

Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar



Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar

**Uitwerking van de concept-contextbenadering
tot doelstellingen voor het biologieonderwijs**

september 2007

Auteurs:

Kerst Th. Boersma

Marja van Graft

Anke Harteveld

Els de Hullu

Annemarie de Knecht-van Eekelen

Marco Mazereeuw

Leen van den Oever

Paul A. M. van der Zande



Bijlage 1. Matrices met concepten	41
Bijlage 2. Typing van de geselecteerde beroepscontexten, oriëntatie op maximaal mbo-niveau	46
Bijlage 3. Typing van de geselecteerde beroepscontexten, oriëntatie op hbo-niveau	50
Bijlage 4. Typing van de geselecteerde beroeps- en wetenschappelijke contexten, oriëntatie op wo-niveau	52
Bijlage 5. Examenprogramma havo voor experimenteerscholen	58
Bijlage 6. Examenprogramma vwo voor experimenteerscholen	65

Inhoudsopgave

1. Voorwoord	4
2. De concept-contextbenadering	5
2.1. Legitimering van de concept-contextbenadering	5
2.2. Definiëring van de concept-contextbenadering	6
2.3. Naar doelstellingen voor het biologieonderwijs	10
3. Uitwerking van concepten	16
3.1. Keuze van concepten	16
3.2. Basisonderwijs	17
3.3. Onderbouw vmbo	17
3.4. Bovenbouw vmbo	18
3.5. Onderbouw havo/vwo	21
3.6. Bovenbouw havo	22
3.7. Bovenbouw vwo	22
4. Uitwerking van contexten	24
4.1. Keuze van contexten	24
4.2. Leefwereldcontexten	25
4.3. Beroepscontexten	26
4.4. Wetenschappelijke contexten	29
5. Activiteiten en denk- en werkwijzen	31
5.1. Keuze van activiteiten en denk- en werkwijzen	31
5.2. Typen activiteiten	32
5.3. Denk- en werkwijzen	32
6. Inhoudelijke uitwerking	34
6.1. Uitwerking binnen de beschikbare uren	34
6.2. Uitwerking van de leerlijn voor de bovenbouw havo/vwo	35
6.3. Uitwerking van de leerlijn voor het basisonderwijs	36
7. Didactische uitwerking	36
7.1. Relatie tussen activiteiten en leeractiviteiten	37
7.2. Didactische implicaties	37
7.3. Specificatie van contexten en activiteiten	38
7.4. Verdere uitwerking.	39
8. Tot slot	40

Bijlagen (zie linkerpagina)

1. Voorwoord

In september 2003 verscheen het rapport *Biologieonderwijs: een vitaal belang*. De Biologische Raad (KNAW), het Nederlands Instituut voor Biologie (NIBI) en de Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON) doen daarin aanbevelingen over vernieuwing van het biologieonderwijs. Op basis van deze aanbevelingen heeft de Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap op 7 december 2004 de Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (CVBO) geïnstalleerd.

De CVBO heeft bij de installatie de opdracht gekregen om examenprogramma's voor het vak biologie uit te werken voor havo en vwo en aanbevelingen te doen voor de onderbouw van havo en vwo. De voorgestelde aanpak van de CVBO om een leerlijn voor het biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar te ontwikkelen als basis voor het advies aangaande de onderbouw en de examenprogramma's werd ondersteund.

In februari 2005 publiceerde de CVBO haar basisdocument *Vernieuwd biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar*, waarin knelpunten in het huidige biologieonderwijs, zoals gebrek aan samenhang, overladenheid en geringe door leerlingen ervaren relevantie, worden beschreven en oplossingen worden voorgesteld met behulp van een concept-contextbenadering voor het biologieonderwijs.

De nu voorliggende *Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar* werkt de doelstellingen van het biologieonderwijs in de hele leerlijn uit, geeft een nadere uitwerking van de concept-contextbenadering in de hele leerlijn en onderbouwt de door de CVBO gemaakte keuzen ten aanzien van de doelstellingen en de benadering. De concept-contextbenadering draagt volgens de CVBO bij aan het oplossen van de genoemde knelpunten in het biologieonderwijs.

De leerlijn draagt bij aan de inperking van de omvang van het programma door de inhoud toe te spitsen op een beperkt aantal biologische concepten. De keuze van concepten voor iedere fase van de leerlijn wordt beargumenteerd. Door te kiezen voor een beperkte, maar verantwoorde, hoeveelheid biologische concepten is het mogelijk voldoende diepgang te realiseren in de beschikbare tijd. Samenhang ontstaat doordat in de leerlijn concepten en contexten in relatie tot elkaar worden beschreven. Bovendien ontstaat samenhang door aandacht te besteden aan wendbaar gebruik van concepten in verschillende contexten. De relevantie van het biologieonderwijs neemt toe door biologische concepten in voor leerlingen relevante en actuele contexten aan te bieden. De leerlijn geeft schematisch voorbeelden van te gebruiken contexten en gaat in op de keuze van contexten en de daarmee samenhangende denk- en werkwijzen.

In de komende jaren werken leraren van experimenteerscholen en begeleidende vakdidactici aan experimentele examenprogramma's voor havo en vwo. Zij ontwikkelen lessenseries die passen binnen de leerlijn en die leerlingen voorbereiden op de experimentele examens.

Ook anderen laten zich inmiddels door de benadering en de doelen in de leerlijn inspireren. In het basisonderwijs, de onderbouw en de bovenbouw vmbo, ontstaan initiatieven die leiden tot natuuronderwijs en biologieonderwijs passend in de uitgewerkte leerlijn. De CVBO vindt het van groot belang dat de leerlijn een plaats krijgt in alle sectoren van het primair en voortgezet onderwijs. De leerlijn wil aanknopingspunten bieden voor samenhangend biologieonderwijs door alle leerjaren heen.

De leerlijn die de CVBO hier presenteert, is een versie waarin commentaren en opmerkingen zijn verwerkt die op 6 juni 2006, tijdens de CVBO conferentie voor biologiedocenten en andere belangstellenden, naar voren kwamen. Het is de bedoeling dat de CVBO deze versie bijstelt nadat evaluaties van de experimentele eindexamens voor havo en vwo beschikbaar zijn.

Deze *Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar* vormt de basis voor de ontwikkelde concept-examenprogramma's voor havo en vwo. De examenprogramma's zijn inmiddels, voor de scholen die aan het experiment deelnemen, verder uitgewerkt in syllabi voor de centrale eindexamens en handreikingen voor de schoolexamens.

2. De concept-contextbenadering

Het basisdocument *Vernieuwd biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar*¹ geeft een beschrijving van de concept-contextbenadering voor het biologieonderwijs. Deze benadering is sindsdien een groot aantal malen bediscussieerd, waardoor nu scherper dan toen kan worden aangegeven wat de essentie er van is. In dit hoofdstuk wordt in par. 2.1 eerst een legitimering voor de concept-contextbenadering gegeven. Daarna wordt de concept-contextbenadering in par. 2.2 nader gedefinieerd en met behulp van literatuur onderbouwd. In par. 2.3 wordt vervolgens aangegeven in hoeverre aan de in par. 2.1 opgeroepen verwachtingen kan worden voldaan.

2.1. Legitimering van de concept-contextbenadering

De CVBO wil met de concept-contextbenadering een antwoord geven op de volgende drie knelpunten die zich in het biologieonderwijs voordoen²:

- De te geringe relevantie van de biologische vakinhoud. Het gaat daarbij om de te geringe relevantie van de vakinhoud voor leerlingen en ook om de te geringe maatschappelijke relevantie en de te geringe wetenschappelijke actualiteit.
- De te geringe samenhang van de biologische kennis die leerlingen verwerven.

1. Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (2005). *Vernieuwd biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar*. CVBO Utrecht.

2. Boersma, K.Th. & Schermer, A.F.K. (2001). *Ontwikkeling van biologieonderwijs in de 21e eeuw*. Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen, 18(1), 19-40.

KNAW (2003). *Biologieonderwijs: een vitaal belang*. Advies van de Biologische Raad Amsterdam: KNAW.

De genoemde problemen zijn niet uniek voor het biologieonderwijs en beperkt tot Nederland. Zie bijv. Gilbert, J. K. (2006). *On the nature of 'context' in chemical education*. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.

Daarbij gaat het zowel om horizontale samenhang (samenhang van objecten en verschijnselen binnen een organisatieniveau) als verticale samenhang (samenhang tussen verschillende organisatieniveaus).

- De overladenheid van het programma, dat leerlingen krijgen aangeboden. Het gaat daarbij om overladenheid van het programma dat leerlingen effectief in de klas krijgen aangeboden³.

De wijze waarop leraren omgaan met de leermiddelen en hun didactisch handelen zijn bepalend voor de vraag in hoeverre de knelpunten zichtbaar worden in het biologieonderwijs dat nu in klas wordt aangeboden.

De CVBO merkt op dat het feit dat deze knelpunten zich voordoen zowel aan leraren, scholen en leermiddelen mag worden toegeschreven, maar ook in grote mate wordt bepaald door de aard en inhoud van de huidige doelstellingen van het biologieonderwijs.

De CVBO is daarom van mening dat:

- In de doelstellingen veilig moet worden gesteld dat het biologieonderwijs dat leerlingen krijgen aangeboden relevant is vanuit het perspectief van de leerling, de samenleving en de wetenschap.
- De ontwikkeling van samenhangende kennis een doelstelling van het biologieonderwijs moet zijn.
- Het aantal doelstellingen moet worden ingeperkt.

De concept-contextbenadering zal naar de overtuiging van de CVBO een belangrijke bijdrage leveren aan het oplossen van de genoemde knelpunten. Door naast het examenprogramma ook een leerlijn uit te werken en vooral ook voorbeeldlesmateriaal te ontwikkelen in experimenteerscholen zal de CVBO richting geven aan leraren, leermiddelenontwikkelaars en examenontwikkelaars, zodanig dat de doelstellingen beperkt blijven, de leerlingen de samenhang in de biologie gaan zien en de relevantie door alle betrokkenen wordt ervaren.

2.2. Definiëring van de concept-contextbenadering

De gedachte die aan de concept-contextbenadering ten grondslag ligt, is dat in het biologieonderwijs die biologische kennis⁴ moet worden aangeboden die relevant is in voor betreffende leerlingen relevante segmenten van de samenleving. Dat betekent dat de volgende vragen moeten worden beantwoord:

- Welke segmenten van de samenleving kunnen we onderscheiden?
- Welke segmenten zijn betekenisvol voor leerlingen van een bepaalde leeftijd of niveau?
- Welke biologische kennis is in die segmenten relevant?

3. Boersma, K.Th. (2002). *Moet er meer dan er kan? Is het biologieprogramma overladen?* Niche, 33, (6), 12-16.

4. Het begrip kennis wordt hier niet alleen cognitief opgevat, maar heeft de ruime betekenis die het ook in begrippen als 'kennisamenleving' heeft. Kennis heeft meerdere psychometrische dimensies, waaronder de cognitieve.

Om segmenten van de samenleving te onderscheiden is door de CVBO gekozen voor de eenheid van de handelingspraktijk. Een handelingspraktijk is in de cultuurhistorische theorie⁵ een sociale structuur waarbinnen deelnemers doelgerichte, cultuurhistorisch bepaalde activiteiten uitvoeren. Bij uitvoering van die activiteiten hebben de deelnemers zich te houden aan veelal impliciete regels over wat zinvol, bruikbaar en juist is. De praktijk bepaalt wat de betekenis is van de daarin uitgevoerde activiteiten en de daarbij gebruikte kennis. Een handelingspraktijk wordt hier verder aangeduid als een context^{6,7}.

Het begrip activiteit staat centraal in de cultuurhistorische theorie en de daartoe behorende 'activity theory'. Het begrip activiteit wordt daarin gedefinieerd⁸ als de fysieke en mentale handelingen die een subject (mens) met een object (mens, organisme) uitvoert⁹. In veel gevallen is sprake van min of meer vaste patronen van handelingen; deze worden aangeduid als denk- en werkwijzen. Een denk- en werkwijze is dan een min of meer vaste opeenvolging van fysieke en/of mentale handelingen die met een object worden uitgevoerd.

Bij uitvoering van handelingen wordt vaak gebruik gemaakt van instrumenten en kennis. Deze kennis is gesitueerd; dat wil zeggen dat de kennis is ingebed in de activiteit (en daarmee in de context) en dat de betekenis van die kennis bepaald wordt door het gebruik er van. Aangezien handelingen met een object worden uitgevoerd, heeft de daarvoor relevante kennis zowel betrekking op het object, de handelingen die er mee worden uitgevoerd, als de condities waaronder dat dient te gebeuren¹⁰. De constatering dat kennis is gesitueerd betekent dat in de ene context andere kennis relevant is dan in de andere. In deze situatieve opvatting¹¹ wordt niet alleen geaccepteerd dat in de ene context andere kennis wordt gehanteerd dan in de andere¹² maar ook dat dezelfde kennis in de ene context een andere

5 Aalsvoort, J. van (2000). *Chemistry in Products. A cultural-historical approach to initial chemical education*. Proefschrift Universiteit Utrecht. Aalsvoort, J. van (2004). *Activity theory as a tool to address the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education*. *International Journal of Science Education*, 26 (13), 1635 –1651. Engeström, Y. (1991). *Non scolae sed vitae discimus. Toward overcoming the encapsulation of school learning*. *Learning and Instruction*, 1, 243-259. Wenger, E. (1998). *Communities of Practice. Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

6 Het begrip 'context', zoals dat in de cultuurhistorische theorie wordt gebruikt, verschilt van het didactische begrip context. Het didactische begrip 'context' heeft meestal de betekenis van situatie en is niet bruikbaar als het gaat om het kiezen van doelstellingen, omdat het aantal situaties onbeperkt is en zich niet laat systematiseren. Het aantal handelingspraktijken is weliswaar groot, maar niet onbeperkt en redelijk goed te systematiseren.

7 De hier gehanteerde betekenis van context komt sterk overeen met de betekenis die context heeft in het volgens Gilbert (2006) meest aantrekkelijke model van context-based chemistry education. Gilbert, J. K. (2006). *On the nature of 'context' in chemical education*. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.

8 Oers, B. van (1987). *Activiteit en begrip. Proeve van een handelingspsychologische didactiek*. Amsterdam: VU Uitgeverij (p. 18). Het begrip activiteit is hiermee inhoudelijk gedefinieerd en verwijst niet naar een geactiveerde toestand van de lerende, zoals in het sociaal-constructivisme.

9 Het begrip activiteit is hiermee inhoudelijk gedefinieerd en verwijst niet naar een geactiveerde toestand van de lerende, zoals in het sociaal-constructivisme.

10 Dit onderscheid correspondeert met het onderscheid dat in de cognitieve psychologie wordt gemaakt tussen declaratieve kennis, procedurele kennis en situationele kennis.

11 Zie bijv.: Henessy, S. (1993). *Situated cognition and apprenticeship: Implications for classroom learning*. *Studies in Science Education*, 22, 1-41. Lave, J. (1988). *Cognition in practice: mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Lemke, J.L. (2001). *Articulating communities: sociocultural perspectives on science education*. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 296-316.

betekenis kan hebben dan in een andere. Dat leidt er dan ook toe dat kennis die in de ene context is verworven niet zonder meer in een andere context kan worden gebruikt¹³. Hergebruik in een andere context is alleen mogelijk als de in de ene context verworven kennis wordt geabstraheerd, vervolgens meegenomen wordt naar de volgende context, en daar opnieuw wordt gecontextualiseerd. Dat proces wordt aangeduid als recontextualiseren¹⁴. De keuze van contexten in de leerlijn van 4 tot 18 jaar wordt in hoofdstuk 4 verder uitgewerkt.

Een abstract begrip dat veel kennis structureert wordt aangeduid als concept¹⁵. Voor bijvoorbeeld de context van ecologisch onderzoek vervult het concept 'ecosysteem' een dergelijke functie. Het kiezen van concepten in de leerlijn gebeurt op basis van relevantie in leefwereld-, beroeps- en wetenschappelijke contexten. Daarbij moet rekening worden gehouden met het gegeven dat zodra het concept bij uitvoering van activiteiten in een context wordt gebruikt zich de volgende twee problemen veelvuldig voordoen.

Het eerste probleem is dat voor het uitvoeren van veel routine handelingen over het algemeen weinig specifieke (biologische) kennis nodig is. Zo is voor de dagelijkse verzorging van huisdieren weinig biologische kennis nodig. Zodra zich echter bijzondere situaties voordoen kan niet meer op routines worden terug gevallen. De relevantie van kennis neemt dan toe doordat gezocht wordt naar een antwoord op de vraag hoe gehandeld moet worden, of doordat een instructie van een 'deskundige' moet kunnen worden begrepen. In beide gevallen is dan aanvullende kennis vereist. De keuze van de context bepaalt in sterke mate of een concept voldoende kan worden uitgewerkt.

Het tweede probleem dat zich voordoet in contexten waar veel kennis wordt gebruikt, is dat lang niet altijd gebruik gemaakt wordt van concepten die veel kennis structureren. Vaak staan subconcepten centraal, waardoor het concept niet expliciet zichtbaar wordt. Deelnemers aan de context staan niet meer stil bij het centrale concept. Om de samenhang van biologische kennis te begrijpen is het hier gewenst om de subconcepten duidelijk in verband te brengen met de concepten.

Zoals eerder aangegeven wordt de betekenis van een concept mede bepaald door de context. Hierna wordt een voorbeeld gegeven van drie contexten, een leefwereldcontext, een beroepscontext en een wetenschappelijke context, waarin het concept 'soort' wordt gehanteerd.

12 Een goed voorbeeld daarvan wordt gegeven in Lave (1988, p.45 e.v.). De wiskundige kennis die in de supermarkt wordt gehanteerd verschilt van de wiskunde die op school in aangeboden. Bovendien blijkt er geen correlatie te zijn tussen de beheersing van de wiskunde die op school wordt aangeboden en de wiskunde die in de supermarkt wordt gehanteerd. De wiskunde in de supermarkt wordt door bijna iedereen foutloos gehanteerd.

13 Dat verklaart waardoor in veel gevallen kennelijk geen transfer optreedt.

14 Oers, B. van (1998). *From context to contextualizing*. *Learning and Instruction*, 8 (6), 473 – 488. Oers, B. van (2001). *Contextualisation for Abstraction*. *Cognitive Science Quarterly*, 1(3-4), 279-306. Zie ook: Beach, K. (1999). *Consequential Transitions: A sociocultural expedition beyond transfer in education*. *Review of Research in Education*, 24, 101 - 139.

15 Onder een concept wordt een overkoepend begrip (of kernbegrip, sleutelbegrip) verstaan. Afgebeeld in een concept map (begrippen netwerk) is een concept het meest inclusieve, overkoepelende begrip (Novak & Gowin, 1984). Novak, J. & Gowin, B. 1984. *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.

Natuuronderzoek door leden van de Vogelwacht

Type context	leefwereldcontext
Activiteit	vrijwillige vogelaars tellen soorten en aantalen overkomende trekvogels in de herfst, zij leveren daarmee een bijdrage aan landelijke inventarisaties
Type activiteit	onderzoeken
Denk- en werkwijze	beschrijvend en vergelijkend onderzoeken
Biologische kennis	kenmerken van de in Nederland voorkomende vogels, kennis en ervaring met de telwijze van vogels, omgaan met gestandaardiseerde scoringswijzen, enz
Concepten	soort zoals dat in fauna's en vogelgidsen (tegenwoordig gebaseerd op fylogenie) wordt gebruikt en de concepten biodiversiteit en populatie
Instrumenten	vogelgidsen, computerprogramma's, verrekijkers

Plantenveredeling

Type context	beroepscontext
Activiteit	plantenveredelaars kruisen planten en selecteren op gewenste eigenschappen, ze gebruiken technieken om de variatie binnen een soort te kunnen bepalen en om nieuwe hybriden te kweken, ze verkopen zaden en planten die voor de kweker/teler een goede opbrengst garanderen of die resistent zijn tegen plantenziekten
Type activiteiten	onderzoeken, ontwerpen, beheren, verzorgen
Denk- en werkwijze	experimenteel onderzoeken
Biologische kennis	kennis van genetica op cellulair en moleculair niveau kennis van de variatie binnen de soorten
Concepten	soort zoals dat in de plantenveredeling wordt gebruikt, DNA en mutatie
Instrumenten	kassen, analyse-instrumenten, genenbanken

Evolutie onderzoek

Type context	wetenschappelijke context
Activiteit	evolutiebiologen verzamelen kenmerken van organismen om daarmee verwantschappen te herkennen en evolutionaire strategieën te ontdekken, zij leggen hun werk vast in publicaties, maken determinatiesleutels en publiceren de kenmerksets op het internet.
Type activiteiten	onderzoeken
Denk- en werkwijze	evolutionair denken
Biologische kennis	kennis van de variatie binnen populaties, soorten, families etc. kennis van genetica op alle organisatieniveaus, kennis van evolutionaire strategieën.
Concepten	soort in de zin van het biologisch soortsbegrip, natuurlijke selectie, uitsterven, diversiteit, populatie, DNA en mutatie.
Instrumenten	microscopen, DNA/RNA analyseapparatuur, computers voor data-analyse

In de drie voorbeelden wordt het concept 'soort' in de volgende betekenissen gehanteerd:

- Zoals vogelaars het gebruiken voor het visueel onderscheiden van vogels volgens de indeling van de vogelgidsen.
- Zoals taxonomen het gebruiken voor een systematische indeling gebaseerd op het biologisch soortbegrip waarbij het genereren van vruchtbare nakomelingen het criterium is.
- Zoals plantenveredelaars het gebruiken bij het maken van nieuwe rassen die in de volksmond vaak een nieuwe 'soort' genoemd worden.
- Zoals onderzoekers van de evolutie het gebruiken bij het bepalen van verwantschap op basis van bijvoorbeeld DNA.

2.3. Naar doelstellingen voor het biologieonderwijs

Om te beschrijven hoe de CVBO aan de concept-contextbenadering doelstellingen heeft ontleend, wordt nu nader op de hiervoor besproken componenten, contexten, activiteiten en denk- en werkwijzen, concepten en recontextualiseren ingegaan. De bijdrage van de concept-contextbenadering aan het oplossen van de knelpunten wordt geresumeerd. Tot slot wordt aangeven hoe de componenten een plaats hebben gekregen in de examenprogramma's die door OCW worden verlangd als uitkomst van het vernieuwingsproces.

