is de schil van de aarde waarin leven mogelijk is. Binnen de biosfeer zijn alle ecosystemen te vinden. Deze worden gegroepeerd in grootschalige biomen met overeenkomstige eigenschappen. De karakteristieken van deze biomen worden bepaald door de interactie tussen het fysische en chemische milieu en de organismen die zich daaraan aangepast hebben. Interacties vinden plaats op verschillende schalen in tijd en ruimte en hebben gevolgen voor de elementenkringlopen en energiestromen door de verschillende ecosystemecompartimenten.

1. De student kan de belangrijkste kenmerken van de organisatieniveaus binnen de biosfeer (biomen, ecosystemen, levensgemeenschappen, populaties, organismen) benoemen.
2. De student kan karakteristieken van - en verschillen tussen - biomen (woestijn, bos, grasland, toendra) en aquatische systemen (zee, meer en rivier) benoemen wat betreft de geografie, het klimaat (gedefinieerd door gemiddelde temperatuur, hoeveelheid neerslag en vochtigheid) karakteristieke groei- en levensvormen en de relaties tussen deze karakteristieken beschrijven.
3. De student kan benoemen wat de invloed van de mens is op de kringlopen van water, koolstof, stikstof, fosfaat en zwavel.
4. De student kan uiteenzetten wat de rol van oceanen, de opgeloste stoffen (met name CO<sub>2</sub>) en het leven daarin is bij klimaatverandering.

#### Didactische aanwijzingen

- De opkomst en ondergang van het experiment van Biosphere2 beredeneren.
- Bestuderen van verschillende biomen.

### Subdomein 7.3: Biodiversiteit

Het onderwerp biodiversiteit spreidt zich van lokaal, via regionaal naar mondiaal niveau uit. Het bepalen van de mate van biodiversiteit en de teruggang daarin is een belangrijk thema binnen de biologie. In een mbo-opleiding natuurbeheer is dit subdomein van bijzonder belang omdat natuurbeheer vaak is gericht op behoud of vergroten van de biodiversiteit.

1. De student kan benoemen wat onder het begrip biodiversiteit wordt verstaan, zowel vanuit wetenschappelijk als maatschappelijk perspectief.
2. De student kan een relatie leggen tussen het functioneren van een ecosysteem en de biodiversiteit.

3. De student kan benoemen wat ecosystemediensten zijn en de indeling in verschillende ecosystemediensten (productiediensten, regulerende diensten, culturele diensten en ondersteunende diensten) en de functie van de biodiversiteit hierin onderscheiden.
4. De student kan analyseren wat de invloed van de mens is op de biodiversiteit in ecosystemen, bijvoorbeeld door de invloed die de mens op het klimaat heeft.
5. De student kan een aantal Europese en mondiale regelgevende benaderingen ten aanzien van de biodiversiteit noemen.
6. De student kan een aantal praktische manieren noemen waarop het bedrijfsleven, overheden en maatschappelijke organisaties kunnen samenwerken om de opbrengsten van ecosystemediensten duurzaam te verbeteren.

#### Didactische aanwijzingen

- Discussie over de vragen.
  - Wat is de waarde van een soort?
  - Hoeveel geld en energie moeten we investeren om één soort te redden?
  - Of gaat het om meer dan die ene soort?
  - En wat kunnen de gevolgen zijn voor de mens?
- Adviesrapport schrijven over de bescherming van een gebied en de waarde van de daarin aanwezige ecosystemediensten.
- Door middel van veldwerkopdrachten de biodiversiteitsindex bepalen van een gebied.

### Subdomein 7.4: Duurzame ontwikkeling

Uitgangspunt is het begrip duurzaamheid zoals gedefinieerd door VN-commissie Brundtland (1987): "Duurzame ontwikkeling is ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen." Bewoners van de aarde staan voor één van de grootste uitdagingen van de geschiedenis: de materiële basisvoorwaarden van het bestaan zekerstellen. Door de toenemende wereldbevolking en het steeds stijgende welvaartspeil in verschillende delen van de wereld is het duidelijk dat uitputting van de aarde een reëel gevaar is. Wereldwijde klimaatveranderingen zijn merkbaar. Maar wat zijn precies deze milieuproblemen? Waar komen ze vandaan? En hoe hangen ze samen met 'normale' consumptiepatronen van de student en andere mensen?

1. De student kan de kenmerken van een aantal belangrijke duurzaamheidsvraagstukken en de mogelijke oorzaken en gevolgen daarvan benoemen, bijvoorbeeld:
  - a. biodiversiteit;
  - b. uitputting van natuurlijke hulpbronnen (waaronder water) en energievraagstukken;
  - c. milieukwaliteit, o.a. toxische stoffen en gassen, fijnstof, geluid- en lichtvervuiling;



- d. verzuring, vermisting en verdroging in Nederland.
2. De student kan uitleggen wat wordt verstaan onder klimaatverandering en veeltgenoemde oorzaken daarvan noemen.
3. De student kan een beargumenteerd standpunt innemen met betrekking tot een duurzaamheidsvraagstuk.
4. De student kan verbanden tussen verschillende duurzaamheidsoplossingen bediscussieren.
5. De student kan zijn ecologische voetafdruk bepalen en op de uitkomst van die bepaling reflecteren.
6. De student kan verschillende sociaal-culturele aspecten (people), fysieke aspecten (planet) en sociaal-economische aspecten (profit/prosperity) toepassen op duurzaamheidsvraagstukken.
7. De student kan het cradle-to-cradle-principe toepassen op een willekeurig product en zo verduidelijken dat afval van één product de grondstof kan zijn voor een ander product.
8. De student kan uitleggen dat het begrip biomimicry staat voor een innovatiemethode met de natuur als inspiratiebron voor out-of-the-box duurzame (doorbraak)innovaties.
9. De student kan reflecteren op het eigen wereldbeeld en aangeven hoe de student zelf kan bijdragen aan een duurzame wereld.

