

Tweedegraadslerarenopleiding

10
voor
de
leraar



Kennisbasis Biologie



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

1	Inleiding	4
2	Toelichting	5
	Versterken kenniscomponent	5
	Ontwikkeling kennisbases	5
	Herijking kennisbases	6
	Herijkingsproces	6
3	Verantwoording	8
	Maatschappelijke context	8
	Relatie met andere kennisbases	8
	Verantwoording keuzes	9
	Opbouw kennisdomeinen	11
4	Domeinen	13
	Domein 0: Werken vanuit systeemconcepten en biologische denkvaardigheden	15
	Domein 1: Atomen en moleculen in de biologie	19
	Domein 2: Pro- en eukaryote cellen	26
	Domein 3: Weefsels, organen en orgaansystemen	33
	Domein 4: Organismen	36
	Domein 5: Ecosystemen	42
	Domein 6: Systeem aarde	50
	Domein 7: Vakdidactiek	55
	Domein 8: Kennis van verwante vakken	67
5	Redactie en validering	73
	Redactieteam	73
	Valideringsgroep	73
6	Versiebeheer	74

1 Inleiding

Voor u ligt de herijkte kennisbasis van de tweedegraadslerarenopleiding 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.

Raadpleeg in verband met mogelijke tussentijdse wijzigingen altijd de meest recente versie van de kennisbasis op <https://www.10voordeleraar.nl>.

De kennisbasis is als volgt opgebouwd:

Toelichting

In het hoofdstuk *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.

Domeinen

In het hoofdstuk *Domeinen* zijn de vakinhoudelijke en vakdidactische domeinen opgenomen evenals het minimale niveau waarop de student de domeinen moet beheersen.

Redactie en validering

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

Versiebeheer

In het hoofdstuk *Versiebeheer* is een overzicht opgenomen van alle inhoudelijke wijzigingen die ten opzichte van de originele versie zijn doorgevoerd.

Versie 24 juni 2022

2 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 vervolgoopleidingen 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 taalontwikkeland 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.

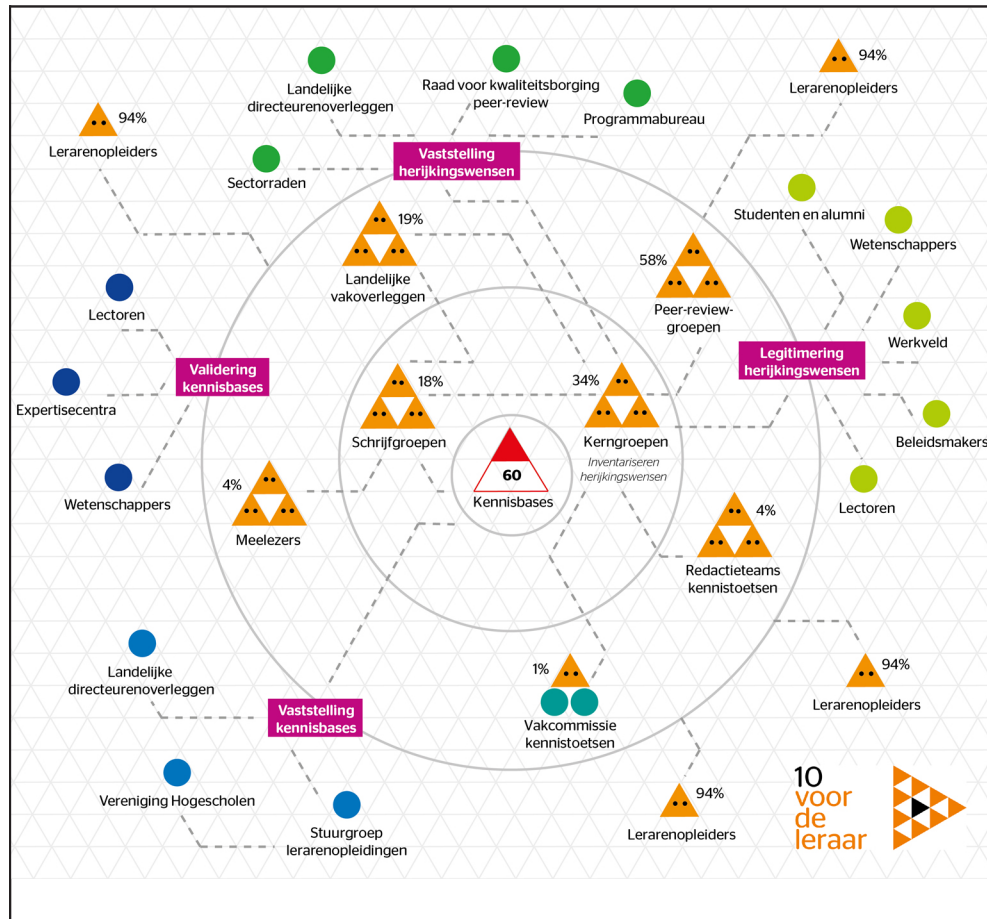
De kennisbases zijn door de lerarenopleidingen herijkt op inhoud en niveau. Ook is gekeken naar de breedte van de vakkennis, zodat de kennisbases het desbetreffende werkterrein (basisonderwijs, tweedegraadsgebied, eerstegraadsgebied) van de toekomstige leraar geheel dekt. Daar waar mogelijk is samenhang 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, waarin onder andere het landelijk opleidingsoverleg 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 landelijke opleidingsoverleg 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 landelijk opleidingsoverleg door de Stuurgroep Lerarenopleidingen van de Vereniging Hogescholen bestuurlijk vastgesteld.



Figuur 1. Betrokkenen bij het herijkingsproces kennisbases lerarenopleidingen.

3 Verantwoording

Maatschappelijke context

De kennisbasis voor de tweedegraadslerarenopleiding Biologie beschrijft de kennis van het vak en van de vakdidactiek die leraren Biologie nodig hebben om bekwaam verklaard te worden en om verantwoord en adequaat vakonderwijs in het (v)mbo en de onderbouw van het havo/vwo te kunnen verzorgen. De term *kennis* wordt hier opgevat als een verzamelbegrip voor theoretische, methodische en praktische kennis, dus zowel kennis als vaardigheden.

Het doel van de kennisbasis is te komen tot een landelijke minimumnorm voor de vakkennis en de beheersing van de vakdidactiek op tweedegraadsniveau. Elke instelling heeft daarbinnen de vrijheid om zich te profileren door onderwerpen uit de kennisbasis een meer of minder prominente rol in het curriculum te geven en door doelstellingen na te streven die niet in de kennisbasis zijn opgenomen.

Relatie met andere kennisbases

Het curriculum van de tweedegraadslerarenopleiding Biologie is gebaseerd op twee kennisbases die samen het fundament vormen voor goed leraarschap. Naast de hier beschreven vakspecifieke kennisbasis Biologie is in de generieke kennisbasis de conceptuele kennis vastgelegd die de startbekwame docent aan het einde van de opleiding moet hebben. Het gaat specifiek om 'het weten' met betrekking tot het leren en het zich verder kunnen ontwikkelen in het beroep van leraar: het meesterschap van de docent.

In het herijkingsproces van de kennisbasis heeft er meerdere keren afstemming met de schrijfgroepen van de andere bètavakken plaatsgevonden. Voor deze kennisbases is onder andere afgesproken om zoveel mogelijk een gelijkvormig format te hanteren. Met name de uitwisseling van ideeën met de schrijvers van de herijkte kennisbases Natuurkunde en Scheikunde is van belang om recht te doen aan het gegeven dat scholen in de onderbouw van het voortgezet onderwijs kiezen voor de integratie van de natuurwetenschappelijke vakken in een leergebied mens en natuur of science. Dit conform de recent verschenen kennisbasis voor Natuurwetenschappen en techniek in de onderbouw (SLO, 2014) waar natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen een prominente rol spelen. Dit idee komt ook terug in deze kennisbasis. Een verdere uitwerking daarvan is een belangrijk punt dat de komende tijd nog nader aandacht zal vragen.

Binnen het onderwijs wordt van elke docent een inspanning gevraagd om bij te dragen aan de taalvaardigheid van de leerlingen. Taal speelt dan ook bij alle vakken op school een grote rol. Het geven van instructies en uitleg, het lezen van een tekst, samenwerken aan een opdracht - alles gebeurt met behulp van taal. Leerlingen zijn in vaklessen (vak)taal aan het verwerven. Hierbij gaan taalontwikkeling en begripsontwikkeling hand in hand. De

didactische benadering die taal- en vakleren combineert heet 'taalgericht vakonderwijs' of 'taalontwikkelen vakonderwijs'. Hoewel het niet specifiek in deze kennisbasis is aangegeven, moet elke leraar hier goed van doordrongen zijn. Bij taalontwikkelen vakonderwijs komen de drie pijlers van taalgericht vakonderwijs naar voren: context, taalsteun, en interactie. De taalontwikkeling komt tijdens (vak)lessen in verschillende contexten naar voren, zowel in de Dagelijkse Algemene Taalvaardigheid (DAT) als in de Cognitieve Academische Taalvaardigheid (CAT). Bij laatstgenoemde krijgen woordenschatontwikkeling en taalontwikkeling (met name ook vaktaal) vaak onbewust een impuls. Taalgericht lesgeven komt naar voren bij de gebruikte vakdidactische werkvormen evenals bij de taalgerichtheid van toetsen en beoordelen. Bij bewust taalgericht onderwijs worden de doelen van taalontwikkeling meegenomen en kunnen deze expliciet worden geformuleerd.

Deze vakspecifieke kennisbasis zorgt, daar waar dat van toepassing is, ook voor doorlopende leerlijnen. Hier geldt dat specifiek voor de kennisbasis van de vakmaster Biologie.

Verantwoording keuzes

In 2009 is voor vrijwel elke Nederlandse tweedegraadslerarenopleiding en dus ook voor de tweedegraadslerarenopleiding Biologie, een kennisbasis geformuleerd en binnen enkele jaren in de curricula van alle bekostigde opleidingen geïmplementeerd. Daarnaast zijn er sinds drie jaar ook landelijke kennistoetsen.

De eerste versie van de kennisbasis kreeg de afgelopen jaren de nodige kritiek vanuit de opleidingen. Voornaamste kritiekpunt was dat zij een verzameling begrippen vormde die te sterk gekoppeld was aan één specifiek handboek.

Met de herijking van de kennisbasis Biologie is in de tweede helft van 2015 een start gemaakt. Er is in 2016 een herijkingsplan geschreven door een kerngroep bestaande uit vier vertegenwoordigers van tweedegraadslerarenopleidingen. In oktober 2016 is dit herijkingsplan goedgekeurd en vanaf dat moment is een schrijfgroep van twee personen aan de slag gegaan om op basis van het herijkingsplan een nieuwe versie van de kennisbasis biologie te schrijven.