Contexten

Om doelstellingen aan contexten te kunnen ontleen moeten we uiteen kunnen zetten welke contexten voor specifieke groepen leerlingen relevant zijn en waarom. Daarvoor is een onderscheid gemaakt tussen leefwereldcontexten, beroepscontexten en wetenschappelijke contexten¹⁶. Deze drie typen contexten zijn van elkaar te onderscheiden op grond van hun doelen en de functie van (biologische) kennis¹⁷ (zie tabel 2.1).

Tabel 2.1.

Doelen en functie van (biologische) kennis in leefwereldcontexten, beroepscontexten en wetenschappelijke contexten.

	Leefwereldcontexten	Beroepscontexten	Wetenschappelijke contexten
Doelen	a) het vervullen van levensbehoeften van deelnemers b) het in stand houden van de eigen context	a) het vervullen van levensbehoeften van deelnemers b) het in stand houden van de eigen context c) het ontwikkelen van producten en diensten voor deelnemers aan andere contexten	a) het vervullen van levensbehoeften van deelnemers b) het in stand houden van de eigen context c) het ontwikkelen van nieuwe wetenschappelijke of technologische kennis
Kennis gericht op	a) handelen b) verklaren van het handelen	a) handelen b) (wetenschappelijk) verklaren van het handelen	a) handelen b) (wetenschappelijk) verklaren van het handelen c) verklaren en weten

Leefwereldcontexten zijn in sterke mate zelf-referentieel. Dat wil zeggen dat activiteiten sterk gericht zijn op de behoeftebevrediging van de deelnemers en de instandhouding van de context. De kennis die wordt gebruikt is noodzakelijk om adequaat aan de leefwereldcontext te kunnen deelnemen. Ook beroepscontexten en wetenschappelijke contexten zijn zelf-referentieel. Daarnaast hebben die echter een extern gericht doel: de productie van goederen en diensten of van wetenschappelijke of technologische kennis. In beroepscontexten is voor de deelnemers vooral die kennis relevant die nodig is om producten en diensten te kunnen produceren en aan te kunnen bieden. In wetenschappelijke contexten is de kennis het resultaat van ontwikkeling en onderzoek van de deelnemers.

Om aan te geven welke van deze typen contexten voor leerlingen relevant zijn is het gewenst eerst in te gaan op de vraag waarom contexten voor leerlingen (en andere mensen) relevant zijn. Relevant voor leerlingen zijn:

- Contexten waaraan zij deelnemen.
- Contexten waarvoor zij zich op deelname voorbereiden, zoals in beroepsopleidingen.

16 Van Koppen (2002) maakt in navolging van Habermas een onderscheid tussen 'leefwereld' en 'systeem'. Onder systeem verstaat hij dan de wereld van arbeid en wetenschap. Koppen, C.S.A. van (2002). *Echte natuur. Een sociaaltheoretisch onderzoek naar natuurwaardering en natuurbeleving in de moderne samenleving.* Proefschrift Wageningen Universiteit.

17 Boersma, K.Th. (2004). *Slutelbegrippen en handelingspraktijken in het biologieonderwijs van 4 tot 18.* Paper ORD 9 – 11 juni 2004 te Utrecht.

- Contexten waarop zij zich oriënteren bijvoorbeeld uit het oogpunt van keuze van een vervolgopleiding of beroepskeuze.

Alle leerlingen nemen deel aan leefwereldcontexten. Doordat in die leefwereldcontexten hun levensbehoeften worden vervuld, is deelname daaraan een doel op zich. In de bovenbouw van het vmbo, havo en vwo oriënteren leerlingen zich op beroepscontexten en (voor vwo) wetenschappelijke contexten, uit het oogpunt van hun vervolgopleiding. Zij zullen daar over het algemeen echter niet aan deelnemen¹⁸. Zodra het in de bovenbouw vmbo, havo en vwo om beroepscontexten en wetenschappelijke contexten gaat, gaat het dus niet om deelname, maar om een oriëntatie daarop.

Nu is oriëntatie op deelname een te beperkte doelstelling om te rechtvaardigen dat uitgebreid op de in specifieke contexten gehanteerde biologische kennis wordt ingegaan. De kennis die in die contexten wordt gebruikt, kan voor leerlingen alleen voldoende betekenis hebben als die relevant is in meerdere contexten waarop zij zich oriënteren.

De voor leerlingen geselecteerde typen contexten zijn beschreven in par. 4.1. De contexten zijn uitgewerkt in par. 4.2 t/m 4.4 en gedefinieerd in bijlagen 2 t/m 4.

Activiteiten en denk- en werkwijzen

Voor activiteiten (en denk- en werkwijzen) geldt dezelfde redenering als voor contexten. Als het gaat om activiteiten die in leefwereldcontexten worden uitgevoerd, gaat het om activiteiten waaraan leerlingen deelnemen, of waarop zij zich (omdat ze nog jong zijn) op deelname voorbereiden. Als het gaat om activiteiten die in beroeps- en wetenschappelijke contexten worden uitgevoerd ligt dat uiteraard anders. In dat geval heeft het leren uitvoeren van contextspecifieke activiteiten weinig zin. De combinatie van een specifieke reeks handelingen (denk- en werkwijze) met een specifiek object is dan alleen relevant uit het oogpunt van oriëntatie. Wat wel betekenis heeft voor leerlingen is dat zij typen activiteiten of denk- en werkwijzen herkennen, waarbij het object en de wijze van uitvoering per context kan verschillen. De CVBO heeft om die reden een aantal typen activiteiten geselecteerd waarin tot uitdrukking komt op welke karakteristieke wijzen in contexten met de biologische objecten en verschijnselen wordt omgegaan. Daarnaast zijn ook denk- en werkwijzen geselecteerd. In par. 5.2 zijn de geselecteerde typen activiteiten en in par. 5.3 de geselecteerde denk- en werkwijzen beschreven.

Concepten

In leefwereldcontexten zijn concepten voor leerlingen van belang omdat zij de (biologische) kennis die daarin wordt gebruikt structureren. In beroepscontexten

¹⁸ Behalve natuurlijk aan beroepspraktijken waaraan zij deelnemen om wat bij te verdienen.

en wetenschappelijke contexten zijn concepten van belang als zij de (biologische) kennis structureren in meerdere contexten waar leerlingen zich op oriënteren. Dat betekent dat de concepten die leerlingen in de bovenbouw vmbo, havo en vwo krijgen aangeboden in meerdere leefwereld en/of beroepscontexten (en/of wetenschappelijke contexten voor vwo) relevant moeten zijn.

Om concepten te kunnen selecteren is een systeemmatrix ontworpen. De systeemmatrix geeft verticaal de verschillende organisatieniveaus weer die in de biologie worden gehanteerd, en horizontaal de volgende systeemconcepten (zie tabel 2.2):

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

Tabel 2.2.

Matrix voor de relatie tussen systeemconcepten en organisatieniveaus

Organisatieniveaus	Systeemconcepten				
	Biologische eenheid	Zelfregulatie en zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul					
Cel					
Orgaansysteem					
Organisme					
Populatie					
Ecosysteem					
Biosfeer					

De systeemmatrix brengt structuur in biologische kennis doordat alle biologische kennis in de matrix kan worden ondergebracht. De CVBO heeft de matrix gebruikt om concepten te selecteren. De systeemconcepten zelf zijn zo abstract dat ze voor de meeste leerlingen niet bruikbaar zijn. Concepten moeten bovendien niet teveel omvattend zijn, omdat zij anders te weinig structuur aanbrengen. Om die reden zijn concepten gekozen die enerzijds voldoende omvatten en anderzijds ook voldoende afbakenen. De concepten die gekozen zijn voldoen, binnen de randvoorwaarde dat het aantal concepten zo beperkt mogelijk moet zijn, aan de volgende criteria:

- De concepten representeren gezamenlijk de breedte van de levenswetenschappen.
- De concepten moeten verbonden kunnen worden met recente ontwikkelingen in de biologie.

- De concepten structureren biologische kennis in voor leerlingen relevante contexten.
- De concepten zijn leerbaar voor betreffende groepen leerlingen.

Concepten die aan deze criteria voldoen hebben naar verwachting een lange levensduur. Dat betekent dat bij selectie van concepten gebruik kon worden gemaakt van bestaande bronnen¹⁹. De definitieve lijst concepten is na veel interne discussie en verwerking van commentaren tot stand gekomen. De concepten die per segment van de onderwijskolom zijn geselecteerd worden gepresenteerd in hoofdstuk 3; alle matrices zijn opgenomen als bijlage 1.

Recontextualiseren

Als leerlingen concepten in meerdere contexten moeten kunnen gebruiken is het onvermijdelijk dat zij een eenmaal ontwikkeld concept moeten leren recontextualiseren in andere contexten waarbinnen dat concept biologische kennis structureert. Zij moeten met andere woorden concepten wendbaar leren gebruiken.

Bijdrage aan de oplossing van de knelpunten in het biologieonderwijs

In hoeverre draagt de concept-contextbenadering nu bij aan het terugbrengen van de overladenheid, het vergroten van de relevantie en het vergroten van de samenhang?

Het sterke punt is dat de concept-contextbenadering kan worden uitgewerkt tot een selectie van doelstellingen die voor specifieke groepen leerlingen relevant zijn²⁰. Kernpunt daarbij is dat het moet gaan om contexten waar zij aan deelnemen (leefwereldcontexten) of zich op oriënteren (beroepscontexten en wetenschappelijke contexten).

De concept-contextbenadering garandeert samenhang tussen concepten en contexten en gebruik van concepten in meerdere contexten. Samenhang tussen verschillende concepten (binnen een of meer contexten) en tussen contexten kan op het niveau van doelstellingen niet worden gegarandeerd. De condities worden echter gegeven om dat in syllabi en lesmateriaal uit te werken. Dat geldt ook voor samenhang met concepten of contexten die in andere bètavakken worden gebruikt.

De concept-contextbenadering tracht de inhoud in te perken tot een beperkt aantal concepten. Deze concepten dekken gezamenlijk nog steeds de volledige breedte van de biologie. Daarmee kan niet worden gegarandeerd dat overladenheid niet meer zal voorkomen, omdat dat sterk afhangt van de mate van detaillering van de concepten in de syllabi en de daarop gebaseerde leermiddelen.

¹⁹ Gebruik is onder meer gemaakt van de huidige examenprogramma's en schoolboeken. De gemaakte keuzen zijn vergeleken met de concepten die in het handboek van Campbell & Reece (2005) zijn onderscheiden Campbell, N.A. & Reece, J.B.(2005). *Biology*. San Francisco: Pearson, Benjamin Cummings.

²⁰ Een meta-analyse van context-based science education en Science Technology Society (STE) Education (Bennett et al., 2006) laat zien dat dit onderwijs er toe leidt dat leerlingen in vergelijking met traditioneel science onderwijs een meer positieve attitude ten opzichte van science ontwikkelen en dat de verschillen in attitudes tussen jongens en meisjes minder groot zijn. Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2006). *Bringing science to life: a synthesis of the effects of context-based and STS approaches to science teaching*. *Science Education*, 91(3), 347-369.

Naar onderwijsdoelstellingen

Om zo dicht mogelijk bij de in deze leerlijn uitgewerkte concept-contextbenadering te blijven is het gewenst dat de verschillende componenten van de concept-contextbenadering in onderwijsdoelstellingen worden vastgelegd.

Enerzijds in doelstellingendocumenten die door OCW worden vastgesteld, zoals examenprogramma's, syllabi en kerndoelen. Anderzijds in handreikingen en lesmateriaal. In de eindrapportage zal de CVBO aanbevelingen doen voor de onderbouw en andere onderwijssectoren waar biologie of natuuronderwijs wordt aangeboden.

Voor examenprogramma's voor havo en vwo moet volgens voorschrift van OCW een onderscheid worden gemaakt tussen een A-deel met vaardigheden en een B-deel met inhoudspecifieke eindtermen. Om afstemming met andere vakken te bevorderen heeft ook de CVBO deze indeling aangehouden en zijn activiteiten en denk- en werkwijzen van de concept-contextbenadering niet als zodanig benoemd maar als vaardigheden. Samen met de vernieuwingscommissies voor de andere bètavakken is een gezamenlijke lijst vaardigheden opgesteld. Daarbij is een onderscheid gemaakt tussen algemene vaardigheden, wiskundige en natuurwetenschappelijke vaardigheden en biologische vakvaardigheden. Deze examenprogramma's zijn als bijlage 5 opgenomen.

In tabel 2.3 is aangegeven hoe de componenten van de concept-contextbenadering in de concept-examenprogramma's zijn verankerd. Subconcepten en nadere uitwerkingen van mogelijke contexten zijn verankerd in syllabi en handreikingen, gemaakt door respectievelijk de CEVO en SLO en de daarbij door de CVBO aangedragen context inspiratielijsten en subconcepten mindmaps. Voorbeeldlesmateriaal uit de CVBO experimenteerscholen zal worden toegevoegd aan het eindverslag van de CVBO en daardoor richting geven aan het gebruik van de concept-contextbenadering bij de ontwikkeling van lesmateriaal.

Tabel 2.3.

Verankering van de componenten van de concept-contextbenadering in het A- en B-deel van de examenprogramma's havo en vwo.

Componenten concept-contextbenadering	Eindtermen in concept-examenprogramma's	
Contexten	B-deel	Type context is bij ieder concept vermeld
Activiteiten	A-deel	Als vaardigheden
Denk-en werkwijzen	A-deel	Als vaardigheden
Concepten	B-deel	Met vermelding systeemconcept en type context
Recontextualiseren	B-deel	Vermelding van typen contexten waarin het concept moet kunnen worden gehanteerd

De concept-contextbenadering wordt in de volgende hoofdstukken uitgewerkt tot een leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar. Daarbij wordt aangegeven welke concepten, contexten en activiteiten en denk- en werkwijzen worden onderscheiden en welke daarvan relevant zijn voor leerlingen in de verschillende sectoren van de onderwijkskolom.

3. Uitwerking van concepten

In dit hoofdstuk wordt beschreven aan welke criteria de gekozen concepten voldoen (par. 3.1) en welke concepten binnen de in par. 2.3 beschreven matrix voor de verschillende sectoren van de onderwijkskolom zijn gekozen (par. 3.2 t/m 3.7). Het volledig overzicht van matrices met concepten is opgenomen in bijlage 1 (uitklapbaar naast deze tekst).

3.1. Keuze van concepten

De concepten die binnen de matrix met systeemconcepten (tabel 2.2) zijn gekozen voldoen aan de volgende eisen:

- De concepten geven gezamenlijk de breedte van de biologie (levenswetenschappen) weer en de betekenis van de biologie in de samenleving in het eerste decennium van de 21^e eeuw.
- De concepten structureren in voldoende mate de biologische kennis die in voor leerlingen relevante contexten wordt gebruikt.
- De concepten zijn leerbaar voor één of meer specifieke groepen leerlingen, mede doordat ze op een voor hen passend abstractieniveau gehanteerd kunnen worden.
- De concepten zijn niet te globaal en te specifiek

Bij de keuze van concepten zijn de volgende regels en overwegingen gehanteerd:

- Concepten zijn opgenomen die verwijzen naar biologische objecten, structuren en processen.
- Namen van vakgebieden (bijv. populatiedynamica) zijn niet opgenomen.
- Indien sprake is van een eenduidige hiërarchie, zijn de ondergeschikte concepten zoveel mogelijk weggelaten. Om die reden is gekozen voor:
 - het concept metabolisme, alhoewel onderliggende begrippen als assimilatie, (an)aërobe dissimilatie en fotosynthese bij uitwerking gebruikt zullen worden;
 - het concept celcyclus, in plaats van de ondergeschikte begrippen mitose en meiose;
 - het concept regulatie, in plaats van de ondergeschikte begrippen hormonale regulatie, nerveuze regulatie en osmoregulatie.
- Op organismaal niveau wordt voor de bovenbouw havo en vwo de indeling in domeinen volgens Campbell²¹ gehanteerd: Prokaryoot (bacterie, archaee) en Eukaryoot (plant, schimmel en dier, inclusief de mens). Voor de onderbouw havo en vwo kan volstaan worden met bacterie, schimmel, plant en dier. Virus is vanzelfsprekend een concept dat een bijzondere plaats inneemt.
- Aandacht is geschonken aan de rol van de biologie bij vraagstukken als

duurzame ontwikkeling. Om die reden is de biosfeer als organisatieniveau aan de matrix toegevoegd.

Bij de keuze van concepten is nagegaan welke contexten in een bepaald deel van de leerlijn relevant zijn (zie volgend hoofdstuk) en welke biologische kennis daarin wordt gebruikt. De samenhang tussen biologische concepten en contexten is een belangrijk criterium bij het maken van keuzen in de leerlijn. Als een biologische inhoud slechts in een zeer beperkte context, bijvoorbeeld een zeer kleine onderzoeksgroep, aan de orde is, dan is dat concept laag geprioriteerd in het keuzeprocess.

3.2. Basisonderwijs

In het basisonderwijs wordt, rekening houdend met de kerndoelen voor het domein natuur en techniek, bij natuuronderwijs aandacht besteed aan biologie. Gedurende de acht jaren basisonderwijs kunnen de leerlingen volgens de CVBO de in bijlage 1 genoemde concepten leren hanteren. Deze concepten komen voor in de leef-wereld van leerlingen. Een aantal meer expliciet dan anderen. In de onderbouw kan aandacht worden besteed aan de concrete concepten, terwijl in de hogere groepen van het basisonderwijs concepten met een hoger abstractieniveau aan de orde kunnen komen.

De CVBO heeft gekozen voor het zoveel mogelijk uitwerken van het organismeniveau en een daaraan gekoppelde beperkte uitwerking van het orgaan-systeemniveau. Deze concepten komen in contexten als 'het gezin' rond voeding, gezondheid en bijvoorbeeld het verzorgen van dieren en planten vaak aan de orde. In de context 'sportvereniging' wordt het orgaan-systeemniveau veelvuldig gebruikt. De meer abstracte concepten op cel- en molecuulniveau zijn niet opgenomen. In testsituaties in groep 8 blijkt dat het behandelen van deze niveaus snel leidt tot misconceptie. DNA is voor basisschoolleerlingen een bekende term, maar wordt vaak gekoppeld aan streepjescodes en niet aan echte biologische inhoud²¹. Er wordt wel aandacht geschonken aan een beperkt aantal concepten op hogere organisatieniveaus samenhangend met ecosystemen en biosfeer. De daarin voorkomende relaties blijken wel hanteerbaar en zijn van belang omdat deze steeds meer in de leefwereld, bijvoorbeeld door de media, onder de aandacht worden gebracht.

3.3. Onderbouw vmbo

In het vmbo wordt onderscheid gemaakt tussen de basisberoepsgerichte, kaderberoepsgerichte, gemengde en theoretische leerweg. In de onderbouw van het vmbo kunnen volgens de CVBO echter toch dezelfde concepten aan alle leerwegen worden aangeboden. In de onderbouw vmbo kunnen de leerlingen volgens de CVBO de in bijlage 1 genoemde concepten leren hanteren. De CVBO gaat er van

²¹ Campbell, N. A. & Reece, J. B. (2005). *Biology*. San Francisco: Pearson, Benjamin Cummings.

²² In 2003 heeft het NIBI in opdracht van het Regieorgaan Genomics lesmateriaal over DNA ontwikkeld en getest op basisscholen.

De evaluatie leverde het genoemde resultaat. Lesmateriaal is bewerkt voor vmbo en blijkt daar succesvol.

uit dat de in het basisonderwijs aangeboden concepten verder worden uitgewerkt, waar mogelijk in samenhang met de nieuwe concepten.

De CVBO heeft bij de keuze van de nieuw aan te bieden concepten gezocht naar gemeenschappelijke gewenste biologische voorkennis in de vier stromingen van de bovenbouw. Onder andere om die reden wordt het celniveau opgenomen. Cel en celdeling kunnen in samenhang met de nieuwe concepten op organismeniveau bacterie en schimmel worden aangeboden. De genoemde concepten staan in leefwereldcontexten van de leerling duidelijk in verband met concepten voeding en gezondheid. De concepten kunnen later in de sectoren zorg en welzijn en landbouw verder worden ontwikkeld. Ook voor de concepten transport en homeostase geldt dat deze verband houden met voeding en gezondheid. Het concept hormoonhuishouding, dat op z'n minst in leefwereldcontexten van alle leerlingen in de onderbouw en bovenbouw aan de orde is, wordt ook in de onderbouw geïntroduceerd. Op het populatieniveau zijn de concepten populatie en genetische variatie opgenomen. De CVBO heeft hiervoor gekozen om een voorbereiding te geven op het uitwerken van het concept natuurlijke selectie in de bovenbouw. Op het ecosysteemniveau is het concept kringloop toegevoegd. De verwachting is dat het concept duurzame ontwikkeling meer betekenis kan krijgen wanneer het in samenhang met kringloop wordt uitgewerkt.

3.4. Bovenbouw vmbo

In de bovenbouw worden in de vier verschillende leerwegen verschillende programma's aangeboden. De verschillen in de leerwegen komen tot uitdrukking in de concepten die een leerling binnen een bepaalde leerweg moet kunnen hanteren.

De gemengde leerweg is, net als de theoretische leerweg, vooral algemeen vormend. Het beroepsgerichte deel van de gemengde leerweg is minder omvangrijk dan bij de beroepsgerichte leerwegen. Het is voor een leerling van zowel de gemengde als de theoretische leerweg mogelijk om door te stromen naar een middenkaderopleiding in het mbo. Ook is het mogelijk om door te stromen naar havo. De concepten die gelden voor de gemengde leerweg, kunnen volgens de CVBO gelijk zijn aan die van de theoretische leerweg. Beide leerwegen bevatten minimaal alle concepten die ook in de onderbouw havo aan de orde zijn geweest, zodat de doorstroom naar havo mogelijk is.