#### Didactische aanwijzingen

- Verschillende opdrachten met als doel de student aan de hand van een concrete (liefst actuele) vraagstelling de onderwerpen natuurbehoud, duurzaamheid en diversiteit op een geïntegreerde wijze te leren benaderen en uit te laten werken in een presentatie.
- Studenten solliciteren naar één van de bovenstaande opdrachten door het schrijven van een motivatiebrief en krijgen op grond hiervan de opdracht al of niet toebedeeld.
- Minisymposium houden over bovenstaande opdrachten.
- Maken van een documentaire over een duurzaamheidsvraagstuk.

## Domein 8: Vakdidactiek

Een schoolvakbekwame docent heeft naast kennis van de vakinhoud ook kennis van manieren waarop onderwijsleerprocessen in de praktijk van het schoolvak vorm krijgen en worden beïnvloed. Dit is de vakdidactiek; naast de vakinhoudelijke kennis het tweede aspect van de kennisbasis dat voor een schoolvakbekwame leraar van belang is.

### Subdomein 8.1: Aard van de biologie als wetenschap, beroep en schoolvak en betekenis van de biologie in de maatschappij

Biologie is zowel een fundamentele als een toegepaste wetenschap die het leven op ieder organisatieniveau bestudeert. Begonnen als beschrijvende

wetenschap is biologie tegenwoordig vooral een empirische wetenschap waarin het experiment volgens de natuurwetenschappelijke methode centraal staat. Biologie als schoolvak weerspiegelt de breedte en interdisciplinariteit van de biologische wetenschap slechts gedeeltelijk. In de bovenbouw van het voorgezet onderwijs (havo en vwo) is er aandacht voor alle domeinen. In het beroepsonderwijs ligt het accent meestal bij één of twee domeinen, bijvoorbeeld domein 1 en 2 bij opleidingen voor analisten, of domein 5 en 6 bij opleidingen gericht op natuurbeheer.

1. De student kan zijn visie op de biologie als wetenschap en als schoolvak verwoorden en daarbij persoonlijke accenten leggen, waarbij hij een koppeling maakt naar zijn toekomstige beroepspraktijk **en waarbij een verschil wordt aangegeven tussen biologische vragen en vragen uit verwante natuurwetenschappelijke disciplines.**
2. De student kan een natuurwetenschappelijk literatuuronderzoek, of kleinschalig beschrijvend of empirisch onderzoek uitvoeren volgens de eisen die daar binnen de wetenschap aan worden gesteld en leerlingen daarin begeleiden, **bijvoorbeeld voor het profielwerkstuk.**
3. De student kan leerlingen voorbeelden geven van beroepsloopbanen die in de biologie en daaraan verwante disciplines mogelijk zijn en op die manier een arbeidsmarktperspectief schetsen.
4. De student kan voor een gegeven onderwerp inventariseren op welke manier de relevante eindtermen en kerndoelen in relatie staan tot wat de wetenschap over het gegeven onderwerp zegt.
5. De student kan voorbeelden geven van de rol die biologie in de maatschappij en in het maatschappelijk debat speelt of kan spelen **door in te gaan op ethiek en filosofie in een biologisch kader.**

#### Didactische aanwijzingen

- Schrijven van een visiestuk als onderdeel van een afstudeerportfolio of vergelijkbaar product.
- Een visie ontwikkelen over de mate waarin biologische gegevenheden zijn eigen leven bepalen en/of veranderd zouden kunnen worden en deze visie relateren aan denkbeelden van anderen.
- Een visies ontwikkelen op waar de grenzen van leven liggen en deze visie relateren aan denkbeelden van anderen.
- Een visie ontwikkelen over waartoe leerlingen biologische kennis zouden moeten verwerven en wat ze ermee zouden moeten kunnen.
- Schrijfofdracht waarin in detail wordt gezocht naar vakliteratuur over een recente ontwikkeling in de biologie.
- Organiseren van een of meer excursies naar een beroepscontext waar beroepsbeoefenaars met een biologische achtergrond werken.
- Ontwikkelopdracht geven voor een lessenserie waarin wordt aangegeven welke eindtermen en/of kerndoelen worden geadresseerd en hoe het niveau van de leerstof afwijkt van de leerstof die de student zelf bestudeerd heeft over

het gegeven onderwerp. Op deze manier brengt de student tevens in kaart in welke mate hij of zij “boven de stof staat”.