Gedurende het herijkings- en herschrijfproces is de voortgang van het proces besproken op iedere vergadering van het *Landelijk vakoverleg Biologie*. Het landelijk vakoverleg komt ieder jaar minimaal twee keer bij elkaar. De versies die eind februari en eind maart 2017 klaar waren zijn via het landelijk vakoverleg verspreid onder alle tweedegraadslerarenopleidingen biologie met het verzoek feedback en suggesties te geven. De aldus in twee rondes verkregen feedback is verwerkt en medio april is een versie ter validatie aangeboden aan de portefeuillehouder van het ADEF. In mei is op basis van de opmerkingen van valideringsgroep de definitieve kennisbasis tot stand gekomen.

De begrippen zijn nu met handelingswerkwoorden gerelateerd aan de cognitieve niveaus (Krathwohl; 2002 - gereviseerde taxonomie van Bloom). Per subdomein zijn indicatoren geformuleerd die gelezen kunnen worden als geoperationaliseerde eerdoelen. Dit heeft twee functies. Ten eerste krijgen de opleidingen een goed idee van wat en welk beheersingsniveau er verwacht wordt. Ten tweede kan de student beter zelfstandig nagaan in hoeverre hij de kennisbasis beheerst. Bij iedere indicator kan hij de vraag stellen “voldoe ik hieraan en welk bewijs heb ik daarvoor?” Dit laatste wordt vooral belangrijk bij de overgang die een aantal opleidingen momenteel maakt naar flexibel onderwijs. Ook is een derde kolom in de herijkte kennisbasis toegevoegd. Daarin worden voorbeelden gegeven van activiteiten die ontplooid kunnen worden om de indicatoren te bereiken. De voorbeelden zijn uiteraard niet uitputtend en ook niet voorschrijvend.

Als gevolg van de profileringsruimte per instelling kan op de ene opleidingsplaats gekozen worden om de domeinen in toenemende schaalgrootte aan te bieden terwijl elders voor een benadering wordt gekozen waarbij er heen en weer gesprongen wordt. Sommige opleidingen zullen ervoor kiezen om bij ieder domein aandacht aan evolutie te besteden omdat, zoals Dobzhansky in 1973 al zei: “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”.

Verbreding en verdieping kunnen enerzijds betrekking hebben op de beheersing op hogere cognitieve niveaus, en anderzijds op de uitbreiding met leerinhoud die relevant is voor inzicht in het vak maar niet noodzakelijk is als parate kennis in de dagelijkse onderwijspraktijk en de daarin gebruikte contexten.

Een beeld dat, tot slot, ontstaan is na het verschijnen van de eerste versie van de kennisbasis Biologie in 2009 is dat de vakinhoudelijke kennis een vrijwel complete overlap vertoont met het door alle opleidingen gebruikte handboek ‘Campbell Biology’. *Het Landelijk vakoverleg Biologie* wil breken met dit beeld. Deze herijkte kennisbasis is daarvan de weerslag. Reden is dat ‘Campbell Biology’ op een aantal aspecten dieper op de stof ingaat dan qua disciplinekennis gewenst is terwijl het op andere aspecten juist oppervlakkiger is of onvoldoende toegesneden¹ is op de Nederlandse situatie zoals die bijvoorbeeld in het domein *Ecologie* aan bod moet komen.

De vakdidactische kennis die een afgestudeerde moet hebben, kan grotendeels worden gekenschetst als handelingskennis. Daarom moet dan ook gedurende de opleiding vooral een opsomming van deze handelingsaspecten van de biologiedidactiek aan de orde komen. Een uitputtend overzicht van vakdidactisch onderzoek is niet aan de orde.

¹ Een heel concreet voorbeeld is dat in de laatste edities van Campbell Biology de rhesusfactor bij bloedgroepen niet meer besproken wordt, terwijl deze kennis wel in de Nederlandse eindtermen voor het voortgezet onderwijs gevraagd wordt.

Opbouw kennisdomeinen

Toelichting

De kennisbasis bevat parate kennis en een verdiepend/ verbreedend deel. Bij de parate kennis gaat het om de kennis die een startbekwame leraar nodig heeft om zijn vak in de dagelijkse onderwijspraktijk uit te voeren. Bij verdiepen en verbreden betreft het kennis van het vakgebied die aanzienlijk verder gaat dan de onderwerpen die normaliter in het tweedegraadsgebied aan de orde komen. Die diepere kennis is nodig om vanuit een hoger abstractieniveau en met een beter inzicht de aard van het vakgebied te kunnen beschouwen. Het beheersingsniveau van de verbreding en verdieping wordt daarom in de tweede kolom van de kennisbasis vaak ook anders omschreven dan dat van de kern.

Kenmerken

De kennisbasis Biologie heeft de volgende kenmerken.

1. De kennisbasis 'an sich' is een opsomming van domeinen (en subdomeinen) met daaraan steeds gekoppeld een inhoudelijke beschrijving, niveaubeschrijving in termen van de (gereviseerde) taxonomie van Bloom (Krathwohl, 2002)¹ of Romiszowski (1999)² en een voorbeeld van de aard van de opdrachten die studenten voor dat domein krijgen.
2. De kennisbasis is breed gedragen en gebaseerd op consensus tussen de lerarenopleiders van de verschillende opleidingsplaatsen.
3. De kennisbasis is op zo'n manier beschreven dat deze toegankelijk is voor zowel lerarenopleiders, studenten en betrokkenen uit het werkveld. Ook is zij beschreven voor meer officiële doeleinden zoals leerplanontwikkeling en accreditaties.
4. De kennisbasis start met het 'huldomein'. Hierin worden systeemconcepten en denkvaardigheden beschreven die nodig zijn om als docent biologie te kunnen functioneren. Transfer hiervan naar de leerling is hierbij van belang.
5. Voor de vakinhoudelijke kennis is gekozen voor een indeling op zes biologische organisatieniveaus. Dit zijn de hoofdniveaus. De term die voor een hoofdniveau gebruikt wordt, is 'domein'. Zo is, om een voorbeeld te noemen, het organisatieniveau 'cel' een domein. Binnen één domein worden subdomeinen onderscheiden. 'Celfysiologie' bijvoorbeeld, is een subdomein van het domein 'cel'.
6. Het indelen van de vakinhoud op organisatieniveau is zeer gangbaar en voor iedere bioloog herkenbaar. Ook bij de indeling van de eerste versie van de kennisbasis was het biologisch organisatieniveau leidend. Maar de bij de

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



verschillende organisatieniveaus behorende kernconcepten werden daarin verdeeld over vijf systeemconcepten. Resultaat 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. In deze herijkte kennisbasis zijn we op dit idee teruggekomen. Beeldend gezegd, de systeemmatrix is 'in elkaar geschoven' en de inhoud van de vijf systeemconcepten is verenigd per organisatieniveau. Door bundeling van kernconcepten wordt zoveel mogelijk voorkomen dat vergelijkbare en aansluitende inhoud op heel diverse plaatsen in de kennisbasis terechtkomt.

7. Vakdidactiek, het zevende domein, is een zelfstandig domein dat los staat van de vakinhoudelijke domeinen maar daar uiteraard wel kruisverbanden mee heeft.
8. Achtste en laatste domein is 'Kennis van verwante vakken'. Daarin staat een opsomming van de noodzakelijke kennis van verwante vakken (fysische geografie, natuur-, schei- en wiskunde).
9. In de vakdidactiek van natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen, wordt impliciet verondersteld dat studenten, door te leren hoe zij leerprocessen bij leerlingen tot stand brengen, ook zelf leren. Ook gaan ze daarna volgens de natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen werken. Dit is het zogenaamde 'dubbele bodemeffect' dat vaak in lerarenopleidingen wordt verondersteld. Iets soortgelijks geldt voor typisch biologische denkwijzen zoals evolutionair en ecologisch denken en -op een abstracter niveau- voor systeemdenken. In feite betreft dit de systeemconcepten uit de CVBO-matrix (Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs) die mede ten grondslag lag aan de eerste versie van de kennisbasis. Alhoewel van deze matrix is afgestapt, is het toch belangrijk dat studenten tijdens hun opleiding expliciet leren denken en werken volgens de systeemconcepten. Eenzelfde idee is overigens te herkennen in de havo en vwo bovenbouw-syllabus. Daar worden deze denkwijzen genoemd in domein A (vaardigheden). Deze benadering is in Domein O verwoord.

4 Domeinen

De domeinen zijn opgebouwd volgens onderstaand overzicht. Daarna volgt een uitwerking van de domeinen. De indicatoren geven inzicht in het te bereiken niveau, de parate kennis (schoolvak kennis) en de noodzakelijke en verplichte verbreding/verdieping¹ daarop.

Domein 0: Werken vanuit systeemconcepten en biologische denkvaardigheden
Subdomein 0.1: Systeemdenken
Subdomein 0.2: Evolutionair denken
Subdomein 0.3: Ecologisch denken
Subdomein 0.4: Vorm-functie-denken
Subdomein 0.5: Kennisontwikkeling en toepassing
Subdomein 0.6: Beleven

Domein 1: Atomen en moleculen in de biologie
Subdomein 1.1: Atomen en 'eenvoudige' moleculen
Subdomein 1.2: Biologische macromoleculen
Subdomein 1.3: DNA en RNA
Subdomein 1.4: Eiwitten

Domein 2: Pro- en eukaryote cellen
Subdomein 2.1: Anatomie van de cel
Subdomein 2.2: Fysiologie van de cel
Subdomein 2.3: Celcommunicatie
Subdomein 2.4: Celcyclus
Subdomein 2.5: Celdood

¹ Bij de parate kennis (*p*) gaat het om de kennis die een startbekwame leraar nodig heeft om zijn vak in de dagelijkse onderwijspraktijk uit te voeren. Bij verbreden en verdiepen (*v*) betreft het kennis van het vakgebied die aanzienlijk verder gaat dan de onderwerpen die normaliter in het tweedegraadsgebied aan de orde komen, maar die nodig zijn om met een groter abstractieniveau en met een beter inzicht de aard van het vakgebied te kunnen beschouwen. Het beheersingsniveau daarvan wordt daarom ook anders omschreven dan dat van de kern.