Vanaf het derde jaar hebben leerlingen gekozen voor een specifieke sector. Binnen de basisberoepsgerichte en kaderberoepsgerichte leerwegen wordt onderscheid gemaakt tussen de sectoren 'landbouw' en 'zorg en welzijn'. In deze sectoren vormt biologie onderdeel van het sectordeel. Voor de beroepscontexten in de sector 'landbouw' zijn andere concepten relevant dan voor die van de sector 'zorg en welzijn'. Voor beide sectoren is daarom een aparte matrix gemaakt.

Bovenbouw vmbo basisberoepsgerichte en kaderberoepsgerichte leerweg sector 'landbouw'

In de bovenbouw vmbo 'landbouw' kunnen de leerlingen van de basis-beroepsgerichte en de kaderberoepsgerichte leerweg volgens de CVBO de in bijlage 1 genoemde concepten leren hanteren. De concepten die in de onderbouw vmbo

zijn geïntroduceerd, kunnen opnieuw worden aangeboden, waar mogelijk in samenhang met de nieuwe concepten.

Bij de keuze voor nieuwe concepten heeft de CVBO zich laten leiden door de biologische kennis die in beroepscontexten in de sector landbouw is vereist. Op molecuulniveau wordt DNA geïntroduceerd als biologische eenheid en drager van erfelijke eigenschappen. Het is hier nadrukkelijk niet de bedoeling om een diepgaande moleculaire uitwerking aan te bieden. Op orgaansysteemniveau worden instandhouding en groei, uitscheiding en afweer toegevoegd. In de contexten van bijvoorbeeld plantenteelt en veehouderij maar ook in andere contexten zoals die verderop worden uitgewerkt, worden deze concepten veel gebruikt. Op organismeniveau is gekozen voor het uitwerken van het concept virus in samenhang met afweer. In de genoemde beroepscontexten wordt immers veel gewerkt aan de verbetering van afweer en het voorkomen van ziekten en plagen. Bij contexten waar het verzorgen en beheren van dieren centraal staat, is gedrag op populatieniveau een onmisbaar concept. In bos- en natuurbeheercontexten maar ook het voor het beheren van parken en tuinen is begripvorming over evenwichten en dynamiek van ecosystemen voor deze opleiding van belang. Het concept fotosynthese kan hiermee samenhangend worden aangeboden. Voor de kaderberoepsgerichte leerweg is op populatieniveau regulatie toegevoegd. In beroepscontexten komt regulatie naast goede verzorging namelijk prominent aan de orde. Regulatie kan daarbij slaan op het beheren van moderne kassystemen en het exploiteren van complexe veehouderijsystemen, maar ook op het beheren van variatie in populaties door veredeling of fokkerij. Voor de kaderberoepsgerichte leerweg is op populatieniveau ook natuurlijke selectie toegevoegd. Begrip van natuurlijke selectie in beroepscontexten rond veredeling en fokkerij, maar ook in natuurbeheer is volgens de CVBO essentieel.

Bovenbouw vmbo basisberoepsgerichte en kaderberoepsgerichte leerweg sector 'zorg en welzijn'

In de bovenbouw vmbo 'zorg en welzijn' kunnen leerlingen van de basisberoepsgerichte en kaderberoepsgerichte leerwegen volgens de CVBO de in bijlage 1 genoemde concepten leren hanteren. De concepten die in de onderbouw vmbo zijn geïntroduceerd, kunnen opnieuw worden aangeboden, waar mogelijk in samenhang met de nieuwe concepten.

Bij de keuze voor nieuwe concepten heeft de CVBO zich laten leiden door de biologische kennis die in beroepscontexten in de sector zorg en welzijn is vereist. Op molecuulniveau wordt DNA geïntroduceerd als biologische eenheid en drager van erfelijke eigenschappen. Het is hier nadrukkelijk niet de bedoeling om een diepgaande moleculaire uitwerking aan te bieden. Op celniveau wordt metabolisme toegevoegd. In de beroepscontexten verzorging en voeding wordt kennis van de werking van cellen, onder andere bij stofwisselingsziekten, gebruikt. Op orgaansysteemniveau is gekozen voor het toevoegen van instandhouding en groei, uitscheiding, afweer, bewegen en zenuwstelsel. De CVBO gaat er daarbij vanuit dat deze concepten overwegend in contexten van functioneren en

gezondheid van mensen zullen worden aangeboden. Op organismeniveau is gekozen voor het uitwerken van het concept virus in samenhang met afweer. In contexten van zorg en welzijn wordt immers veel gewerkt aan het voorkomen van ziekten vooral bij de mens bijvoorbeeld door het verbeteren van de afweer, maar ook door vaccinatie en hygiëne. De CVBO beveelt aan om het eerder aangeboden concept gedrag verder uit te werken in contexten waarin menselijk gedrag aan de orde is. Natuurlijk selectie is vooral terug te vinden in contexten rond erfelijkheid. Daar wordt bijvoorbeeld in de voorlichting gewerkt met een elementair begrip van evolutionaire processen; het concept is daarom toegevoegd.

Bovenbouw vmbo gemengde en theoretische leerweg

In de bovenbouw vmbo kunnen de leerlingen van de gemengde en theoretische leerweg volgens de CVBO in bijlage 1 genoemde concepten leren hanteren. De concepten die in de onderbouw vmbo zijn geïntroduceerd kunnen opnieuw worden aangeboden, waar mogelijk in samenhang met de nieuwe concepten.

Omdat beide leerwegen een algemeen vormend karakter hebben is gekozen voor concepten die voorkomen in de leefwereld maar ook voor concepten die voorkomen in beroepscontexten waarvoor een mbo-opleiding is vereist. Daarnaast is de doorstroming naar het havo mogelijk gemaakt door de concepten van de bovenbouw van de theoretische en gemengde leerweg minimaal overeen te laten komen met de concepten van onderbouw havo/vwo.

De concepten van de gemengde en theoretische leerweg zijn voor een belangrijk deel gekozen op basis van beroepscontexten waarvan is gebleken dat leerlingen daar voornamelijk in doorstromen (mbo). ‘Verpleging en verzorging’ en ‘Sport en beweging’ blijken erg populair bij leerlingen. In hoofdstuk 4 wordt de keuze van leefwereld- en beroepscontexten verhelderd.

Door sterke overeenkomsten van de beroepscontexten van de kader- en basisberoepsgerichte leerwegen en de gemengde en theoretische leerwegen, komen ook de overwegingen van de keuzen van concepten voor een deel overeen. De CVBO adviseert echter om waar wenselijk en mogelijk ook leefwereldcontexten te gebruiken in het onderwijs.

Op molecuulniveau wordt DNA geïntroduceerd als biologische eenheid en drager van erfelijke eigenschappen. Op celniveau wordt metabolisme toegevoegd en celdeling vervangen door celcyclus. Dit voornamelijk om het cellulaire begrip zodanig te laten zijn dat doorstroom naar de bovenbouw havo mogelijk is. Op celniveau wordt metabolisme toegevoegd. In de beroepscontexten van verpleging en verzorging wordt kennis van de werking van cellen, onder andere bij stofwisselingsziekten, gebruikt. Op orgaansysteemniveau is gekozen voor het toevoegen van instandhouding en groei, uitscheiding, afweer, bewegen en zenuwstelsel. De CVBO gaat er daarbij vanuit dat deze concepten overwegend in contexten van functioneren en gezondheid van mensen zullen worden aangeboden. Op organismeniveau is gekozen voor het uitwerken van het concept virus in samenhang met afweer. In de contexten van verpleging en verzorging wordt immers veel gewerkt aan het voorkomen van ziekten vooral bij de mens

bijvoorbeeld door het verbeteren van de afweer, maar ook door vaccinatie en hygiëne. De CVBO beveelt aan om het eerder aangeboden concept gedrag verder uit te werken in contexten waarin gedrag van mens en dier aan de orde is.

In bos- en natuurbeheercontexten maar ook het voor het beheren van parken en tuinen is begripsvorming over evenwichten en dynamiek van ecosystemen voor deze opleiding van belang. Het concept fotosynthese kan hiermee samenhangend worden aangeboden.

Om de doorstroming naar havo mogelijk te maken, kiest de CVBO ervoor om natuurlijke selectie naast genetische variatie als concept te introduceren. In het havo worden deze concepten in samenhang met soortvorming verder uitgewerkt.

3.5. Onderbouw havo/vwo

In de onderbouw havo/vwo kunnen leerlingen volgens de CVBO de in bijlage 1 genoemde concepten leren hanteren. De concepten die in het basisonderwijs zijn geïntroduceerd kunnen opnieuw worden aangeboden, waar mogelijk in samenhang met de nieuwe concepten.

Omdat de onderbouw voor havo/vwo een algemeen vormend karakter heeft, is gekozen voor concepten die voorkomen in de leefwereld maar ook voor concepten die verder worden uitgewerkt aan de hand van hbo beroepscontexten in de bovenbouw havo en wetenschappelijke contexten in de bovenbouw vwo.

Op molecuulniveau wordt DNA geïntroduceerd als biologische eenheid en drager van erfelijke eigenschappen. Elementaire kennis van DNA is zo voor alle leerlingen gegarandeerd. Het celniveau wordt geïntroduceerd met de concepten cel, metabolisme en celcyclus. In veel leefwereldcontexten die te maken hebben met gezondheid en voeding komt begrip van de celbiologie naar voren. Op orgaansysteemniveau worden instandhouding en groei, uitscheiding, transport, afweer en bewegen toegevoegd. Ook bij deze concepten geldt dat ze in contexten rond gezondheid en voeding veelvuldig worden gebruikt. Op organismeniveau wordt fotosynthese toegevoegd om begrip te krijgen van omzettingen van energie in plantaardige systemen. Dat begrip is noodzakelijk in contexten waar voeding, gezondheid en bijvoorbeeld dieetiek een rol spelen, maar ook bij alle plantaardige productieprocessen. De introductie bereid ook voor op het kunnen begrijpen van energiestromen in natuurlijke systemen. Virus en afweer, schimmels en bacteriën worden geïntroduceerd omdat ze een rol spelen in persoonlijke verzorgingscontexten, maar ook in de zorg- voedselbereiding en hygiëne contexten. Ook in veel HBO en WO contexten zijn deze concepten van groot belang. Een eerste oriëntatie in de onderbouw is daarom gewenst. Populatie, genetische variatie en natuurlijke selectie zijn toegevoegd omdat in veel contexten impliciet wordt uitgegaan van elementair begrip van evolutie. Op ecosysteemniveau worden evenwicht en kringloop toegevoegd. Begrip hiervan is noodzakelijk om in leefwereldcontexten tot weloverwogen besluiten te kunnen komen op gebied van duurzaamheid. De CVBO heeft zich bij de keuze ook laten leiden door de gedachte dat de onderbouw havo vwo voor de helft van de leerlingen eindonderwijs biologie is. Met de gekozen concepten wordt

een beperkt maar zo representatief mogelijk beeld gegeven van de biologie, als voorbereiding voor deelname aan contexten waar biologische kennis essentieel is om tot weloverwogen besluiten (persoonlijk en politiek) te komen.

3.6. Bovenbouw havo

In de bovenbouw havo kunnen leerlingen volgens de CVBO de in bijlage 1 genoemde concepten leren hanteren. De concepten die in de onderbouw havo/vwo zijn geïntroduceerd kunnen opnieuw worden aangeboden, waar mogelijk in samenhang met de nieuwe concepten.

De bovenbouw havo heeft een algemeen vormend karakter, maar bereidt ook voor op het Hoger Beroeps Onderwijs. De CVBO heeft hiermee bij de keuze van concepten rekening gehouden door vooral concepten toe te voegen die in de beroepspraktijk van HBO-ers aan de orde zijn. Op het molecuulniveau zijn nu naast DNA ook genexpressie, DNA replicatie, mutatie en recombinatie opgenomen. In de beroepspraktijk van het laboratoriumonderzoek, het forensisch onderzoek, de veredeling en fokkerij maar ook in het medisch circuit zijn deze concepten van steeds groter belang. Op celniveau is gekozen voor het toevoegen van transport en celdifferentiatie. Kortom voor inzicht in de werking van de cel. Het begrip van het celniveau vindt de CVBO een onmisbare schakel tussen het molecuulniveau en de hogere organisatieniveaus. Wellicht wordt in de beroepspraktijk veelal alleen gesproken over DNA, het begrip van de werking van DNA kan pas worden opgebouwd als de intracellulaire processen duidelijk zijn. Celdifferentiatie wordt in het havo toegevoegd in verband het toenemend aantal beroepspraktijken waar stamcelbiologie aan de orde is. Denk daarbij onder andere aan toepassingen van stamcellen in de medische beroepspraktijk, begrip is dus gewenst. In veel HBO beroepscontexten wordt gewerkt met vermeerdering van cellen in celcultures of binnen het organisme. Kennis van zowel de mitose als de meiose is daarbij essentieel. Op het organismeniveau worden concepten uit de onderbouw vervangen door prokaryoot, eukaryoot en virus. De CVBO heeft hiervoor gekozen om de havo leerling een beeld te geven van overeenkomsten en verschillen in de biodiversiteit. Deze abstractere vorm van benaderen is nu mogelijk doordat de concepten op molecuul- en celniveau nu verder zijn uitgewerkt dan in de onderbouw. Op het ecosysteemniveau zijn de concepten dynamiek en voedselrelaties toegevoegd. In beroepspraktijken van natuurbeheer, milieueffectonderzoek, landschapsinrichting, maar ook in voedselproductie en ontsmetting wordt gewerkt met begrip van de dynamiek van systemen.

3.7. Bovenbouw vwo

In de bovenbouw vwo kunnen leerlingen volgens de CVBO de in bijlage 1 genoemde concepten leren hanteren. De concepten die in de onderbouw havo/vwo zijn geïntroduceerd kunnen opnieuw worden aangeboden, waar mogelijk in samenhang met de nieuwe concepten.

De bovenbouw vwo bereidt voor op het Wetenschappelijk Onderwijs (WO), omdat leerlingen uitstromen naar allerlei studies is biologie in de bovenbouw

vwo voor een aantal toekomstig academici het laatste onderwijs in de biologie. Naast voorbereiding op een studie in de biowetenschappen mag het onderwijs volgens de CVBO daarom ook gericht zijn op gedegen algemene vorming van deze groep leerlingen. Dit zeker gezien het feit dat ze in alle onderdelen van de samenleving te maken krijgen met beslissingen die nauw verbonden zijn met biologische kennis.

Op het molecuulniveau zijn naast DNA ook genexpressie, DNA replicatie, mutatie en recombinatie opgenomen. In de wetenschappelijke praktijk is begrip van het molecuulniveau essentieel in een groot aantal onderzoeksterreinen. Naast het specifieke onderzoek gericht op de werking van het molecuulniveau, maakt een groot deel van de biowetenschappen gebruik van technieken die gebaseerd zijn op moleculaire processen. Dit geldt ook voor de medische praktijk en het medisch onderzoek. Ook andere beroepsbeoefenaren zoals juristen moeten volgens de CVBO kennis maken met de mogelijkheden en beperkingen van biowetenschappelijke methoden.

Op celniveau is gekozen voor het toevoegen van transport, celdifferentiatie, celcommunicatie en celdood. Kortom voor inzicht in de werking van de cel. Het begrip van het celniveau vindt de CVBO een onmisbare schakel tussen het molecuulniveau en de hogere organisatieniveaus. In alle biowetenschappen is het begrip van de groei van cellen, de communicatie van cellen, transport in cellen, de differentiatie en de (geprogrammeerde) celdood onderwerp van studie. Specifiek is veel celbiologisch onderzoek gericht op het ontdekken van de beïnvloedende factoren van cellulaire processen. Medisch gaat het daarbij om bijvoorbeeld kankeronderzoek en onderzoek naar veroudering. Bij voedselproductie wordt onderzoek gedaan aan bijvoorbeeld optimalisatie van productiesystemen en vermeerdering via cellijnen. Op het organismeniveau worden concepten uit de onderbouw vervangen door prokaryoot, eukaryoot en virus. De CVBO heeft hiervoor gekozen om de vwo leerling een introductie te geven van de systematische biologie die tegenwoordig sterk verweven is met evolutiebiologie en onderzoek aan biodiversiteit. Deze abstractere vorm van benaderen is mogelijk doordat de concepten op molecuul- en celniveau nu verder zijn uitgewerkt dan in de onderbouw. Op populatieniveau is soortvorming toegevoegd. De CVBO vindt het van belang dat het systeemconcept evolutie grondig wordt uitgewerkt uitgaande van populaties met genetische variatie, natuurlijke selectie en de vorming van soorten. In vrijwel alle wetenschappelijke contexten is dit evolutionair denken onmisbaar. Op het ecosysteemniveau zijn de concepten dynamiek en voedselrelaties toegevoegd. In het wetenschappelijk onderzoek komt steeds duidelijker naar voren dat er multipale stabiele fasen zijn in ecosystemen. De dynamiek en de mogelijkheid van het beïnvloeden van die dynamiek is ook onderwerp van wetenschappelijk onderzoek. Ook de dynamiek samenhangend met klimaat wordt volop onderzocht.

Op biosfeerniveau is het concept ontstaan van het leven toegevoegd. Door koppeling met natuurkundige concepten en chemische concepten is het mogelijk daar diepgaand op in te gaan bijvoorbeeld gebruikmakend van de wetenschappelijke context van de exobiologie.

4. Uitwerking van contexten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag welke typen contexten relevant zijn voor leerlingen in de verschillende segmenten van de onderwijsskolom (par. 4.1). Daarna worden de leefwereldcontexten (par. 4.2), beroepscontexten (par. 4.3) en wetenschappelijke contexten (par. 4.4) genoemd die voor leerlingen in de verschillende segmenten relevant zijn. Een nadere beschrijving van de beroepscontexten en wetenschappelijke contexten wordt gegeven in de bijlagen 2 t/m 4.

4.1. Keuze van contexten

In par. 2.3 is een onderscheid gemaakt tussen leefwereldcontexten, beroepscontexten en wetenschappelijke contexten. Daar is ook beargumenteerd dat leefwereldcontexten relevant zijn voor alle leerlingen en dat beroepscontexten (en wetenschappelijke contexten) relevant zijn voor leerlingen in de bovenbouw vmbo, havo en vwo.

Ten aanzien van beroepscontexten en wetenschappelijke contexten is een verdere verdeling gemaakt²³. Beroepscontexten zijn onderverdeeld in **technologische contexten** en **toepassingscontexten**. In technologische contexten wordt op basis van wetenschappelijke kennis technologie ontwikkeld die ten dienste wordt gesteld van gebruikers. In toepassingscontexten worden ontwikkelde technologie en wetenschappelijke kennis benut bij productie of het verlenen van diensten. Een representatieve selectie van beroepscontexten is opgenomen in par. 4.4.

Wetenschappelijke contexten zijn onderverdeeld in **fundamenteel wetenschappelijke contexten**, waarin wetenschappelijk onderzoek wordt uitgevoerd dat zich primair richt op de ontwikkeling van nieuwe op verklaring gerichte natuurwetenschappelijke kennis, en **toegepast wetenschappelijke contexten** waarin wetenschappelijk onderzoek wordt uitgevoerd dat zich primair richt op aanpak van maatschappelijke problemen, op basis van beschikbare wetenschappelijke kennis. Voor wetenschappelijke contexten is in par. 4.5 een lijst met contexten samengesteld waarin het huidige biologische onderzoek plaatsvindt. In tabel 4.1 is aangegeven welke van deze typen contexten relevant zijn voor leerlingen in de verschillende segmenten van de onderwijsskolom.

Uitgangspunt van de CVBO is dat leerlingen alle concepten die voor hen zijn aangegeven kunnen hanteren in de in tabel 4.1 aangegeven typen contexten. De specifieke keuze van contexten binnen de typen contexten wordt overgelaten aan scholen en leraren.

23 De indeling is mede gebaseerd het volgende advies van de KNAW: KNAW (1997). *Biologie: het leven centraal. Eindrapport van de Verkenningcommissie Biologie*. Amsterdam: KNAW.

Tabel 4.1.

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

	Basis-onderwijs	Onderbouw Vmbo	Onderbouw Havo/vwo	Bovenbouw Vmbo	Bovenbouw Havo	Bovenbouw Vwo
Leefwereldcontexten	X	X	X	X	X	X
Beroepscontexten ● toepassingscontexten ● technologische contexten	0	0 0	0 0	X x	X X	x X
Wetenschappelijke Contexten ● toegepast wetenschappelijke contexten ● fundamenteel wetenschappelijke contexten			0 0		x	X X

0 = een eerste oriëntatie, minder prioriteit

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

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

Bij de specifieke keuze van contexten is het gewenst dat scholen en leraren de volgende criteria hanteren:

- De leefwereldcontexten moeten contexten zijn waar leerlingen aan deelnemen, of waarop zij zich binnen afzienbare tijd op deelname voorbereiden.
- De beroepscontexten (en wetenschappelijke contexten) moeten gezamenlijk representatief zijn voor de contexten waarin zij in het aansluitende vervolgonderwijs voor kunnen worden opgeleid.
- In de contexten moeten één of meer van de voor de betreffende groep leerlingen geselecteerde biologische concepten kunnen worden uitgewerkt.
- Voorbeelden van contexten moeten waar mogelijk aangetroffen worden in de regio waar de school zich bevindt, zodat een regionale verankering kan worden uitgewerkt.
- De contexten moeten zodanig gedidactiseerd kunnen worden dat de beoogde doelstellingen kunnen worden gerealiseerd.

4.2. Leefwereldcontexten

Leefwereldpraktijken lijken in eerste instantie moeilijk van elkaar te onderscheiden. Dat komt doordat dat een zelfde type activiteit vaak in meerdere contexten wordt uitgevoerd. Kinderen voeren activiteiten aanvankelijk alleen thuis uit. Naarmate ze ouder worden breiden hun activiteiten zich echter uit naar andere, meer specifieke leefwereldcontexten. In sommige gevallen zullen zij

in deze nieuwe leefwereldcontexten activiteiten uitvoeren die zij tot dat moment in de gezinscontext uitvoerden.

Een voorbeeld. Als kinderen op hun vierde of vijfde jaar naar school gaan, spelen of sporten ze daar op eenzelfde manier als thuis. Vanaf een jaar of zes worden sommige kinderen lid van een sportvereniging en beoefenen daar sporten die lijken op de spellen of sporten die zij voordien thuis speelden.