- **Opstellen en bediscussiëren van een beoordelingsmodel voor een profielwerkstuk.**

## Subdomein 8.2: Leerstof-, lesopbouw en toetsing

Bij leerstofopbouw gaat het om de opbouw van het curriculum (het leerplan) in grote lijnen: wat zijn de kerndoelen voor de onderbouw en wat de eindtermen voor de bovenbouw? Wat zijn de eindtermen van aan biologie gerelateerde profieldelen in de kwalificatiestructuur van het mbo en waar liggen de accenten in de verschillende relevante mbo-opleidingen? Bij biologie gaat het naast het vormgeven van lessen en lessenseries vooral ook om verschillende typen lessen, met name theorielessen, practica en veldwerklessen. Ook is er aandacht voor verschillen in perspectieven op het biologieonderwijs, het stellen van leerdoelen en de toetsing daarvan. Een derde aspect is kennismaken met het aanbod van lesmethodes en het onderzoeken hoe de leerstof daarin wordt aangeboden.

1. **De student kan op basis van trends en herzieningen in het biologiecurriculum (herziene) eindtermen analyseren en analyseren hoe deze kerndoelen** uitgewerkt zijn in de op zijn (stage)school gebruikte lesmethode.
2. De student kan een jaarplanning (**programma van toetsing en afsluiting: PTA**) voor een gegeven niveau maken **en onderbouwen** en daarin een aantal lessenseries, **inclusief een betrouwbare en valide** toetsing en evaluatie, ontwerpen **waarbij specifieke aandacht is voor de didactische functie van contexten.**
3. De student kan de waarde van biologische kennis in een specifiek beroep duiden.
4. De student kan onderzoeken waarin de kwalificatiestructuur van een aantal gerelateerde beroepen verschilt en hoe biologische begrippen samenhang kunnen brengen in een kwalificatiestructuur.
5. De student kan beredeneren welke meerwaarde biologische denk- en werkwijzen hebben voor specifieke beroepsbeoefening (bijvoorbeeld homeostase en positieve/negatieve terugkoppeling in verzorgende beroepen).
6. De student kan formatieve en summatieve toetsen selecteren en/of ontwerpen om te bepalen of de gestelde leerdoelen zijn behaald.
7. **De student kan toetsitems opstellen volgens ontwerpcriteria en de resultaten van een toets analyseren, evalueren en een verbeterplan opstellen.**

### Didactische aanwijzingen

- Analyseopdracht waarbij de opbouw, inhoud en dekking over de eindtermen van de voor het schoolvak beschikbare lesmethodes wordt onderzocht.
- Ontwerpopdracht waarbij een veldwerkles wordt ontworpen die daarna binnen een lesuur in de omgeving van de school kan worden uitgevoerd.

- Ontwikkelopdracht waarbij de student vaardighedenpractica ontwikkelt voor studenten op een mlo-opleiding die bacteriekweken moeten leren maken teneinde gekwalificeerd te worden als biologisch-medisch analist.
- Een toets ontwerpen, afnemen en analyseren.
- **Bediscussiëren van PTA van de (stage)school en verbeter suggesties opstellen.**

### Subdomein 8.3: Doorlopende leerlijn en samenhang met andere schoolvakken

Biologie staat als schoolvak niet op zichzelf en het is daarom belangrijk dat de docent de samenhang kent met aanpalende vakken, maar ook met aanpalende onderwijsniveaus.

1. De student kan de eindtermen voor zijn schoolvak op een gegeven niveau vergelijken met de eindtermen voor een hoger of lager niveau en op basis van een analyse van de eindtermen voor de bovenbouw bepalen welke kennis en vaardigheden in de onderbouw aangeboden moeten worden teneinde een voor de leerling optimale aansluiting tussen onder- en bovenbouw te garanderen **en welke kennis en vaardigheden in de bovenbouw aangeboden moeten worden als voorbereiding op het hoger onderwijs.**
2. **De student kan onderzoeken en benoemen wat de samenhang in kennis en vaardigheden is tussen vakken in het bètacluster, zodat er vakoverstijgend geïnventariseerd kan worden welke keuzes er gemaakt kunnen worden met betrekking tot bijvoorbeeld volgordelijkheid van specifieke concepten of het leggen van verbindingen tussen concepten (zoals binnen NLT-modules [NLT: natuur, leven en technologie]).**
3. De student kan relaties leggen tussen wiskundige representaties en de biologische verklaringen hiervan.
4. **De student kan een doorlopende practicum- en onderzoeksleerlijn ontwikkelen en deze onderbouwen met relevante literatuur.**

#### Didactische aanwijzingen

- De student bestudeert de doorlopende leerlijn voor een bepaald kernconcept om de leerlijn van primair onderwijs tot bovenbouw vmbo-t in kaart te brengen.
- Een groep studenten uit de bètavakken die op één opleidingschool hun stage lopen, brengen in beeld hoe leerlingen in de biologie, natuur- en scheikunde en wiskunde grafieken leren tekenen.
- Tijdens de stage participeert een student in de voorbereiding en uitvoering van een projectweek waarin meerdere schoolvakken samenwerken.
- **De student stelt samen met studenten van andere opleidingen verbeter suggesties op bij bestaande NLT-modules.**
- **De student analyseert practica en op basis van deze analyse stelt hij een logische volgordelijkheid vast.**

## Subdomein 8.4: Begripsontwikkeling

Leerlingen worden bij het vak biologie geconfronteerd met veel nieuwe begrippen. Om dit proces goed te laten verlopen moet een docent kennis hebben van hoe begripsontwikkeling in zijn werk gaat, welke problemen er kunnen zijn en ontstaan, en welke strategieën er zijn om begripsontwikkeling te stimuleren. Recente inzichten suggereren dat begripsontwikkeling vaak beter gaat en betekenisvoller wordt wanneer het begrip aan een context wordt gekoppeld. Dit is de Concept-Contextstrategie die centraal staat in de meest recente vernieuwing van het biologieonderwijs. Omdat begripsontwikkeling niet zonder taal kan, is ook aandacht nodig voor het gebruik van vaktaal en de uitdagingen die dit aan leerlingen kan stellen.