Domein 3: Weefsels, organen en orgaansystemen
Subdomein 3.1: Anatomie en fysiologie van planten
Subdomein 3.2: Anatomie en fysiologie van dieren
Domein 4: Organismen
Subdomein 4.1: Systematiek en soortbegrip
Subdomein 4.2: Soortenkennis
Subdomein 4.3: Levenscycli en erfelijkheid
Subdomein 4.4: Evolutie
Domein 5: Ecosystemen
Subdomein 5.1: Organismale ecologie
Subdomein 5.2: Gedragsbiologie
Subdomein 5.3: Populaties
Subdomein 5.4: Levensgemeenschap
Subdomein 5.5: Ecosysteem
Domein 6: Systeem aarde
Subdomein 6.1: Theorieën over het ontstaan van de aarde, het leven en de macro-evolutie
Subdomein 6.2: Biosfeer
Subdomein 6.3: Biodiversiteit
Subdomein 6.4: Duurzame ontwikkeling
Domein 7: Vakdidactiek
Subdomein 7.1: Aard van de biologie als wetenschap, beroep en schoolvak
Subdomein 7.2: Leerstof-, lesopbouw en toetsing
Subdomein 7.3: Doorlopende leerlijn en samenhang met andere schoolvakken
Subdomein 7.4: Begripsontwikkeling
Subdomein 7.5: Karakteristieke denk- en werkwijzen in de natuurwetenschappen en techniek
Subdomein 7.6: Leefstijl
Subdomein 7.7: Leeromgeving

Domein 7: Vakdidactiek
Subdomein 7.8: Ict in het biologie-onderwijs
Subdomein 7.9: Professionele ontwikkeling en collegiale samenwerking

Domein 8: Kennis van verwante vakken
Subdomein 8.1: Rekenen, wiskunde en statistiek
Subdomein 8.2: Scheikunde
Subdomein 8.3: Natuurkunde
Subdomein 8.4: Aardrijkskunde (fysische geografie)
Subdomein 8.5: Natuurwetenschappelijk (literatuur) onderzoek

Domein O: Werken vanuit systeemconcepten en biologische denkvaardigheden

Tijdens zijn studie verwerft de student een breed scala aan kennis en vaardigheden die onder andere in deze kennisbasis en de generieke kennisbasis verwoord is.

Daarnaast doet hij de nodige ervaringen op in de praktijk van bijvoorbeeld een opleidingsschool. Om leraar biologie te worden is naast al deze kennis en vaardigheden het werken vanuit systeemconcepten en het verwerven en toepassen van bepaalde denkvaardigheden wenselijk. Dit stelt de 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 O.1: Systeemdenken

Omschrijving

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 de 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).

Indicatoren

Indicator O.1.1

De student kan 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. **(p)**

Indicator O.1.2

De student kan verbanden leggen tussen de werking van de verschillende organen en orgaanstelsels en aangeven hoe de gezondheid daardoor wordt beïnvloed. **(p)**

Didactische aanwijzingen

- Uitleggen 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 waard gedreven discussies rondom orgaandonaties in de maatschappij.
- Uitleggen welke invloed genetische variatie heeft op de overlevingskans van een populatie.

Subdomein O.2: Evolutionair denken

Omschrijving

Zoals ook in de inleiding van deze kennisbasis werd opgemerkt, "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution" (Dobzhansky, 1973).

Indicatoren

Indicator O.2.1

De student kan redeneringen hanteren waarmee biologische verschijnselen op verschillende organisatieniveaus verklaard worden met behulp van de theorie over evolutiemechanismen. **(p)**

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 0.3: Ecologisch denken

Indicatoren

Indicator 0.3.1

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. **(p)**

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 op 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 0.4: Vorm-functie-denken

Indicatoren

Indicator 0.4.1

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

Didactische aanwijzingen

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

Subdomein 0.5: Kennisontwikkeling en toepassing

Indicatoren

Indicator 0.5.1

De student kan uitleggen op welke wijze en volgens welke criteria natuurwetenschappen betrouwbare kennis ontwikkelen en wat de aard van deze kennis is. **(p)**

Indicator 0.5.2

De student kan van actuele ontwikkelingen in biologische kennis en toepassingen aangeven wat de kern is van deze vernieuwing, in hoeverre die de huidige biologische verklaringen aanvult en wat mogelijke vooruitzichten zijn. **(p)**

Indicator 0.5.3

De student kan van maatschappelijke discussies met een biologische achtergrond aangeven welke keuzes hierbij aan de orde zijn, welke kennis hierbij een rol speelt, waardoor mensen hierover van mening verschillen, welke argumenten worden gehanteerd en welke belangen er spelen. **(p)**

Didactische aanwijzingen

In lessen aandacht besteden aan kwesties rond:

- uitbreiding van genetische testen;
- gedragsbeïnvloeding via medicatie;
- regulatie van GMO's (Genetisch Gemodificeerd Organisme).

Subdomein 0.6: Beleven

Indicatoren

Indicator 0.6.1

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. **(p)**

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 1: Atomen en moleculen in de biologie

Het leven heeft een moleculaire basis. Moleculen zijn de bouwstenen waarmee 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 1.1: Atomen en 'eenvoudige' moleculen

Omschrijving

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 nettoverplaatsing 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'

Indicatoren

Indicator 1.1.1

De student kan atomen beschrijven op basis van het atoommodel van Bohr. **(p)**

Indicator 1.1.2

De student kan het verband leggen tussen atoombouw van onder andere C, H, O, N, P en S en het aantal bindingen dat deze aangaan. **(p)**

Indicator 1.1.3

De student kan veel voorkomende chemische bindingen onderscheiden (covalent, polair covalent, ion, Vanderwaals) en moleculaire interacties (H-bruggen, dipool, geladen deeltjes, hydrofobe interacties). **(p)**

Indicator 1.1.4

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-} . **(p)**

Indicator 1.1.5

De student kan de betekenis van zuren, basen en buffers in biologische systemen benoemen. **(p)**

Indicator 1.1.6

De student kan de rol van diffusie gebruiken om te verklaren hoe transport van stoffen in het organisme plaatsvindt. **(p)**

Indicator 1.1.7

De student kan de rol van osmose gebruiken om te verklaren hoe de verplaatsing van water in een organisme plaatsvindt. **(p)**

Indicator 1.1.8

De student kan in een reactieketen de overdracht van elektronen weergeven met behulp van een redoxvergelijking, en daarbij begrippen hanteren als gereduceerd, geoxideerd, oxidatie en reductie, reducerend vermogen en oxidatiemiddel. **(v)**

Indicator 1.1.9

De student kan inzicht tonen in de factoren waarvan de diffusiesnelheid afhankelijk is (wet van Fick) en toelichten dat dit heeft geleid tot een groot scala aan oppervlaktevergroten aanpassingen en aanpassingen met betrekking tot het handhaven van concentratieverschillen. **(p)**

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 met een hoge of lage concentratie.
- Ervaren van osmose door middel van een spel, bijvoorbeeld 'osmo-gooien'.
- Tekenen van een stripverhaal van de elektronentransportketen.

Subdomein 1.2: Biologische macromoleculen

Omschrijving

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 vinden voortdurend plaats. Nucleïnezuren zijn tevens dragers van de erfelijke informatie.

Indicatoren

Indicator 1.2.1

De student kan op basis van hun structuurformule de drie typen macromoleculen (polysachariden, eiwitten en nucleïnezuren) en vetten herkennen en beschrijven. **(p)**

Indicator 1.2.2

De student kan in reactievergelijkingen en met behulp van structuurformules de opbouw en afbraak van macromoleculen en vetten in condensatie- en hydrolysereacties beschrijven. **(p)**

Indicator 1.2.3

De student kan diverse polysachariden vergelijken en de verschillen in samenstelling en structuur benoemen. **(p)**

Indicator 1.2.4

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, vetten en gezondheid. **(p)**

Indicator 1.2.5

De student kan het verschil tussen de primaire, secundaire, tertiaire en quaternaire structuur van eiwitten benoemen en daaraan gekoppeld de structuur van een eiwit relateren aan zijn functie. **(p)**

Indicator 1.2.6

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. **(v)**

Didactische aanwijzingen

- De verschillen vergelijken en benoemen in de samenstelling en structuur 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 zo het vouwen van eiwitten leren begrijpen (zie <https://fold.it/portal/>).
- Bestuderen van de bouw en reacties van de verschillende macromoleculen.

Subdomein 1.3: DNA en RNA

Omschrijving

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 van 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.

Indicatoren

Indicator 1.3.1

De student kan DNA en RNA vergelijken en de verschillen in bouw en functie van deze macromoleculen benoemen. **(p)**

Indicator 1.3.2

De student kan benoemen dat het DNA met nucleosomen en verschillende andere eiwitten chromatine vormt. **(p)**

Indicator 1.3.3

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. **(p)**

Indicator 1.3.4

De student kan verschillende typen RNA (mRNA, tRNA en rRNA) met verschillende functies benoemen. **(p)**

Indicator 1.3.5

De student kan het centrale dogma van de moleculaire biologie (Crick, 1970) 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. **(p)**

Indicator 1.3.6

De student kan verklaren wat het effect op het DNA en op de uiteindelijk gevormde polypeptiden is van mutaties zoals substituties, inversies, inserties en deleties. **(p)**

Indicator 1.3.7

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. **(v)**

Indicator 1.3.8

De student kan uiteenzetten hoe de moleculaire processen, waarbij een DNA-molecuul wordt gekopieerd of gerepareerd, werken en welke eiwitten en enzymen daarbij betrokken zijn. **(p)**

Indicator 1.3.9

De student kan uitleggen op welke vlakken transcriptie en translatie verschillen tussen pro- en eukaryoten. **(v)**

Indicator 1.3.10

De student kan verklaren hoe de expressie van genen wordt gereguleerd, bijvoorbeeld door transcriptiefactoren, en dat een verstoorde regulatie kan leiden tot diverse gezondheidsproblemen waaronder ook het ontstaan van kanker. **(v)**

Indicator 1.3.11

De student kan uitleggen dat de 'epigenetica' bestudeert hoe informatie, anders dan de genetische code zoals methylering en factoren die op het chromosoom liggen, een rol spelen bij het wel of niet tot expressie komen van genen. **(v)**

Indicator 1.3.12

De student kan uitleggen wat de relatie is tussen gecontroleerde genexpressie en differentiatie in meercellige organismen. (v)

Indicator 1.3.13

De student kan inzicht tonen in genomics: 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. (v)

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' gaat over het vouwen van RNA (zie <http://www.etergame.org/web/>).
- 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).
- 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.

Subdomein 1.4: Eiwitten

Omschrijving

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 ubiquitine bijvoorbeeld, 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.

Indicatoren

Indicator 1.4.1

De student kan de primaire structuur van een (deel van) een eiwit afleiden uit een gegeven nucleotidenvolgorde. **(p)**

Indicator 1.4.2

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. **(p)**

Indicator 1.4.3

De student kan inzicht tonen in hoe een structurele mutatie in het DNA kan leiden tot gewijzigde eiwitten die de veroorzaker kunnen zijn van bepaalde erfelijke aandoeningen (bijvoorbeeld taaislijmziekte). **(p)**

Indicator 1.4.4

De student kan de belangrijkste functies van eiwitten benoemen: **(p)**

- katalyseren van chemische reacties (enzymen);
- overbrengen van signalen van de buiten- naar de binnenkant van de cel of zelfs de celkern (hormoon-receptor complexen);
- zorgen voor structuur en beweging van cellen;
- transporteren van ionen en moleculen;
- zorgen voor osmotische waarde in weefsels;
- zorgen voor gereguleerde afbraak van eiwitten via het ubiquitineproteasoom systeem;
- zorgen voor correcte vouwing van eiwitten (als chaperone-eiwitten);
- mediëren van zowel aspecifieke als specifieke immuunreacties;
- reguleren van genexpressie (transcriptie factoren);
- reguleren van geprogrammeerde celdood.