Een tweede reden waarom leefwereldcontexten zo moeilijk te onderscheiden zijn is dat ze vaak nauw verweven zijn met beroepscontexten. Vanuit de gezinscontext komen kinderen in verschillende rollen in aanraking met andere leefwereldpraktijken. Bijvoorbeeld als klant in de winkel en als patiënt in de gezondheidszorg. In deze rollen nemen zij (en wij) aan andere leefwereldcontexten deel en niet aan beroepscontexten. De corresponderende beroepscontext is dan respectievelijk die van winkel en huisartsenpraktijk. Dat betekent dus dat de leefwereldpraktijk winkel, waarin wij de rol van klant vervullen, complementair is aan de beroepspraktijk van de winkelier.

De CVBO heeft opgemerkt dat nieuwe virtuele leefwereldcontexten lijken te ontstaan met eigen doelen, normen, waarden, gebruiken, etc. Vooralsnog is er voor gekozen om deze contexten niet op te nemen in het overzicht omdat er in deze contexten beperkt gebruik wordt gemaakt van biologische kennis.

In tabel 4.2 zijn de leefwereldcontexten aangegeven die voor biologie van belang zijn²⁴. Ter wille van de helderheid is niet alleen de aanduiding van de deelnemers aangegeven, maar ook de plaats waar de activiteiten worden uitgevoerd. De lijst met leefwereldcontexten is niet volledig, al is het niet waarschijnlijk dat er voor biologie leefwereldcontexten aan moeten worden toegevoegd die relevant zijn voor alle leerlingen.

4.3. Beroepscontexten

Beroepscontexten zijn hiervoor onderscheiden in technologische contexten en toepassingscontexten. In technologische contexten wordt op basis van wetenschappelijke kennis technologie ontwikkeld die ten dienste wordt gesteld van gebruikers. In toepassingscontexten worden ontwikkelde technologie en wetenschappelijke kennis benut bij productie of het verlenen van diensten. Dit onderscheid komt in verschillende mate tot uitdrukking in de mbo-, hbo- en universitaire opleidingen. In mbo-opleidingen worden studenten voorbereid om deel te nemen aan toepassingscontexten. Hbo-opleidingen bereiden studenten voor op deelname aan technologische contexten en/of toepassingscontexten.

De technische universiteiten kwalificeren studenten voor deelname aan technologische contexten, terwijl universitaire opleidingen voor huisarts- of tandartsstudenten voorbereiden op deelname aan toepassingscontexten.

Gezien het feit dat studenten in mbo, hbo en aan universiteiten voor verschillende

24 De lijst van leefwereldcontexten die relevant zijn voor biologie is in discussie binnen de CVBO tot stand gekomen. Een verdere uitwerking voor het basisonderwijs is binnenkort beschikbaar in 'Uitwerking van de concept-contextbenadering tot een conceptueel kader voor het leergebied Natuur en Techniek'. (Zie ook noot 29)

beroepscontexten worden opgeleid, ligt het voor de hand om ook bij het kiezen van beroepscontexten een onderscheid te maken tussen beroepscontexten waarvoor maximaal een mbo-opleiding, een hbo-opleiding, of een universitaire opleiding is vereist. Een uitwerking van de beroepscontexten is te vinden in de bijlagen 2 t/m 4.

Vmbo

Om te bepalen welke beroepscontexten relevant zijn voor leerlingen in het vmbo is een analyse gemaakt van mbo-opleidingen en beroepen die aan leerlingen met een vmbo-diploma worden aangeboden.

Binnen de sector 'landbouw' kan een leerling van een beroepsgerichte leerweg kiezen uit maximaal zeven beroepsrichtingen: plantenteelt, dierhouderij en dierverzorging, groene ruimte, bloembinden en bloemschikken, agrarische techniek, agrarische economie en verwerking agrarische producten (voeding). Het verschilt per opleiding welke beroepsrichtingen aangeboden worden. In

Tabel 4.2.

Voorbiologie relevante leefwereldcontexten, met vermelding van de aanduiding van de deelnemers en de plaats waar de activiteiten worden uitgevoerd. De leefwereldcontexten zijn alfabetisch gerangschikt.

Leefwereldcontext	Deelnemers	Plaats
Excursie/vakantie	Dagjesmensen, vakantiegangers; individueel, in gezins- of groepsverband	Niet thuis, in binnen- of buitenland
Gezin	Gezinsleden	Thuis
Gezondheidszorg	Patiënten	Bij de huis- of tandarts, apotheker, specialist of fysiotherapeut, ziekenhuis
Natuurbeheer	Recreanten, wandelaars, fietsers	Buiten, in natuurgebieden
Natuuronderzoek	Liefhebbers en verzamelaars van planten en dieren; weeramateurs, amateur-astronomen	Buiten, in natuurgebieden
School	Leerlingen	School(plein, -tuin)
Sport	Leden sportverenigingen	Sportvelden en -hallen
Tuinderij	Tuinders	Volkstuin
Uitgaansleven	Klanten, (stam)gasten	Horeca, toneel, theater, disco
Winkel	Klanten	(Digitale) winkel of supermarkt

de beroepscontexten van de beroepsrichtingen plantenteelt, dierhouderij en diervverzorging, groene ruimte en verwerking agrarische producten wordt meer belang gehecht aan biologische kennis dan in de andere beroepsrichtingen. Deze beroepscontexten zijn opgenomen in tabel 4.3. In een beroepsrichting kunnen één of meer beroepscontexten een rol spelen.

Tabel 4.3.

Relevante beroepscontexten voor leerlingen in de sector 'landbouw' van de basisberoepsgerichte en kaderberoepsgerichte leerweg.

Mbo-niveau	1	Diervverzorging
	2	Paarden- of veehouderij
	3	Plantenteelt, boomteelt en sierteelt
	4	Hovenier, groenvoorziening en tuincentrumbranche
	5	Bos- en natuurbeheer
	6	Voeding

Binnen de sector 'zorg en welzijn' kan een leerling van een beroepsgerichte leerweg kiezen voor de afdeling verzorging of uiterlijke verzorging. In dat geval is er een keuze uit de beroepscontexten in tabel 4.4 mogelijk. De meeste scholen bieden 'zorg en welzijn' echter breed aan.

Tabel 4.4.

Relevante beroepscontexten voor leerlingen in de sector 'zorg en welzijn' van de basisberoepsgerichte en kaderberoepsgerichte leerweg.

Mbo-niveau	1	Verzorging
	2	Sport en beweging
	3	Uiterlijke verzorging
	4	Voeding

De beroepscontexten van de gemengde en theoretische leerwegen zijn gekozen op basis van het aantal leerlingen dat zich inschrijft voor mbo-opleidingen. Deze selectie is, uit het oogpunt van spreiding, aangevuld met bos- en natuurbeheer en milieu (zie tabel 4.5). Daarmee is het voor leerlingen mogelijk om zich breed te oriënteren op voor hen mogelijk relevante beroepen en vervolgoopleidingen.

Tabel 4.5.

Relevante beroepscontexten voor leerlingen van de gemengde en theoretische leerweg.

Mbo-niveau	1	Verpleging en verzorging
	2	Sport en beweging
	3	Diervverzorging
	4	Bos- en natuurbeheer
	5	Milieubeheer

Havo

Om te bepalen welke beroepscontexten op hbo-niveau relevant zijn, is een analyse gemaakt van de hbo-opleidingen waarin substantieel aandacht besteed wordt aan biologie. Daarna zijn die opleidingen geselecteerd waarvoor zich relatief veel studenten inschrijven. Om een representatief beeld te kunnen geven van beroepscontexten waarin biologische kennis een belangrijke rol speelt, is deze selectie beroepscontexten aangevuld met contexten dierhouderij en landschapsinrichting (zie tabel 4.6).

Tabel 4.6.
Relevante beroepscontexten voor leerlingen van het havo

Hbo-niveau	1	Verpleging
	2	Medisch-laboratoriumpraktijk
	3	Biologisch-laboratoriumpraktijk
	4	Fysiotherapie
	5	Natuurbeheer
	6	Milieukundige adviespraktijk
	7	Plantenveredeling
	8	Landschapsinrichting
	9	Voedingsmiddelentechnologie
	10	Biotechnologie
	11	Dierhouderij
	12	Docent biologie

Vwo

Als universitaire beroepscontexten zijn uitsluitend de contexten gekozen waarvoor de meeste studenten worden opgeleid. Deze beroepscontexten zijn opgenomen in tabel 4.7.

Tabel 4.7.
Relevante beroepscontexten voor leerlingen van het vwo

Universitair niveau	1	Huisartsenpraktijk
	2	Tandartsenpraktijk
	3	Apotheek
	4	Dierenartsenpraktijk

Beroepscontexten zijn continu in ontwikkeling, waardoor nieuwe contexten ontstaan en oude contexten verdwijnen. Dat betekent dat de lijsten met geselecteerde beroepscontexten steeds aangepast zullen moeten worden.

4.4. Wetenschappelijke contexten

Bij het kiezen van wetenschappelijke contexten is er van uitgegaan dat het gewenst is dat vwo-leerlingen een beeld krijgen van actueel fundamenteel en toegepast

wetenschappelijk biologisch onderzoek in ruime zin zoals dat in Nederland wordt uitgevoerd.

De reden om te kiezen voor in Nederland uitgevoerd biologisch onderzoek is dat studenten die voor biologisch onderzoek kiezen, in ieder geval in eerste instantie met het Nederlandse onderzoek te maken krijgen. Bovendien is oriëntatie op de context gemakkelijker als het onderzoek in Nederland plaatsvindt en is er meer kans op samenwerkingsprojecten tussen universiteit en vwo.

Het is gewenst de aandacht te richten op actueel biologisch onderzoek, zodat leerlingen een beeld van kunnen krijgen van de betekenis daarvan voor de samenleving. Wetenschappelijke contexten en de voorbeelden die daaruit worden gekozen, moeten regelmatig worden geactualiseerd.

Om een representatieve keuze uit onderzoekscontexten te kunnen maken is gebruik gemaakt van bestaande inventarisaties en ordeningen van biologisch onderzoek in Nederland²⁵. Daaruit blijkt dat universiteiten zowel fundamenteel als toegepast wetenschappelijk onderzoek uitvoeren, het laatste veelal als derde geldstroom onderzoek.

Bovendien blijkt dat toegepast wetenschappelijk onderzoek door een grote verscheidenheid aan instituten, bedrijven en bureaus wordt uitgevoerd.

Uit de inventarisaties zijn wetenschappelijke thema's gekozen waaraan door veel onderzoekers wordt gewerkt. Ook spraakmakend en aansprekend onderzoek dat door een kleine groep onderzoekers wordt uitgevoerd is relevant voor leerlingen. Uiteindelijk zijn de in tabel 4.8 vermelde onderzoeksthema's onderscheiden. Aan een onderzoeksthema wordt veelal door meerdere universitaire onderzoeksgroepen bijgedragen.

Een voorbeeld. Aan het onderzoeksthema 'Ecosysteemprocessen' wordt bijgedragen door onderzoeksprogramma's van de Universiteit van Amsterdam, de Vrije Universiteit, de Radboud Universiteit, de Rijks Universiteit Groningen, Wageningen Universiteit en de Universiteit van Utrecht. Zes onderzoeksgroepen leveren dus een bijdrage aan dit onderzoeksthema, ieder uit een eigen benadering. Toegepast wetenschappelijk onderzoek op dit gebied wordt uitgevoerd door organisaties als TNO en RIVM (monitor systemen), maar ook door ecologische adviesbureaus en bureaus voor landschapsinrichting.

²⁵ Zie: KNAW (2001). *Biologie: een vitaal belang. Strategische visie op de universitaire biologie in Nederland. Daarnaast is gekeken naar de hoofd-aandachtsgebieden van de Raad voor de Medische Wetenschap (RMW) in het jaarverslag 2004. Verder is ondermeer gebruik gemaakt van de gegevens van Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) uit de strategienota en het jaarverslag 2004, het Discipline Report van de RMW (zie: KNAW (1999). *Discipline Report on (Bio)medical and Health Sciences Research in the Netherlands 1998*), de verslagen van de Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO), van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), van het Rikilt Instituut voor Voedselveiligheid en van het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO). Ook de prioriteiten van het Innovatie Platform (IP) en van het Nationaal Regieorgaan Genomics (NGI) zijn meegenomen, en is gebruik gemaakt van de Commissie Genetische Modificatie (Cogem) trendanalyse biotechnologie.*

Tabel 4.8.

Geselecteerde wetenschappelijke contexten

1	Onderzoek naar signaaloverdracht en adaptatie
2	Onderzoek naar werking zenuwstelsel
3	Onderzoek naar regulatiefysiologie van cellen
4	Onderzoek naar ontwikkeling van embryo naar volwassene
5	Onderzoek naar multi-trofe interacties
6	Onderzoek naar dynamiek van biodiversiteit
7	Onderzoek naar ecosysteemprocessen
8	Onderzoek naar multifactoriële chronische aandoeningen
9	Onderzoek naar immunologie
10	Onderzoek naar biologische productiesystemen
11	Onderzoek naar geneesmiddelen
12	Onderzoek naar tissue-engineering

De in tabel 4.8 genoemde onderzoeksthema's zijn opgevat als wetenschappelijke contexten. Daarbij is geen onderscheid gemaakt tussen fundamenteel en toegepast wetenschappelijke contexten, omdat binnen de onderzoeksthema's dikwijls zowel fundamenteel als toegepast wetenschappelijk wordt uitgevoerd.

5. Activiteiten en denk- en werkwijzen

In dit hoofdstuk wordt uiteengezet waarom een aantal typen activiteiten en denk- en werkwijzen zijn geselecteerd (par. 5.1). Daarna wordt een beschrijving gegeven van de typen activiteiten (par. 5.2) en de denk- en werkwijzen (par. 5.3).

5.1. Keuze van activiteiten en denk- en werkwijzen

Om te voorkomen dat leerlingen een niet-gestructureerde verscheidenheid aan activiteiten met objecten krijgen aangeboden, heeft de CVBO een aantal typen activiteiten onderscheiden die gezamenlijk kenmerkend zijn voor de manier waarop met biologische objecten wordt omgegaan. Vanuit dezelfde overweging zijn een aantal denk- en werkwijzen geselecteerd, die binnen de biologie veelvuldig worden gebruikt.

De geselecteerde activiteiten en denk- en werkwijzen dienen naar de mening van de CVBO aan de orde te komen in het basisonderwijs, de onderbouw vmbo, de onderbouw havo/vwo, de bovenbouw vmbo, de bovenbouw havo en de bovenbouw vwo. Voor de bovenbouw havo en vwo zijn de activiteiten en denk- en werkwijzen als vaardigheden in de concept examenprogramma's opgenomen (zie bijlage 5).

Tabel 5.1.

**Typen activiteiten die met biologische objecten worden uitgevoerd.
De typen activiteiten zijn alfabetisch gerangschikt.**

Type activiteit	Omschrijving
Behandelen	Uitvoeren van handelingen, op basis van een diagnose, waarmee ziekten van organismen (mens, dier, plant) worden genezen, of organismen zichzelf kunnen herstellen
Beheren	Nemen van maatregelen waarmee het voortbestaan van organismen of natuurgebieden kan worden gewaarborgd.
Consumeren	Verbruiken van (delen van) organismen om aan de behoeften van de mens (voeding, geneesmiddelen, energie, etc.) te voldoen
Modelleren	Modelmatig (kwalitatief of kwantitatief) weergeven van relaties tussen biologische eenheden en/of tussen biologische eenheden en variabelen in hun omgeving en toetsing daarvan aan de empirie.
Onderzoeken	Observeren, manipuleren of bewerken van een biologisch object om kennis te verzamelen over de aard en werking daarvan.
Ontwerpen	Definiëren en ontwikkelen van een biologisch systeem (landschap, plant, dier) met gewenste eigenschappen, of definiëren en ontwikkelen van een object met gewenste kenmerken waarvoor biologische objecten worden gebruikt.
Produceren	Samenstellen van een product waarmee het functioneren van organismen in stand wordt gehouden, waarmee aan behoeften van organismen wordt voldaan, of waarin gebruik gemaakt wordt van (delen van) organismen; inclusief het verhandelen van de geproduceerde producten.
Verzorgen	Zorgen voor organismen (mens, dier, plant) door het treffen van voorzieningen waarmee aan noodzakelijke eisen voor hun fysiek (en sociaal/psychisch) welzijn wordt voldaan.

5.2. Typen activiteiten

De CVBO heeft de in tabel 5.1 opgenomen typen activiteiten geselecteerd.²⁶

5.3. Denk- en werkwijzen

De CVBO heeft de in tabel 5.2 weergegeven denk- en werkwijzen geselecteerd²⁷. Daarbij is een onderscheid gemaakt tussen biologische denk- en werkwijzen en algemene denk- en werkwijzen. Een lastig punt bij de selectie van denk- en werkwijzen is dat een aantal daarvan in een hiërarchische relatie tot elkaar kunnen staan. Zo zal bij het uitvoeren van experimenteel onderzoek ook worden waargenomen en veelal ook worden gemeten en gemathematiseerd.

²⁶ Bij bepaling van de typen activiteiten kon niet op literatuur worden terug gevallen. De lijst is door discussie en commentaar op eerdere versies tot stand gekomen. Een aantal typen activiteiten (onderzoeken, modelleren) worden in de literatuur en curriculumdocumenten als examenprogramma's als vaardigheden aangeduid.

²⁷ De denk- en werkwijzen zijn voor een groot deel ontleend aan het werk van Fred Janssen. Door hem worden deze patronen aangeduid als perspectieven. Zie Janssen, F.J.J.M. & Verloep, N. (2003). De betekenis van perspectieven voor leren leren. *Pedagogische studien*, 5, 375-391.

Tabel 5.2.

Denk- en werkwijzen.

	Omschrijving
A. Biologische denk- en werkwijzen	
Beschrijvend en vergelijkend onderzoeken	Werkwijze waarbij biologische objecten worden beschreven, vergeleken worden met andere biologische objecten, en eventueel worden gecategoriseerd op basis van vooraf vastgestelde kenmerken
Experimenteel onderzoeken	Denk- en werkwijze waarbij een onderzoeksvraag wordt geformuleerd en een daarop aansluitende hypothese experimenteel wordt getoetst; voor onderzoek naar herhaalbare processen
Vorm-functie denken	Denkwijze waarbij vanuit een gegeven vorm de functie wordt bepaald, of vanuit een gegeven functie de vorm.
Ecologisch denken	Denkwijze waarbij vastgesteld wordt wat de relaties zijn tussen de biotische en abiotische factoren in het ecosysteem en wat de gevolgen van interne of externe veranderingen zijn op de samenstelling daarvan
Evolutionair denken	Denkwijze waarbij wordt bepaald wat het adaptieve voordeel is van veranderingen die zich in de loop van de tijd hebben voorgedaan
Systeemdenken	Denkwijze waarbij structuren en processen van biologische eenheden worden gerangschikt naar organisatieniveau, systemen op ieder organisatieniveau worden gedefinieerd en wordt bepaald hoe zij samenhangen, zichzelf in stand houden en ontwikkelen.
B. Algemene denk- en werkwijzen	
Beleven en waarderen	Werkwijze waarbij stil gestaan wordt bij de gevoelens en/of de betekenissen (waarden) die worden opgeroepen of toegekend, en de relatie die met het eigen gedrag wordt gelegd
Causaal denken	Denkwijze waarbij oorzaak en gevolg relaties worden bepaald op grond van het feit dat twee verschijnselen steeds (kort) na elkaar optreden
Informatie verzamelen en verwerken	Werkwijze waarmee doelgericht informatie wordt gezocht en gebruikt om een biologische vraag te beantwoorden of een probleem op te lossen.
Kiezen	Werkwijze waarbij één of meer oplossingen of standpunten met elkaar worden vergeleken en worden gewogen op basis van gebruikte achtergrondinformatie en/of ethische consequenties.
Mathematiseren	Werkwijze waarbij relaties tussen biologische eenheden en/of abiotische factoren in kwantitatieve termen worden uitgedrukt.
Metten	Werkwijze waarbij kenmerken van biologische eenheden of variabelen in de voor biologische eenheden relevante omgeving worden uitgedrukt in (S.I.) eenheden
Observeren	Werkwijze waarbij kenmerken van biologische objecten en/of hun omgeving doelgericht worden waargenomen (en vastgelegd).
Rekenen	Werkwijze waarbij standaard bewerkingen met aantallen biologische eenheden worden uitgevoerd
Schriftelijk en mondeling communiceren	Werkwijze waarbij verworven kennis schriftelijk of mondeling wordt weergegeven en kennis en informatie wordt uitgewisseld.

6. Inhoudelijke uitwerking

Om de hiervoor geselecteerde doelen te kunnen realiseren moeten nadere inhoudelijke keuzen worden gemaakt. Daartoe wordt eerst (par. 6.1) aangegeven hoe de doelstellingen van de leerlijn binnen het beschikbare aantal (contact)uren kunnen worden uitgewerkt. Daarna wordt beschreven hoe de leerlijn voor de bovenbouw havo/vwo (par. 6.2) en voor het basisonderwijs (par. 6.3) wordt uitgewerkt.

6.1. Uitwerking binnen de beschikbare uren

Om de haalbaarheid van de hier gepresenteerde leerlijn te kunnen beoordelen en overladenheid te voorkomen is het noodzakelijk per onderwijssegment in te schatten of alle gekozen combinaties van contexten, activiteiten en concepten binnen de beschikbare tijd kunnen worden aangeboden. In tabel 6.1 is een indicatie gegeven van de tijd die aan de verschillende typen contexten zou kunnen worden besteed. Bij de verdeling over de typen contexten is rekening gehouden met de doelstellingen van het betreffende onderwijssegment en, voor zover van toepassing, met de vervolgopleidingen waarvoor de leerlingen zich kunnen kwalificeren.

De per segment opgenomen percentages zijn per onderwijssegment omgerekend naar het aantal lessenreeksen dat in de beschikbare tijd kan worden aangeboden.

De algemene redenering is dat van de per sector beschikbare tijd een bepaald percentage besteed wordt aan een minimumprogramma zoals uitgewerkt in de leerlijn en dat daarnaast tijd overblijft voor schoolspecifieke keuzen, zoals eigen contexten, gastlessen, projecten en bedrijfsbezoek. De ruimte voor scholen in de bovenbouw vmbo, havo en vwo is conform instructies van OCW beperkt tot interpretatieruimte van de aan het schoolexamen toegewezen eindtermen.