1. De student kan inventariseren welke begrippen (concepten) geleerd moeten worden teneinde een kerndoel of eindterm te bereiken en het sleutelconcept benoemen.
2. De student kan leerlingen leren hoe zij begrippen in een samenhangend verband kunnen plaatsen.
3. De student kan een begrip 'ontleden' in deelbegrippen of onderliggende begrippen en bepalen welke leerlingen daarvan al kennen en in welke samenhang.
4. De student kan begrippen contextualiseren en recontextualiseren volgens de aanpak van de concept-contextbenadering (Boersma et al. 2010<sup>1</sup>) **en op basis hiervan een lessenserie ontwerpen waarbij een verantwoorde keuze gemaakt wordt** tussen leefwereld, beroepswereld of wetenschappelijke context en waarbij de keuze tussen een illustrerende, verbindende, centrale of 'op afstand' benadering (Bruning & Michels, 2013<sup>2</sup>) **wordt onderbouwd**.
5. De student kan onderzoeken en bepalen welke onderwijsleeractiviteiten voor een bepaald begrip aansluiten bij hun leerlingen gebaseerd op vakdidactische literatuur en ervaren collega's.
6. Door wetenschappelijk onderzoek onderbouwde (vak)didactische benaderingen toepassen zoals yo-yo'en tussen organisatieniveaus (Knippels, 2002<sup>3</sup>), de concept-context benadering en systeemdenken.
7. In de tekst van een lesmethode of andere bron bepalen welke vaktaal de leerlingen voor moeilijkheden kan stellen en met strategieën zoals 'taalsteun, context en interactie' (Hajer & Meestringa, 2015<sup>4</sup>) om problemen doelmatig aanpakken.

1 Boersma, K.Th. Kamp, M.J.A., Oever, L. van den en Schalk, H.H. (2010). Naar actueel, relevant en samenhangend biologieonderwijs. Utrecht: CVBO.

2 Bruning, L. en Michels, B. (2013). Concept-contextvenster: Zicht op de wisselwerking tussen concepten en contexten in het bèta-onderwijs. Enschede, SLO

3 Knippels, M.C.P.J. (2002). Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education. The yo-yo learning and teaching strategy. Utrecht: CD-beta Press.

4 Hajer, M. & Meestringa, T. (2015). Handboek taalgericht vakonderwijs (3e druk). Bussum: Coutinho.

### Didactische aanwijzingen

- Analyseopdracht waarbij een student door middel van het bestuderen van de syllabus inventariseert welke begrippen gekend, begrepen en toegepast moeten kunnen worden ten einde een bepaalde eindterm te bereiken.
- Ontwerpopdracht waarbinnen een student een concept map of mind map tekent om de samenhang van begrippen te tonen aan leerlingen of om de leerstof te organiseren.
- Ontwikkelopdracht voor een groep studenten om in het kader van een project Lesson Study (de Vries et al., 2016<sup>1</sup>) gezamenlijk een leerstrategie te ontwikkelen voor bijvoorbeeld mindertalige leerlingen waarbij de vaktaal wordt versimpeld zonder afbreuk te doen aan de begripsontwikkeling.
- Een lessenserie ontwerpen waarin de Yo-Yo-benadering wordt toegepast.

### Subdomein 8.5: Karakteristieke denk- en werkwijzen in de natuurwetenschappen en techniek

In de recent verschenen kennisbasis natuurwetenschappen en techniek voor de onderbouw (SLO, 2014) zijn negen kenmerkende denkwijzen en zeven kenmerkende werkwijzen expliciet benoemd en toegelicht voor het tweedegraadsgebied. Voor het eerstegraadsgebied vormt dat de basis waarop verder gebouwd wordt richting de eindtermen. In de praktijk leren toekomstige leraren al veel van deze denk- en werkwijzen impliciet tijdens hun opleiding en gaat het er om dat zij zich ervan bewust worden dat deze denk- en werkwijzen ook voor hun leerlingen van groot belang zijn. Denk- en werkwijzen zijn onderdeel van een bepaalde onderwerpsdidactiek. Bijvoorbeeld, de denkwijze over 'behoud, transport en kringloop van energie en materie' zal een belangrijk element zijn van de vakdidactische uitwerking van het onderwerp ecosystemen.

1. De student kan voor de natuurwetenschappen en in het bijzonder de biologie typerende denk- en werkwijzen integreren in onderwijsleeractiviteiten:

#### *Natuurwetenschappelijke denkwijzen*

- a. **wetenschappelijk realisme en het antirealisme (instrumentalisme);**
- b. **onderscheiden wetenschap van niet-wetenschap of pseudowetenschap;**
- c. **multicausaal denken;**
- d. **belangrijke filosofische stromingen zoals rationalisme, empirisme, inductivisme, positivisme, logisch positivisme, falsificationisme (kritisch rationalisme), relativisme, mechanisme, reductionisme en vitalisme;**

<sup>1</sup> De Vries, S., Verhoef, N. & Goei, S.L. (2016). Lesson study - een praktische gids voor het onderwijs. Antwerpen: Garant Uitgevers.