Indicator 1.4.5

De student kan zich oriënteren op moleculair biologische en biotechnologische technieken waarbij de vorming van eiwitten wordt gestimuleerd of geremd door aanpassingen aan het DNA door bijvoorbeeld 'knock-out'- of 'knock-in'-technieken en zich een mening vormen over wenselijkheid en toelaatbaarheid van dergelijke toepassingen. **(v)**

Indicator 1.4.6

De student kan benoemen dat 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. *(p)*

Indicator 1.4.7

De student kan benoemen 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 ubiquitine een belangrijke rol speelt. *(v)*

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 aangegeven 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 (<https://fold.it/portal/>).
- Journal-club: In PubMed of Google Scholar een recent artikel over eiwitfuncties zoeken, dit lezen en analyseren en vervolgens uitleggen aan studiegenoten.

Domein 2: 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 2.1: Anatomie van de cel

Omschrijving

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.

Indicatoren

Indicator 2.1.1

De student kan de opbouw van een prokaryoot benoemen en daarin minimaal het volgende (met vermelding van functie) onderscheiden: celwand (grampositief en gramnegatief), plasmamembraan, plasma en actineskelet, nucleoïde, ribosomen, plasmide, pilus/pili, fimbriae, flagel(len), endospore en eventuele insluitsels. **(p)**

Indicator 2.1.2

De student kan drie algemene vormen van bacteriën herkennen: bolvorm (coccus), staafvorm (bacillus) en spiraalvorm (spirillum) alsmede pleomorfisme. **(p)**

Indicator 2.1.3

De student kan de gegeneraliseerde opbouw van een eukaryote planten- en dierencel benoemen en daarin het volgende onderscheiden: **(p)**

- celmembraan, celwand en extracellulaire matrix;
- endomembraansysteem (endoplasmatisch reticulum, golgi systeem en diverse blaasjes);
- ribosomen;
- celorganellen (mitochondriën en plastiden);
- cytoskelet.

Indicator 2.1.4

De student kan gebruik maken van het vloeibaar mozaïek model om de bouw en werking van celmembranen te verklaren. **(v)**

Indicator 2.1.5

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. **(p)**

Indicator 2.1.6

De student kan gebruik maken van een lichtmicroscop om cellen te bestuderen.

Indicator 2.1.7

De student kan de werking en beelden van de reguliere lichtmicroscop vergelijken met die van elektronenmicroscopen en de voor- en nadelen van de verschillende typen microscopen benoemen. **(v)**

Indicator 2.1.8

De student kan inzicht tonen waarom naast de gangbare lichtmicroscopen een breed scala aan gespecialiseerde microscopen en beeldvormende technieken noodzakelijk is voor wetenschappers die cellen bestuderen. **(v)**

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 worden onder een lichtmicroscop.
- Uitvoeren van een protocol voor bloed- en urineonderzoek in een ziekenhuislab.
- Werkvorm van expertgroepen waarbij studenten expert worden van een bepaald organel. Daarna wordt in gemengde groepen aan een toetsopdracht gewerkt om de bouw en werking van een specifieke cel (zenuw, spier, klier, prokaryoot, plant) te verklaren.

Subdomein 2.2: Fysiologie van de cel

Omschrijving

In iedere cel vinden voortdurend talloze levensprocessen plaats. Vanuit een aantal basale gebeurtenissen die bijna alle cellen met elkaar delen ontspringt de complete fysiologie van de cel. Het is een netwerk van elkaar voortdurend beïnvloedende processen die 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.

Indicatoren

Indicator 2.2.1

De student kan beschrijven hoe de afbraak van koolhydraten, eiwitten en vetten resulteert in Acetyl-CoA. Dat wordt afgebroken in de citroenzuurcyclus en produceert via oxidatieve fosforylering en substraat afhankelijke fosforylering voortdurend ATP. **(p)**

Indicator 2.2.2

De student kan beschrijven hoe cellen in afwezigheid van zuurstof substraat door fermentatie omzetten en daarbij energie vrijmaken voor hun levensprocessen. **(p)**

Indicator 2.2.3

De student kan het proces van de reguliere C₃-fotosynthese uitleggen waarbij de lichtafhankelijke en lichtonafhankelijke reacties onderscheiden worden alsmede de manier waarop deze onder andere door ATP en NADPH met elkaar verbonden zijn. **(p)**

Indicator 2.2.4

De student kan uitleggen dat zowel in de assimilatie als in de dissimilatie elektronentransportketens en redoxreacties een centrale rol spelen. **(p)**

Indicator 2.2.5

De student kan punten noemen waarop de C₄- en CAM-fotosynthese afwijken van de C₃-fotosynthese. **(v)**

Indicator 2.2.6

De student kan aan de hand van een schema of model uitleggen dat een aantal organismen via chemosynthese energie vastlegt in organische verbindingen. **(v)**

Indicator 2.2.7

De student kan benoemen dat glyceraldehyde-3-fosfaat (G3P) een centraal molecuul is in de glycolyse en de gluconeogenese. **(v)**

Indicator 2.2.8

De student kan de biosynthese van bijvoorbeeld vetten, glycoproteïnen en fosfolipiden beschrijven. **(v)**

Didactische aanwijzingen

- Nabootsen van de afbraak/opbouw van stoffen met behulp van lego of ander bouw materiaal.
- Practicum waarin onderzocht wordt welke enzymen gisten hebben, bijvoorbeeld 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 CO₂ 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 glyceraldehyde-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 2.3: Celcommunicatie

Omschrijving

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

Indicatoren

Indicator 2.3.1

De student kan de fase receptie door intracellulaire en extracellulaire receptoren in de signaaltransductieweg benoemen. *(p)*

Indicator 2.3.2

De student kan de fase transductie door transductie eiwitten in de signaaltransductieweg benoemen. *(p)*

Indicator 2.3.3

De student kan de fase respons in de vorm van eiwitsynthese, enzymactivatie of beweging in de signaaltransductieweg benoemen. *(p)*

Indicator 2.3.4

De student kan paracrien en (neuro)endocrien onderscheiden. *(p)*

Indicator 2.3.5

De student kan uitleggen hoe cellen met elkaar communiceren via het receptor-ligand systeem waarbij signaalmoleculen (bijvoorbeeld hormonen en neurotransmitters) via transductie-eiwitten en/of via cascaderreacties (waarbij second messengers betrokken zijn) een signaal aan de cel of aan het DNA afgeven. *(p)*

Indicator 2.3.6

De student kan uitleggen hoe cellen met elkaar communiceren via verbindingen tussen cellen van meercelligen, met name door plasmodesmata en gap-junctions. *(v)*

Indicator 2.3.7

De student kan uitleggen hoe cellen met elkaar communiceren via chemische en elektrische signalen in het geval van het zenuwstelsel. *(p)*

Indicator 2.3.8

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. **(v)**

Indicator 2.3.9

De student kan uitleggen wat het verschil is tussen water- en vetoplosbare hormonen. **(v)**

Indicator 2.3.10

De student kan uitleggen hoe celcommunicatie plaatsvindt bij planten en welke plantenhormonen daarbij betrokken zijn. **(v)**

Indicator 2.3.11

De student kan uitleggen dat er verschillende klassen plantenhormonen onderscheiden worden. **(v)**

Didactische aanwijzingen

- Een elevator pitch geven over de werking van verschillende signaalmoleculen.
- Een stopmotionfilmpje maken van belangrijke processen, bijvoorbeeld op basis van tabellen uit de BINAS.

Subdomein 2.4: Celcyclus

Omschrijving

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 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.

Indicatoren

Indicator 2.4.1

De student kan benoemen dat prokaryoten delen door een proces met de naam 'binary fission' en de stappen in dat proces uiteenzetten. **(p)**

Indicator 2.4.2

De student kan de fases in de celcyclus van eukaryoten benoemen en daarbij onderscheid maken tussen mitose en meiose. **(p)**

Indicator 2.4.3

De student kan het verschil in mitose en meiose bij planten en dieren benoemen. **(p)**

Indicator 2.4.4

De student kan verklaren hoe de meiose zorgt voor toename van de genetische diversiteit door zowel onafhankelijke sortering van homologen als crossing-over. **(p)**

Indicator 2.4.5

De student kan aan de hand van diverse modellen, animaties en films uitleggen in welke stappen de celcyclus verloopt. **(p)**

Indicator 2.4.6

De student kan aangeven hoe en op welke punten de celcyclus wordt gereguleerd door groeihormonen en cycline-afhankelijke kinases en zo nodig wordt afgebroken met apoptose tot gevolg. **(v)**

Indicator 2.4.7

De student kan definiëren wat stamcellen zijn, aangeven welke differentiatiegraden van stamcellen onderscheiden worden en benoemen welke maatschappelijke discussies over stamcelgebruik spelen. **(v)**

Indicator 2.4.8

De student kan inzicht tonen in hoe bij kanker de celdeling ontregeld is als gevolg van mutaties. **(v)**

Didactische aanwijzingen

- Mitose en meiose visualiseren met papieren chromosomen. Studenten zien d.m.v. 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 meiose-dans uitvoeren (zie <http://www.wikihow.com/Do-theMitosis-Dance>).
- Onderzoeken op welke manieren verschillende biologiemethodes de celcyclus uitleggen.



- Analyseren van een karyogram in het kader van prenatale diagnostiek.

Subdomein 2.5: Celdood

Omschrijving

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.

Indicatoren

Indicator 2.5.1

De student kan uitleggen wat apoptose is en dat caspases (proteasen) een belangrijke rol spelen bij dit gereguleerde proces. **(p)**

Indicator 2.5.2

De student kan het belang van apoptose voor het organisme illustreren aan de hand van voorbeelden uit bijvoorbeeld de embryologie en oncologie. **(p)**

Indicator 2.5.3

De student kan het verschil tussen apoptose en necrose benoemen. **(v)**

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 3: 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 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 3.1: Anatomie en fysiologie van planten

Omschrijving

Zaadplanten zijn de primaire producenten in veel terrestrische ecosystemen. Ze 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. De samenstelling van de bodem is immers in sterke mate bepalend voor het functioneren van de plant.