Voor bepaling van het aantal beschikbare uren is uitgegaan van de volgende gegevens en aannamen:

- Voor havo en vwo zijn respectievelijk 400 en 480 uur studielasturen beschikbaar voor voorbereiding op het centraal examen en het schoolexamen.
- Voor de onderbouw vmbo en havo/vwo is 60% van 148 uur ($2 \times 2 \times 37$ uur/jaar) beschikbaar voor uitvoering van een minimumprogramma.
- Voor de bovenbouw vmbo is een even groot aantal uren beschikbaar als voor de onderbouw; deze uren zijn volledig beschikbaar voor de in het eindexamenprogramma opgenomen eindtermen.
- Voor het basisonderwijs is 60 % van het totale aantal uren dat gemiddeld aan natuuronderwijs wordt besteed beschikbaar voor biologie; van deze 60% is 60% beschikbaar voor het minimumprogramma voor biologie.

In tabel 6.1 is een indicatie gegeven van het aantal lessenreeksen dat aan de verschillende typen contexten in de verschillende segmenten van de onderwijskolom kan worden besteed. Het aantal beschikbare lessenreeksen is uiteraard op hele getallen afgerond.

Tabel 6.1.

Indicatie van de aantallen lessenreeksen die in de segmenten van de onderwijkskolom aan de drie typen contexten kunnen worden besteed.

	Basis- onderwijs	Onderbouw vmbo	Bovenbouw vmbo	Onderbouw havo/vwo	Bovenbouw Havo	Bovenbouw vwo
Aantal uren	100	74	148	88	400	480
Uur per lessenreeks	4	6	6	8	12	12
Aantal les- senreeksen	25	12	24	11	33	40
Leefwereld- Contexten	100% (25)	100% (12)	35% (8)	100% (11)	25% (8)	20% (8)
Beroeps- contexten	--	--	65% (16)	--	75% (25)	20% (8)
Wetenschap contexten	--	--	--	--	--	60% (24)

6.2. Uitwerking van de leerlijn voor de bovenbouw havo/vwo

De leerlijn is voor de bovenbouw havo en vwo uitgewerkt in concept-examenprogramma's²⁸. Deze concept-examenprogramma's hebben een zelfde specificatieniveau als de leerlijn. Uitwerking van de leerlijn tot examenprogramma's was niet eenvoudig omdat vastgehouden is aan de met behulp van de concept-contextbenadering ontwikkelde doelstellingen (zie par. 2.3). Dat heeft er toe geleid dat de terminologie van de categorieën doelstellingen aan de gangbare onderverdeling in kennis en vaardigheden moest worden aangepast (zie tabel 2.3). Daarnaast is bij de formulering van de doelstellingen voorlopig alleen het actiewerkwoord 'gebruiken' gehanteerd. Wat daaronder wordt verstaan is zodanig omschreven dat duidelijk is dat het om productief (en niet reproductief) gebruik van concepten gaat. Die ruime omschrijving is noodzakelijk omdat de wijze van gebruik en uitwerking van het concept bepaald wordt door de gekozen contexten en die dienen door de docenten of scholen te worden gekozen.

Een belangrijk punt bij de ontwikkeling van de examenprogramma's is de verdeling van de eindtermen over het centraal examen (CE) en het schoolexamen (SE).

De delen van de concept examenprogramma's die betrekking hebben op het centraal examen worden momenteel onder verantwoordelijkheid

²⁸ De concept-examenprogramma's zijn opgenomen als bijlage en te vinden op de website van het nibi (www.nibi.nl).

van het Cevo uitgewerkt tot syllabi. Scholen bereiden hun leerlingen op basis van de syllabi voor op de experimentele examens voor havo en vwo in respectievelijk 2009 en 2010. De delen van de concept examenprogramma's die betrekking hebben op de schoolexamens worden door de SLO uitgewerkt in handreikingen. Omdat scholen zelf kunnen bepalen hoe zij de eindtermen voor het schoolexamen uitwerken, hebben de handreikingen het karakter van suggesties. Bij uitwerking van de concept examenprogramma's in syllabi en handreikingen is het noodzakelijk de karakteristieken van de concept-contextbenadering te bewaken. De syllabi zijn medio 2007 gereed.

In september 2006 zijn 7 experimenteerscholen gestart met de ontwikkeling van lesmateriaal op basis van de concept-examenprogramma's. Daarbij kon niet worden volstaan met de ontwikkeling van losse lessenreeksen. Ontwikkeling van lessenreeksen moet passen in programma's, dat wil zeggen sequenties van lessenreeksen, die de hele examenprogramma's dekken. Bijstelling van de syllabi en handreikingen is mogelijk tot voor het schooljaar waarin scholen helderheid moeten hebben over de eisen waar de leerlingen aan moeten voldoen. Examenprogramma's en syllabi worden bijgesteld op grond van de experimentele examens die in 2009 en 2010 worden afgenomen. Een definitieve versie van de leerlijn kan daardoor niet eerder dan in 2010 worden samengesteld.

6.3. Uitwerking van de leerlijn voor het basisonderwijs

Voor het basisonderwijs is de leerlijn inmiddels verbreed tot het hele leergebied natuur en techniek, waardoor ook concepten ontleend aan de natuurkunde, scheikunde, techniek en aardwetenschappen zijn toegevoegd²⁹. Als gevolg daarvan is het aantal leefwereldcontexten en denk- en werkwijzen ook wat uitgebreid. Daarnaast is een verdere specificatie van de activiteiten uitgewerkt door typen activiteiten te verbinden met specifieke objecten en/of verschijnselen³⁰ (zie par. 2.2.).

Het resultaat van deze uitwerking heeft een zodanige omvang dat een keuze gemaakt moet worden om een uitvoerbaar programma voor het basisonderwijs te kunnen uitwerken. Het voornemen is om naast een minimumprogramma enkele specifieke varianten uit te werken, bijvoorbeeld voor techniek, natuur-en milieu en gezondheid.

7. Didactische uitwerking

De concept-contextbenadering heeft didactische implicaties, net als iedere andere redenering die leidt tot keuze van doelstellingen. Omdat de doelstellingen ontleend zijn aan contexten en daarbinnen uitgevoerde activiteiten moet daarom

²⁹ Deze uitwerking is niet onder de verantwoordelijkheid van de CVBO tot stand gekomen, maar in opdracht van het Platform Bèta-Techniek. Graft, M. van, Boersma, K., Goedhart, M., Oers, B van & Vries, M. de (2007). *Uitwerking van de concept-contextbenadering voor het leergebied 'Natuur en Techniek'*. Den Haag: VTB.

³⁰ Daarmee wordt aangesloten bij de definitie van activiteit, zoals die gehanteerd wordt in de cultuurhistorische theorie. Zie: Oers, B. van (1987). *Activiteit en begrip. Proeve van een handelingspsychologische didactiek*. Amsterdam: VU Uitgeverij. (p. 18).

eerst ingegaan worden op de relatie tussen activiteiten en leeractiviteiten (par. 7.1); daarna wordt specifiek ingegaan op een aantal didactische implicaties (par. 7.2) en op de manier waarop contexten en activiteiten kunnen worden gespecificeerd (par. 7.3).

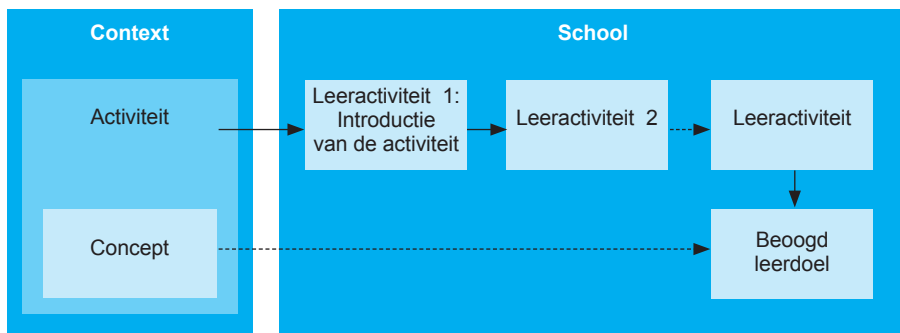
7.1. Relatie tussen activiteiten en leeractiviteiten

Omdat leerdoelen ontleend zijn aan de concept-contextbenadering ligt het voor de hand om de leeractiviteiten die daartoe worden aangeboden aan contexten en de daarbinnen uitgevoerde activiteiten te relateren. Dat betekent dat de context en activiteit uit de maatschappelijke werkelijkheid moeten worden gedidactiseerd tot leeractiviteiten die door leerlingen worden uitgevoerd.

De relatie tussen de activiteit en leeractiviteiten is weergegeven in figuur 7.1

Figuur 7.1.

De relatie tussen activiteit en leeractiviteiten.



7.2. Didactische implicaties

De concept-contextbenadering heeft uiteraard didactische implicaties. Dat is niet opzienbarend, omdat onderwijsdoelstellingen nu eenmaal alleen kunnen worden gerealiseerd als daarop toegesneden maatregelen worden genomen. De concept-contextbenadering heeft tenminste de volgende didactische implicaties:

- Het moet voor leerlingen duidelijk zijn om welke context het gaat en wat het doel is van de activiteit die daar wordt uitgevoerd. Als het gaat om contexten die leerlingen niet kennen moeten zij voldoende tijd hebben om zich daarop te oriënteren.
- Leeractiviteiten zullen in veel gevallen een didactische bewerking zijn van de activiteit die in de authentieke praktijk wordt uitgevoerd. De didactische bewerking kan het karakter hebben van een simulatie (bijvoorbeeld: onderzoeken) of een exploratie van de betreffende praktijk. Doordat veel beroepscontexten en wetenschappelijke contexten complex zijn, is in veel gevallen vereenvoudiging³¹, inperking³² of toespitsing (zie par. 7.3) noodzakelijk.

31 In het onderzoek van Westbrook (2005) werden om die reden de procedures die waterzuivering hanteren vereenvoudigd zodat ze ook voor leerlingen uitvoerbaar zijn. Westbrook, H. B. (2005). *Characteristics of meaningful chemistry education - The case of water quality* (dissertation). Utrecht: CDβ-Press.

32 In het onderzoek van Westra is de activiteit van ecologisch onderzoekers alleen betrekking op modelleren ten behoeve van optimalisering van de mosselteelt in de Oosterschelde. Westra, R., Savelsbergh, E.R., Waarlo, A.J. & Boersma, K.Th. (2007). *Towards understanding ecosystem behaviour through systems thinking and modeling*. Paper ERIDOB, 12-15 september 2007.

- De beoogde doelstellingen worden gerealiseerd door de ontworpen leeractiviteiten uit te voeren. Dat wil zeggen dat door te reflecteren op de uitgevoerde leeractiviteiten handelingen kunnen worden benoemd, bediscussieerd en zonodig geconceptualiseerd.
- Als het gewenst is dat leerlingen concepten in andere contexten leren recontextualiseren, is het in ieder geval noodzakelijk dat zij het concept in meerdere contexten krijgen aangeboden. Daarbij zullen betekenissen van het concept in de verschillende contexten moeten worden geëxpliciteerd.

7.3. Specificatie van contexten en activiteiten

In veel gevallen en zeker bij complexe contexten zal het noodzakelijk zijn de context of activiteit toe te spitsen op een bepaald aspect daarvan. Daarbij kunnen verschillende overwegingen spelen.

In de eerste plaats kan het gewenst zijn een context of activiteit waar leerlingen niet bekend mee zijn verder te concretiseren en hen een of meer concrete voorbeelden te presenteren of laten bestuderen.

In de tweede plaats kan het noodzakelijk zijn de aandacht op een specifiek aspect te richten of op een probleem dat zich in de context voordoet, omdat leerlingen anders niet, door daarop aansluitende leeractiviteiten uit te voeren, de gewenste doelstelling kunnen realiseren.

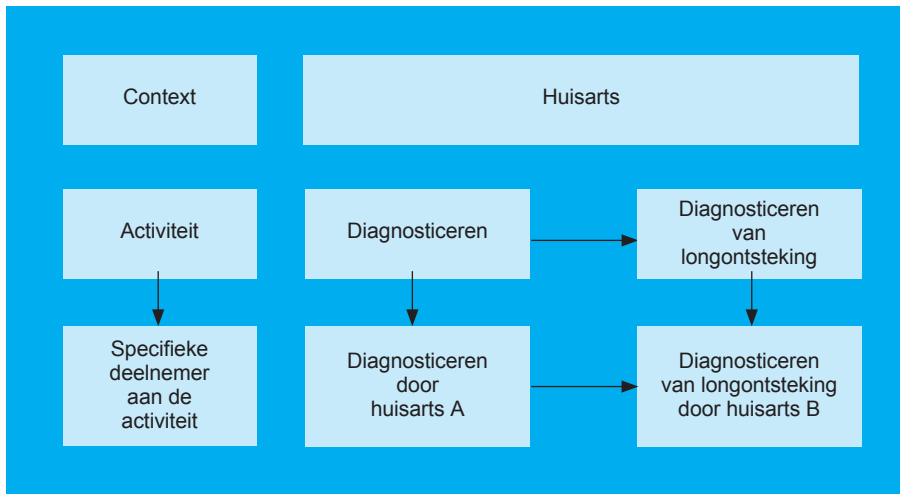
Figuur 7.2 laat zien dat in de context van de huisarts de aandacht gericht kan worden een specifieke activiteit, in dit geval diagnosticeren. Als leerlingen deze activiteit onvoldoende kennen, kan het uit het oogpunt van herkenbaarheid, of omdat dat mogelijkheden voor identificatie biedt, gewenst zijn het diagnosticeren van een specifieke huisarts als voorbeeld te hanteren.

Aangezien de manier waarop huisartsen diagnosticeren niet veel van elkaar verschilt, krijgen leerlingen met één voorbeeld toch een goed beeld van diagnosticeren als activiteit. Er zijn echter ook contexten waarin de diversiteit veel groter is. Zo kan verwacht worden dat het voor de context plantenveredelaar nogal een verschil maakt of gekozen wordt voor een plantenveredelaar op het gebied van tomaten of op het gebied van chrysanten.

Anderzijds zal, als we bijvoorbeeld het concept ademhaling willen introduceren, de activiteit diagnosticeren te weinig specifiek zijn als aangrijppingspunt voor conceptontwikkeling. In dat geval kan gekozen worden voor een nadere specificatie van de activiteit, zoals het diagnosticeren van longontsteking. Daarna kan het, om de al genoemde redenen, gewenst zijn het te hebben over het diagnosticeren van longontsteking door huisarts A.

Bij de eerste wijze van specificatie wordt gebruik gemaakt van voorbeelden. Bij de tweede wijze van specificeren, waarbij de activiteit wordt gespecificeerd, komen we uit op een contextbegrip zoals dat veelal elders wordt gehanteerd. Een context als situatie verwijst naar een specificatie van een activiteit die binnen een context als praktijk wordt uitgevoerd. Een belangrijk punt bij specificatie is dat leerlingen moeten weten wat de context is waarin de situatie optreedt, in welke context het probleem zich voordoet, of waar het voorbeeld een voorbeeld van is. Situaties, voorbeelden en problemen kunnen een heel bruikbaar didactisch hulpmiddel zijn zolang voor leerlingen helder is wat de contextuele inbedding is.

Figuur 7.2.
Specificatie van de activiteit diagnosticeren.



7.4. Uitwerking.

De hier gegeven didactische implicaties zijn de afgelopen twee jaar uitgewerkt en zullen de komende jaren verder uitgewerkt worden door de experimenteerscholen. Zij hebben een didactisch model voor lessenreeksen ontworpen waarin leerlingen concepten zo aan leren dat ze deze wendbaar kunnen hanteren in nieuwe situaties. Het model bestaat uit het grondig verkennen van drie achtereenvolgende contexten, waarvan de laatste een toetscontext is. Bij de verkenning en nog eens bij de overgang naar een volgende context - in zogenaamde 'draailessen' of 'draaimomenten' - blijkt het belangrijk de conceptualisatie expliciete aandacht te geven. Leerlingen hebben door de 'draailessen' minder moeite concepten in nieuwe contexten te gebruiken (te 'reconceptualiseren') bijvoorbeeld bij een toets. Het is van belang, uit het oogpunt van overdracht naar andere scholen om een analyse te maken van de door de experimenteerscholen gekozen didactische uitwerkingen. De CVBO werkt daarom docenten- en leerlingevaluaties per lessenserie uit.

Naast het werk in de experimenteerscholen vindt uitwerking plaats in het kader van vakdidactisch onderzoek (educational design research). Een goed voorbeeld daarvan is het onderzoek van Westra naar de wijze waarop leerlingen door modelleeractiviteiten zoals ecologen die uitvoeren zelf uit te voeren een dynamische visie op het concept ecosysteem ontwikkelen.³³

1. Daarnaast wordt in september 2007 onderzoek naar recontextualiseren ter hand genomen.³⁴
2. De CVBO heeft het voornemen om, als voldoende materiaal beschikbaar is, een publicatie over de didactiek van de concept-contextbenadering samen te stellen.³⁵

³³ Zie voetnoot 32.

³⁴ Het gaat om een promotieonderzoek dat in het kader van het programma POV/B (Programma Onderzoek Vernieuwing Bètavakken) wordt uitgevoerd door het Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education.

8. Tot slot

Deze leerlijn is een uitwerking van het basisdocument van de CVBO. De leerlijn richt zich op de doelstellingen voor het biologieonderwijs van 4 tot 18 jaar. In deze uitwerking is niet ingegaan op de haalbaarheid van de leerlijn in de beschikbare onderwijstijd, omdat gegevens daarover nog ontbreken.

De CVBO is er van uitgegaan dat van de per onderwijssegment beschikbare tijd tenminste een deel besteed wordt aan uitwerking van de hier gepresenteerde leerlijn. Bij de keuze van typen contexten is rekening gehouden met de doelstellingen van de betreffende sector en, voor zover van toepassing, met de vervolgopleidingen waarvoor de leerlingen zich kunnen kwalificeren. Daarnaast is het gewenst dat er tijd is voor schoolspecifieke keuzes wordt gereserveerd.

De lessenreeksen die door de experimenteerscholen worden uitgewerkt, en de ervaringen die daarmee worden opgedaan bieden de mogelijkheid om de haalbaarheid van de leerlijn te beoordelen. Dat gebeurt de komende jaren. Daarnaast zal de ontwikkeling van aansluitende toetsen en examens informatie geven over de mate waarin leerlingen concepten in hen nog niet bekende contexten kunnen hanteren. Voor een juiste beoordeling van de lessenreeksen en daarop aansluitende toetsing is evaluatieonderzoek nodig.

Tot slot verwacht de CVBO dat de leerlijn een impuls geeft aan de verdere ontwikkeling van de didactiek van de biologie. De leerlijn biedt de mogelijkheid didactische thema's, zoals het gebruik van contexten, begripsontwikkeling, waardeverheldering/ontwikkeling en het doen van onderzoek, in samenhangen uit te werken.

Bijlagen

Bijlage 1. Matrices

Ten aanzien van de notatie van concepten zijn de volgende regels aangehouden:

- Per segment van de onderwijskolom zijn de nieuwe concepten steeds vet weergegeven.
- Concepten die in het basisonderwijs of de onderbouw zijn gebruikt, maar op bovenbouwniveau niet meer voldoen, zijn vervangen door meeromvattender ('nieuwe') concepten en worden ook vet weergegeven
- Concepten zijn in enkelvoud genoteerd (dus niet genen, maar gen).
- Het is niet noodzakelijk dat alle genoemde begrippen steeds volledig worden ontwikkeld; in een aantal gevallen – met name in het basisonderwijs en de onderbouw – kan worden volstaan met de uitwerking van voorbeelden, zonder dat het concept formeel wordt geïntroduceerd.