- e. patronen;
- f. schaal, verhouding en hoeveelheid;
- g. oorzaak en gevolg;
- h. systeem en systeemmodellen;
- i. behoud, transport en kringloop van energie en materie;
- j. structuur en functie;
- k. stabiliteit en verandering;
- l. duurzaamheid;
- m. risico's en veiligheid.

#### *Natuurwetenschappelijke werkwijzen*

- a. modelontwikkeling en -gebruik;
- b. onderzoeken;
- c. ontwerpen;
- d. informatievaardigheden;
- e. redeneervaardigheden;
- f. rekenkundige en wiskundige vaardigheden;
- g. waarderen en oordelen;
- h. **waarneming, experiment, hypothese, wet(matigheid), waarschijnlijkheidswet, theorie, paradigma, wetenschappelijke revolutie, theoretische term en waarnemingsterm;**
- i. **relatie tussen waarneming en theorie (theorie geladenheid van waarneming en onderdeterminatie);**
- j. **hypothetisch-deductieve methode (context of discovery en de context of justification);**
- k. **empirische cyclus.**

#### *Voor de biologie typerende denkwijzen*

- a. evolutionair denken;
- b. **systeemdenken;**
- c. ecologisch denken.

### Didactische aanwijzingen

- Kennisopdracht tijdens de lessen vakdidactiek. Studenten bestuderen het deel uit de kennisbasis natuurwetenschappen en techniek voor de onderbouw (SLO, 2014<sup>1</sup>) waarin de denk- en werkwijzen worden toegelicht.
- Oefenopdracht tijdens de lessen vakdidactiek. Studenten bereiden een onderdeel van een les voor waarin een bepaalde denk- of werkwijze centraal staat en voeren dit lesdeel uit voor medestudenten.

---

<sup>1</sup> Ottevanger, W., Oorschot, F., Spek, F.W., Boerwinkel, D., Eijkelhof, H., de Vries, M., van der Hoeven, M. en Kuiper, W. (2014). Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo. Een richtinggevend leerplankader. Enschede: SLO.



## Subdomein 8.6: Leefstijl

Zorgen voor een gezonde leefstijl is een brede en complexe aangelegenheid. Het is een proces dat een levenlang duurt, vindt buiten en binnen de school plaats, en is onderhevig aan steeds wijzigende inzichten over wat 'gezond' is. In de omgeving van leerlingen wordt ten aanzien van leefstijl op veel manieren invloed uitgeoefend. Onder andere bij het vak biologie kunnen zij hierover leren. Het is aan scholen om binnen dat geheel hun bijdrage te bepalen. Scholen kunnen dat doen door te werken met de 'Gezonde School' aanpak die beschreven is voor primair, voortgezet en beroepsonderwijs. Binnen de 'Gezonde School'-aanpak wordt gewerkt met vier pijlers: signalering, educatie, omgeving en beleid. Het in 2015 door de SLO gepubliceerde leerplankader 'sport, bewegen en gezonde leefstijl' sluit aan bij de pijler educatie. Het is gebruikt om de indicatoren bij dit subdomein te formuleren.

1. De student kan de voor biologie relevante thema's zoals die geformuleerd zijn in het leerplankader 'sport, bewegen en gezonde leefstijl' toepasbaar maken voor leerlingen uit verschillende leeftijdsgroepen in het voortgezet en beroepsonderwijs. De thema's en bijbehorende kernen zijn:
  - a. **sociaal-emotionele ontwikkeling:** zelf, zelfsturing, de ander, relaties en kiezen.
  - b. **voeding:** voeding en gezondheid, voedselkwaliteit, eten kopen, bereiden en beleven.
  - c. **fysieke activiteit:** leer-/ werkplek, pauze, bewegingsonderwijs, transport en vrije tijd.
  - d. **persoonlijke verzorging:** lichaamshygiëne, huid, zintuigen, mond en gebit.
  - e. **genotmiddelen:** alcohol, roken, cannabis, (overige) softdrugs, harddrugs en grenzen stellen en bewaken bij het gebruik van genotmiddelen.
  - f. **relaties en seksualiteit:** lichamelijke ontwikkeling en zelfbeeld, intieme relaties, voortplanting, gezinsvorming en anticonceptie, seksualiteit en grenzen stellen.
  - g. **veiligheid:** fysieke veiligheid en assertiviteitstraining.

### Didactische aanwijzingen

- Onderzoeksopdrachten waarbij de student onderzoek doet naar leefstijl bij leerlingen.
- Opdrachten waarin de student de eigen waarden en normen op het gebied van seksualiteit onderzoekt en de consequenties daarvan bij het verzorgen van lessen seksuele en relationele vorming benoemt.
- Open opdrachten waarbij de student literatuur en/of lesmateriaal bestudeert rond de thema's van de gezonde leefstijl.
- Multidisciplinaire opdrachten waarbij studenten van verschillende tweedegraadslereenopleidingen samen een ontwerp maken voor bijvoorbeeld een projectweek waarin over de volle breedte van de school aandacht wordt besteed aan een gezonde leefstijl of één of meerdere thema's die daar binnen vallen.