Indicatoren

Indicator 3.1.1

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. **(p)**

Indicator 3.1.2

De student kan omschrijven hoe planten zich voortplanten en toelichten hoe oude en nieuwe biotechnologie ingezet wordt bij de veredeling en voortplanting van productiegewassen. **(p)**

Indicator 3.1.3

De student kan beschrijven hoe zaadplanten zich vanuit zaad ontwikkelen en uitgroeien tot volwassen, vaak vruchten dragende planten. **(p)**

Indicator 3.1.4

De student kan uitleggen 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. **(p)**

Indicator 3.1.5

De student kan de relatie beschrijven tussen plant en bodem (substraat), in het bijzonder voor wat betreft de aanvoer van nutriënten, water en de buffercapaciteit van de bodem. **(v)**

Indicator 3.1.6

De student kan inzicht tonen in hoe de embryonale ontwikkeling en morfogenese van zaadplanten in zijn werk gaat. **(v)**

Indicator 3.1.7

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. (v)

Indicator 3.1.8

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

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 (zie <http://www.betavak.nl/biologie/plant.htm>).
- Het vanuit zaden kweken van diverse voedselgewassen met als uiteindelijk doel een maaltijd te bereiden. Daarbij wordt tevens bestudeerd 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 3.2: Anatomie en fysiologie van dieren

Omschrijving

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. Deze kennis is niet alleen van belang in het vo, maar ook in profielen van het mbo die gericht zijn op mens en dier, zoals opleidingen tot (dier)verzorgende en doktersassistente. Gezondheid is een belangrijk contextgebied in dit domein, evenals voeding, en dan met name de rol van voeding op het welbevinden van mens en dier. Naast kennis van de anatomie en fysiologie van zoogdieren wordt van een schoolvakbekwame docent ook kennis verwacht van 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.

Indicatoren

Indicator 3.2.1

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. **(p)**

Indicator 3.2.2

De student kan beredeneren hoe en met welke organen c.q. orgaanstelsels de volgende taken door dieren worden uitgevoerd: **(p)**

- tot stand brengen en handhaven van lichaamshouding, bewegen en in conditie blijven en de rol van skelet en spierstelsel daarbij;
- instandhouding door het opnemen van energie en bouwstoffen, door transport en door de uitscheiding en de rol van ademhalingsstelsel, circulatiestelsel, verteringsstelsel en uitscheidingsstelsel daarbij;
- reageren op prikkels en de rol van het zintuigstelsel, zenuwstelsel en hormoonstelsel daarbij;
- bescherming tegen verwondingen en ziektes en de rol van het immuunsysteem daarbij;
- reproductie (zowel seksuele als asexuele) en de rol van het voortplantingsstelsel en hormoonstelsel daarbij.

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) wordt 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 een behandelingsplan en medicatiegegevens invoeren.

Domein 4: 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 4.1: Systematiek en soortbegrip

Omschrijving

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 rijkensystemen onderscheidt men tegenwoordig meer dan dertig rijken. Daarbij moet worden opgemerkt dat elke indeling uiteindelijk mensenwerk en dus arbitrair is.

Indicatoren

Indicator 4.1.1

De student kan verschillende soortconcepten omschrijven, waaronder het biologische, ecologische en evolutionaire soortconcept. **(p)**

Indicator 4.1.2

De student kan classificaties en taxonomische namen op de juiste manier weergeven. **(p)**

Indicator 4.1.3

De student kan overzichten maken die voorbeelden tonen van mogelijke indelingen van organismen. **(p)**

Indicator 4.1.4

De student kan de geschiedenis van de systematiek als wetenschapsgebied en de invloed van de evolutietheorie en moleculaire genetica daarop beschrijven en verklaren. **(p)**

Indicator 4.1.5

De student kan benoemen op grond van welke functionele verschillen soorten taxonomisch worden geclassificeerd (bijvoorbeeld op grond van verschillen in embryologische ontwikkeling zoals protostomen en deuterostomen en de ontwikkeling van amnioten). **(v)**

Indicator 4.1.6

De student kan inzicht tonen in hoe de moderne systematiek grotendeels berust op verschillen en overeenkomsten in DNA-sequenties. Bijvoorbeeld, het drie domeinensysteem berust op het DNA dat codeert voor ribosomen. **(p)**

Indicator 4.1.7

De student kan fylogenetische reconstructies en begrippen (soort, taxon, clade, monofyletisch, parafyletisch en polyfyletisch, homologie, analogie en homoplasie) en de interpretatie van verwantschapsschema's omschrijven. **(v)**

Indicator 4.1.8

De student kan beschrijven wat virussen zijn, hoe ze gebouwd zijn, hoe ze zich repliceren en op basis van welke criteria ze ingedeeld zijn. **(p)**

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 4.2: Soortenkennis

Omschrijving

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.

Indicatoren

Indicator 4.2.1

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. **(p)**

Indicator 4.2.2

De student kan naslagwerken en determinatietabellen gebruiken om soorten die hij niet meteen op naam kan brengen, te benoemen. **(p)**

Indicator 4.2.3

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. **(v)**

Indicator 4.2.4

De student kan een aantal representatieve soorten planten en dieren noemen die in de Nederlandse landbouw en veehouderij van belang zijn. **(v)**

Indicator 4.2.5

De student kan specifieke planten- en dierengroepen inventariseren in het veld met behulp van daarvoor passende veldwerktechnieken. **(v)**

Didactische omschrijvingen

- 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.
- Een insectarium en/of herbarium maken met daarin een selectie van insecten en/of planten die in de bestudeerde omgeving voorkomen.

Subdomein 4.3: Levenscycli en erfelijkheid

Omschrijving

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 is tegengesteld aan 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 aangeeft hoe genetica invloed heeft op het genotype en fenotype van het organisme.

Indicatoren

Indicator 4.3.1

De student kan de levenscyclus van prokaryoten beschrijven waarbij aandacht is voor sporevorming en horizontale genenoverdracht. **(p)**

Indicator 4.3.2

De student kan de verscheidenheid en levenscycli herkennen en uitleggen bij: protisten, fungi, meercellige wieren, mossen, varens zaadplanten en (on)gewervelde dieren. **(p)**

Indicator 4.3.3

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. **(p)**

Indicator 4.3.4

De student kan verschillende patronen van overerving herkennen aan de hand van stambomen of fenotypefrequenties. Te onderscheiden zijn: **(p)**

- autosomaal-dominante overerving;
- autosomaal-recessieve overerving;
- x-gebonden dominante overerving;
- x-gebonden recessieve overerving;
- y-gebonden overerving;
- multifactoriële overerving;
- mitochondriële overerving;
- mozaïcisme.
- De student kan uitleggen wat verstaan wordt onder polygene overerving, genomic imprinting en polyploidie. **(v)**

Didactische aanwijzingen

- Opgaven 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 4.4: Evolutie

Omschrijving

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.

Indicatoren

Indicator 4.4.1

De student kan beredeneren hoe nieuwe soorten ontstaan met behulp van de begrippen mutatie, natuurlijke selectie en soortvorming. *(p)*

Indicator 4.4.2

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. *(p)*

Indicator 4.4.3

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. *(p)*

Indicator 4.4.4

De student kan verschillende argumenten over de evolutietheorie benoemen en beoordelen. *(p)*

Indicator 4.4.5

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. *(p)*

Indicator 4.4.6

De student kan verschillende processen benoemen die gebruikt worden om macro-evolutie te verklaren en beschrijven (bijvoorbeeld extinctie, radiatie, biogeografie, moleculaire klok). *(p)*

Indicator 4.4.7

De student kan verschillende processen benoemen die gebruikt worden om micro-evolutie te verklaren en beschrijven (bijvoorbeeld adaptatie, genetisch polymorfisme, reproductieve systemen). **(p)**

Indicator 4.4.8

De student kan soortvormingsprocessen op microschaal koppelen aan kennis van de genetica. **(v)**

Indicator 4.4.9

De student kan voor een aantal typen van selectie of genetische mechanismen benoemen wat de evolutionaire consequenties zijn, waaronder over- en onderdominantie, sexespecifieke selectiedruk, frequentieafhankelijke selectie, heterogene milieus en meiotische 'drive'. **(v)**

Indicator 4.4.10

De student kan het ontstaan van resistentie verklaren. **(p)**

Didactische aanwijzingen

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

Domein 5: 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 5.1: Organismale ecologie

Omschrijving

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.

Indicatoren

Indicator 5.1.1

De student kan voor een bepaalde soort de habitat en niche beschrijven in termen van abiotische en biotische factoren en relaties. **(p)**

Indicator 5.1.2

De student kan beschrijven op welke wijze een soort is aangepast aan de heersende abiotische en biotische omstandigheden. **(p)**

Indicator 5.1.3

De student kan benoemen welke abiotische en biotische factoren het functioneren en de verspreiding van een soort beïnvloeden. **(p)**

Indicator 5.1.4

De student kan beschrijven op welke wijze een soort zijn eigen leefmilieu beïnvloedt. **(p)**

Indicator 5.1.5

De student kan benoemen wat de voordelen zijn van een aantal wijdverspreide fysiologische aanpassingen. **(p)**

Indicator 5.1.6

De student kan onderzoeken op welke wijze een soort al of niet aangepast is aan zijn leefomstandigheden. **(v)**

Indicator 5.1.7

De student kan diverse vormen van mimicry beschrijven. **(p)**

Indicator 5.1.8

De student kan voor een karakteristieke soort in een Nederlands natuurgebied analyseren wat bedreigingen en mogelijke beheersmaatregelen zijn. **(v)**

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 nietinheemse soort in een ontwikkelingsland met droogteproblemen.
- Open opdrachten waarin een bepaalde soort onderzocht wordt in zijn ecosysteem.

Subdomein 5.2: Gedragsbiologie

Omschrijving

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.

Indicatoren

Indicator 5.2.1

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. **(p)**

Indicator 5.2.2

De student kan geselecteerde gedragsbiologische onderwerpen (communicatie, seksuele selectie, et cetera) in eigen woorden beschrijven en centrale concepten daarin benoemen. **(p)**

Indicator 5.2.3

De student kan benoemen op welke verschillende manieren dieren nieuw gedrag verwerven of overdragen en de verschillen tussen deze manieren illustreren met voorbeelden. **(p)**

Indicator 5.2.4

De student kan het voorkomen van bepaald gedrag verklaren in termen van 'trade offs'. **(v)**

Indicator 5.2.5

De student kan sociaal-maatschappelijke kwesties (bijvoorbeeld omtrent de intensieve veehouderij) en het debat daarover verbinden met kennis van diergedrag. **(v)**

Indicator 5.2.6

De student kan altruïstisch gedrag en verwantenselectie verklaren met behulp van Hamilton's rule. **(v)**

Indicator 5.2.7

De student kan met behulp van speltheoretische uitgangspunten het optreden van egoïstisch en altruïstisch gedrag verklaren. **(v)**

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 voor eigenaars van kittens en puppen.

Subdomein 5.3: Populaties

Omschrijving

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 m.b.v. van exponentiële en logistische groei. Interacties tussen soorten zoals parasitisme, mutualisme en predatorprooi relaties zijn modelmatig te beschrijven.