Tabel 1.1. Concepten die in het basisonderwijs worden geïntroduceerd

	Systemconcepten				
Organisatie-niveaus	Biologische eenheid	Zelfregulatie en zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul					
Cel					
Orgaan-systeem	Orgaan	Ademhaling Spijsvertering Bloedsomloop	Zintuig		
Organisme	Plant Dier Mens	Voeding Levenscyclus Gezondheid	Gedrag Interactie met (a-) biotische factoren	Voortplanting Erfelijkheid	Fossiel Vorm en functie
Populatie	Soort				
Ecosysteem	Ecosysteem	Voedselketen			
Biosfeer	Biosfeer	Duurzame ontwikkeling			Biodiversiteit

Tabel 1.2. Concepten voor de onderbouw vmbo

Systeemconcepten					
Organisatie-niveaus	Biologische eenheid	Zelfregulatie en zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul					
Cel	Cel			Celdeling	
Orgaansysteem	Orgaan	Ademhaling Spijsvertering Transport	Zintuig Hormoon-huishouding		
Organisme	Plant Dier Mens Schimmel Bacterie	Homeostase Voeding Levenscyclus Gezondheid	Gedrag Interactie met (a-)biotische factoren	Voortplanting Erfelijkheid	Fossiel
Populatie	Soort Populatie				Genetische variatie
Ecosysteem	Ecosysteem	Voedselketen Kringloop			
Biosfeer	Biosfeer	Duurzame ontwikkeling			Biodiversiteit

Tabel 1.3. Concepten voor de bovenbouw vmbo basisberoepsgerichte (b) en kader-beroepsgerichte (k) leerweg, sector 'landbouw'

Systeemconcepten					
Organisatie-niveaus	Biologische eenheid	Zelfregulatie en zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul	DNA				
Cel	Cel			Celdeling	
Orgaansysteem	Orgaan	Instandhouding en groei ^{b, k} Ademhaling Spijsvertering Transport Uitscheiding ^{b, k} Afweer ^{b, k}	Zintuig Hormoon-huishouding		
Organisme	Plant Dier Schimmel Bacterie Virus ^{b, k}	Homeostase Fotosynthese ^{b, k} Voeding Levenscyclus Gezondheid	Gedrag Interactie met (a-)biotische factoren	Voortplanting Erfelijkheid	Fossiel
Populatie	Soort Populatie	Regulatie ^k Gedrag ^{b, k}			Genetische variatie Natuurlijke selectie ^k
Ecosysteem	Ecosysteem	Voedselketen Kringloop Dynamiek ^k Evenwicht ^{b, k}			
Biosfeer	Biosfeer	Duurzame ontwikkeling			Biodiversiteit

Tabel 1.4. Concepten voor de bovenbouw vmbo basisberoepsgerichte (b) en kaderberoepsgerichte (k) leerweg, sector 'zorg en welzijn-

	Systeemconcepten				
Organisatie-niveaus	Biologische eenheid	Zelfregulatie en zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul	DNA				
Cel	Cel	Metabolisme ^k		Celdeling	
Orgaan (systeem)	Orgaan	Instandhouding en groei ^{b, k} Ademhaling Spijsvertering Uitscheiding ^{b, k} Transport Afweer ^{b, k} Bewegen ^{b, k}	Zintuig Zenuwstelsel Hormoon-huishouding		
Organisme	Plant Dier Mens Schimmel Bacterie Virus ^{b, k}	Homeostase Voeding Levenscyclus Gezondheid	Gedrag Interactie met (a-) biotische factoren	Voortplanting Erfelijkheid	Fossiel
Populatie	Soort Populatie				Genetische variatie Natuurlijke selectie ^k
Ecosysteem	Ecosyteem	Voedselketen Kringloop			
Biosfeer	Biosfeer	Duurzame ontwikkeling			Biodiversiteit

Tabel 1.5. Concepten voor de bovenbouw vmbo, gemengde en theoretische leerweg

	Systeemconcepten				
Organisatie-niveaus	Biologische eenheid	Zelfregulatie en zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul	DNA				
Cel	Cel	Metabolisme		Celcyclus	
Orgaansysteem	Orgaan	Instandhouding en groei Ademhaling Spijsvertering Uitscheiding Transport Afweer Bewegen	Zintuig Zenuwstelsel Hormoon-huishouding		
Organisme	Plant Dier Mens Schimmel Bacterie Virus	Homeostase Fotosynthese Voeding Levenscyclus Gezondheid	Gedrag Interactie met (a-) biotische factoren	Voortplanting Erfelijkheid	Fossiel
Populatie	Soort Populatie				Genetische variatie Natuurlijke selectie
Ecosysteem	Ecosyteem	Voedselketen Kringloop Dynamiek Evenwicht			
Biosfeer	Biosfeer	Duurzame ontwikkeling			Biodiversiteit

Tabel 1.6. Concepten voor de onderbouw havo/vwo

	Systeemconcepten				
Organisatie-niveaus	Biologische eenheid	Zelfregulatie en zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul	DNA				
Cel	Cel	Metabolisme		Celcyclus	
Orgaansysteem	Orgaan	Instandhouding en groei Ademhaling Spijsvertering Uitscheiding Transport Afweer Bewegen	Zintuig Zenuwstelsel Hormoonhuishouding		
Organisme	Plant Dier Mens Schimmel Bacterie Virus	Homeostase Fotosynthese Voeding Levenscyclus Gezondheid	Gedrag Interactie met (a-) biotische factoren	Voortplanting Erfelijkheid	Fossiel
Populatie	Soort Populatie				Genetische variatie Natuurlijke selectie
Ecosysteem	Ecosysteem	Voedselketen Kringloop Evenwicht			
Biosfeer	Biosfeer	Duurzame ontwikkeling			Biodiversiteit

Tabel 1.7. Concepten voor de bovenbouw havo

	Biologische eenheid	Zelfregulatie en zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul	DNA		Genexpressie	DNA-replicatie	Mutatie Recombinatie
Cel	Cel	Transport Metabolisme Celdifferentiatie		Celcyclus	
Orgaan systeem	Orgaan	Instandhouding en groei Ademhaling Spijsvertering Uitscheiding Transport Afweer Bewegen	Zintuig Zenuwstelsel Hormoonhuishouding		
Organisme	Prokaryoot Eukaryoot Virus	Homeostase Fotosynthese Voeding Levenscyclus Gezondheid	Gedrag Interactie met (a-) biotische factoren	Voortplanting Erfelijkheid	Fossiel
Populatie	Soort Populatie				Genetische variatie Natuurlijke selectie Soortvorming
Ecosysteem	Ecosysteem	Energiestroom Kringloop Dynamiek Evenwicht	Voedselrelaties		
Biosfeer	Biosfeer	Duurzame ontwikkeling			Biodiversiteit

Tabel 1.8. Concepten voor de bovenbouw vwo

	Biologische eenheid	Zelfregulatie en zelforganisatie	Interactie	Reproductie	Evolutie
Molecuul	DNA		Genexpressie	DNA-replicatie	Mutatie Recombinatie
Cel	Cel	Transport Metabolisme Celdifferentiatie Celdood	Celcommunicatie	Celcyclus	
Orgaan systeem	Orgaan	Instandhouding en groei Ademhaling Spijsvertering Uitscheiding Transport Afweer Bewegen	Zintuig Zenuwstelsel Hormoonhuishouding		
Organisme	Prokaryoot Eukaryoot Virus	Homeostase Fotosynthese Voeding Levenscyclus Gezondheid	Gedrag Interactie met (a-) biotische factoren	Voortplanting Erfelijkheid	Fossiel
Populatie	Soort Populatie				Genetische variatie Natuurlijke selectie Soortvorming
Ecosysteem	Ecosysteem	Energiestroom Kringloop Dynamiek Evenwicht	Voedselrelaties		
Biosfeer	Biosfeer	Duurzame ontwikkeling			Biodiversiteit Ontstaan van het leven

Bijlage 2. Typering van de geselecteerde beroepscontexten, oriëntatie op maximaal mbo-niveau

2.1. Beroepscontexten relevant voor leerlingen basisberoepsgerichte en kaderberoepsgerichte leerweg sector 'landbouw'

1	Dierverzorging Een dierverzorger werkt bij veel verschillende organisaties zoals een asiel, een dierenpeciaalzaak, een dierentuin of een dierenartspraktijk. Een dierverzorger <ul style="list-style-type: none">• verzorgt gezonde en zieke dieren• geeft medicijnen• maakt dieren klaar voor een operatie• voert dieren en maakt hokken of kooien schoon• geeft voorlichting over de verzorging en voeding van dieren aan klanten.
2	Paarden- of veehouderij Een medewerker paarden- of veehouderij werkt met vee zoals koeien, varkens, pluimvee of paarden. Een medewerker paarden- en veehouderij <ul style="list-style-type: none">• voedt en verzorgt de dieren• is verantwoordelijk voor het schoonhouden van stallen en gebouwen• is betrokken bij de productie van zuivel- en vleesproducten• werkt veel met computers en machines
3	Plantenteelt, boomteelt en sierteelt Een medewerker van een plantenteeltbedrijf werkt in de groente- en fruitteelt of akker- en glastuinbouw. Een plantenteler <ul style="list-style-type: none">• voert alle werkzaamheden, vanaf de voorbereiding van de teelt tot en met de afzet, van begin tot eind uit• weet alles van de verschillende teelttechnieken, het groeiproces en weersinvloeden• weet veel van verschillende technieken die gebruikt worden in de plantenteelt
4	Hovenier, groenvoorziening en tuincentrumbranche Een medewerker bij een hoveniersbedrijf werkt in plantsoenen, parken, tuinen en bedrijfsterreinen. Hij is betrokken bij het ontwerp, de aanleg, het onderhoud en het beheer. Een medewerker bij een hoveniersbedrijf <ul style="list-style-type: none">• bereidt het werk aan een tuin voor of voert zelfstandig de tuinaanleg uit• weet veel van al het groen in onze leefomgeving• weet veel van allerlei constructiematerialen op het gebied van terrassen• weet veel van veiligheid en milieu in de omgeving waar hij werkt. Hierbij kun je denken aan bodemsanering, aan- en afvoer van grond en rioleringsystemen. Een medewerker in de groenvoorziening werkt bij groenvoorzieningsbedrijven, hoveniersbedrijven of bij een (gemeentelijke) plantsoendienst. Hij ontwerpt en legt het groen aan, onderhoudt het en beheert het.
5	Bos- en natuurbeheer Een medewerker bos- en natuurbeheer houdt zich voornamelijk bezig met werkzaamheden op het gebied van bosbeheer en natuur. Hij ontwerpt, legt aan en onderhoudt dit zogenaamde "groot groen". Een medewerker bos- en natuurbeheer <ul style="list-style-type: none">• geeft eventueel leiding aan een groep medewerkers• organiseert werkzaamheden en bereidt deze voor• begeleidt werkzaamheden en zorgt ervoor dat alles soepel verloopt.• geeft voorlichting aan bewoners en opdrachtgevers

6	<p>Voeding</p> <p>Een medewerker bij voedingsmiddelentechnologie werkt in een laboratorium van een voedingsmiddelen producerend bedrijf, een kwaliteitscontrolebedrijf of een keuringsdienst.</p> <p>Een medewerker voedingsmiddelentechnologie</p> <ul style="list-style-type: none"> ● heeft kennis van de strengste eisen aan bijvoorbeeld blikgroenten, snoep, babyvoeding, hondenbrokken en kroketten bestemd voor consumptie ● controleert voedingsmiddelen vanaf de grondstof tot aan het eindproduct ● voert regelmatige kwaliteitscontrole uit <p>Een kok werkt in de horeca, instellingskeuken, contractcatering en recreatie.</p> <p>De kerntaak van een kok is het plannen, organiseren en uitvoeren van de werkzaamheden in de keuken onder verantwoordelijkheid van een leidinggevende.</p> <p>Een kok</p> <ul style="list-style-type: none"> ● bereidt alle gerechten zelfstandig ● komt hij met initiatieven voor aanpassing en variatie van de menukaart en voor de werkwijze in de keuken ● houdt rekening met hygiëne en veiligheid
----------	---

2.2. Beroepscontexten relevant voor leerlingen basisberoepsgerichte en kaderberoepsgerichte leerweg sector 'zorg en welzijn'

1	<p>Verzorging</p> <p>Een verzorgende werkt in de thuiszorg, verzorgingshuizen en verpleeghuizen en verricht daarbij voornamelijk verzorgende, begeleidende en huishoudelijke werkzaamheden. Een verzorgende kan zich specialiseren binnen de kraamverzorging, zorg voor ouderen, kortdurende zorg en zorg voor chronisch zieken. Een verzorgende werkt meestal zelfstandig maar in complexe situaties onder leiding van een verpleegkundige.</p> <p>Een verzorgende</p> <ul style="list-style-type: none"> ● begeleidt hulpbehoevende mensen bij dagelijkse bezigheden ● is aanspreekpunt voor mensen onder begeleiding ● verzorgt de huishouding ● assisteert bij verpleging
2	<p>Sport en beweging</p> <p>Een sport en bewegingsleider werkt bij traditionele sportclubs maar ook bij overheidsinstanties en sportorganisatiebureaus of bij bedrijven die gespecialiseerd zijn in sportief toerisme.</p> <p>Een sport- en bewegingsleider</p> <ul style="list-style-type: none"> ● begeleidt mensen bij het sporten en zoekt de juiste manier van bewegen afhankelijk van wensen en vaardigheden ● signaleert vorderingen en problemen in de bewegingsvaardigheden en speelt hier tijdig op in ● assisteert mensen tijdens het leren van sporttechnische en -tactische vaardigheden ● ontwikkelt zelf de plannen en programma's en voert deze later ook uit

3	<p>Uiterlijke verzorging</p> <p>Een schoonheidsspecialist voert doorgaans in een eenpersoonspraktijk taken uit maar kan ook werken in teamverband in een grotere organisatie.</p> <p>De schoonheidsspecialist:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● analyseert de beginsituatie van een klant en stelt op basis daarvan een behandelingsplan voor schoonheidsverzorging van vrouwen en mannen op ● voert werkzaamheden uit gericht op de behandeling en verzorging van gelaat en lichaam en de cosmetische verzorging van handen en voeten ● komt dagelijks in contact met klanten in de salon of tijdens een behandeling aan huis ● heeft meestal een eigen onderneming <p>Een kapper voert in een kapsalon taken uit die betrekking hebben op</p> <ul style="list-style-type: none"> ● het voorbereiden, uitvoeren en evalueren van vaktechnische handelingen zoals permanenten, knippen en föhnen ● werkzaamheden die bijdragen aan een goede dienstverlening, waaronder hygiënisch werken, rekening houden met het milieu en rekening houden met arbeidsomstandigheden ● het bevorderen van een goede werksfeer in de salon
4	<p>Voeding</p> <p>Een kok werkt in de horeca, instellingskeuken, contractcatering en recreatie.</p> <p>De kerntaak van een kok is het plannen, organiseren en uitvoeren van de werkzaamheden in de keuken onder verantwoordelijkheid van een leidinggevende.</p> <p>Een kok</p> <ul style="list-style-type: none"> ● bereidt alle gerechten zelfstandig ● komt hij met initiatieven voor aanpassing en variatie van de menukaart en voor de werkwijze in de keuken ● houdt rekening met hygiëne en veiligheid <p>Een brood- en banketbakker is werkzaam in de ambachtelijke brood- en banketbakkerij. Hij heeft kennis van</p> <ul style="list-style-type: none"> ● technieken en processen die nodig zijn om zelfstandig kwalitatief hoogwaardige brood- en banketproducten te vervaardigen ● de behandeling en verwerking van aangeleverde grondstoffen ● de bereiding en verwerking van deeg- en beslagsoorten ● de bereiding en afwerking van brood- en banketproducten <p>Een belangrijk aspect bij de verwerking is de zorg en aandacht voor de veiligheid, persoonlijke- en bedrijfshygiëne die tot uitdrukking moeten komen in alle werkzaamheden</p>

2.3. Beroepscontexten relevant voor leerlingen van de gemengde en theoretische leerweg

1	<p>Verpleging en verzorging</p> <p>Een verpleegkundige werkt met patiënten en cliënten op vele gebieden van de gezondheidszorg. In een algemeen ziekenhuis werkt de verpleegkundige op alle afdelingen. Behalve in een algemeen ziekenhuis kan een verpleegkundige werken in een psychiatrisch ziekenhuis, verpleeghuis, bij een thuiszorginstelling, consultatiebureau of in de zorg bij verstandelijk gehandicapten.</p> <p>Een verpleegkundige</p> <ul style="list-style-type: none"> ● verpleegt, verzorgt en begeleidt mensen. ● zorgt ervoor dat iedereen op tijd zijn medicijnen krijgt ● geeft voorlichting aan de patiënt over het gebruik van de medicijnen. ● houdt de voorraad van de medicijnen bij ● houdt de patiëntenadministratie bij <p>Doktersassistenten zijn werkzaam binnen alle velden van de gezondheidszorg. Zo werken assistenten binnen poliklinieken van ziekenhuizen, huisartspraktijken, verpleeghuizen, bij Arbo- en bedrijfsgezondheidsdiensten, en bij commerciële gezondheidszorginstellingen</p> <p>Een doktersassistente</p> <ul style="list-style-type: none"> ● assisteert bij medisch-technische handelingen ● ondersteunt de praktijkorganisatie ● voert zelfstandig medisch-technische handelingen (onder eindverantwoordelijkheid van de arts) uit. Dit varieert van injecteren tot het maken van een hartfilmpje ● voert eenvoudig laboratoriumonderzoek (bijvoorbeeld bloed- en urineonderzoek). ● geeft voorlichting aan verschillende doelgroepen ● houdt de patiëntenadministratie bij
----------	--

2	<p>Sport en beweging</p> <p>Een sportcoördinator werkt als sportleider in een internaat of gevangenis, als instructeur in een fitnesscentrum, zwembad of in de buitensport. Een bewegingscoördinator of bewegingsagoog werkt als instructeur bij revalidatie van mensen na een ongeluk of ziekte.</p> <p>Een sportcoördinator kan ook terecht als trainer bij verschillende sportclubs.</p>
3	<p>Dierv verzorging</p> <p>Een dierenartsassistente assisteert de dierenarts bij alle voorkomende werkzaamheden.</p> <p>Een dierenartsassistente</p> <ul style="list-style-type: none"> • verwerkt gegevens zoals medicatie en diagnose • assisteert bij operaties (instrumenten aangeven, dieren kalmeren, operatiekamer voorbereiden, toedienen van narcose, de hygiëne van de operatietafel waarborgen) • geeft voorlichting over toediening van medicijnen en verzorging van dieren • voert zelfstandig eenvoudig laboratoriumonderzoek uit (urineonderzoek en microscopische preparaten beoordelen) <p>Een bedrijfsleider van een dierspecialzaak of diernasiel heeft kennis van dieren en de bedrijfsvoering van het type bedrijf.</p> <p>Een bedrijfsleider van een dierspecialzaak of asiel</p> <ul style="list-style-type: none"> • regelt de administratie • organiseert producten en handelt bestellingen af • stuurt diervverzorgers aan die grote en kleine dieren verzorgen • geeft aan welke voeding de dieren nodig hebben, wanneer ze gewassen moeten worden en hoe je de hokken schoonmaakt • geeft aan welke medicijnen dieren nodig hebben en in welke dosering
4	<p>Bos- en natuurbeheer</p> <p>Een opzichter bos- en natuurbeheer heeft een baan bij een natuurbeschermingsorganisatie of een organisatie gericht op bosbeheer en is voornamelijk bezig met het onderhoud van bossen en andere natuurgebieden</p> <p>Een opzichter bos- en natuurbeheer</p> <ul style="list-style-type: none"> • heeft kennis van bossen en natuurgebieden • weet veel van planten en bomen en het onderhoud aan afzonderlijke planten en gebieden • heeft een leidinggevende functie • herstelt calamiteiten in een natuurgebied • plant werkzaamheden, registreert uren en bestelt materialen • verricht inspecties en rapporteert deze • is het aanspreekpunt voor veel groepen mensen. Hierbij kun je denken aan omwonenden of het publiek dat de natuurgebieden bezoekt.
5	<p>Milieu</p> <p>Een milieufunctionaris werkt meestal bij een gemeentelijke instelling of bij milieu- en arbo afdelingen in industriële ondernemingen. Het beroep van milieufunctionaris staat in het teken van milieuzorg en milieukwaliteit.</p> <p>Een milieufunctionaris</p> <ul style="list-style-type: none"> • heeft de nodige kennis van bodemprocessen, waterbehandeling, het ecosysteem, planten, dieren en in de regelgeving geeft milieutoezicht uitvoering aan het milieubeleid • blijft op de hoogte van de ontwikkelingen op het vakgebied, omdat milieuregels regelmatig veranderen • geeft voorlichting aan verschillende doelgroepen <p>De Middenkaderfunctionaris Milieutechniek is onder meer werkzaam in de procesindustrie, bij milieudiensten, laboratoria en ingenieursbureaus</p> <p>De middenkaderfunctionaris milieutechniek</p> <ul style="list-style-type: none"> • heeft een brede kennis van zowel de procestechniek als van milieutechniek, milieuwetgeving en milieuzorgsystemen. • onderzoekt en optimaliseert productieprocessen of bedient en bewaakt milieutechnische installaties. • het bewaken, regelen en onderhouden van milieutechnische apparaten • het geven van adviezen op het gebied van milieuverantwoord produceren • het handhaven van milieuzorgsystemen • geeft voorlichting aan verschillende doelgroepen

Bijlage 3.

Typering van de geselecteerde beroepscontexten, oriëntatie op hbo-niveau

1	Verpleging Verpleegkundigen werken in ziekenhuizen, in de psychiatrie, revalidatiecentra, de gehandicaptenzorg, verpleeg- en verzorgingshuizen en in de thuiszorg. Voor een goede uitoefening van het beroep is biologische en medische kennis beslist noodzakelijk. Een verpleegkundige houdt zich bezig met het geven van verpleegkundige zorg. Hieronder valt basiszorg (wassen, aankleden, verschoneren), wondzorg, observatie en rapportage naar arts en familie. De verpleegkundige moet op de hoogte zijn van de ziektegeschiedenis van de patiënt (infecties, trauma's, operaties, medicijngebruik, stofwisselingsziekten enz.). Vooral infecties zijn belangrijk i.v.m. uitbraken, resistentie, veiligheid van het personeel (HIV, SARS, Ebola, tuberculose, MRSA).
2	Medisch-laboratoriumpraktijk Binnen een Klinisch Microbiologisch Laboratorium worden 5 verschillende afdelingen onderscheiden: 1. bacteriologie 2. virologie 3. serologie 4. parasitologie 5. moleculaire diagnostiek. Patiëntenmateriaal in de vorm van sputum, feces, bloed, urine, uitstrijkjes, punctaten enz. komt binnen op het lab en wordt op een of meerdere van deze afdelingen onderzocht. www.lumc.nl
3	Biologisch-laboratoriumpraktijk De biologisch analist is te vinden in onderzoekslaboratoria. Zij ondersteunen bij biowetenschappelijk onderzoek met bepalingen van velerlei aard. Het spectrum loopt van genetische analyse tot bijvoorbeeld het bekijken en analyseren van eigenschappen van verschillende plantaardige objecten zoals sporen, hout en bladeren. Daarbij hoort het maken van preparaten.
4	Fysiotherapie Een fysiotherapeut is gespecialiseerd in afwijkingen en stoornissen in het bewegingsapparaat en/of het voorkomen daarvan. De opleiding is praktijkgericht, dat betekent dat je veel praktijklessen krijgt. Daar wordt geleerd klachten te onderzoeken, de juiste therapie te kiezen en een behandelplan op te zetten. Patiënten kunnen worden behandeld met bewegingstherapie, massagetherapie en/of fysische therapie.
5	Natuurbeheer Mensen die in natuurbeheer werkzaam zijn adviseren over de aanplant van bossen en de exploitatie van bos- en natuurgebieden, onder andere. Natuurlijk moet al die flora en fauna onderhouden en hersteld worden. Bos- en natuurbeheerders hebben milieutechnisch en bedrijfskundig inzicht. Dat laatste is onmisbaar bijvoorbeeld als kaderfunctionaris - een leidinggevende functie - gaat werken bij landinrichtingsdiensten, het rijksinstituut voor natuurbeheer, de recreatieschappen, gemeentes, provincies en waterschappen of adviesbureaus. Sommigen die in deze context werken zijn een eigen bedrijf begonnen.
6	Milieukundige adviespraktijk De milieukundige houdt zich bezig met ecologische processen en de wisselwerking tussen milieu en mens, in de meest brede zin. De opleidingsprogramma's wisselen nogal per Hogeschool. In de propedeuse worden basisvakken chemische en fysieke milieuhygiëne, civiele techniek, ruimtelijke ordening, economie, etc. gevolgd. Verder maken studenten kennis met milieuproblematiek en natuurbeheer. Tijdens de hoofdfase verdiepen studenten zich in diverse 'technische vakken'.
7	Plantenveredeling Plantenveredelaar X is bij zijn bedrijf eindverantwoordelijk voor de veredeling van komkommer, meloen, courgette en pompoen. Een in vitro populatie van komkommerachtigen met gecreëerde genetische variatie worden aan verschillende selectiecriteria onderworpen. Hierbij is het de bedoeling om hybride rassen te ontwikkelen die zijn aangepast aan de specifieke eisen van de professionele tuinder. Onderzoek bestaat in deze werkzaamheden uit een studie van genetische bronnen (genenbank), het bestuderen van de genetica, het ontwikkelen van ouderlijnen d.m.v. natuurlijke selectie en met behulp van moleculaire technieken. Het maken van hybriden met die ouderlijnen en selectie van die hybriden die goed gedijen onder markt omstandigheden (in de kas bij de tuinder/ klant).