- Opstellen van een handelingsplan voor bewoners in een instelling voor begeleid wonen, inclusief richtlijnen voor voeding en persoonlijke hygiëne.

### Subdomein 8.7: De leeromgeving

Biologieonderwijs vindt in het algemeen op drie locaties plaats: het klaslokaal, het practicumlokaal en buiten het lokaal, in het veld. De schoolvakbekwame leraar kan in deze drie locaties didactisch uit de voeten. Met name de didactiek van het practicumlokaal en het veld is van belang, de didactiek van het klaslokaal wordt voor een groot deel ook opgenomen in de generieke kennisbasis.

1. De student kan benoemen welke objecten en artefacten kenmerkend zijn voor een biologielokaal, beschrijven hoe een practicumlokaal wordt ingericht en de rol van de toa hierin.
2. De student kan benoemen welke veiligheidseisen in een practicumlokaal gelden en weten waar deze te vinden zijn ([www.veiligpracticum.nl](http://www.veiligpracticum.nl)). Om de veiligheid te waarborgen, heeft hij ook kennis van specifieke ARBO-regels en is in staat EHBO te verlenen, zonder dat daarbij de eis gesteld wordt dat de student in het bezit is van een geldig EHBO-diploma.
3. De student kan drie typen practicum - zoals die door van den Berg & Buning (1994) worden onderscheiden - inzetten ten behoeve van vaardigheidsontwikkeling, begripvorming en ontwikkeling van onderzoekend vermogen en geeft deze op een adequate manier vorm in een practicumleerlijn van onderbouw naar bovenbouw.
4. De student kan practicumvaardigheden en praktische opdrachten beoordelen.
5. De student kan verantwoord omgaan met dode en levende organismen, met name planten en dieren.
6. De student kan leerlingen op specifieke kenmerken van specimen wijzen.
7. De student kan biologische activiteiten buiten school zoals veldwerk of een excursie (mede)organiseren. Hij let daarbij naast de biologische inhoud ook op de veiligheid en het bij elkaar blijven van de leerlingen.
8. De student kan de natuur- en landschapswaarden van de omgeving waarborgen zodat veldwerkactiviteiten of excursies de omgeving niet (blijvend) verstoren.
9. De student kan de (soorten)kennis en vaardigheden die hij (met name) binnen de context van domein 4 en 5 van deze kennisbasis verworven heeft, inzetten in het veld.
10. De student kan leerlingen de buitenomgeving als zodanig laten beleven.

#### Didactische aanwijzingen

- Ontwerpen van een passend practicum bij behandelde stof.
- Organiseren van practica en veldwerk.
- Inrichten van vaklokaal en/of practicumlokaal voor biologie.
- Gebruik maken van de website <http://veiligpracticum.nl/>

### Subdomein 8.8: Ict in het biologieonderwijs

Hier gaat het specifiek om Ict-kennis en vaardigheden voor leraren biologie.

1. De student kan diverse soorten hardware en software voor meten, modelleren, simuleren en animeren van biologische onderwerpen benoemen en gebruiken.
2. De student kan applets en tools selecteren en didactiseren voor inzet bij specifieke begripsontwikkeling en vaardigheidsontwikkeling waaronder verslaglegging.
3. De student kan relevante nationale en internationale websites, digitale kennisbanken en bronnenverzamelingen voor het biologieonderwijs gebruiken (bijvoorbeeld: bioplek, ecent, kennisnet, de kennis van nu, en NEMO-Kennislink) en toont dat hij in staat is vergelijkbare of nieuwe bronnen te vinden.
4. De student kan applicaties noemen om digitale toetsen in de klas af te nemen en deze ook toepassen.

#### Didactische aanwijzingen

- Ontwerpopdracht voor een leerlingenhandleiding om bij een practicum gegevens in tabellen in een spreadsheet te zetten en een grafiek te genereren.
- Meetpracticum met behulp van bijvoorbeeld Coach, Vernier LabQuest, of sensoren die aan een grafische calculator gekoppeld kunnen worden.
- Ecologische processen simuleren met bijvoorbeeld ecosim.
- Gebruik van een GPS of mobiele telefoon om coördinaten te bepalen van een vindplaats van een specimen.
- Lesontwerp waarin leerlingen gebruik maken van een aantal websites (bijvoorbeeld [www.bioplek.org](http://www.bioplek.org)) om een bepaald begrip te ontwikkelen.

### Subdomein 8.9: Professionele ontwikkeling en collegiale samenwerking

Een startbekwame docent ontwikkelt zich na zijn of haar afstuderen verder en werkt met collega's en anderen samen. Bijvoorbeeld bij het ontwikkelen van lesmateriaal of het op peil houden van de vakinhoudelijke kennis. In de vakdidactiek kan een begin gemaakt worden met het verkennen van mogelijkheden tot ontwikkeling en samenwerking. Ter verrijking van de mogelijkheden om knelpunten in de onderwijspraktijk te signaleren en op te lossen, dient een startbekwame docent in staat te zijn een praktijkgericht sociaalwetenschappelijk onderzoek uit te voeren en aanbevelingen te doen aan de beroepspraktijk.

1. De student kan gebruikmakend van **reflectie en** sociaalwetenschappelijke onderzoeksinstrumenten **een valide en betrouwbaar** praktijkgericht vakdidactisch onderzoek uitvoeren en hierover volgens de geldende regels rapporteren.
2. De student kan functioneren binnen een vaksectie en daarin een actieve rol spelen door bijvoorbeeld ontwikkeltaken op zich te nemen.