Indicatoren

Indicator 5.3.1

De student kan op basis van bijvoorbeeld de 'vang-merk-terugvang' methode de omvang van een populatie in een gegeven gebied berekenen. **(p)**

Indicator 5.3.2

De student kan met behulp van geboorte- en sterftetabellen de ontwikkeling van een populatie grafisch weergeven en een voorspelling doen over de ontwikkeling van die populatie door de tijd heen. **(p)**

Indicator 5.3.3

De student kan genetische drift definiëren en de consequenties ervan benoemen en bediscussieren. **(p)**

Indicator 5.3.4

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. **(p)**

Indicator 5.3.5

De student kan de belangrijkste processen die populaties op verschillende organisatieniveaus beïnvloeden benoemen (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. **(v)**

Indicator 5.3.6

De student kan het begrip 'extinction vortex' gebruiken als model dat beschrijft hoe een populatie kan uitsterven. **(v)**

Indicator 5.3.7

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. **(v)**

Indicator 5.3.8

De student kan onderscheid maken tussen selectieprocessen die op het niveau van het individu of van de groep optreden (zoals mutualisme en altruïsme) en die uiteindelijk bepalend zijn voor de populatiestructuur. **(v)**

Indicator 5.3.9

De student kan met behulp van populatie biologische begrippen analyseren die natuurbeheersmaatregelen op het niveau van de soort effectief zijn. **(v)**

Didactische aanwijzingen

- Veldopdracht waarbij een tweetal methoden voor de bepaling van de grootte van een populatie worden toegepast en vergeleken qua resultaat.
- Computersimulatie, bijvoorbeeld van papegaaien op Bonaire (WUR) of zelfgebouwd met bijvoorbeeld PopTools of Ecosim.
- Het boekje 'Genetica in beweging' (DomisHoos, Kapteijn en Boerwinkel, 2012) bevat een deel over populatiegenetica dat van betekenis kan zijn in dit subdomein (zie ook www.nvon.nl/genetica).
- 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 allelfrequenties opnieuw worden berekend.

Subdomein 5.4: Levensgemeenschap

Omschrijving

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.

Indicatoren

Indicator 5.4.1

De student kan op basis van eigen observaties of de beschrijving van een observatie de voedselrelaties weergeven en daarbij de trofische niveaus aangeven. **(p)**

Indicator 5.4.2

De student kan uitleggen wat een ecologische successie is en daarvan voorbeelden geven. **(p)**

Indicator 5.4.3

De student kan de rol die interacties tussen soorten spelen benoemen en aangeven hoe die doorwerken in de levensgemeenschap. **(p)**

Indicator 5.4.4

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. **(v)**

Indicator 5.4.5

De student kan aangeven wat de invloed van de verstoring op een levensgemeenschap kan zijn en welke consequenties dit mogelijk voor de biodiversiteit heeft. **(p)**

Indicator 5.4.6

De student kan met behulp van de eilandtheorie van MacArthur en Wilson (1967) veranderingen in de soortenrijkdom van levensgemeenschappen verklaren en voorspellen. **(p)**

Indicator 5.4.7

De student kan op basis van de kennis van de levensgemeenschap analyseren welke risico's deze gemeenschap bedreigen en welke beheersmaatregelen hiertegen getroffen kunnen worden. **(v)**

Didactische aanwijzingen

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

Subdomein 5.5: Ecosysteem

Omschrijving

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.

Indicatoren

Indicator 5.5.1

De student kan ecosystemen en de samenstellende delen en processen beschrijven. **(p)**

Indicator 5.5.2

De student kan het functioneren van onderdelen van ecosystemen relateren aan abiotische en biotische factoren. **(p)**

Indicator 5.5.3

De student kan relaties leggen tussen de begrippen evenwicht, dynamiek en verstoring en het effect daarvan op een ecosysteem. **(p)**

Indicator 5.5.4

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. **(p)**

Indicator 5.5.5

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. **(p)**

Indicator 5.5.6

De student kan de samenstelling, structuur en het functioneren van ecosystemen en hun samenstellende onderdelen in de praktijk van het vrije veld onderzoeken. **(p)**

Indicator 5.5.7

De student kan voorbeelden van effecten van invasieve exoten op ecosystemen geven. **(p)**

Indicator 5.5.8

De student kan verklaren dat in een voedselketen bio-accumulatie en bio-magnificatie optreden. **(p)**

Indicator 5.5.9

De student kan Nederlandse landschappen en daarin voorkomende ecosystemen beschrijven met behulp van kaarten en (zelf) in het veld verzamelde gegevens over voorkomende soorten, levensgemeenschappen en biotische en abiotische omstandigheden. **(v)**

Indicator 5.5.10

De student kan actuele vraagstukken over gebruik, beheer en bedreigingen van landschappen, landschapselementen, ecosystemen en daarin voorkomende soorten analyseren. **(v)**

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.

Domein 6: 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 daar van 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 6.1: Theorieën over het ontstaan van de aarde, het leven en de macro-evolutie

Omschrijving

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 details 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.

Indicatoren

Indicator 6.1.1

De student kan huidige inzichten over het ontstaan van het heelal, ons zonnestelsel en de aarde waarop wij leven, noemen. **(p)**

Indicator 6.1.2

De student kan inzicht tonen 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. **(p)**

Indicator 6.1.3

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. **(p)**

Indicator 6.1.4

De student kan een relatie leggen tussen de evolutie van microorganismen (uit de domeinen Archaea en Bacteria) en het ontstaan van het leven op aarde zoals wij dat nu kennen, waarbij gebruik gemaakt wordt van de endosymbiose theorie en de verschillen die er zijn tussen prokaryoten en eukaryoten. **(p)**

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 6.2: Biosfeer

Omschrijving

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 ecosysteemcompartimenten.

Indicatoren

Indicator 6.2.1

De student kan de belangrijkste kenmerken van de organisatieniveaus binnen de biosfeer (biomen, ecosystemen, levensgemeenschappen, populaties, organismen) benoemen. **(p)**

Indicator 6.2.2

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. **(p)**

Indicator 6.2.3

De student kan benoemen wat de invloed van de mens is op de kringlopen van water, koolstof, stikstof, fosfaat en zwavel. **(p)**

Indicator 6.2.4

De student kan uiteenzetten wat de rol van oceanen, de opgeloste stoffen (met name CO₂) en het leven daarin is bij klimaatverandering. **(v)**

Didactische aanwijzingen

- De opkomst en ondergang van het experiment van biosphere2 beredeneren.
- Bestuderen van verschillende biomen.

Subdomein 6.3: Biodiversiteit

Omschrijving

Het onderwerp biodiversiteit spreidt zich van lokaal, via regionaal naar mondiaal niveau. 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.

Indicatoren

Indicator 6.3.1

De student kan benoemen wat onder het begrip biodiversiteit wordt verstaan, zowel vanuit wetenschappelijk als maatschappelijk perspectief. **(p)**

Indicator 6.3.2

De student kan een relatie leggen tussen het functioneren van een ecosysteem en de biodiversiteit. **(p)**

Indicator 6.3.3

De student kan benoemen wat ecosystemendiensten zijn en de indeling in verschillende ecosystemendiensten (productiediensten, regulerende diensten, culturele diensten en ondersteunende diensten) en de functie van de biodiversiteit hierin onderscheiden. **(p)**

Indicator 6.3.4

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. **(v)**

Indicator 6.3.5

De student kan een aantal Europese en mondiale regelgevende benaderingen ten aanzien van de biodiversiteit noemen. **(v)**

Indicator 6.3.6

De student kan een aantal praktische manieren noemen waarop het bedrijfsleven, overheden en maatschappelijke organisaties kunnen samenwerken om de opbrengsten van ecosystemendiensten duurzaam te verbeteren. **(v)**

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 ecosystemendiensten.
- Door middel van veldwerkopdrachten de biodiversiteitsindex bepalen van een gebied.

Subdomein 6.4: Duurzame ontwikkeling

Omschrijving

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?

Indicatoren

Indicator 6.4.1

De student kan de kenmerken van een aantal belangrijke duurzaamheidsvraagstukken en de mogelijke oorzaken en gevolgen daarvan benoemen, bijvoorbeeld: **(p)**

- biodiversiteit;
- uitputting van natuurlijke hulpbronnen (waaronder water) en energievraagstukken;
- milieukwaliteit, onder andere toxische stoffen en gassen, fijnstof, geluid- en lichtvervuiling;
- verzuring, vermesting en verdroging in Nederland.

Indicator 6.4.2

De student kan uitleggen wat wordt verstaan onder klimaatverandering en veelgenoemde oorzaken daarvan noemen. **(p)**

Indicator 6.4.3

De student kan een beargumenteerd standpunt innemen met betrekking tot een duurzaamheidsvraagstuk. **(p)**

Indicator 6.4.4

De student kan verbanden tussen verschillende duurzaamheidsoplossingen bediscussiëren. **(v)**

Indicator 6.4.5

De student kan zijn ecologische voetafdruk bepalen en op de uitkomst van die bepaling reflecteren. **(v)**

Indicator 6.4.6

De student kan verschillende sociaal-culturele aspecten (people), fysieke aspecten (planet) en sociaal-economische aspecten (profit/ prosperity) toepassen op duurzaamheidsvraagstukken. **(v)**

Indicator 6.4.7

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. **(v)**

Indicator 6.4.8

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. **(v)**

Indicator 6.4.9

De student kan reflecteren op het eigen wereldbeeld en aangeven hoe de student zelf kan bijdragen aan een duurzame wereld. **(v)**

Didactische aanwijzingen

- Verschillende opdrachten met als doel de student aan de hand van een concrete (lieftst 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 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 7: 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 hierdoor worden beïnvloed. Dit is de vakdidactiek, die naast vakinhoudelijke kennis het tweede aspect is van de kennisbasis dat voor een schoolvakbekwame leraar van belang is.

Subdomein 7.1: Aard van de biologie als wetenschap, beroep en schoolvak

Omschrijving

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 termen van deze kennisbasis is er in de onderbouw van het voortgezet onderwijs en in het vmbo als geheel vooral

aandacht voor domein 3, 4 en 5. Pas in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs (havo en vwo) is er ook aandacht voor de andere 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. Samengevat wordt er dus vanuit een gemeenschappelijke basis verbreed en verdiept, of gespecialiseerd in het vervolg van het beroepsonderwijs.

Indicatoren

Indicator 7.1.1

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. *(p)*

Indicator 7.1.2

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. *(p)*

Indicator 7.1.3

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. *(p)*

Indicator 7.1.4

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. *(p)*

Indicator 7.1.5

De student kan voorbeelden geven van de rol die biologie in de maatschappij en in het maatschappelijk debat speelt of kan spelen. *(p)*

Didactische aanwijzingen

- Schrijven van een visiestuk als onderdeel van een afstudeerportfolio of vergelijkbaar product.
- Een visie ontwikkelen over de mate waarin biologische gegevens hun eigen leven bepalen en/of veranderd zouden kunnen worden en deze visie relateren aan denkbeelden van anderen.
- Een visie ontwikkelen op waar de grenzen van leven liggen en deze visie relateren aan denkbeelden van anderen.