8	<p>Landschapsinrichting</p> <p>Het werk kan op veel manieren voorkomen op het gebied van agrarisch natuurbeheer. Een deel van zijn onderzoek bestaat uit onderzoek naar de relatie tussen standplaats, voorkomen en beheer van planten. Op een hoger niveau wordt gekeken naar de inpasbaarheid van natuur op agrarische bedrijven.</p>
9	<p>Voedingsmiddelentechnologie</p> <p>De technoloog kan gaan werken als verkoper; deze is het aanspreekpunt voor de klant: met technische kennis kan de klant geadviseerd worden. Ook het optimaliseren van productieprocessen en het uitvoeren van kwaliteitsbewaking zijn mogelijkheden. Bij de ontwikkeling van producten kan meegewerkt worden aan het optimaliseren van de verkoop- en marketingplanning. Zowel productiebedrijven, onderzoeks- of controle-instellingen als marketingbureaus zijn mogelijke werkgevers. Opgaven waarin warenwet, milieuzaken, marktonderzoek etc. voorkomen zijn het werkterrein van de levensmiddelentechnoloog.</p>
10	<p>Biotechnologie</p> <p>De functionaris houdt zich bezig met productiesystemen die vaak gebruik maken van micro-organismen. Door het reguleren van de omstandigheden, bijvoorbeeld in fermentoren, wordt een optimale productie bereikt. Producten variëren van grondstoffen voor geneesmiddelen, wasmiddelen, voeding en industrie. Een andere inhoud is het produceren van nieuwe micro-organismen bijvoorbeeld gist ten behoeve van de verkoop</p>
11	<p>Dierhouderij-technologie</p> <p>De studie leidt op tot zoötechnisch ingenieur (ing.). Onderwerp van studie is de verbetering van producten uit de dierhouderij. Dit kan door verbetering van voeding, huisvesting, verzorging en medische zorg van dieren binnen en buiten de agrarische sector. De opleiding is breed opgezet; studenten doen zowel exacte kennis, kennis van talen als economische kennis op. Verder komen nieuwe onderwerpen als informatica en milieu aan bod.</p>

Bijlage 4.

Typering van de geselecteerde beroeps- en wetenschappelijke contexten, oriëntatie op wo-niveau

4.1. Beroepscontexten: toepassingscontexten op universitair niveau. Veel van WO opgeleiden werken als onderzoeker in een van onderstaande wetenschapscontexten

1	Huisartsenpraktijk Er zijn ongeveer 6000 huisartsen in Nederland. De huisarts diagnosticeert en behandelt de gezondheidsklachten van de patiënt (lichamelijke en geestelijke). Hij/zij verricht indien nodig lichamelijk onderzoek, behandelt de klachten direct (bv. Eerste Hulp), schrijft medicijnen voor of verwijst door naar een specialist. Er komen ongeveer 30 patiënten per dag bij de huisarts op spreekuur en er worden 3-5 huisbezoeken afgelegd. De huisarts krijgt in zijn praktijk te maken met diverse soorten gezondheidsproblemen: diabetes, infecties, gewrichtsklachten, eetstoornissen, psychische klachten, stressproblemen, astma, kanker, kinderziektes, ouderdomsproblemen, hart- en vaatziekten, seksueel overdraagbare aandoeningen, zwangerschap en bevalling enz. Preventie en voorlichting zijn belangrijke aspecten van de praktijk: kanker (roken), voeding, allergie, beweging, alcohol, anticonceptie, vaccinatie enz. De huisarts kan in zijn praktijk eenvoudige testen uitvoeren. De huisarts krijgt te maken met ethische vragen en keuzes, abortus, euthanasie enz. Betrokken concepten o.a.: gezondheid, gedrag, orgaan, afweer, voeding, levenscyclus, interactie met (a-) biotische factoren... www.artsennet.nl
2	Tandartsenpraktijk De tandarts verricht preventief onderzoek en past preventieve behandeling toe om het gebit in goede conditie te houden. De tandarts geeft advies over verzorging van het gebit. De tandarts diagnosticeert en behandelt de gebitsklachten van de patiënt. Hij/zij verricht indien nodig nader onderzoek. Behandelt het gebit door het verder voorkomen van cariës, herstelt de functie van het gebit door bijvoorbeeld het aanbrengen van kronen en bruggen. De tandarts behandelt direct of op afspraak. Schrijft zo nodig medicijnen voor of verwijst door naar een specialist. De tandarts moet deskundig zijn op gebied van het functioneren van het menselijk lichaam, het gebit en de spijsvertering in het bijzonder. De tandarts heeft technische vaardigheid . www.tandarts.nl
3	Apotheek Apothekers zijn een belangrijke schakel in de gezondheidszorg en moeten een deskundig en persoonlijk advies kunnen geven over het gebruik en de werking van geneesmiddelen. Er zijn 4600 apothekers in Nederland. De apotheker moet deskundig zijn op het gebied van de biochemie, fysiologie, anatomie, celprocessen, isolatieprocessen, productieprocessen, celmembranen en celopname, receptoren, genetische manipulatie, zuiverheid van stoffen, modelsystemen (proefdieren, celkweken), opname en transport processen in het lichaam, metabolisme, epidemiologie, ziekteprocessen. De medicijnen moeten worden afgestemd op de kenmerken van de patiënt, en eventuele interactie beoordeeld op risico. www.apotheek.net , www.rivm.nl , www.knmp.nl
4	Dierenartsenpraktijk Driekwart van de 2000 dierenartsen werkt in een praktijk (landbouwhuisdieren, kleine huisdieren). De rest werkt voornamelijk in de veevoederindustrie, de farmaceutische industrie (dierproeven) en bij overheidsinstellingen. Dierenartsen houden zich bezig met twee hoofdtaken: 1. De diergeneeskundige praktijkuitoefening: de zorg voor gezondheid en welzijn van dieren door het verlenen van geneeskundige hulp. 2. De veterinaire volksgezondheid, waarin de gezondheid van de mens centraal staat. Hierbij gaat het vooral om de bewaking van de kwaliteit en veiligheid van producten als vlees, melk en eieren enz. Controle op bv. met ziektekiemen besmet vlees, resten van diergeneesmiddelen, bestrijdingsmiddelen en zware metalen. Ook de zorg voor import en export van levende dieren is aan deze dierenartsen toevertrouwd. www.vet.uu.nl , www.aap.nl

4.2. Beroepscontexten: technologische contexten op universitair niveau. Voorbeelden met betrekking tot gezondheid, voeding en duurzaamheid

1	<p>Gezondheidskundig</p> <p>Op universitair niveau wordt gewerkt aan systemen in de gezondheidszorg die de patiëntenzorg optimaliseren, de zorgorganisatie verbeteren en de foutenkans verkleinen. Belangrijke aspecten zijn ketenzorg, voorkomen van infecties, instellen van bevoegdheden. Voor deze contexten is biologische kennis vereist, zeker gebied van het functioneren van menselijk lichaam, het immuunsysteem, etc.</p>
2	<p>Farmacologisch</p> <p>Op universitair niveau wordt bij farmacologische technologie gewerkt aan een uit de research voortkomende werkzame stof die geschikt wordt gemaakt voor farmacotherapeutisch gebruik. Toedieningsvormen worden ontworpen die de werkzame stof op de juiste plaats brengen in de juiste hoeveelheid over de gewenste periode. www.nefarma.nl, www.biofarmind.nl</p>
3	<p>Voeding</p> <p>Op universitair niveau wordt bij voeding gewerkt aan optimalisatie van plantaardige en dierlijke productiesystemen. Daarvoor worden technologische oplossingen ontworpen op basis van toegepast wetenschappelijk en fundamenteel wetenschappelijk onderzoek. Doel van de technologie is het beschikbaar maken van gevalideerde productiesystemen voor de toepassingscontexten.</p>
4	<p>Veredeling</p> <p>Op universitair niveau wordt aan veredeling gewerkt door het uitwerken van methodieken van versnelde kruising, typering, mutagenese en modificatie. De gevonden technologieën komen toepasbaar in de markt en worden dus beschikbaar voor de toepassende veredelingsbedrijven. De technologieën zijn gebaseerd op uitkomsten van toegepast en fundamenteel wetenschappelijk onderzoek.</p>
5	<p>Grond- en waterzuivering</p> <p>Op universitair niveau wordt gewerkt aan opschalen en daarmee toepasbaar maken van methoden van biologische zuivering van grond en water. De gevonden technologie wordt toegepast door zuiveringsbedrijven.</p>
6	<p>Energie</p> <p>Op universitair niveau wordt gewerkt aan opschaling en daarmee toepasbaar maken van productie van alcohol, biodiesel en andere energiedragers door fermentatie. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van resultaten van toepast en fundamenteel wetenschappelijk onderzoek.</p>

4.3. Toegepast wetenschappelijke contexten met betrekking tot gezondheid, voeding, duurzaamheid en forensisch onderzoek

(Gezondheid)	
1	<p>Biomedisch onderzoek</p> <p>Het RIVM en de GGDs doen onderzoek naar de gezondheid van de Nederlandse bevolking, bijvoorbeeld naar levensverwachting en roken of obesitas, de ziekte van Lyme. http://www.rivm.nl/</p>
2	<p>Influenza onderzoek</p> <p>Diverse instanties doen onderzoek aan influenza verspreiding en typering. Dit onderzoek is gericht op het beschikbaar maken en hebben van de juiste antistoffen om preventief te enten. Dit toegepast onderzoek vindt onder andere plaats bij het RIVM.</p>
3	<p>Onderzoek naar gezondheidseffecten van stralen en stoffen</p> <p>Diverse instanties doen op verzoek van bedrijven of instellingen onderzoek naar de effecten van bepaalde in producten te verwerken stoffen of naar de effecten van door producten geleverde straling. Dit onderzoek vindt onder andere plaats bij RIVM.</p>
(Voeding)	
4	<p>Allergieonderzoek van voedingsmiddelen</p> <p>Op verzoek van bedrijven of instellingen wordt hier onderzoek gedaan naar effecten van in voedingsproducten verwerkte stoffen. Het kan gaan om allergie maar natuurlijk ook om toxiciteit. Onderzoek vindt plaats bij bedrijfsmatige aanbieders of bij eigen laboratoria van voedingsmiddelen producenten zoals Unilever.</p>
5	<p>Optimalisatie van plantaardige productiesystemen en marine productiesystemen</p> <p>Op verzoek van agrarische bedrijven of bedrijfsschappen wordt onderzoek gedaan naar optimale omstandigheden voor plantaardige productiesystemen. Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan aan Wageningen Universiteit en Researchcentrum.</p> <p>Het Innovatie Platform heeft het aandachtsgebied Food&Flowers.</p> <p>Uit het RIVO en TNO Ecologie is ontstaan IMARES in Wageningen, het Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies dat zich onder ander bezig houdt met visserij en aquacultuur.</p> <p>De Voedsel en Waren Autoriteit (VVA) onderzoekt en bewaakt veiligheid van voedsel.</p>
6	<p>Biologische productiesystemen</p> <p>Het onderzoek richt zich op het begrijpen van dynamiek en het verbeteren van biologische productiesystemen mbv genomics en genetische modificatie.</p> <p>Bij het Kluyver Instituut wordt gewerkt aan industriële fermentatieprocessen.</p>
(Duurzaamheid)	
7	<p>Grond en water zuivering</p> <p>Het onderzoek naar mogelijkheden om bepaalde verontreinigingsproblematieken op te lossen. Opdrachtgevers zijn te vinden bij overheden maar ook bij toepassingsbedrijven die een beroep doen op wetenschappelijke ondersteuning.</p>
8	<p>Milieueffecten</p> <p>Het onderzoeken van methoden van optimale voorspellers van milieueffecten. De voorspellers worden gebruikt door bedrijven die milieueffectrapportage uitvoeren of mensen in het beleid om politieke standpunten te bepalen.</p>
9	<p>Natuurbeheer</p> <p>Onderzoek naar het optimaliseren van natuurbeheer door onderzoek naar interacties binnen ecosystemen, populatie ecologie van grote herbivoren (bv Natuurbeheer/ Nature Conservation bij Universiteit Wageningen), beheer in dierentuinen, natuurmusea, plagenbestrijding enz.</p>
(Forensisch onderzoek)	
10	<p>Forensisch onderzoek</p> <p>NFI, Den Haag. Het doel van het biologisch onderzoek op het NFI is om ten behoeve van het voorkomen, het opsporen en het vervolgen in strafzaken de vraag te beantwoorden van welke persoon biologisch sporen materiaal afkomstig kan zijn.</p>

4.4. Fundamenteel wetenschappelijke contexten³⁵

1	<p>Signaaloverdracht bij adaptatie (BR) Het onderzoek richt zich op het begrijpen van de aanpassing van cellen en organismen aan een veranderende omgeving, hoe deze veranderingen in hun omgeving waarnemen en daar vervolgens op reageren. Voorbeelden zijn het onderzoek aan de versnelling van strekkingsgroei bij Moeraszuring, de detectie van buurplanten, en het bepalen van het tijdstip van bloei.</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan aan de Universiteit van Amsterdam, de Vrije Universiteit, de Radboud Universiteit, de Universiteit van Utrecht en Wageningen Universiteit en Researchcentrum.</p>
2	<p>Werking van het zenuwstelsel (BR) Het onderzoek richt zich op het begrijpen van prikkeloverdracht en het functioneren van de hersenen. Mbv nieuwe technieken kan op moleculair niveau onderzoek gedaan worden naar eiwitten, en mbv fMRI lokalisatiestudies naar allerlei hersenfuncties. Computermodellen zullen een belangrijke rol spelen. Er blijft een maatschappelijke vraag naar inzicht in oorzaak en behandeling van centraal zenuwstelsel gerelateerde ziekten. (Prof. Wadman, UvA)</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan aan de Universiteit van Amsterdam, de Vrije Universiteit, de Rijksuniversiteit Groningen, de Radboud Universiteit en de Universiteit van Utrecht. Verder vindt onderzoek plaats in Universitaire/academische medische centra, het Interuniversitair Oogheelkundig Instituut en het Nederlands Instituut voor Hersenonderzoek. Het aandachtsgebied Van neuron tot gedrag gedefinieerd en de RMW heeft een aandachtsgebied Neurowetenschappen.</p>
3	<p>Regulatie van cellulaire fysiologie (BR) Het onderzoek richt zich op het begrijpen van cellulair gedrag op basis van interacties van macromoleculen, de emergente eigenschappen van netwerken van moleculen. (Prof. Westerhoff, VU)</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan aan de Universiteit van Amsterdam, de Vrije Universiteit, de Rijksuniversiteit Groningen, de Radboud Universiteit en de Universiteit van Utrecht. Verder vindt onderzoek plaats in Universitaire/academische medische centra. NWO heeft het aandachtsgebied Functional Genomics en Proteomics gedefinieerd en de RMW heeft een aandachtsgebied Endocrinologie.</p>
4	<p>Ontwikkelingsprocessen (BR) Het onderzoek richt zich op het begrijpen van de ontwikkeling van embryo tot een volwassen organisme. Diverse mechanismen die daaraan ten grondslag liggen blijken vergelijkbaar te zijn bij verschillende organismen, bijvoorbeeld 'genomic imprinting' of 'homeobox'-eiwitten. (Prof. Mariani, KU Nijmegen)</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan aan Wageningen Universiteit en Researchcentrum, de Radboud Universiteit en de Universiteit van Utrecht. Verder vindt onderzoek plaats in het Hubrecht Laboratorium. NWO heeft het aandachtsgebied Van moleculen tot cellen gedefinieerd en de RMW heeft aandachtsgebieden voor Ontwikkeling, groei en differentiatie en Genetica.</p>
5	<p>Multitrofe interacties (BR) Het onderzoek richt zich op het begrijpen van overlevingsstrategieën van soorten in relatie tot hun interacties met andere soorten. Dergelijke interacties, bijvoorbeeld tussen plant, insect en natuurlijke vijand, spelen een belangrijke rol in de natuurlijke selectie. Zo maken natuurlijke vijanden gebruik van signalen van beschadigde planten om hun prooi te lokaliseren. Plantenwortels scheiden exudaten uit die niet-pathogene bacteriën stimuleren, die de aantasting van pathogenen remmen. Inzicht in multitrofe interacties, in de werking van signalen in afweer en aantrekking, geeft niet alleen een kijkje in de evolutionaire arena, maar vormt bovendien de basis voor een duurzame productie van land- en tuinbouwgewassen. (Prof. van der Meijden, RU Leiden).</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan aan Wageningen Universiteit en Researchcentrum en de Rijksuniversiteit Leiden. Verder vindt onderzoek plaats bij de Plantenziektkundige Dienst(LNV) en het Nederlands Instituut voor Ecologie.</p>

³⁵ Volgens de disciplineplannen van de Biologische Raad (BR) en de Raad voor de Medische Wetenschappen (RMW). In het overzicht is aangegeven aan welke Nederlandse universiteiten of onderzoeksinstituten het onderzoek wordt uitgevoerd.

6	<p>Dynamiek van biodiversiteit (BR)</p> <p>Het onderzoek richt zich op het begrijpen van het ontstaan, het zich handhaven en het verdwijnen van soorten. Het leven op aarde is geëvolueerd tot de huidige diversiteit van naar schatting tien miljoen verschillende soorten. Deze biodiversiteit vertegenwoordigt een onvervangbaar goed, doordat zij de mens voorziet van voedsel, materialen, brandstoffen en medicijnen, en bijdraagt aan het welbevinden van de mens door haar esthetische, culturele en recreatieve waarden. Daarnaast regelt biodiversiteit vitale ecosysteemfuncties als nutriëntencycli en de natuurlijke regulatie van genen en plagen. Wereldwijd verdwijnt de diversiteit met alarmerende snelheid als gevolg van habitatfragmentatie, ontbossing, vervuiling en de introductie van exoten.</p> <p>Hoe ontstaat biodiversiteit, wat is de aard en omvang van de te beschermen diversiteit voor een ecosysteemfunctie, wat is de invloed van klimaatverandering, hoe interpreteer je informatie uit het monitoren van veranderingen. (Prof. Menken, UvA)</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan aan de Universiteit van Amsterdam en de Rijksuniversiteit Leiden. Verder vindt onderzoek plaats bij het Nationaal Herbarium Nederland en het RIVM. NWO heeft de aandachtsgebieden: Biodiversiteit in relatie tot Global Change, De gekoppelde bio-geosfeer, Klimaatvariabiliteit en Bio- en geoinformatica en Monitoring gedefinieerd. Het NGI heeft het aandachtsgebied Genomics for the sustainable world gedefinieerd (maakt nu deel uit van het thema sustainability).</p>
7	<p>Ecosysteemprocessen (BR)</p> <p>Het onderzoek richt zich op parameters die dynamiek in ecosystemen bepalen. De mens maakt op allerlei wijzen gebruik van ecosystemen. Daartoe is gedetailleerde kennis nodig van de processen die daarbinnen een rol spelen. Hoe krijgt men voedsel van hoge kwaliteit met zo weinig mogelijk milieubelasting? Biologische regelmechanismen worden bestudeerd, men onderscheidt groeidefiniërende factoren, groeibeperkende factoren en groeikortende factoren. Niet alleen voor de landbouw, maar ook voor natuurlijke ecosystemen zijn deze begrippen van nut, zowel de groei van savannen als ook boreale bossen in Noord-Zweden bleek beperkt door een tekort aan voedingsstoffen.</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan aan de Vrije Universiteit, de Rijksuniversiteit Groningen, de Radboud Universiteit en aan het Wageningen Universiteit en Researchcentrum Verder vindt onderzoek plaats bij het Nederlands Instituut voor Ecologie, het NIOZ (NWO), het RIVM en het RIVO.</p> <p>Zowel NWO als het Innovatie Platform hebben het aandachtsgebied Water gedefinieerd.</p>
8	<p>Genomics en genetische modificatie</p> <p>Het onderzoek richt zich op genomics en genetische modificatie. Dit kan worden toegepast in verschillende thema's.</p> <p>Het Netherlands Genomics Initiative NGI heeft als onderzoeksgebieden voedsel, gezondheid en duurzaamheid benoemd.</p> <p>Ten aanzien van micro-organismen wordt onderzoek gedaan aan het Kluiver Instituut, aan de Technische Universiteit Delft (Kluiver Centrum) i.s.m. o.a. Rijksuniversiteit Leiden Rikilt, het Instituut voor Voedselveiligheid is o.a. actief bij de detectie en veiligheidsbeoordeling van genetisch gemodificeerde organismen (GGO's).</p>
9	<p>Beloop en preventie van multi-factoriële chronische aandoeningen (RMW)</p> <p>Het onderzoek richt zich op het begrijpen en behandelen van astma, COPD, Multipele Sclerose, reumatoïde artritis, kanker en Alzheimer. Multifactoriële aandoeningen ontstaan door combinaties van genetische aanleg, 'spontane' mutaties in een of meerdere genen, omgevingsfactoren en leefstijl. Hoewel deze groep van aandoeningen, waaronder de meeste chronische ziekten vallen zeer veel voorkomt, is er nog maar weinig bekend over de verschillende specifieke interacties die tot het ontstaan en het beloop van multifactoriële ziekten leiden. Voorwaarden voor het onderzoek naar deze aandoeningen zijn de beschikbaarheid van voldoende lichaamsmateriaal en aanvullende gegevens van zowel zieke als gezonde individuen, alsmede de aanwezigheid van de benodigde onderzoekstechnieken en statistische methoden (bio-informatica).</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan bij het Nederlands Kanker Instituut-AVL, alle Universitaire/ academische medische centra, het Interuniversitair Cardiologisch Instituut, het Nederlands Instituut voor Hersenonderzoek, het NIGZ en het NIVEL. De RMW heeft de aandachtsgebieden: Geriatrie, Ademhalingsstelsel, Cardiovasculaire research, Voeding en het spijsverteringsstelsel en Oncology gedefinieerd. Het NGI heeft het aandachtsgebied Genomics for the aging world gedefinieerd (maakt nu deel uit van het thema health).</p>

10	<p>Immunology (RMW) Het onderzoek richt zich op het begrijpen van het immuunsysteem en het behandelen van verstoringen in het immuunsysteem.</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan bij het Erasmus Medisch Centrum Rotterdam, in samenwerking met alle Universitaire/academische medische centra, en bij RIVM infectieziekten.</p>
11	<p>Geneesmiddelenonderzoek drug-target discovery fase en klinische ontwikkeling (RMW) Het onderzoek richt zich op het begrijpen van werkingsmechanismen van mogelijke medicijnen en de klinische ontwikkeling van medicijnen.</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan bij de Universiteit van Utrecht Farmacologie in samenwerking met alle Universitaire/academische medische centra.</p>
12	<p>Tissue engineering (RMW) Het onderzoek richt zich op het construeren van organen of orgaandelen.</p> <p>Onderzoek aan dit onderwerp wordt gedaan bij de Technische Universiteit Eindhoven in samenwerking met de Universiteit van Maastricht.</p>

Bijlage 5.