3. De student kan beargumenteren welke meerwaarde beroepsorganisaties zoals de NVON en het NIBI voor de beroepsgroep hebben en benoemen dat zij belangen behartigen, congressen organiseren, nascholing aanbieden en voor hem relevante tijdschriften publiceren.
4. De student kan een keuze maken uit voor hem relevante aanbieders van na- en bijscholing en globaal aangeven welk aanbod zij hebben.
5. **De student kan op autonome wijze ontwikkelingen bijhouden op het gebied van de biologie en de vakdidactiek en op basis hiervan geschikte didactische contexten kiezen.**

#### Didactische aanwijzingen

- Studenten lezen NVOX, het vakblad van de Nederlandse Vereniging voor Onderwijs in de Natuurwetenschappen, en selecteren daaruit artikelen die tijdens lessen vakdidactiek besproken kunnen worden.
- De student rapporteert in het verslag van zijn afstudeerstage over zijn activiteiten binnen de vaksectie.
- Tijdens zijn afstudeerstage participeert de student in een Lesson Study groep of DOT op zijn opleidingsschool en rapporteert daarover in zijn afstudeerdossier of praktijkonderzoek.
- Studenten voeren een praktijkgericht (ontwikkel)onderzoek in de eigen lespraktijk uit.

## Domein 9: Kennis van verwante vakken

Biologie is geen volledig eigenstandige discipline. Het is met natuur- en scheikunde één van de natuurwetenschappen en in ruimere zin één van de Bètavakken waartoe ook wiskunde gerekend wordt. Er zijn twee redenen waarom toekomstige docenten biologie kennis van aanpalende vakken en de daarbij behorende 'vaardigheden' moeten hebben. Ten eerste, veel biologische processen zijn vaak beter te begrijpen vanuit enige kennis van de natuur- en scheikunde. Wiskundige kennis en met name vaardigheid is daarbij vaak een vereiste. Ten tweede, ook in het voortgezet onderwijs is steeds meer verbinding te zien tussen de natuurwetenschappen. Naast kennis is er vaardigheid en veiligheid nodig en wordt de manier van onderzoek doen gedeeld met een aantal aanpalende vakken.

### Subdomein 9.1: Rekenen, wiskunde en statistiek

1. De student kan rekenen op referentieniveau 3S.
2. De student kan rekenen met machten en wortels
3. De student kan werken met vergelijkingen waarin haakjes gebruikt worden.
4. De student kan werken met breuken met letters.
5. De student kan werken met formules en grafieken.
6. De student kan kansen berekenen.
7. **De student kan werken met eenvoudige logaritmische en exponentiële functies.**

8. De student kan een eenvoudige statistische toets toepassen (chi-kwadraat, t-toets, correlatie en eenvoudige lineaire regressie) en bepalen of geobserveerde waarnemingen statistisch verschillen van verwachte waarnemingen.

#### Didactische aanwijzingen

- De pH berekenen van een basische of zure oplossing.
- Met bijvoorbeeld de chi-kwadraattoets bepalen of de uitkomsten van een kruisingsexperiment relevant en significant zijn.
- In Hardy-Weinberg problemen herkennen wat het kwadraat is en daarvan de wortel bepalen.

### Subdomein 9.2: Scheikunde

1. De student kan een oplossingsreeks bereiden waarin de concentratie van de opgeloste stof nauwkeurig bekend is.
2. De pH van een onbekende oplossing meten met een pH-meter, pH-stripjes of kleurindicatoren.
3. Zuur-base reacties herkennen en uitvoeren door middel van titraties.
4. Een buffer samenstellen.
5. Op een veilige manier chemische experimenten uitvoeren.
6. Aantoonreacties uitvoeren en interpreteren.

#### Didactische aanwijzingen

- Een oplossingsreeks klaarzetten voor een enzymenpracticum.
- De pH bepalen van water uit een ven of meer.
- Eiwit aantonen via de biureetreactie.

### Subdomein 9.3: Natuurkunde

1. De student kan uitleggen dat geluidstrillingen weergegeven kunnen worden als een golfverschijnsel.
2. De student kan benoemen dat licht zowel een golf is als een vorm van elektromagnetisme en als zodanig energie bevat die bijvoorbeeld in de fotosynthese wordt omgezet in chemische energie.
3. De student kan de werking van het oog verklaren met gebruikmaking van natuurkundige begrippen als lenswerking, scherptediepte en diafragma.
4. De student kan uitleggen hoe een lichtmicroscop en elektronenmicroscop werken en verklaren welke rol golflengte speelt bij de resolutie van een microscop.
5. De student kan gewrichten en spieren noemen als voorbeelden van systemen waarop de hefboomwerking van toepassing is.
6. De student kan uitleggen dat door verschillen in permeabiliteit voor ionen, een potentiaalverschil over een membraan tot stand kan komen.

### Didactische aanwijzingen

- De frequentie meten van een bepaald geluid, of omgekeerd een geluid van een bepaalde frequentie genereren en bepalen of dit geluid hoorbaar is voor een organisme.
- De kniepeesreflex als onderwerp van praktisch onderzoek waarbij krachten en ook reactietijd gemeten kunnen worden.
- Bepalen welke golflengten licht bruikbaar zijn in de fotosynthese van diverse waterorganismen (bruin- en roodwieren, dinoflagellaten, en kranswieren).