- Een visie ontwikkelen op de vraag waarom leerlingen biologische kennis zouden moeten verwerven en wat ze ermee zouden moeten kunnen.
- Een schrijfpdracht 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 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. Op deze manier brengt de student tevens in kaart in welke mate hij of zij 'boven de stof staat'.

Subdomein 7.2: Leerstof-, lesopbouw en toetsing

Omschrijving

Bij leerstofopbouw gaat het om de opbouw van het curriculum (het leerplan) in grote lijnen: wat zijn de kerndoelen van de onderbouw en wat zijn de eindtermen van 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 om theorielessen, practica en veldwerklessen. Ook is er aandacht voor verschillen in perspectieven op het biologie-onderwijs, 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.

Indicatoren

Indicator 7.2.1

De student kan van de (herziene) kerndoelen analyseren hoe deze uitgewerkt zijn in de op zijn stageschool gebruikte lesmethode. **(p)**

Indicator 7.2.2

De student kan een jaarplanning voor een gegeven niveau maken en daarbinnen een aantal lessenseries met toetsing en evaluatie ontwerpen. **(p)**

Indicator 7.2.3

De student kan de waarde van biologische kennis in een specifiek beroep duiden.

Indicator 7.2.4

De student kan onderzoeken waarin de kwalificatiestructuur van een aantal gerelateerde beroepen verschilt en hoe biologische begrippen samenhang kunnen brengen in een kwalificatiestructuur. *(p)*

Indicator 7.2.5

De student kan beredeneren welke meerwaarde biologische denken werkwijzen hebben voor een specifieke beroepsbeoefening (bijvoorbeeld homeostase en positieve/negatieve terugkoppeling in verzorgende beroepen). *(p)*

Indicator 7.2.6

De student kan formatieve en summatieve toetsen selecteren en/of ontwerpen om te bepalen of de gestelde leerdoelen zijn behaald. *(p)*

Indicator 7.2.7

De student kan de resultaten van een toets analyseren, evalueren en een verbeterplan opstellen. *(p)*

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 (middelbaar laboratorium onderwijs) die bacteriekweken moeten leren maken teneinde gekwalificeerd te worden als biologisch-medisch analist.
- Een toets ontwerpen, afnemen en analyseren.

Subdomein 7.3: Doorlopende leerlijn en samenhang met andere schoolvakken

Omschrijving

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

Indicatoren

Indicator 7.3.1

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. Met als doel een voor de leerling optimale aansluiting tussen onder- en bovenbouw te garanderen. **(p)**

Indicator 7.3.2

De student kan onderzoeken en benoemen welke kennis en vaardigheden uit andere schoolvakken relevant en verbindend zijn voor specifieke onderwerpen uit het vak biologie en inventariseren of deze op het juiste moment worden aangeboden. **(p)**

Indicator 7.3.3

De student kan relaties leggen tussen wiskundige representaties en de biologische verklaringen hiervan. **(p)**

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, natuurkunde, scheikunde en wiskunde grafieken leren tekenen.
- Tijdens de stage participeert een student in de voorbereiding en uitvoering van een projectweek waarin meerdere schoolvakken samenwerken.

Subdomein 7.4: Begripsontwikkeling

Omschrijving

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-Context strategie 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.

Indicatoren

Indicator 7.4.1

De student kan inventariseren welke begrippen (concepten) geleerd moeten worden teneinde een kerndoel of eindterm te bereiken en het sleutelconcept benoemen. **(p)**

Indicator 7.4.2

De student kan leerlingen leren hoe zij begrippen in een samenhangend verband kunnen plaatsen. **(p)**

Indicator 7.4.3

De student kan een begrip 'ontleden' in deelbegrippen of onderliggende begrippen en bepalen welke leerlingen deze al kennen en in welke samenhang. **(p)**

Indicator 7.4.4

De student kan begrippen contextualiseren en recontextualiseren volgens de aanpak van de Concept-Context benadering (Boersma et al. 2010¹) en een verantwoorde keuze maken tussen leefwereld, beroepswereld of wetenschappelijke context waarbij hij ook een keuze kan maken tussen een illustrerende-, verbindende-, centrale of 'op afstand'-benadering (Bruning & Michels, 2013²). **(p)**

Indicator 7.4.5

De student kan onderzoeken en bepalen welke onderwijsleeractiviteiten voor een bepaald begrip aansluiten bij hun leerlingen, gebaseerd op vakdidactische literatuur en ervaren collega's. **(p)**

Indicator 7.4.6

De student kan door wetenschappelijk onderzoek onderbouwde (vak)didactische benaderingen toepassen zoals yo-yo'en tussen organisatieniveaus (Knippels, 2002³), de Concept-Context-benadering en systeemdenken. **(p)**

Indicator 7.4.7

De student kan in de tekst van een lesmethode of andere bron bepalen welke vaktaal de leerlingen voor moeilijkheden kan plaatsen, met gebruikmaking van

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.

strategieën zoals 'taalsteun, context en interactie' (Hajer & Meestringa, 2015¹) om problemen doelmatig aan te pakken. (p)

Didactische aanwijzingen

- Analyse-opdracht waarbij een student door middel van het bestuderen van de syllabus inventariseert welke begrippen gekend, begrepen en toegepast moeten kunnen worden teneinde een bepaalde eindterm te bereiken.
- Ontwerp-opdracht waarbinnen een student een conceptmap of mindmap 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 Lesson Study (de Vries et al., 2016²) project gezamenlijk een leerstrategie te ontwikkelen voor bijvoorbeeld minder talige leerlingen waarbij de vaktaal wordt versimpeld zonder afbreuk te doen aan de begripsontwikkeling.
- Een lessenserie ontwerpen waarin de Yo-Yo benadering wordt toegepast.

Subdomein 7.5: Karakteristieke denk- en werkwijzen in de natuurwetenschappen en techniek

Omschrijving

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. Daarmee is een overzicht beschikbaar van denk- en werkwijzen die tot de kennisbasis van alle leerlingen moet behoren en die als een vorm van metacognitieve vaardigheid beschouwd kan worden die zij in de toekomst nodig zullen hebben. In de praktijk leren toekomstige leraren impliciet tijdens hun opleiding al veel van deze denk- en werkwijzen en gaat het erom dat zij zich ervan bewust worden dat deze ook voor hun leerlingen van groot belang zijn. Denk- en werkwijzen zijn onderdeel van een bepaalde onderwerpsdidactiek. Zo zal de denkwijze over 'behoud, transport en kringloop van energie en materie' bijvoorbeeld een belangrijk element zijn bij de vakdidactische uitwerking van het onderwerp 'ecosystemen'. Op een mlo-opleiding zal de denkwijze 'schaal, verhouding en hoeveelheid' bijvoorbeeld van belang zijn.

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

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

Indicatoren

Indicator 7.5.1

De student kan voor de natuurwetenschappen en in het bijzonder de biologie typerende denk- en werkwijzen integreren in onderwijsleeractiviteiten: **(p)**

Natuurwetenschappelijke denkwijzen:

- patronen
- schaal, verhouding en hoeveelheid
- oorzaak en gevolg
- systeem en systeemmodellen
- behoud, transport en kringloop van energie en materie
- structuur en functie
- stabiliteit en verandering
- duurzaamheid
- risico's en veiligheid

Natuurwetenschappelijke werkwijzen:

- modelontwikkeling en -gebruik
- onderzoeken
- ontwerpen
- informatievaardigheden
- redeneervaardigheden
- rekenkundige en wiskundige vaardigheden
- waarderen en oordelen

Voor de biologie typerende denkwijzen:

- evolutionair denken
- ecologisch denken

Didactische aanwijzingen

- Kennisopdracht tijdens de lessen vakdidactiek. Studenten bestuderen het deel uit de kennisbasis natuurwetenschappen en techniek voor de onderbouw (SLO, 2014¹) 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.

¹ 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 7.6: Leefstijl

Omschrijving

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. Ze kunnen hierover onder andere in het vak biologie 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 deze 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.

Indicatoren

Indicator 7.6.1

De student kan de voor de lessen 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: **(p)**

- sociaal-emotionele ontwikkeling: zelf, zelfsturing, de ander, relaties en kiezen;
- voeding: voeding en gezondheid, voedselkwaliteit, eten kopen, bereiden en beleven;
- fysieke activiteit: leer-/werkplek, pauze, bewegingsonderwijs, transport en vrije tijd;
- persoonlijke verzorging: lichaamshygiëne, huid, zintuigen, mond en gebit;
- genotmiddelen: alcohol, roken, cannabis, (overige) softdrugs, harddrugs en grenzen stellen en bewaken bij het gebruik van genotmiddelen;
- relaties en seksualiteit: lichamelijke ontwikkeling en zelfbeeld, intieme relaties, voortplanting, gezinsvorming en anticonceptie, seksualiteit en grenzen stellen;
- veiligheid: fysieke veiligheid en assertiviteitstraining.

Didactische aanwijzingen

- Onderzoeksopdrachten waarbij de student onderzoek doet naar leefstijl bij leerlingen en op scholen.
- 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 tweedegraadslerarenopleidingen 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 daarbinnen vallen.

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

Subdomein 7.7: Leeromgeving

Omschrijving

Biologieonderwijs vindt in het algemeen op drie locaties plaats: het klaslokaal, het practicumlokaal en buiten het lokaal, in het veld. De schoolvakbekwame leraar kan op 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 aangeboden in de generieke kennisbasis.

Indicatoren

Indicator 7.7.1.

De student kan benoemen welke objecten en artefacten kenmerkend zijn voor een biologielokaal en beschrijven hoe een practicumlokaal wordt ingericht, inclusief de rol van de toa hierin. **(p)**

Indicator 7.7.2

De student kan benoemen welke veiligheidseisen in een practicumlokaal gelden en weten waar deze te vinden zijn (zie www.veiligpracticum.nl). Om de veiligheid te waarborgen heeft hij ook kennis van specifieke ARBO-regels en is hij in staat EHBO te verlenen, zonder dat daarbij de eis gesteld wordt dat de student in het bezit is van een geldig EHBO-diploma. **(p)**

Indicator 7.7.3

De student kan drie typen practicum - zoals die door van den Berg & Buning (1994) worden onderscheiden - inzetten ten behoeve van vaardigheidsontwikkeling, begripsvorming en ontwikkeling van onderzoekend vermogen. Hij geeft deze op een adequate manier vorm in lesplannen. **(p)**

Indicator 7.7.4

De student kan practicumvaardigheden en praktische opdrachten beoordelen.

Indicator 7.7.5

De student kan verantwoord omgaan met dode en levende organismen, met name planten en dieren. **(p)**

Indicator 7.7.6

De student kan leerlingen op specifieke kenmerken van specimen wijzen.