Concept examenprogramma Biologie HAVO

Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (11 juni 2007; versie 13)

Inrichting van het examen

Het examenprogramma kent de volgende opbouw:

Vaardigheden

domein A1: Algemene vaardigheden (24-01-2007 bètabreed vastgesteld)

domein A2: Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technische vaardigheden (24-01-2007 bètabreed vastgesteld)

domein A3: Biologische vakvaardigheden

Concepten en contexten

domein B1: Biologische eenheid

domein B2: Regulatie en zelforganisatie

domein B3: Interactie

domein B4: Reproductie

domein B5: Evolutie

Deel A Verdeling over het CE en SE. (CVBO besluit april 2007)

Domeinen	CE	SE
A1. Algemene vaardigheden	A1.1 t/m A1.3	A1.1 t/m A1.4
A2 Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technische vaardigheden	A2.1 t/m 2.6	A2.1 t/m A2.9
A3 Biologische vakvaardigheden	A3.8 t/m A3.11	A3.1 t/m A3.11

Deel B Verdeling over het CE en SE. (CVBO besluit 2007)

Domeinen	CE	SE
B1. Biologische eenheid	B1.1 t/m B1.6	B1.7
B2. Regulatie en zelforganisatie	B2.1 t/m B2.4	B2.5
B3. Interactie		B3.1 t/m B3.4
B4. Reproductie		B4.1 t/m B4.3
B5. Evolutie	B5.1, B5.2, B5.3	B5.4

havo-domein A. Vaardigheden

A1 Algemene vaardigheden — profieloverstijgend niveau

A1.1 Informatievaardigheden

De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

A1.2 Communiceren

De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.

A1.3 Reflecteren op leren

De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op eigen belangstelling, motivatie en leerproces.

A1.4 Studie en beroep

De kandidaat kan toepassingen en effecten van vakkennis en vaardigheden in verschillende studie- en beroepssituaties herkennen en benoemen. Daarnaast kan de kandidaat een verband leggen tussen de praktijk van deze studies en beroepen en de eigen kennis, vaardigheden en belangstelling.

A2 Wiskundige, natuurwetenschappelijke en technische vaardigheden — bètaprofielniveau

A2.1 Onderzoeken

De kandidaat kan een vraagstelling in een geselecteerde context analyseren, gebruikmakend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken.

A2.2 Ontwerpen

De kandidaat kan een ontwerp op basis van een gesteld probleem voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen/theorie gebruiken.

A2.3 Modelvorming

De leerling kan een realistische contextsituatie analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren en het model toetsen en beoordelen.

A2.4 Redeneren

De kandidaat kan met gegevens van wiskundige en natuurwetenschappelijke aard consistente redeneringen opzetten van zowel inductief als deductief karakter.

A2.5 Waarderen en oordelen

De kandidaat kan een beargumenteerd oordeel over een situatie in de natuur of een technische toepassing geven, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten en persoonlijke uitgangspunten.

A2.6 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden

De kandidaat kan een aantal voor het vak relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden correct en geroutineerd toepassen bij vakspecifieke probleemsituaties.

A2.7 Kennisvorming*

De kandidaat kan weergeven hoe natuurwetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen natuurwetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze aan betrouwbare antwoorden komen.

A2.8 Toepassing van kennis*

De kandidaat kan analyseren hoe natuurwetenschappelijke en technische kennis wordt toegepast en kan reflecteren op de wisselwerking tussen natuurwetenschap, techniek en samenleving.

A2.9 De invloed van natuurwetenschap en techniek*

De kandidaat kan oordelen over de betrouwbaarheid van toegepaste natuurwetenschappelijke kennis en een eigen mening over maatschappelijk-natuurwetenschappelijke vraagstukken vormen.

**) de eindtermen A2.7 t/m A2.9 gelden alleen voor de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde*

Domein A3: Biologische vakvaardigheden

A3.1 Beleven en waarderen

De kandidaat kan gevoelens en betekenissen expliciteren die worden opgeroepen door het omgaan met biologische eenheden en aandacht schenken aan de gevoelens en betekenissen die anderen daarbij expliciteren.

A3.2 Kiezen

De kandidaat kan een keuze maken of een standpunt bepalen ten aanzien van met biologische kennis verworven mogelijkheden op basis van afweging van de mogelijkheden en daarmee samenhangende maatschappelijke en ethische consequenties.

A3.3 Technisch-instrumentele vaardigheden

De kandidaat kan op een verantwoorde manier omgaan met voor het vak relevante instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

A3.4 Vaktaal, conventies en notaties

De kandidaat kan de correcte vakspecifieke taal en terminologie interpreteren en produceren, inclusief de daarbij inbegrepen formuletaal, conventies en notaties.

A3.5 Vakspecifiek gebruik van de computer

De kandidaat kan de computer gebruiken bij modelleren en visualiseren van verschijnselen en processen, en voor het verwerken van gegevens.

A3.6 Risico inventarisatie en veilig werken

De kandidaat kan een risico inventarisatie opstellen, experimenten veilig uitvoeren en de risico-inventarisatie evalueren.

A3.7 Vakspecifieke activiteiten

De kandidaat kan de in biologische praktijken voorkomende activiteiten: beheren, behandelen, verzorgen, consumeren en produceren, onderkennen en daarbij opvattingen en criteria inventariseren, vergelijken en becommentariëren

A3.8 Vorm-functie denken

De kandidaat kan redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven vorm van een biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht, en andersom.

A3.9 Ecologisch denken

De kandidaat kan redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat de gevolgen van interne of externe veranderingen in een levensgemeenschap of ecosysteem zijn.

A3.10 Evolutionair denken

De kandidaat kan redeneringen hanteren waarbij uiteen wordt gezet wat het adaptieve voordeel is van veranderingen die zich in de loop van de tijd hebben voorgedaan.

A3.11 Systemdenken

De kandidaat kan een onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uiteenzetten hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zichzelf in stand houden en ontwikkelen.

B: Concepten en contexten

Toelichting

(1) De kandidaat kan de concepten die hieronder zijn aangegeven gebruiken in leefwereldcontexten en in beroepscontexten. Alle beroepscontexten zijn relevant waarvoor een hogere beroepsopleiding is vereist.

(2) Op het examen wordt getoetst of leerlingen concepten in één van de typen contexten die zijn aangegeven kunnen gebruiken.

Met 'gebruiken' wordt in onderstaande eindtermen bedoeld dat de kandidaat:

- een beschrijving kan volgen van de wijze waarop het concept bij uitvoering van een of meer activiteiten in een context wordt gehanteerd en aan een discussie daarover kan deelnemen,
- kan uitzoeken hoe het concept bij uitvoering van een of meer activiteiten in een context wordt uitgewerkt of gehanteerd en daarover kan rapporteren,
- een standpunt kan bepalen ten aanzien van de normatieve kwesties die een rol spelen bij de wijze waarop het concept bij uitvoering van een of meer activiteiten wordt gehanteerd,
- het concept bij uitvoering van activiteiten kan hanteren en criteria kan formuleren waaraan daarbij moet worden voldaan (alleen in sommige leefwereldcontexten).

Domein B1: Biologische eenheid

- B1.1 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op moleculair niveau met behulp van het concept DNA.
- B1.2 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op cellulair niveau met behulp van het concept cel.
- B1.3 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op orgaansysteem niveau met behulp van het concept orgaan.
- B1.4 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op organisme niveau met behulp van de concepten prokaryoot, eukaryoot en virus.
- B1.5 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op populatie niveau met behulp van de concepten soort en populatie.
- B1.6 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op ecosysteem niveau met behulp van het concept ecosysteem
- B1.7 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op biosfeer niveau met behulp van het concept biosfeer.

Domein B2: Zelfregulatie en zelforganisatie

- B2.1 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op cellulair niveau met behulp van de concepten transport, metabolisme, en celdifferentiatie.
- B2.2 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op orgaansysteem niveau met behulp van de concepten instandhouding/groei, ademhaling, spijsvertering, uitscheiding, transport, afweer en bewegen.
- B2.3 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op organisme niveau met behulp van de concepten homeostase, fotosynthese, voeding, gezondheid en levenscyclus.
- B2.4 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op ecosysteem niveau met behulp van de concepten energiestroom, kringloop, dynamiek en evenwicht.
- B2.5 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op biosfeer niveau met behulp van het concept duurzame ontwikkeling.

Domein B3: Interactie

- B3.1 De kandidaat kan het systeemconcept interactie gebruiken op molecuul niveau met behulp van het concept genexpressie
- B3.2 De kandidaat kan het systeemconcept interactie gebruiken op orgaansysteem niveau met behulp van de concepten zintuig, zenuwstelsel en hormoonhuishouding.
- B3.3 De kandidaat kan het systeemconcept interactie gebruiken op organisme niveau met behulp van de concepten interactie met (a-) biotische factoren en gedrag.
- B3.4 De kandidaat kan het systeemconcept interactie gebruiken op ecosysteem niveau met behulp van het concept voedselrelaties.

Domein B4: Reproductie

- B4.1 De kandidaat kan het systeemconcept reproductie gebruiken op moleculair niveau met behulp van het concept DNA-replicatie.
- B4.2 De kandidaat kan het systeemconcept reproductie gebruiken op cellulair niveau met behulp van het concept celcyclus.
- B4.3 De kandidaat kan het systeemconcept reproductie gebruiken op organisme niveau met behulp van de concepten voortplanting en erfelijkheid.

Domein B5: Evolutie

- B5.1 De kandidaat kan het systeemconcept evolutie gebruiken op moleculair niveau met behulp van de concepten mutatie en recombinatie.
- B5.2 De kandidaat kan het systeemconcept evolutie gebruiken op organisme niveau met behulp van het concept fossiel.
- B5.3 De kandidaat kan het systeemconcept evolutie gebruiken op populatie niveau met behulp van de concepten genetische variatie, natuurlijke selectie en soortvorming.
- B5.4 De kandidaat kan het systeemconcept evolutie gebruiken op biosfeer niveau met behulp van het concept biodiversiteit.

Bijlage 6.

Concept examenprogramma Biologie VWO

Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (11 juni 2007; versie 13)

Inrichting van het examen

Het examenprogramma kent de volgende opbouw:

Vaardigheden

domein A1: Algemene vaardigheden (24-01-2007 bètabreed vastgesteld)

domein A2: Wiskundige en natuurwetenschappelijke vaardigheden (24-01-2007 bètabreed vastgesteld)

domein A3: Biologische vakvaardigheden

Concepten en contexten

domein B1: Biologische eenheid

domein B2: Regulatie en zelforganisatie

domein B3: Interactie

domein B4: Reproductie

domein B5: Evolutie

Deel A Verdeling over het CE en SE.

Domeinen CE SE A1. Algemene vaardigheden

Domeinen	CE	SE
A1. Algemene vaardigheden	A1.1 t/m A1.3	A1.1 t/m A1.4
A2 Wiskundige en natuurwetenschappelijke vaardigheden	A2.1 t/m A2.6	A2.1 t/m A2.6
A3 Biologische vakvaardigheden	A3.8 t/m A3.11	A3.1 t/m A3.11

Deel B Verdeling over het CE en SE.

Domeinen CE SE B1. Biologische eenheid B1.1 t/m B1.6

Domeinen	CE	SE
B1. Biologische eenheid	B1.1 t/m B1.6	B1.7
B2. Regulatie en zelforganisatie	B2.1 t/m B2.4	B2.5
B3. Interactie		B3.1 t/m B3.5
B4. Reproductie		B4.1 t/m B4.3
B5. Evolutie	B5.1, B5.2, B5.3	B5.4

vwo-domein A. Vaardigheden

A1 Algemene vaardigheden - profieloverstijgend niveau

A1.1 Informatievaardigheden

De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

A1.2 Communiceren

De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.

A1.3 Reflecteren op leren

De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op eigen belangstelling, motivatie en leerproces.

A1.4 Studie en beroep

De kandidaat kan toepassing en effecten van vakkennis en vaardigheden in verschillende studie- en beroepssituaties herkennen en benoemen. Daarnaast kan de kandidaat een verband leggen tussen de praktijk van deze studies en beroepen en de eigen kennis, vaardigheden en belangstelling.

A2 Wiskundige en natuurwetenschappelijke vaardigheden - bètaprofielniveau

A2.1 Onderzoeken

De kandidaat kan een vraagstelling in een geselecteerde context analyseren, gebruikmakend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken.

A2.2 Ontwerpen

De kandidaat kan een ontwerp op basis van een gesteld probleem voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen/theorie gebruiken.

A2.3 Modelvorming

De leerling kan een realistische contextsituatie analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren en het model toetsen en beoordelen.

A2.4 Redeneren

De kandidaat kan met gegevens van wiskundige en natuurwetenschappelijke aard consistente redeneringen opzetten van zowel inductief als deductief karakter.

A2.5 Analyse van en reflectie op natuurwetenschap en techniek

De kandidaat kan beschrijven hoe natuurwetenschappelijke en technische kennis ontstaat, en hoe deze op juistheid wordt beoordeeld en toegepast.

A2.6 Waarderen en oordelen

De kandidaat kan een beargumenteerd oordeel over een situatie in de natuur of een technische toepassing geven, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten en persoonlijke uitgangspunten.

A2.7 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden

De kandidaat kan een aantal voor het vak relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden correct en geroutineerd toepassen bij vakspecifieke probleemsituaties.

Domein A3: Biologische vakvaardigheden

A3.1 Beleven en waarderen

De kandidaat kan gevoelens en betekenissen expliciteren die worden opgeroepen door het omgaan met biologische eenheden en aandacht schenken aan de gevoelens en betekenissen die anderen daarbij expliciteren.

A3.2 Kiezen

De kandidaat kan een keuze maken of een standpunt bepalen ten aanzien van met biologische kennis verworven mogelijkheden op basis van afweging van de mogelijkheden en daarmee samenhangende maatschappelijke en ethische consequenties.

A3.3 Technisch-instrumentele vaardigheden

De kandidaat kan op een verantwoorde manier omgaan met voor het vak relevante instrumenten, apparaten en ICT-toepassingen.

A3.4 Vaktaal, conventies en notaties

De kandidaat kan de correcte vakspecifieke taal en terminologie interpreteren en produceren, inclusief de daarbij inbegrepen formuletaal, conventies en notaties.

A3.5 Vakspecifiek gebruik van de computer

De kandidaat kan de computer gebruiken bij modelleren en visualiseren van verschijnselen en processen, en voor het verwerken van gegevens.

A3.6 Risico-inventarisatie en veilig werken

De kandidaat kan een risico-inventarisatie opstellen, experimenten veilig uitvoeren en de risico-inventarisatie evalueren.

A3.7 Vakspecifieke activiteiten

De kandidaat kan de in biologische praktijken voorkomende activiteiten: beheren, behandelen, verzorgen, consumeren en produceren, onderkennen en daarbij opvattingen en criteria inventariseren, vergelijken en becommentariëren.

A3.8 Vorm-functie denken

De kandidaat kan redeneringen hanteren waarbij vanuit een gegeven vorm van een biologische eenheid naar een bijbehorende functie wordt gezocht, en andersom.

A3.9 Ecologisch denken

De kandidaat kan redeneringen hanteren waarbij uitgewerkt wordt wat de gevolgen van interne of externe veranderingen in een levensgemeenschap of ecosysteem zijn.

A3.10 Evolutionair denken

De kandidaat kan redeneringen hanteren waarbij uiteen wordt gezet wat het adaptieve voordeel is van veranderingen die zich in de loop van de tijd hebben voorgedaan.

A3.11 Systeemdenken

De kandidaat kan een onderscheid maken tussen verschillende organisatieniveaus, relaties binnen en tussen organisatieniveaus uitwerken en uiteenzetten hoe biologische eenheden op verschillende organisatieniveaus zichzelf in stand houden en ontwikkelen.

B: Concepten en contexten

Toelichting

(1) De kandidaat kan de concepten die hieronder zijn aangegeven gebruiken in leefwereldcontexten en in wetenschappelijke contexten en/of beroepscontexten. Alleen die beroepscontexten zijn relevant waarvoor een universitaire opleiding is vereist.

(2) Op het examen wordt getoetst of leerlingen concepten in één van de typen contexten die zijn aangegeven kunnen gebruiken.

Met 'gebruiken' wordt in onderstaande eindtermen bedoeld dat de kandidaat:

- een beschrijving kan volgen van de wijze waarop het concept bij uitvoering van een of meer activiteiten in een context wordt gehanteerd en aan een discussie daarover kan deelnemen,
- kan uitzoeken hoe het concept bij uitvoering van een of meer activiteiten in een context wordt uitgewerkt of gehanteerd en daarover kan rapporteren,
- een standpunt kan bepalen ten aanzien van de normatieve kwesties die een rol spelen bij de wijze waarop het concept bij uitvoering van een of meer activiteiten wordt gehanteerd,
- het concept bij uitvoering van activiteiten kan hanteren en criteria kan formuleren waaraan daarbij moet worden voldaan (alleen in sommige leefwereldcontexten).

Domein B1: Biologische eenheid

- B1.1 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op moleculair niveau met behulp van het concept DNA.
- B1.2 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op cellulair niveau met behulp van het concept cel.
- B1.3 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op orgaansysteem niveau met behulp van het concept orgaan.
- B1.4 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op organisme niveau met behulp van de concepten prokaryoot, eukaryoot en virus.
- B1.5 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op populatie niveau met behulp van de concepten soort en populatie.
- B1.6 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op ecosysteem niveau met behulp van het concept ecosysteem
- B1.7 De kandidaat kan het systeemconcept biologische eenheid gebruiken op biosfeer niveau met behulp van het concept biosfeer.

Domein B2: Zelfregulatie en zelforganisatie

- B2.1 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op cellulair niveau met behulp van de concepten transport, metabolisme, celdifferentiatie en celdood.
- B2.2 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op orgaansysteem niveau met behulp van de concepten instandhouding/groei, ademhaling, spijsvertering, uitscheiding, transport, afweer en bewegen.
- B2.3 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op organisme niveau met behulp van de concepten homeostase, fotosynthese, voeding, gezondheid en levenscyclus.
- B2.4 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op ecosysteem niveau met behulp van de concepten energiestroom, kringloop, dynamiek en evenwicht.
- B2.5 De kandidaat kan het systeemconcept zelfregulatie en zelforganisatie gebruiken op biosfeer niveau met behulp van het concept duurzame ontwikkeling.

Domein B3: Interactie

- B3.1 De kandidaat kan het systeemconcept interactie gebruiken op moleculair niveau met behulp van het concept genexpressie
- B3.2 De kandidaat kan het systeemconcept interactie gebruiken op cellulair niveau met behulp van het concept celcommunicatie.
- B3.3 De kandidaat kan het systeemconcept interactie gebruiken op orgaan-systeem niveau met behulp van de concepten zintuig, zenuw-stelsel en hormoonhuishouding.
- B3.4 De kandidaat kan het systeemconcept interactie gebruiken op organisme niveau met behulp van de concepten interactie met (a-) biotische factoren en gedrag.
- B3.5 De kandidaat kan het systeemconcept interactie gebruiken op ecosysteem niveau met behulp van het concept voedselrelaties.

Domein B4: Reproductie

- B4.1 De kandidaat kan het systeemconcept reproductie gebruiken op moleculair niveau met behulp van het concept DNA-replicatie.
- B4.2 De kandidaat kan het systeemconcept reproductie gebruiken op cellulair niveau met behulp van het concept celcyclus.
- B4.3 De kandidaat kan het systeemconcept reproductie gebruiken op organisme niveau met behulp van de concepten voortplanting en erfelijkheid.

Domein B5: Evolutie

- B5.1 De kandidaat kan het systeemconcept evolutie gebruiken op moleculair niveau met behulp van de concepten mutatie en recombinatie.
- B5.2 De kandidaat kan het systeemconcept evolutie gebruiken op organisme niveau met behulp van het concept fossiel.
- B5.3 De kandidaat kan het systeemconcept evolutie gebruiken op populatie niveau met behulp van de concepten genetische variatie, natuurlijke selectie en soortvorming.
- B5.4 De kandidaat kan het systeemconcept evolutie gebruiken op biosfeer niveau met behulp van de concepten ontstaan van het leven en biodiversiteit.

© CVBO, Utrecht, 2007.
Vormgeving: Frank Bierkenz, Eindhoven.
Drukwerk: Wheel Printing, Katwijk.