### Subdomein 9.4: Aardrijkskunde (fysische geografie)

1. De student kan geografische kennis toepassen in situaties waar de biogeografie van een bepaald organisme het onderwerp is.
2. De student kan de ligging van biomen aangeven op de wereldkaart of een globe.
3. De student kan benoemen dat continenten niet altijd op dezelfde plaats hebben gelegen en dat het verschuiven van continenten een belangrijke motor voor de macro-evolutie is geweest.

### Didactische aanwijzingen

- Tijdens een veldwerk bodemmonsters nemen en op basis van een analyse daarvan verklaren waarom de distributie van de vegetatie is zoals hij ter plekke aangetroffen wordt.
- Op een stafkaart de verspreiding van een soort aangeven waarbij uitgegaan wordt van een inventarisatie ter plaatse, of op basis van een bodemkaart de distributie van de vegetatie voorspellen.
- De waterdoorlaatbaarheid van een bodemtype bepalen.

## Domein 10: Natuurwetenschappelijk (literatuur)onderzoek

Zoals in de kennisbasis Generiek voor de eerstegraadslerarenopleiding al is beschreven, hebben masters (meer dan een bachelor) uitgebreide en diepgaande kennis over het leren en onderwijzen van het vak en verwerven zij die kennis onder andere door zelf onderzoek te doen en door gebruik te maken van inzichten uit bestaand onderzoek. Waar in de kennisbasis Generiek onderzoek naar de schoolpraktijk centraal staat, daar staat vakinhoudelijk onderzoek in al zijn facetten centraal in deze kennisbasis.

### Subdomein 10.1: Natuurwetenschappelijk (literatuur)onderzoek

Een startbekwame docent ontwikkelt zich na zijn of haar afstuderen verder en werkt met collega's en anderen samen. Bijvoorbeeld bij het op peil houden van de vakinhoudelijke kennis en maakt daarbij meer dan een bachelor gebruik van onderzoeksvaardigheden.

1. De student kan de empirische onderzoekscyclus (de 'natuurwetenschappelijke methode') benoemen en een **(laboratorium)**experiment volgens deze methode uitvoeren en daarover rapporteren.
2. De student kan onderzoek uitvoeren tijdens bijvoorbeeld veldwerk of een gedragsbiologische observatie.
3. De student kan literatuuronderzoek uitvoeren over een zelfgekozen of door de opleiding gegeven onderwerp. Daarbij relevante en actuele **wetenschappelijke** bronnen **vinden en selecteren** en daarover rapporteren waarbij een correcte verwerking en vermelding van bronnen volgens richtlijnen een **essentieel** beoordelingscriterium is.
4. De student kan in correct Nederlands rapporteren en behaalt daarbij minimaal een beheersing dat voldoet aan referentieniveau 3F.
5. De student kan kritisch artikelen **analyseren** over uitgevoerd onderzoek, kritische vragen stellen bij berichten en deze berichten kritisch evalueren en dit aan leerlingen leren.
6. **De student kan een natuurwetenschappelijk onderzoek opzetten en uitvoeren, waaruit kennis blijkt van diverse onderzoeksmethodieken, met gebruik van de juiste criteria van validiteit en betrouwbaarheid en waarbij een expliciete rol is weggelegd voor analyse van primaire literatuur.**

#### Didactische aanwijzingen

- Het schrijven van een **vakinhoudelijk literatuuronderzoek** wat bijvoorbeeld geldt als 'meesterstuk' en/of bewijs van **masterniveau**.
- Het toepassen van de onderzoekscyclus tijdens practica.
- Tijdens een veldwerk of dierentuinbezoek uitvoeren van beschrijvend onderzoek en daarover rapporteren.
- **Een empirisch vakinhoudelijk onderzoek vormgeven en uitvoeren en daarover op adequate wijze communiceren waarbij ook de methodiek bediscussieerd wordt.**

## 5 Redactie en validering

### Redactieteam

Jorik Arts	Fontys Tilburg
Jaap Schrickx	Hogeschool Utrecht
Werner Pauchli	Hogeschool Utrecht

### Valideringsgroep

Arjen Speekenbrink	Voorzitter valideringsgroep, Stuurgroep LOVM, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
Arian van Staa	Programmadirecteur <i>10voordeleraar</i>
Dirk-Jan Boerwinkel	Vakdidacticus Freudenthal Instituut Universiteit van Utrecht, leerplanontwikkelaar nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling (SLO)
Hans Mulder	Docent Jan Tinbergen college, Roosendaal, NVON
Jorik Arts	Docent en lid schrijfgroep, Fontys Tilburg
Jeroen Waardenburg	Oostwende College
Jaap Schrickx	Docent, Hogeschool Utrecht



## Colofon

Den Haag, maart 2018

### **Uitgave**

*10voordeleraar*, Vereniging Hogescholen

[www.10voordeleraar.nl](http://www.10voordeleraar.nl)

Aan de totstandkoming van deze uitgave is de uiterste zorg besteed. Voor informatie die nochtans onvolledig of onjuist is opgenomen, aanvaarden de auteurs, redactie en uitgever geen aansprakelijkheid voor de gevolgen daarvan.