Indicator 7.7.8

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. **(p)**

Indicator 7.7.9

De student kan de natuur- en landschapswaarden van de omgeving waarborgen zodat veldwerkactiviteiten of excursies de omgeving niet (blijvend) verstoren. **(p)**

Indicator 7.7.10

De student kan de (soorten)kennis en vaardigheden die hij (met name) binnen de context van domein 4 en domein 5 van deze kennisbasis verworven heeft, inzetten in het veld. **(p)**

Indicator 7.7.11

De student kan leerlingen de buitenomgeving als zodanig laten beleven. **(p)**

Didactische aanwijzingen

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

Subdomein 7.8: Ict in het biologie-onderwijs

Omschrijving

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

Indicatoren

Indicator 7.8.1

De student kan diverse soorten hardware en software voor meten, modelleren, simuleren en animeren van biologische onderwerpen benoemen en gebruiken. **(p)**

Indicator 7.8.2

De student kan applets en tools selecteren en didactiseren voor de inzet bij specifieke begripsontwikkeling en vaardigheidsontwikkeling, waaronder verslaglegging. **(p)**

Indicator 7.8.3

De student kan relevante nationale en internationale websites, digitale kennisbanken en bronnenverzamelingen voor het biologie-onderwijs 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. **(p)**

Indicator 7.8.4

De student kan applicaties noemen om digitale toetsen in de klas af te nemen en deze ook toepassen. **(p)**

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 gebruikmaken van een aantal websites (bijvoorbeeld www.bioplek.org) om een bepaald begrip te ontwikkelen.

Subdomein 7.9: Professionele ontwikkeling en collegiale samenwerking

Omschrijving

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, moet een startbekwame docent in staat zijn een praktijkgericht sociaalwetenschappelijk onderzoek uit te voeren en aanbevelingen te doen aan de beroepspraktijk.

Indicatoren

Indicator 7.9.1

De student kan gebruikmakend van sociaalwetenschappelijke onderzoeksinstrumenten een praktijkgericht vakdidactisch onderzoek uitvoeren en hierover volgens de geldende regels rapporteren. **(p)**

Indicator 7.9.2

De student kan functioneren binnen een vaksectie en daarin een actieve rol spelen door bijvoorbeeld ontwikkeltaken op zich te nemen. **(p)**

Indicator 7.9.3

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. **(p)**

Indicator 7.9.4

De student kan een keuze maken uit voor hem relevante aanbieders van na- en bijscholing en globaal aangeven welk aanbod zij hebben. **(p)**

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 of haar opleidingsschool en rapporteert daarover in zijn afstudeerdossier of praktijkonderzoek.
- Studenten voeren een praktijkgericht (ontwikkel)onderzoek in de eigen lespraktijk uit.

Domein 8: Kennis van verwante vakken

Biologie is geen volledig zelfstandige discipline. Zij is met natuur- en scheikunde een van de natuurwetenschappen en in ruimere zin een van de bètavakken waartoe ook wiskunde gerekend wordt. Er zijn twee redenen waarom toekomstige docenten kennis van biologie en van aanpalende vakken en de daarbij behorende 'vaardigheden' moeten hebben. Ten eerste zijn veel biologische processen vaak beter te begrijpen vanuit enige kennis van de natuur- en scheikunde. Wiskundige kennis en met name vaardigheid zijn daarbij vaak vereisten. Ten tweede is ook in het voortgezet onderwijs steeds meer verbinding



te zien tussen de natuurwetenschappen. Naast kennis zijn vaardigheid en veiligheid nodig en wordt de onderzoeksmethode gedeeld met een aantal aanpalende vakken.

Subdomein 8.1: Rekenen, wiskunde en statistiek

Indicatoren

Indicator 8.1

De student kan rekenen op referentieniveau 3S. *(p)*

Indicator 8.1.2

De student kan rekenen met machten en wortels. *(p)*

Indicator 8.1.3

De student kan werken met vergelijkingen waarin haakjes gebruikt worden. *(p)*

Indicator 8.1.4

De student kan werken met breuken met letters. *(p)*

Indicator 8.1.5

De student kan werken met formules en grafieken. *(p)*

Indicator 8.1.6

De student kan kansen berekenen. *(p)*

Indicator 8.1.7

De student kan werken met eenvoudige logaritmische en exponentiële functies. *(v)*

Indicator 8.1.8

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

Didactische aanwijzingen

- De pH berekenen van een basische of zure oplossing.
- Met bijvoorbeeld de chi-kwadraat toets 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 8.2: Scheikunde

Indicatoren

Indicator 8.2.1

De student kan een oplossingsreeks bereiden waarin de concentratie van de opgeloste stof nauwkeurig bekend is. *(p)*

Indicator 8.2.2

De student kan de pH van een onbekende oplossing meten met een pH- meter, pH-stripjes of kleurindicatoren. *(p)*

Indicator 8.2.3

De student kan zuur-base reacties herkennen en uitvoeren met behulp van titraties.

Indicator 8.2.4

De student kan een buffer samenstellen. *(p)*

Indicator 8.2.5

De student kan op een veilige manier chemische experimenten uitvoeren. *(p)*

Indicator 8.2.6

De student kan aantoonreacties uitvoeren en interpreteren. *(p)*

Didactische aanwijzingen

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

Subdomein 8.3: Natuurkunde

Indicatoren

Indicator 8.3.1

De student kan uitleggen dat geluidstrillingen weergegeven kunnen worden als een golfverschijnsel. *(p)*

Indicator 8.3.2

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. *(p)*

Indicator 8.3.3

De student kan de werking van het oog verklaren met gebruikmaking van natuurkundige begrippen als lenswerking, scherptediepte en diafragma. *(p)*

Indicator 8.3.4

De student kan uitleggen hoe een lichtmicroscop en elektronenmicroscop werken en verklaren welke rol golflengte speelt bij de resolutie van een microscoop. *(p)*

Indicator 8.3.5

De student kan gewrichten en spieren noemen als voorbeelden van systemen waarop de hefboomwerking van toepassing is. *(p)*

Indicator 8.3.6

De student kan uitleggen dat door verschillen in permeabiliteit voor ionen, een potentiaalverschil over een membraan tot stand kan komen. *(p)*

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 hanteren waarbij krachten en ook reactietijd gemeten kunnen worden.
- Bepalen welke golflengten van licht bruikbaar zijn in de fotosynthese van diverse waterorganismen (bruin- en roodwieren, dinoflagellaten en kranswieren).

Subdomein 8.4: Aardrijkskunde (fysische geografie)

Indicatoren

Indicator 8.4.1

De student kan geografische kennis toepassen in situaties waar de biogeografie van een bepaald organisme het onderwerp is. *(p)*

Indicator 8.4.2

De student kan de ligging van biomen aangeven op de wereldkaart of een globe. **(p)**

Indicator 8.4.3

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. **(p)**

Didactische aanwijzingen

- Tijdens een veldwerk bodemmonsters nemen en op basis van een analyse daarvan verklaren waarom de distributie van de vegetatie is zoals zij 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.

Subdomein 8.5: Natuurwetenschappelijk (literatuur) onderzoek

Indicatoren

Indicator 8.5.1

De student kan de empirische onderzoekscyclus (de 'natuurwetenschappelijke methode') benoemen en een experiment volgens deze methode uitvoeren en daarover rapporteren. **(p)**

Indicator 8.5.2

De student kan beschrijvend onderzoek uitvoeren tijdens bijvoorbeeld een veldwerk of een gedragsbiologische observatie. **(p)**

Indicator 8.5.3

De student kan literatuuronderzoek uitvoeren over een zelfgekozen of door de opleiding gegeven onderwerp. Daarbij relevante en actuele, al dan niet wetenschappelijke bronnen identificeren en daarover rapporteren. Daarbij is een correcte verwerking en vermelding van bronnen volgens de APA-regels een belangrijk beoordelingscriterium. **(p)**

Indicator 8.5.4

De student kan in correct Nederlands rapporteren en behaalt daarbij minimaal een beheersing die voldoet aan referentieniveau 3F. **(p)**



Indicator 8.5.5

De student kan kritisch kijken naar artikelen over uitgevoerd onderzoek, kritische vragen stellen bij berichten, deze berichten kritisch evalueren en dit aan leerlingen leren. *(p)*

Didactische aanwijzingen

- Het schrijven van een natuurwetenschappelijk literatuuronderzoek dat bijvoorbeeld geldt als 'meesterstuk' en/of als bewijs van hbo-niveau.
- Het toepassen van de onderzoekscyclus tijdens practica.
- Tijdens een veldwerk of dierentuinbezoek uitvoeren van beschrijvend onderzoek en daarover rapporteren.
- Kijken naar afleveringen van kritische tv-programma's als de *Keuringsdienst van Waarde*.

5 Redactie en validering

Redactieteam

Redactieteam	
René Almekinders	NHL Hogeschool
Jeroen den Hertog	Hogeschool van Amsterdam
Janneke Verloop	Hogeschool Rotterdam
Kitty Walravens	Fontys Tilburg

Schrijfteam	
René Almekinders	NHL Hogeschool
Petra van Zijtveld	Windesheim

Meelezers	
Jeroen den Hertog	Hogeschool van Amsterdam
Marco Mazereeuw	NHL Hogeschool
Marnix van Meer	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen

Valideringsgroep

Leen van den Oever	Directeur beroepsvereniging van Nederlandse biologen, NIBI
Lieke Schuffelen	Leraar biologie, Pascal College in Zaandam
Dirk-Jan Boerwinkel	Universitair vakdidacticus Biologie, Universiteit Utrecht, Freudenthal Instituut
Alice Veldkamp	Universitair vakdidacticus Biologie, Universiteit Utrecht, Freudenthal Instituut

6 Versiebeheer

24 juni 2022

- Bij indicator 1.1.4. zijn de deeltjes juist weergegeven.

29 november 2021

- Aanpassingen in de opmaak.

28 september 2021

- Nummering van de indicatoren komt weer overeen met de oorspronkelijke nummering.
- *Parate kern* vervangen door *parate kennis*.
- Aanpassingen in de opmaak.

1 september 2021

- In subdomeinen 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.1, 2.2, 2.3, 4.1, 4.3, 4.4, 5.1, 5.3, 5.4, 5.5 en 6.1 zijn een aantal indicatoren bij de verdieping verschoven naar de parate kennis.
- In subdomein 2.3 is de formulering van de indicatoren aangepast.
- Aanpassingen in de opmaak die niet inhoudelijk van aard zijn.

10
voor
de
leraar



Colofon

Den Haag, 24 juni 2022

Uitgave

10voordeleraar
Prinsessegracht 21
2514 AP Den Haag
Postbus 123
2501 CC Den Haag

info@10voordeleraar.nl
www.10voordeleraar.nl

Alle rechten voorbehouden. Behoudens de uitdrukkelijk bij wet bepaalde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden veeleelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar worden gemaakt, zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever. 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.